

**ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN EN COLOMBIA DE UN  
CENTRO DE I + D + I DE FNCER**

CARLOS EDWARD NIÑO NIÑO

Maestría Gestión Sostenible de La Energía ,  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo lozano

Número del curso y el nombre para el cual se presenta el trabajo  
Andrés Julián Aristizabal

Noviembre de 2021



## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>10</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
<b>CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL.....</b>	<b>9</b>
<b>BENCHMARKING INTERNACIONAL.....</b>	<b>18</b>
<b>CENTROS DE PARTICULAR INTERÉS.....</b>	<b>18</b>
<b>CONTEXTO NACIONAL.....</b>	<b>28</b>
<b>ESTUDIO DE MERCADO.....</b>	<b>31</b>
<b>ANÁLISIS TECNOLÓGICO.....</b>	<b>36</b>
<b>SERVICIOS DEL CENTRO PROPUESTO.....</b>	<b>40</b>
<b>INFRAESTRUCTURA DEL CENTRO PROPUESTO.....</b>	<b>42</b>
<b>EQUIPOS DEL CENTRO PROPUESTO.....</b>	<b>43</b>
<b>ORGANIZACIÓN DEL CENTRO PROPUESTO.....</b>	<b>45</b>
<b>RESUMEN DE LOS COSTO CAPEX Y OPEX.....</b>	<b>46</b>
<b>ANÁLISIS PRESUPUESTAL Y FINANCIERO.....</b>	<b>47</b>
<b>ANÁLISIS JURÍDICO Y LEGAL.....</b>	<b>53</b>
<b>ANÁLISIS AMBIENTAL.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.7</b>
<b>LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>590</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Brechas en la industria del país en capacidad de innovación</i> .....	9
<b>Figura 2.</b> Clientes de Centros de I+D+i en Colombia.....	10
<b>Figura 3.</b> Rango de servicios en I + D + I.....	11
<b>Figura 4.</b> Enfoque del problema y sus posibles clientes y aportes.....	12
<b>Figura 5.</b> Secuencia de análisis de Prefactibilidad.....	14
<b>Figura 6.</b> Modelo conceptual de un RTO.....	17
<b>Figura 7.</b> Modelo de Operación RTOs.....	19
<b>Figura 8.</b> Composición de los ingresos en el 2016.....	25
<b>Figura 9.</b> Integrantes de la junta directiva de SIRIM Berhad .....	26
<b>Figura 10.</b> Línea de tiempo de políticas de Ciencia, Tecnología en innovación (CTI).....	29
<b>Figura 11.</b> Distribución de recursos en actividades de ciencia, tecnología e innovación.....	31
<b>Figura 12.</b> Ofertas sustitutas del Centro en Prefactibilidad.....	36
<b>Figura 13.</b> Plano Propuesto edificación del centro.....	43
<b>Figura 14.</b> Estructura Organizacional del Centro.....	46
<b>Figura 15.</b> Principales valores escenario 2.....	51
<b>Figura 16.</b> Principales valores escenario 3.....	52
<b>Figura 17.</b> Valor presente neto para los tres escenarios planteados.....	52
<b>Figura 18.</b> Aliados potenciales identificados por tipo.....	54
<b>Figura 19.</b> Alternativas jurídicas y aliados potenciales para el centro.....	55

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> Gobernanza “representantes” CI Biogas.....	21
<b>Tabla 2</b> Distribución de responsabilidades CI Biogas.....	22
<b>Tabla 3.</b> Servicios que presta CI Biogas.....	22
<b>Tabla 4.</b> Evolución financiera Convenio Itaipu 2018.....	24
<b>Tabla 5.</b> Valor por servicio prestado 2018 CI biogás.....	24
<b>Tabla 6.</b> Descripción de servicios prestados por SIRIM Berhad.....	27
<b>Tabla 7.</b> Estimado de Pruebas por año con costos. Cálculos propios.....	41
<b>Tabla 8.</b> Estimado de Servicios de Capacitación y formación.....	42
<b>Tabla 9.</b> Inversión de equipos. Fuente: Autosolar, alibaba y cienytec.....	45
<b>Tabla 10.</b> Costos de personal.....	46
<b>Tabla 11.</b> Costos de Establecimiento del Centro.....	47
<b>Tabla 12.</b> Presupuesto Centro completo.....	48
<b>Tabla 13.</b> Flujo de costos operativos a 20 años. “Centro completo”.....	48
<b>Tabla 14.</b> Gastos mensuales o egresos. Centro Completo.....	49
<b>Tabla 15.</b> Flujo de egresos anuales para el Centro completo.....	49
<b>Tabla 16.</b> Precios proyectados de los servicios del centro funcionando completo.....	49
<b>Tabla 17.</b> Clientes de formación y laboratorios por año. Centro completo.....	50
<b>Tabla 18.</b> Ingresos Operacionales del Centro completo.....	50
<b>Tabla 19.</b> Estado de resultados Escenario 1. (Centro completo).....	51

## INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la Ley 1715 que promueve el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente renovable. La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, tiene tareas específicas, como: Definir y mantener actualizado el listado y descripción de las fuentes consideradas ENC; Definir el límite máximo de potencia de la Autogeneración a Pequeña Escala; Realizar programas de divulgación masiva y focalizada sobre la Autogeneración a Pequeña Escala y el uso eficiente de la energía; Promoción de la autogeneración a pequeña y gran escala y la generación distribuida, entre otros. Sumando las asignadas mediante el Decreto 1258 de 2013 de “Evaluar la conveniencia económica, social y ambiental del desarrollo de fuentes renovables y no convencionales de energía” y “Emitir concepto sobre la viabilidad de aplicar incentivos para eficiencia energética y fuentes no convencionales”.

Funciones que han permitido evidenciar la imperiosa necesidad de gestionar de manera directa, indirecta o a través de terceros; la consecución de un Centro de investigación, demostración, formación y capacitación en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales. Razón por la cual para iniciar es importante un Estudio de Prefactibilidad, el cual se realiza antes de iniciar con detalle el análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tendría determinada iniciativa o proyecto. Este consiste en una investigación sobre los factores que afectan a la iniciativa en particular, entre ellos los aspectos tecnológicos, de mercado, de logística, ambientales, financieros y legales.

Además de lo anterior expuesto, no se puede pasar por alto la problemática actual como consecuencia del cambio climático, manifestado en Colombia con el fenómeno del niño y niña, la incertidumbre del proyecto de Hidroituango, el atraso de la entrada de operación de Termoeléctricas, la disminución de las reservas de petróleo y gas, los compromisos de reducción de emisiones, el potencial de biomasa, energía solar y energía eólica, entre otros y la consigna principal de la UPME, que es asegurar el abastecimiento y la confiabilidad energético.

Es por eso que la creación de Centros de I + D + i, serán pieza clave para llevar a cabo de manera eficaz la transición tecnológica que hoy requiere Colombia para alcanzar los objetivos de la misión de transformación en el sector minero energético, los cuales contribuirán en las soluciones a la problemática social, económica y política, que conlleva la autosuficiencia energética en la que las fuentes alternativas juegan un papel vital ya que son amigables con el medio ambiente, permiten la integración social, contribuyen en la reducción de emisiones, generación de empleo, dinámicas académicas, aprovechamiento de residuos dispuestos y pueden sustituir gradualmente la demanda de combustibles fósiles.

Por otra parte, este Centro permitirá reducir los vacíos actuales de personal calificado, alinear transferencia tecnológica y robustecer la regulación para el territorio colombiano.

## MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la política de actores en Ciencia, Tecnología e Innovación vigente en Colombia [1], un centro de investigación, demostración, innovación, formación y capacitación, como el de la iniciativa en tecnologías y energías alternativas, puede corresponder a lo que se conoce genéricamente como Centros de Investigación, Desarrollo Tecnológico o Innovación (I+D+i) o “Research and Technology Organizations (RTOs)” [2].

Como es de conocimiento general, muchos países, regiones y sectores industriales en el mundo cuentan con Centros de I+D+i. Estos centros son, por lo general, organizaciones autónomas sin ánimo de lucro que, usualmente bajo el auspicio de los gobiernos nacionales o regionales, suplen las necesidades de investigación y desarrollo tecnológico del correspondiente territorio o industria, además de prestar servicios técnicos y de innovación. En este sentido los Centros de I+D+i han sido instrumentos fundamentales a nivel mundial para incrementar productividad y por lo tanto contribuir al desarrollo económico [3].

Los Centros de I+D+i son uno de los tres dinamizadores de un ecosistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación a saber: 1) Proveedores/Consultores, 2) Universidades/Institutos de Investigación [4] y 3) Centros de I+D+i. Estos dinamizadores proveen, en forma de servicios (y compiten para eso), parte de la plataforma (conocimiento, herramientas, infraestructura) requerida por las empresas para incorporar conocimiento y tecnología de vanguardia a su oferta de manera que esta sea pertinente y sostenible (exitosa financieramente).

Aunque aparentemente ofrecen el mismo portafolio de servicios a los empresarios que quieren competir innovando, estos tres dinamizadores son bastante diferentes. Una de las diferencias radica en la frecuencia con la que realizan las actividades queridas por la innovación, por ejemplo, es más común que las universidades participen en investigación básica [5] y no los Centros de I+D+i o los proveedores/consultores, así como es más frecuente que los Centros de I+D+i presten servicios de evaluación de la conformidad [6] que las universidades y que los proveedores/consultores. Esto es así porque cada uno usualmente tiene énfasis diferentes, aunque complementarios, por ejemplo, misionalmente las universidades privilegian la generación de conocimiento[7], los Centros de I+D+i privilegian el desarrollo de capacidades empresariales en la industria para innovar (a partir de su infraestructura tecnológica, como laboratorios para el desarrollo y prueba de su oferta) y finalmente los proveedores/consultores se enfocan primordialmente en mejorar los indicadores de éxito de la industria a partir de sus herramientas tecnológicas (métodos, modelos, metodologías, mejores prácticas, etc.).

Los Centros de I+D+i deben entonces diseñar y prestar unos servicios tecnológicos [8] y contar con unas capacidades (gente, infraestructura, herramientas) para prestar estos servicios, que sean superiores a las que tienen las empresas internamente, así como también superiores a las que las empresas tienen acceso con otros aliados no gestionados por el Centro de I+D+i. Estas capacidades superiores de los Centros de I+D+i deben asegurar la disminución de tiempos, incertidumbres y costos al desarrollar la oferta o la configuración empresarial requerida para que sus clientes aprovechen sistemáticamente oportunidades o respondan a exigencias del mercado y/o la competencia.

Sin embargo, aunque la oferta de un Centro de I+D+i sea pertinente y sus capacidades superiores, esto puede no ser suficiente para garantizar que tenga una demanda adecuada, expresada en frecuencia de servicio y disposición a pagar, que asegure la viabilidad financiera o autofinanciación

del Centro. Esto se debe a que los Centros de I+D+i son los instrumentos por excelencia para impulsar política pública de desarrollo y fomento industrial (así surgió esta figura en Europa, tomando gran impulso en la época de postguerra para promover la reconstrucción de la industria, figura que fue emulada profusamente en Asia y promovida en África y Latinoamérica). Por esta razón sus promotores (gobierno, asociaciones industriales, gremios) los apoyan y subsidian para que tengan una oferta adelantada en el tiempo a las demandas de la industria, que den soporte a las pocas empresas pioneras (que no son suficientes en número para soportar todo el centro) y empleen la mayor parte de su tiempo desarrollando capacidades en las empresas inmaduras que no tienen como pagar por una oferta sofisticada o no tienen una dinámica con la frecuencia suficiente en actividades de I+D+i.

Es por esto por lo que es casi norma que la financiación de base de los Centros de I+D+i en el mundo provenga en un porcentaje mayoritario del gobierno, incluso en países cuya competitividad es jalonada por la innovación y donde las empresas maduras que compiten a escala global y que puede pagar por su cuenta los servicios de un Centro de I+D+i representan entre el 10% y 15% del tejido empresarial

Con respecto a los Centros de I+D+i en Colombia, el documento CONPES 2739 [9], formuló la política nacional de ciencia y tecnología para esa época, y como parte de la estrategia propuso la creación y fortalecimiento de Centros de I+D+i como agentes dinamizadores del sistema colombiano de innovación. Con un crédito otorgado por el BID (1994-1998) a COLCIENCIAS, se cofinanció la creación y consolidación de una variedad de Centros de I+D+i en diversos sectores industriales (CEINUVA, IFTAG, CENPAPEL, BIOTEC, CORPODIB, CPP, CRTM, CORASFALTOS, CIDETEXCO, CEINNOVA, CIB, CIF, ICIPC, CINTEL, CENIACUA, etc.).

En el caso del sector eléctrico, el CONPES 2763 [10] estableció la creación de CIDET (Sección IV, Literal F, página 31 del CONPES 2763) como una de las estrategias fundamentales para el desarrollo del sector e incluso estableció una meta de aportes de las empresas a CIDET (Anexo 9, página 51 del CONPES 2763). “meta de aportes que en la práctica no se cumplió”.

Un número no despreciable de Centros de I+D+i creados en esa época en Colombia ya han desaparecido, esto debido en gran parte a que no se dio la idea inicial de que el Estado introduciría la posibilidad de fondos parafiscales en el sector industrial para inversión en I+D+i, como si es el caso del sector eléctrico brasileño. Estos fondos se emplearían para financiar muchas de las funciones y el desarrollo de capacidades de vanguardia en los Centros de I+D+i. Al no haberse hecho realidad este supuesto y sin financiación estatal de base [11], muchos centros no pudieron sobrevivir y otros se han centrado fundamentalmente en actividades de consultoría. Aunque las firmas colombianas invierten en I+D+i mucho menos, y más lentamente, que países referentes (Brasil, Chile, México, Costa Rica), algunos centros (e.g. CIDET, CINTEL) han logrado mantener una actividad tal que le asegure la productividad en I+D+i requerida para ser reconocido por COLCIENCIAS como un Centro de I+D+i y una autofinanciación suficiente que hasta ahora ha asegurado su viabilidad financiera.

Es reconocido hoy que contar con un buen desempeño en innovación es una condición necesaria para el desarrollo económico en el futuro, así como también es evidente que los indicadores de innovación en Colombia no han alcanzado niveles satisfactorios y el sistema nacional de innovación es aún inmaduro. La inversión en I+D+i en Colombia es muy baja y, a diferencia de los países desarrollados, el sector privado contribuye poco a la inversión en innovación.

En general, las capacidades de muchos de los Centros de I+D+i colombianos están aún en desarrollo. Las empresas maduras han invertido en sus propios departamentos de I+D+i y se han apoyado en Centros de I+D+i y consultores internacionales y no en los Centros nacionales. Por esto también, algunos programas gubernamentales para el fomento de la industria han buscado capacidades ya maduras en Centros de I+D+i y consultores internacionales antes que aportar para el desarrollo de capacidades en los Centros nacionales en un esquema de “aprender haciendo” (learning by doing).

Dada la importancia de la energía en el desarrollo económico y el mejoramiento de la calidad de vida de todas las personas, el suministro energético en nuestro país se centra en asegurar su disponibilidad, a costos adecuados, para satisfacer las necesidades actuales y futuras de energía de toda la gente en el país. La energía, en sus diversas formas, debe estar disponible, de forma confiable y económica, para que la población pueda desarrollar sus actividades residenciales, agrícolas, industriales o de transporte de forma competitiva en un ambiente globalizado; todo lo anterior en un marco de sostenibilidad, que propenda por la eficiencia de producción y utilización sin causar efectos negativos en la población o sobre el medio ambiente.

Los retos en términos energéticos a los que está abocado el país, e identificados en el Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050 [12], están recogidos en síntesis en tres conceptos, que deben ser desarrollados desde la política pública y el tejido empresarial con el fin de lograr cerrar las brechas actuales, dichos retos son:

**Eficiencia:** Por la vía de optimizar los procesos de uso final de la energía, esto es, menor consumo por unidad producida o por función desarrollada. Por la vía de tecnologías industriales de menor consumo, tecnologías que usen energéticos más eficientes (transporte eléctrico), construcción sostenible con iluminación eficiente y acondicionamientos más naturales. Y por la vía del uso de tecnologías de “*waste to Energy*”[13].

**Asequibilidad:** Ampliar el uso y por tanto, la cobertura de energía en todas las regiones, segmentos de la población y actividades económicas, contribuyendo a que la energía impulse la calidad de vida y transformación productiva de todo el país, esto mediante la apropiación de tecnologías para generación distribuida que, de una parte alimente aplicaciones agroindustriales para Zonas No Interconectadas, y de otra facilita la electrificación de los sistemas de transporte masivo, desarrollo y electrificación de los sistemas en modo ferroviario (carga y pasajeros) y vehículos eléctricos.

**Sostenibilidad:** Diversificar las fuentes de producción de energía necesarias para un suministro eficiente y asequible, con energías más limpias. Es necesaria la adaptación de tecnologías para que pasen de combustibles fósiles a otros tipos de energía, al igual que tecnologías para la captura de carbono y tratamiento de emisiones. Se requiere explorar fuentes alternativas de energía limpia con menor uso de terreno. Siendo este último concepto el fundamental para el impulso de las tecnologías de generación en FNCER.

**ESTADO DEL ARTE**

Colombia actualmente se encuentra en el puesto 57 entre 141 países en el Índice Global de Competitividad o IGC “World Economic Forum, 2019” [14], con un ascenso de 3 posiciones respecto al año 2018 y descendió, al puesto 65 en el pilar de innovación.

Recordando que innovación es la capacidad para desarrollar ventajas competitivas y mayor valor agregado a partir de productos, bienes/servicios y procesos[15], en la Figura 1 se presentan resultados de una evaluación de capacidades de innovación de un grupo significativo de empresas de la industria eléctrica colombiana. Consecuentemente con la caída en la calificación del Foro Económico Mundial, los pilares de competitividad de innovación y tecnología son precisamente las capacidades de I+D y adaptación tecnológica de la producción, la de una madurez más baja para la industria eléctrica colombiana, tanto para grandes empresas como para PYMES. Evidenciando inmadurez empresarial en capacidades para apropiación tecnológica y posterior salto a la innovación en bienes, servicios y procesos.

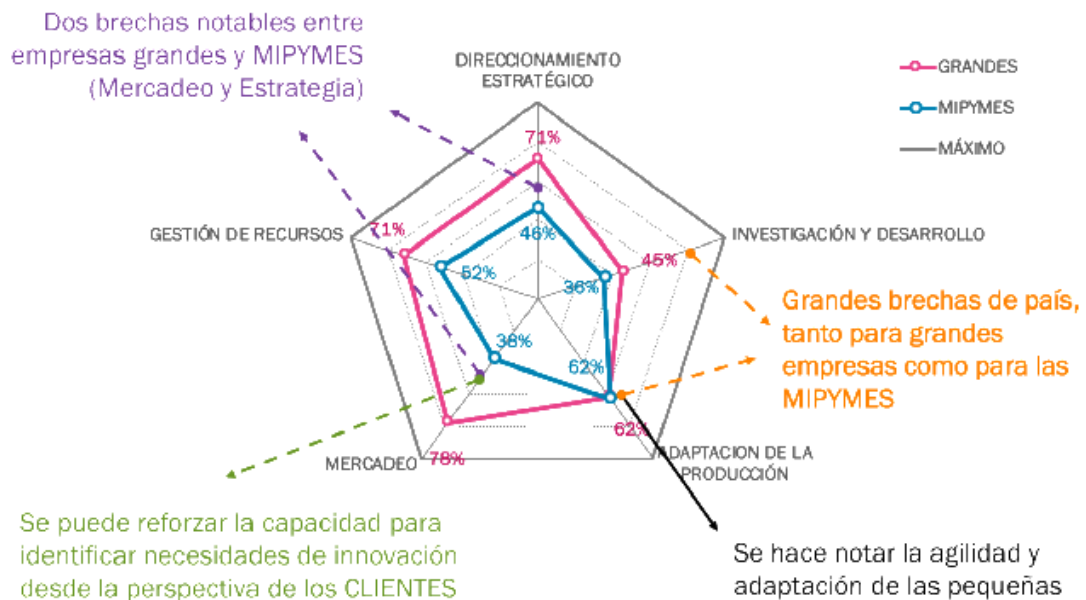


Figura 1. Brechas en la industria del país en capacidad de innovación [16]

**CATEGORIZACIÓN INDUSTRIA COLOMBIANA**

- Las empresas en la industria en general se pueden dividir en tres categorías según su interés, motivación o presión para innovar y certificar sus productos y procesos: Tipo A, Tipo B y Tipo C (Tveit, Successful Technology Transfer Programmes in Europe)[17] Las **empresas Tipo A** tienen alto interés/incentivos para innovar o certificarse, son clientes habituales de los Centros de I+D+i pagando en condiciones de mercado por los servicios proporcionados por el Centro e invierten en innovación y buscan certificaciones voluntarias por motivación propia (competir a escala global). Entonces acuden a los Centros de I+D+i para utilizar la totalidad del portafolio usual de estos en innovación, formación/capacitación, pruebas de evaluación de la conformidad y certificación. En las economías jalonadas por la innovación este tipo de empresas representan alrededor del 15% del total. En Colombia corresponden al 0,1% de las empresas.

- Las **empresas Tipo B** tienen un interés medio e incentivos moderados para innovar o certificarse, por lo que son clientes ocasionales de los Centros de I+D+i. Usualmente, este tipo de empresas se atreve a invertir en innovación si cuentan con incentivos estatales para mitigar riesgos e invierten en certificaciones pensando en exportar o motivados por clientes de primer nivel. Entonces, las empresas Tipo B solo acuden a los Centros de I+D+i por formación/capacitación, pruebas de evaluación de la conformidad y certificación a menos que sean beneficiarias de algún programa gubernamental de fomento para desarrollar sus capacidades de innovación con apoyo de un Centro de I+D+i. En las economías jalonadas por la innovación este tipo son aproximadamente el 35% de las empresas. En Colombia corresponden al 23% de las empresas.
- Las **empresas Tipo C** tiene bajo interés o incentivos para innovar o certificarse, por lo que son clientes esporádicos de los Centros de I+D+i. Las empresas más maduras de este tipo compiten con eficiencias, las demás, con precios. Por otra parte, sólo se certifican por obligación legal, esto es, por imposición regulatoria o por mandato de reglamentos técnicos. Acuden entonces a los Centros de I+D+i sólo por servicios inevitables como la realización de pruebas/ensayos de evaluación de la conformidad y certificación de sus productos. En las economías jalonadas por la innovación, estas empresas conforman a lo sumo el 50% del total. En Colombia corresponden al 77% de las empresas. En la Figura 2 se presenta la segmentación de la industria colombiana (2015).

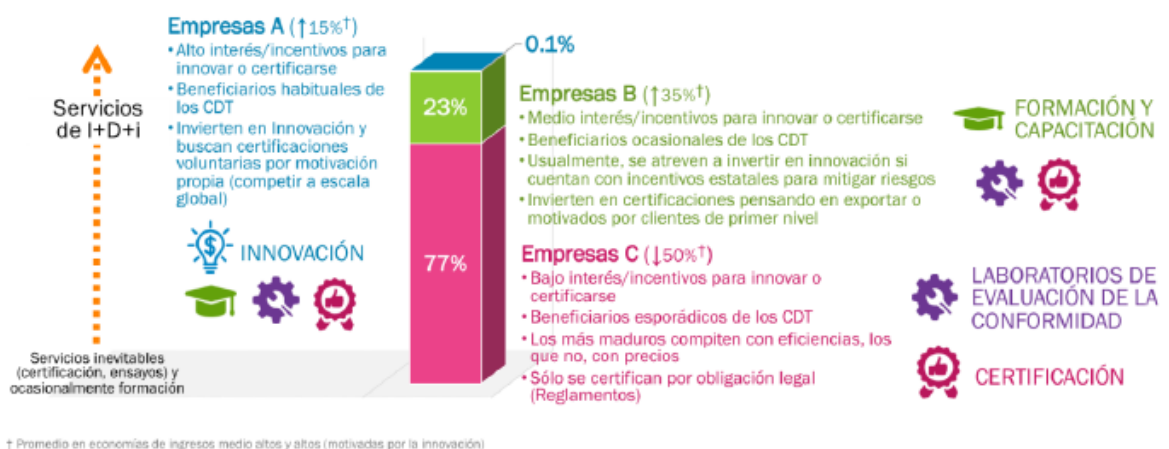


Figura 2. En Colombia sólo el 0,1% de las empresas es cliente habitual de un Centro de I+D+i, el 23% acude sólo si cuenta con apoyo estatal para ello y el 77% sólo acude para los servicios inevitables, esto es, certificación, ensayos y ocasionalmente formación/capacitación[18].

### MERCADO Y CAPACIDAD NACIONAL

En términos generales, un Centro de I+D+i mantiene una oferta de servicios a la industria en dos categorías principales (Ver Figura 3):

- Servicios de Extensión Tecnológica
- Servicios de I+D+i



Figura 3. Rango de servicios en I + D + I [19].

No se percibe una demanda consolidada en el país para servicios de investigación, desarrollo tecnológico y evaluación de tecnología, sino para evaluación de la conformidad, certificación de productos y eventualmente formación y demostración, condicionado esto último a contar con altas capacidades técnicas y gran especialización en el Centro[20].

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Fenómenos climáticos como la Niña (Exceso de precipitaciones) y el Niño (temporada seca) que en este caso provoca la reducción en las reservas “Según XM, en abril de 2020 se tuvieron mínimos históricos cerrando reservas en 31,81%”, compromisos ambientales “reducir en un 20% las emisiones de GEI”, dependencia de los combustibles fósiles “Según estimaciones realizadas por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2014), el sector transporte consume el 44% de la energía primaria del país y es responsable del 15% de las emisiones de CO2, debido a que un 95% del combustible es fósil” entre otros, han permitido identificar que se deben sincronizar esfuerzos en priorizar una transición energética que permita diversificar la matriz dando entrada gradual a proyectos de generación de energía renovables distintos a la energía hidráulica.

Adicional a lo anterior, el gobierno ha venido desarrollando estrategias como la Ley 1715 del 2014 y anunció desde 2017 las subastas como mecanismo para contratar a largo plazo proyectos de generación con FNCER que hasta antes de 2020 como resultados del uso de estas herramientas, el país como inicio superó la meta de incorporación de fuentes no convencionales de energías renovables, pasando de menos de 50 megavatios a más de 2.200 megavatios de capacidad instalada para el año 2022 y se proyecta realizar una tercera subasta antes del 31 de octubre de 2021, donde ya se sometió a comentarios el Proyecto de Resolución “Por la cual se convoca a la subasta de contratación de largo plazo para proyectos de generación de energía eléctrica y se definen los parámetros de su aplicación”.

Aunque se han dado pasos importantes, no se puede ocultar que no es suficiente ya que se han presentado retrasos en la entrada de los proyectos asignados en las subastas (sin hablar de Hidroituango), las generadoras de energía térmica han presentado fallas que no permiten garantizar confiabilidad y con la temporada seca histórica vivida en 2020 “con amenaza de racionamiento” que no sucedió gracias a la reducción de la demanda provocada por la pandemia. Sumando los aislamientos que por otra parte dificultaron adquisiciones de equipos, repuestos, retrasaron permisos y/o licencias, traslado de personal técnico nacional e internacional, entre otros. Y por otro lado las alertas que despierta la decadencia en las reservas de petróleo “Una vida útil media de 6 años” y gas “una vida útil media de 8 años” en donde (se está evaluando la importación de gas y los proyectos de fracking).

Todos esas señales presentan un problema, a mediano plazo al que en corto plazo no podemos pasar por alto que son evidentes las limitaciones en mano de obra calificada (AOM), existe una problemática de los residuos (rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto que genera contaminación y emisiones) y el país presenta una deficiente producción tecnológica. Señales que apuntan a que Colombia necesita urgentemente para cumplir con la hoja de ruta para la energía del futuro, planteada en diferentes documentos como el Plan Nacional de Desarrollo o la Misión de la Transformación Energética, de un semillero de conocimiento “Herramientas y mejores prácticas”, investigación, desarrollo e innovación que permita llenar esos vacíos que se han venido presentando en el último cuatrenio en donde las empresas serán los principales clientes (Ver Figura 5) y nos faciliten anticiparnos a los nuevos desafíos “Infraestructura y desarrollo de capacidades” para continuar garantizando el suministro de energía a precios eficientes en todo momento, lograr una mayor calidad y cobertura del servicio y aumentar la resiliencia ante fenómenos climáticos.



Figura 4. Enfoque del problema y sus posibles clientes y aportes.

Por lo anterior la UPME como entidad de carácter técnico adscrita al Ministerio de Minas y Energía con funciones específicas dentro de la Ley 1715 de 2014 y El Decreto 1258 de 2013, ha visualizado que con la problemática actual un Centro de I+D+I en FNCER, será una herramienta fundamental para satisfacer la necesidad de fortalecer la implementación, investigación, divulgación y capacitación en FNCER, las cuales son aún inmaduras e incipientes en el País (ver figura 5). Por lo que es necesario antes de iniciar con detalles el estudio y análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tendría determinado proyecto de inversión, se debe realizar un estudio de Prefactibilidad, el cual consiste en una breve investigación sobre el marco de factores que afectan al proyecto que incluya aspectos legales, técnicos, sondeo de mercado, logísticos, localización, demanda, presupuestal y financiero.

## OBJETIVOS

### GENERAL

- Realizar un estudio de pre-factibilidad técnico-Económico para la creación de un centro de investigación tecnológica, demostración e innovación en fuentes no convencionales de energía en Colombia bajo el liderazgo estratégico de la UPME.

### ESPECÍFICOS

- Revisar en la literatura la experiencia internacional y nacional (qué ha funcionado y qué no) para un centro de investigación, demostración, innovación, formación y capacitación en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales como el que se instalaría y operaría con el liderazgo de la UPME.
- Realizar un sondeo de mercado basado en un Benchmarking internacional, con el fin de lograr un mejor entendimiento de las actividades desarrolladas por los RTOs y determinar cuáles de estas actividades que derivan en el buen desempeño de estos.
- Hacer una estimación aproximada de la demanda considerando las necesidades que se pretende satisfacer y los problemas que se pretende solucionar de los beneficiarios o clientes objetivo del centro, el número de clientes, la frecuencia con que se atenderían o buscarían estos clientes el acompañamiento del centro. Seleccionara las alternativas de ubicación.
- Determinar mediante un análisis tecnológico el tamaño, localización, proceso, obras y equipos, calendarios, etc.
- Realizar un Análisis Logístico en donde se simula el funcionamiento del Centro, se identifican los costos y gastos operacionales y no operacionales (personal, arriendos o compra de propiedades, dimensionamiento de oficinas, cargos ejecutivos, procedimientos administrativos, etc.). Para obtener las bases para la estimación del presupuesto requerido.
- Analizar el ámbito institucional y jurídico bajo el cual operaría el Centro, teniendo en cuenta las funciones de la UPME.
- Realiza un estudio ambiental en el que se analizan todos los efectos ambientales y sociales relevantes.

### METODOLOGÍA

La metodología para la construcción del Estudio, utiliza herramientas de vigilancia tecnológica para identificar, clasificar, evaluar y analizar la información de fuentes secundarias relevantes para la construcción de la revisión la literatura y experiencia internacional y nacional (qué ha funcionado y qué no) para un centro de investigación, demostración, innovación, formación y capacitación en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales como el que se instalaría y operaría con el apoyo de la UPME, en una ubicación estratégica.

En ese sentido se realizará un levantamiento del contexto internacional, donde se describe el modelo de funcionamiento de este tipo de entidades, y se realiza un benchmarking para identificar las buenas prácticas implementadas por los RTOs, así como aquellas prácticas que deben evitarse para garantizar el funcionamiento y logro de los objetivos del centro. Para conseguirlo, se puede apoyar en estudios anteriores realizados por Asociaciones internacionales a las cuales se buscará acceder de manera directa o indirecta. Para concluir el contexto internacional, se profundiza en la descripción de tres centros de evaluación tecnológica que usan modelos de gobernanza y financiación diferente.

El análisis para la Prefactibilidad de un centro de investigación, demostración, innovación, formación y capacitación tecnológica sigue secuencialmente, con algunas iteraciones, un proceso como el bosquejado en la Figura 5.

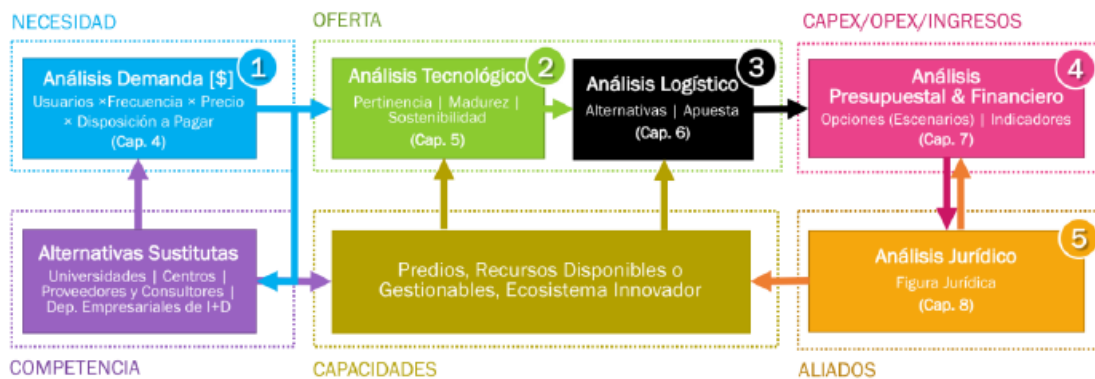


Figura 5. Secuencia de análisis de Prefactibilidad.

De igual forma, en el ámbito nacional se realizará un análisis de los avances en la política de ciencia, tecnología e innovación, y política de actores en los que estaría enmarcado el nuevo Centro de Evaluación Tecnológica. Posteriormente, evaluar las capacidades del país, y la ubicación estratégica del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico y Grupos de Investigación en las áreas temáticas de agroindustria, biotecnología, y energía y minería. Finalmente, se analizarían algunas iniciativas de evaluación tecnológica por parte de agentes privados en el país.

Finalmente, el estudio de Prefactibilidad jugará un papel primordial, puesto que, a partir de fuentes secundarias, entrega información que permite la toma de decisiones informadas (continuar o no con el proyecto) reducirá el riesgo de la inversión. Con este estudio se definirá una aproximación a los costos y beneficios del Centro de I+D+i UPME en términos tecnológicos y financieros además de cuál podría ser la rentabilidad de quien decida invertir (agente privado, agente público o alianza público-privada) en adición a los evidentes beneficios socioeconómicos de fortalecer la infraestructura y la oferta de servicios tecnológicos del país aportando a la transición energética.

## CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

En este capítulo se pretende obtener información de literatura útil de fuentes secundarias para identificar, clasificar, evaluar y analizar los casos de experiencia tanto internacional como nacional (qué ha funcionado y qué no) para un centro de I + D + I, en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales como el que propone la UPME.

Para lograrlo, se realizará un contexto internacional, donde se describe el modelo de funcionamiento de este tipo de entidades, y se realiza un benchmarking para identificar las buenas prácticas implementadas por los RTOs y/o los RIOs, así como aquellas prácticas que deben evitarse para garantizar el funcionamiento y logro de los objetivos del centro [2].

### CONTEXTO INTERNACIONAL

Las actividades de investigación, desarrollo, innovación y capacitación en tecnologías a nivel mundial se centran principalmente bajo figura de Organizaciones de Investigación y Tecnología (*Research and Technology Organisations, RTO*), 'Public Sector Research Establishments' (PSREs), Public Research Organisations' (PROs) e Independent Research and Technology Organisations (IRTOs)[21], cuya actividad principal es proporcionar investigación, tecnología y servicios de innovación a las empresas, organizaciones y países. Estas entidades usualmente son públicas sin ánimo de lucro, aunque esto no significa que sean deliberadamente creadas por el gobierno; independientes administrativamente a fin de seleccionar la mejor manera de alcanzar sus objetivos, y financieramente mixtas, esto es, sus fondos pueden proceder del gobierno y también de las empresas que cooperan estrechamente con industrias, grandes y pequeñas, así como con una amplia gama de actores públicos<sup>1</sup>.

#### ***Organizaciones de Investigación y Tecnología (Research and Technology Organisations, RTOs)***

Los RTOs, históricamente, se formaron y crecieron siguiendo la mayor tendencia económica. En un principio se enfocó en la ciencia y la investigación, para más tarde dedicarse a la innovación. Uno de los RTOs más antiguos es el TNO en Europa fundado en 1929, seguido por muchos otros que se establecieron alrededor de la Segunda Guerra Mundial (1950-1970) en respuesta a la gran inversión en ciencia e investigación en búsqueda de las mejores tecnologías militares. Después de este periodo de tiempo, los RTOs incorporaron en sus investigaciones problemáticas de interés público como salud, protección del ambiente, desarrollo sostenible, entre otras. Sin embargo, el financiamiento por parte del gobierno se redujo notablemente, razón por la cual al año 2000 numerosas estrategias habían sido abandonadas, reduciendo el impacto de los centros a nivel mundial[2].

Por otro lado, diferentes estudios realizados por parte de EARTO, demuestran que las habilidades de innovación distintivas y el modelo de negocio de las RTO, se diferencian de las universidades y tienen poderosas ventajas sobre otros investigadores y organismos de transferencia de tecnología. Además afirma inequívocamente que es hora de que los responsables de la formulación de

---

<sup>1</sup> <https://www.earto.eu/about-rtos/>

políticas tengan en cuenta la capacidad de las RTO para generar un impacto de innovación extraordinariamente eficaz y rentable. Punto a tener en cuenta por entidades del gobierno directamente ligadas con planeación como lo es la UPME, para promover el centro.

Otra de las estrategias que ha sido de gran utilidad para los RTOs ha sido la incorporación de mejores prácticas y para ello se han apoyado en asociaciones profesionales, como La Asociación Mundial de Organizaciones de Investigación Industrial y Tecnológica, WAITRO por sus siglas en inglés, y la Asociación de RTOs en Reino Unido AIRTO, que se encargan de investigar qué aspectos posibilitan que algunos sean más exitosos que otros, y con los conocimientos adquiridos, afianzándolos en la consecución de sus objetivos.[22].

Por su parte, WAITRO para 2016 estaba integrada por 180 RTOs distribuidos en 80 países, a 2021 esta cifra ha descendido, con 90 miembros plenos y asociados en más de 45 países de todo el mundo y con una propuesta de modelo funcional que siguen la mayoría de ellos, ver figura 6. Este modelo explica que un RTO inicia como el deseo de una compañía o entidad pública de investigar herramientas que dirijan sus necesidades tecnológicas. Una vez el RTO es creado, funciona como una organización independiente a la cual se le asigna, en primer lugar, una dirección general, bajo la figura de Gobernanza; y en segundo lugar un conjunto de áreas, cada una de ellas con fines específicos: área de gestión organizacional y de proyectos, encargada de orientar los procesos para el desarrollo de proyectos; área de gestión de negocios, que analiza las capacidades de ventas y contratos de los servicios ofrecidos por el RTO, los cuales, a su vez, vienen influenciados por el área de gestión financiera, que coordina los recursos ya sean estos provenientes de capital privado o público, las instalaciones, equipos y el personal. Las áreas mencionadas, se relacionan internamente, pero también establecen enlaces externos de manera directa o indirecta con el mercado o redes de cooperación<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <https://waitro.org/members-partners/>

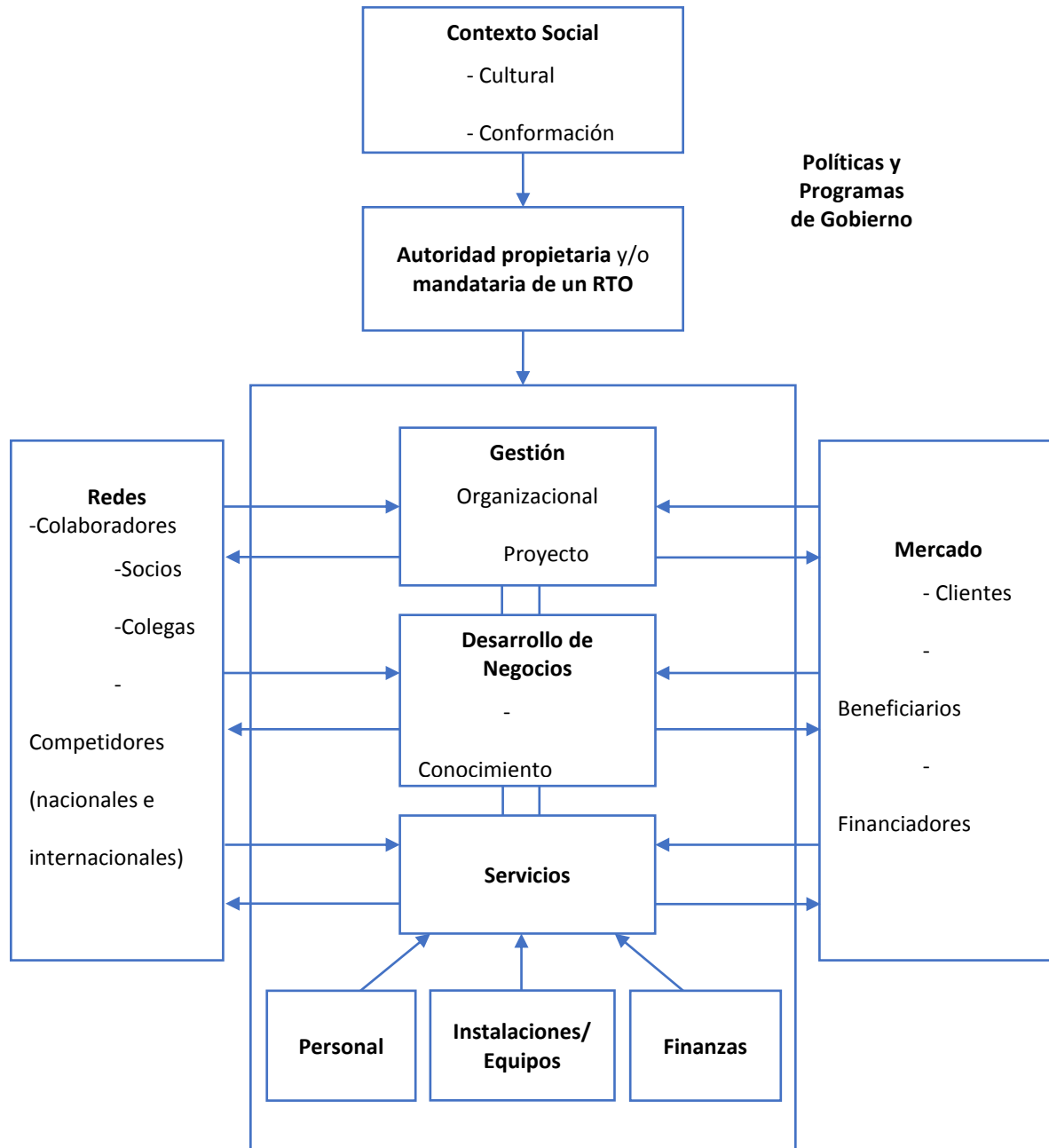


Figura 6. Modelo conceptual de un RTO. Fuente; WAITRO

Con base a este modelo, WAITRO ha desplegado el uso de una metodología con el fin de identificar las mejores prácticas para los RTOs, la cual se basa principalmente en estudios de caso y evaluaciones comparativas o *benchmarking*. WAITRO ha registrado problemas que son básicamente similares en la mayoría de países, entre ellos, el bajo patrocinio de la industria local, escaso apoyo por parte del gobierno, retención de personal calificado, etc. Los RTO, en la mayoría de países de África y Asia, no cuentan con métodos sistemáticos para coleccionar, almacenar y utilizar información básica.

### ***Organizaciones de Investigación e Innovación (Research and Innovation Organisations, RIOs)***

Esta figura aún existe con tal en el Reino Unido y se caracterizan porque tienen muchas formas organizativas, principalmente debido a accidentes históricos más que al diseño<sup>3</sup>. Algunas son fundaciones independientes o están vinculadas a universidades y otras son empresas privadas; tienen en común un grado significativo de apoyo público, ya sea en términos de financiación básica o de programas, o de compra de investigación. La política actual para el Reino Unido por ejemplo, continúa desarrollando este sistema, a través de nuevas organizaciones como el Centro Crick, y la creación de nueve "Centros Catapulta" basados en bases de conocimiento industrial avanzado.

En los últimos años, algunas RIO han creado filiales comerciales de propiedad total. Este tipo de Organizaciones suelen estar encargados de supervisar las actividades comerciales de la institución y garantizar el mejor uso posible de su propiedad intelectual y otros activos. Por lo general, se autofinancian o pretenden serlo y reinvertir los beneficios en la institución anualmente. En teoría, también buscan reducir los costos, incluidos los costos de oportunidad no insustanciales del tiempo del investigador si se espera que los propios investigadores incluyan la maximización de los ingresos comerciales entre sus objetivos.

La estructura actual de propiedad y gobernanza de los RIO es el producto de historias largas y complejas, en algunos casos que se remontan a siglos atrás. Para ejemplo, el Ordnance Survey, ahora una organización comercial que se ocupa de información geográfica y organización espacial, fue fundada en 1791. El British Geological Survey fue fundado en 1832. The National Physical Laboratory, ahora la institución central en metrología (ciencias de la medición), se estableció en 1900. El Consejo de Investigación Médica se estableció antes de la Primera Guerra Mundial.[21]

### **BENCHMARKING INTERNACIONAL**

Con el fin de lograr un mejor entendimiento de las actividades desarrolladas por los RTOs y determinar cuáles de estas actividades que derivan en la buena gestión de estos, se hace uso de una estrategia conocida como benchmarking. Esta estrategia se basa en una comparación hecha a partir de un conjunto de criterios con el fin de identificar casos de convergencia en mejores prácticas de los RTOs que han resultado exitosos, así como prácticas que deberán evitarse en la instalación y operación del centro.

En este sentido, como se mencionó anteriormente, WAITRO ha adelantado con éxito un estudio de benchmarking denominado "*Best practices for the management of Research and Technology Organisations*"<sup>4</sup>. Dicho estudio se realizó en dos etapas, la primera consistió en la visita a 32 centros en Europa y la India para determinar los servicios y forma de operación de los mismos, de este estudio se determinó el modelo en que operan este tipo de organizaciones (ver figura 7). En la segunda etapa se analizaron 60 centros en cuanto a la forma en que ellos lograron alcanzar sus objetivos en los diferentes procesos, estas formas fueron llamadas buenas prácticas en donde las principales áreas de proceso

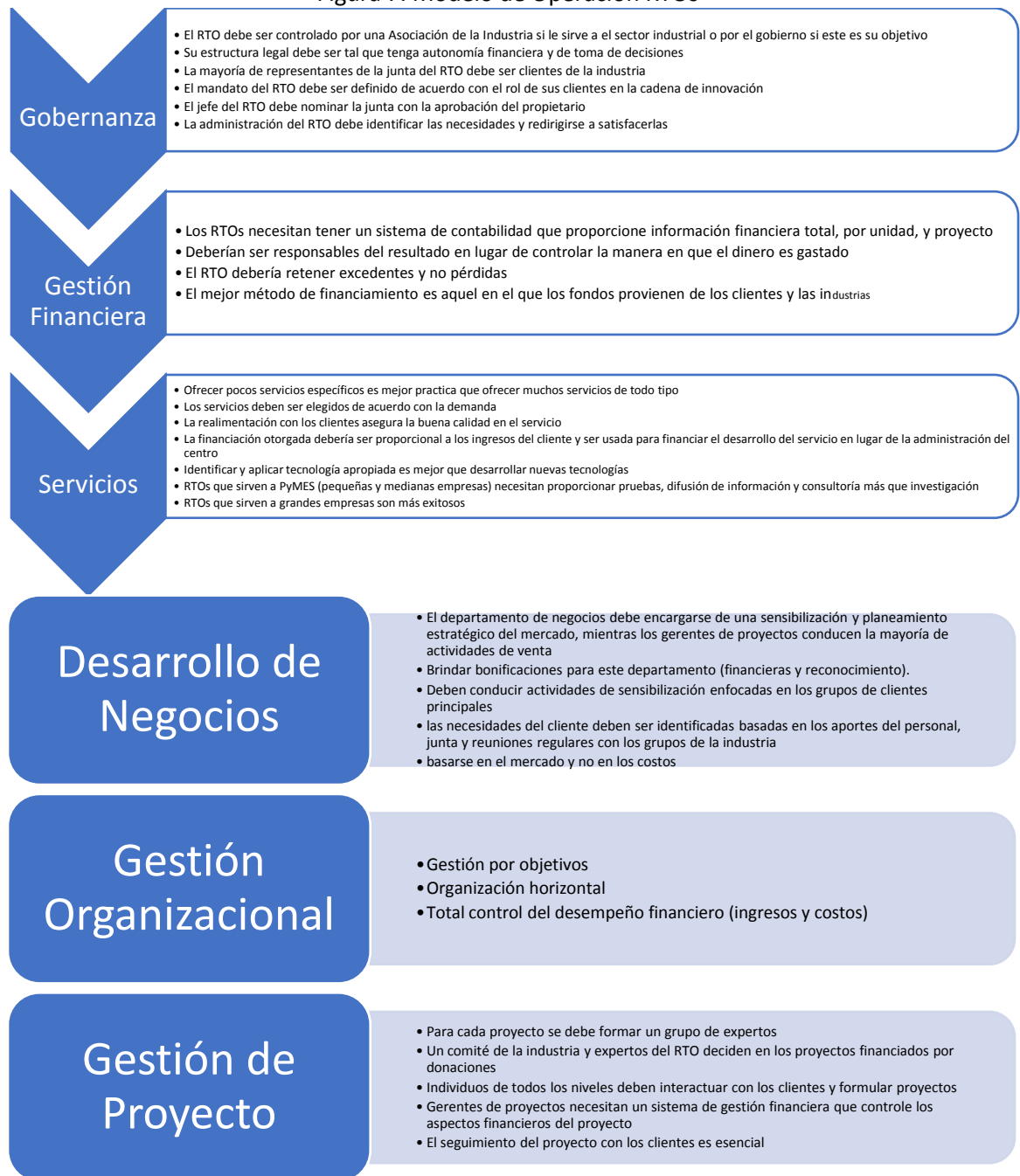
---

<sup>3</sup> <https://www.airto.co.uk/>

<sup>4</sup> WAITRO

están representadas en las siguientes representaciones que articuladas nos permitirán llegar a los mejores resultados basándonos en las experiencias de agremiaciones como WAITRO.

Figura 7. Modelo de Operación RTOs



Construcción de Capacidad	Personal	Redes	Políticas y Programas
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aportes del mercado, juntas de clientes mayoritarios son importantes para identificar oportunidades</li> <li>•Esfuerzo concertado por grupo de gerentes es más efectivo que decisiones por gerentes individuales</li> <li>•RTOs exitosos tiene al menos dos profesionales por cada personal no profesional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correcto sistema de reclutamiento para seleccionar personal apropiado</li> <li>• Los RTO deben establecer escalas de salario competitivas en el mercado y premiar el alto desempeño</li> <li>• Evaluar los empleados contra los objetivos comunes y comunicar los resultados de manera escrita y verbal</li> <li>• Los sistemas de comunicación interna son esenciales para el éxito de RTOs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los RTOs necesitan establecer relaciones con proveedores de tecnología</li> <li>• RTOs debe usar al menos 4 métodos de interacción con la industria para entender las necesidades del cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los RTOs deben concentrarse en proporcionar la tecnología adecuada</li> <li>• Los RTOs necesitan acceder a programas del gobierno para los que compiten con otros proveedores de tecnología</li> </ul>

La inversión en este tipo de centros suele estar dividida en instalaciones físicas, pago de personal, adquisición tecnológica y costos de pruebas de conformidad. Siendo el costo de personal el más representativo, gracias al perfil exigido por las actividades del centro; los costos de instalaciones suelen variar dependiendo de la vocación del centro, pero no suelen representar un porcentaje importante. La adquisición tecnológica y pruebas de conformidad contratadas con proveedores dependen del tipo y estado de madurez de la tecnología utilizada; sin embargo, este tipo de entidades prefieren adoptar tecnologías existentes para no incurrir en gastos de desarrollo.

En general los Centros de evaluación tecnológica se enfocan en suministrar servicios de conocimiento especializado en busca de promover y acelerar la transferencia de nuevas tecnologías a las empresas, especialmente pequeñas y medianas. Mientras establecen redes de cooperación con otros centros similares en otros países.

**CENTROS DE PARTICULAR INTERÉS.**

Una vez conocidos los esquemas, estructura y estrategias de inversión y funcionamiento de los Centros u organizaciones de Investigación, desarrollo e innovación tecnológica. Sin duda, estas organizaciones financiadas, lideradas y operadas por agencias gubernamentales, enfocadas en promover la ciencia, nuevas tecnologías y potenciar nuevos mercados e industrias en donde principalmente sobresalen los siguientes sectores: Salud, energía, transporte, comunicaciones y medio ambiente indudablemente está lideradas y/o dominadas por instituciones Europeas<sup>5</sup>

Dado el enfoque del estudio, a continuación se profundizará en algunos casos internacionales de interés general, en busca de entender el funcionamiento de este tipo de centros de evaluación tecnológica en el ámbito internacional. En el primer caso se presenta la experiencia del Centro brasilero

---

<sup>5</sup> <https://www.reuters.com/innovation/most-innovative-institutions-2019>

CI-Biogas, en segundo lugar, se muestra la experiencia de Malasia con su RTO SIRIM, y por último, una iniciativa de carácter privado y multinacional de la compañía United Technologies.

**CIBiogás -Brasil**



CIBiogás Energias Renováveis (Centro Internacional de Energías Renovables-Biogás) es una entidad brasileña sin ánimo de lucro creada en el 2013, dedicada a la ciencia, tecnología e innovación, con autonomía administrativa. El Centro está conformado por 20 instituciones que desarrollan y apoyan proyectos encaminados al estudio de energías renovables.

Tiene su laboratorio en el Parque Tecnológico Itaipui (PTI), en Foz do Iguaçu en el Oeste de Paraná en Brasil. En esta región actividades como la agroindustria (aporta el 26% de la producción nacional total de granos como soja, trigo y maíz), avicultura y la bovinocultura son las principales impulsoras en la economía y la abundancia de residuos generados ha posibilitado la consolidación de este Centro mediante la captación de proyectos importantes para promover el uso de biogás, además de garantizar competitividad, seguridad energética y ambiental al agronegocio con resultados fructíferos para el desarrollo sostenible del país<sup>6</sup>

**GOBERNANZA**

Los representantes de las 20 instituciones asociadas al CIBiogás forman el Consejo de Administración y el Consejo Fiscal de la institución. En la Tabla 1, Se presentan algunos de ellos.

En la tabla 1- Representantes CI Biogas

INSTITUCIÓN	CONSEJO FISCAL		CONSEJO ADMINISTRATIVO	
	Titular	Suplente	Titular	Suplente
<b>IAPAR</b>	Altair Sebastião Dorigo	José Pereira da Silva	Florindo Dalberto	Tiago Pellini
<b>ELETROBRAS</b>	Wagner Titara Juliasse	Juan Vicente Amato Torres	Walter A. de Britto Filho	Renato S. Sacramento
<b>FAEP</b>	Pablo Roberto Orso	José Carlos Colombari	José Carlos Colombari	Pablo Roberto Orso
<b>FPTI</b>	Juan Firmino Neto	Andreia Alves Pimenta	Claudio I. Osako	Juan Biral Junior
<b>AYUNTAMIENTO DE TOLEDO</b>	Juan Bautista C. de S. Furlan	Ires Damian Scuzziato		
<b>FIEP</b>			Reinaldo Tockus	Mauricy Kawano
<b>ITAIPÚ</b>			Pablo Afonso Schmidt	Maycon G. Vendrame
<b>SEAB</b>			Manoel M. Chaves	Richardson de Souza

Colaboradores y empleados

---

<sup>6</sup> <https://cibiogas.org/>

CIBiogás cuenta con un cuadro de colaboradores formados por especialistas en diferentes sectores, interdisciplinaridad que garantiza los buenos resultados en todas las etapas y procesos para el desarrollo de las energías sostenibles

En la actualidad, la organización cuenta con un total de 52 colaboradores, 27 mujeres y 25 hombres y 41 de ellos son hijos. Los restantes corresponden a cinco pasantes, 5 becarios y un voluntario. A continuación en la tabla 2, está la distribución de responsabilidades de los cargos.

Tabla 2. Distribución de responsabilidades CI Biogas

Cargo	No. Personas	Cargo	No. Personas
Administración	6	Prensa	2
Ciencias contables	1	Letras	1
Ciencias económicas	1	Pedagogía	1
Director	1	Publicidad y propaganda	2
Ingeniería agronómica	2	Química	1
Ingeniería ambiental	8	Secretariado ejecutivo	1
Ingeniería civil	2	Sistemas de información	1
Ingeniería eléctrica	1	Técnico en agropecuaria	2
Ingeniería mecánica	2	Técnico en edificaciones	1
Enseñanza media	1	Técnico en mecánica	1
Recursos humanos	1	Técnico en mecánica	1

Que servicios presta CI Biogas?

CIBiogás posee conocimiento técnico para atender toda la cadena de biogás, desde el análisis de potencial de producción y calidad del biogás hasta la consultoría en los procesos de implantación del sistema y generación de energías eléctrica, térmica y vehicular.

Se destaca cuatro tipos de servicios, (1) análisis de laboratorio, (2) consultoría, asesoría y estudio de viabilidad técnica y económica, (3) capacitaciones en energías renovables e (4) investigación y desarrollo. Para cada servicio se presenta la descripción en la Tabla 3.

Tabla 3. Servicios que presta CI Biogas

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Análisis de laboratorio	Realización de ensayos especiales, para verificar cuál es el potencial de la biomasa en la generación, cuantificación y calidad de biogás.
Consultoría, asesoría y estudio de viabilidad técnica y económica	Identificación y análisis de las oportunidades existentes en el agronegocio y apunte de soluciones en lo que se refiere a la cadena del biogás. Asesoramiento en procesos de toma de decisiones. Verificación de la consistencia y la rentabilidad del proyecto a ser implementado a través de un Estudio de Viabilidad Técnica y Económica (EVTE).
Capacitaciones en energías renovables	Cursos ofrecidos en la modalidad presencial o de Enseñanza a Distancia (EaD) sobre Gestión Territorial, operacionalización de biodigestores y energías del biogás.
Investigación y desarrollo	Verificación de alternativas de generación de energía cada vez más eficientes.

A su vez, en el laboratorio de CIBiogás se adelantan ensayos, que tienen como finalidad analizar el potencial de producción del gas proveniente de diferentes biomásas y de esta manera instruir a

propietarios rurales y empresas en el aprovechamiento de este recurso en la generación de energía eléctrica, térmica y vehicular.

### **Proyectos bandera de CI Biogas**

CIBiogás es responsable de proyectos de implantación, monitoreo y mejoramiento en sistemas de producción de biogás en once unidades de producción instaladas en el Oeste de Paraná, que corresponden a almidonerías, cooperativas, granjas, empresas y pequeñas propiedades rurales en las que se han podido comprobar viabilidad técnica y económica del biogás.

Prueba de ello es el proyecto en Entre Ríos del Oeste(2016), como resultado de la asociación entre Copel, la Fundación PTI y el CIBiogás, que inició con el objetivo de viabilizar el tratamiento de los desechos animales transformando un agente contaminante en biogás y biofertilizante.

CIBiogás también cuenta con unidades de negocio, tales como Granja Haacke, la Hacienda Iguazú (Star Milk), el Condominio de Agroenergía Ajuricaba y la Granja San Pedro. La Granja Haacke que es una propiedad rural ubicada en Santa Helena modelo nacional de sostenibilidad y pionera en la producción de biogás para la generación de biometano y energía eléctrica a partir de desechos de avicultura y bovinocultura. Esto ha posibilitado buenos resultados en cuanto al ahorro en los costos de energía eléctrica media anual de R \$ 90 mil, abastecimiento de una camioneta con biometano para uso en la propiedad, el suministro de biocombustible para el parque ITAUPU Binacional y el uso de biofertilizantes.

En la Hacienda Iguazú, conocida como Star Milk, las actividades se centran en la agricultura, la ganadería lechera y la reforestación. La biomasa recibe tratamiento sanitario mediante dos biodigestores instalados en la propiedad y el biogás producido se utiliza en la generación de energía eléctrica a través de un grupo motogenerador con potencia de 330 kW. Como resultados se destacan el uso de biofertilizante para irrigar la producción de heno, tratamiento de 21.900 toneladas de desechos bovinos al año y generación de energía eléctrica de 1500kWh/día.

Similar al caso anterior, el Condominio de Agroenergía Ajuricaba se instalaron biodigestores para la generación de biofertilizante y biogás. Con ello se produjo energía eléctrica y se evitó en promedio alrededor de 483,15 toneladas en emisiones de CO<sub>2</sub> al año al usar biogás en lugar de gas licuado de petróleo en las cocinas (GLP).

La Granja San Pedro es pionera en el auto-abastecimiento energético en Brasil desde el 2006 obteniendo energía a partir de la biomasa proveniente de la porcicultura. Sus resultados han sido ahorro energético medio anual de R\$60 mil (energía eléctrica), un potencial de producción de 1.000 kWh / día y un ahorro anual de R\$40 mil con el uso de biofertilizante.

Finalmente, en el Parque tecnológico Itaipu, se ha impulsado una flota de vehículos movidos por biometano (Mobility with Biomethane) producido de la Granja Haacke y se tiene conocimiento de un proceso de estructuración de un complejo industrial para tratamiento de biomasa, en el que la unidad de producción tratará parte del alcantarillado y residuos orgánicos generados en los restaurantes y restos de poda de césped.

### ***Evolución financiera***

A continuación, se muestra la evolución financiera de CI-Biogás en su informe anual 2016.

### ***Evolución Financiera Convenio Itaipu***

El Término de Compromiso firmado con Itaipu Binacional en julio de 2014 con el objetivo de consolidar el CIBiogás como centro internacional de investigación y desarrollo de energías renovables, con énfasis en biogás, obtuvo la evolución mostrada en la Tabla 4-

Tabla 4. Evolución financiera Convenio Itaipu 2018.

Año	Valor del convenio	%	Valor ejecutado del convenio	%
<b>2014</b>	R\$ 2.606.980,00	10,205	R\$ 1.113.193,91	4,358
<b>2015</b>	R\$ 6.187.180,62	24,22	R\$ 6.601.008,91	25,84
<b>2016</b>	R\$ 6.578.254,98	25,751	R\$ 6.807.156,64	26,647
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.372.415,60</b>	<b>60,176</b>	<b>R\$ 14.521.359,46</b>	<b>56,844</b>

### ***Evolución financiera en la prestación de servicios***

El aumento del ingreso bruto por prestación de servicios en 2016 fue del 31,2% con respecto al 2015. En el año 2014 el ingreso bruto fue de R\$ 175.123,98 (55.752,47 USD), en el 2015 fue de R\$ 416.331,80 (132.543,39 USD) y en el 2016 fue de R\$ 545.993,01 (173.822,33 USD). En la Tabla 5 se indica el valor por servicio prestado.

Tabla 5. Valor por servicio prestado 2018 (Fuente CI biogás ).

Servicios	Valor del servicio (R\$)
Cursos EaD	109.508,40
Estudios de viabilidad	26.972,85
Laboratorios externos	18.846,95
Proyectos de I & D	189.330,78
Técnicos especializados	201.334,03

La formalización del convenio para el desarrollo del Proyecto Plan Energético de la región Oeste de Paraná, firmado entre Itaipú Binacional, SEBRAE y CIBiogás, ascendió a un valor de R \$ 558.650,00.

### ***Evolución del patrimonio***

El patrimonio para el 2014 fue deficitario con un valor de R\$ 12.420,54 (3.954,20 USD). Para el año 2015 y 2016 el patrimonio tuvo superávit de R\$ 309.626,22 (98.572,60 USD) y R\$ 384.541,05 (122.422,49 USD) respectivamente.

### ***Composición de los ingresos del 2016***

La composición del ingreso estuvo representada en cuatro rubros: (1) prestación de servicios especializados con un 3,64%(R\$ 258.571,2), (2) P&D Copel/Entre Rios con una 2,67% (R\$189.330,78), (3) ingresos financieros propios con un 0,57%(R\$ 40.615,21) y (4) Convenio Itaipu con un 93,12%(R\$ 6.613.325,03), información que se presenta en la figura 8.

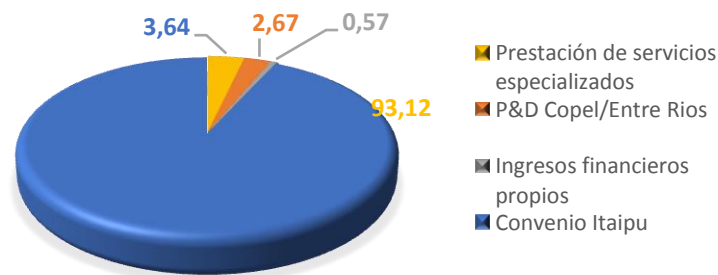


Figura 8. Composición de los ingresos en el 2016.  
Fuente: Adaptado de (Cibiogás).

**SIRIM BERHAD CORPORATE**



SIRIM es una organización de investigación industrial y tecnología en Malasia, propiedad en su totalidad del Ministerio de Finanzas Incorporadas, que ha funcionado desde 1964 y tiene su sede central en Shan Alam, Selangor. SIRIM es una de las 9 instituciones fundadoras de la Alianza Global para la Investigación (GRA, por sus siglas en inglés), correspondientes a 9 países en 4 continentes y es a su vez la ministra de WAITRO, mencionada anteriormente.

SIRIM ha sido responsable de gran parte del desarrollo del sector privado del país, en especial de PYMES, debido a su ventaja competitiva en investigación e innovación tecnológica, estándares y calidad de la industria. Participa también en el desarrollo de normas internacionales como representante de Malasia en más de 80 Comités Técnicos y Subcomités de la ISO.

**Antecedentes**

En 1964, el Gobierno de Malasia ordenó al Ministro de Comercio e Industria que realizara un estudio sobre el establecimiento de una organización nacional de normalización en vista del acelerado desarrollo que el país estaba presentando. Como resultado, a principios del 1966 se estableció la Institución de Estándares de Malasia (SIM) como un departamento gubernamental bajo el Ministerio de Comercio e Industria. En ese mismo año, SIM paso a ser gobernado por el Consejo de Normas, autoridad independiente para la declaración de normas y la expedición de licencias de marcas de certificación.

En 1974, el Consejo Nacional de Acción decidió que SIM se unificara con el Instituto Nacional de Investigación Científica e Industrial (NISIR) para integrar el Instituto de Estándares e Investigaciones Industriales de Malasia (SIRIM). Como resultado, SIRIM fue establecida como un organismo estatutario del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente por la Ley SIRIM de 1975, lo que le permitió ampliar su alcance en operaciones en proporción al rápido avance de la industrialización en Malasia.

En julio de 1993, después de unas rectificaciones a la Ley SIRIM de 1975, se le otorga a SIRIM la capacidad de poder llevar a cabo operaciones comerciales mediante la constitución de sociedades de capital mixto o subsidiarias. Con ello, la junta directiva SIRIM de 24 miembros fue sustituido por una de 13 miembros, de los cuales seis eran del sector público y siete del sector privado posibilitando una mayor eficiencia en la rendición de cuentas y el fortalecimiento de vínculos entre SIRIM y la industria.

Finalmente, el 1 de septiembre de 1996, SIRIM fue establecida como SIRIM Berhad de conformidad con la Ley de Sociedades Anónimas, con todos los derechos, privilegios y obligaciones de SIRIM conocidas hasta el momento y las que la organización ha implementado desde entonces.

**Gobernanza**

Los integrantes de la junta directiva y el comité de gestión de SIRIM Berhad se indican en la Figura 9.

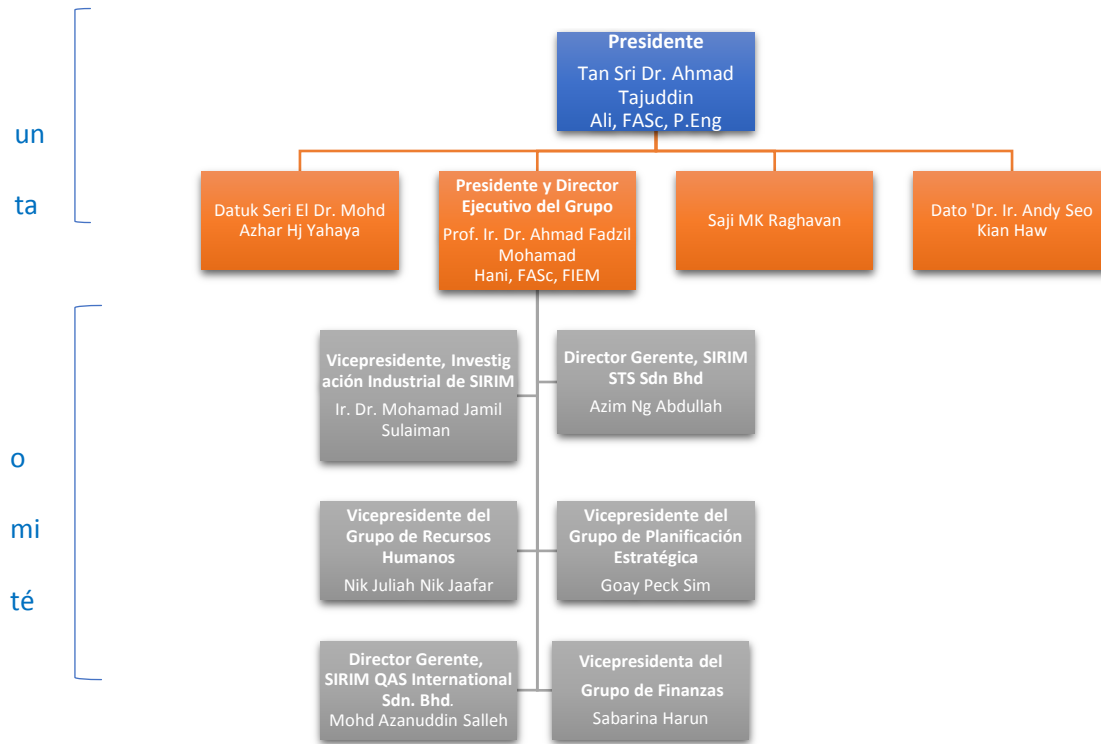


Figura 9. Integrantes de la junta directiva de SIRIM Berhad. Fuente: (SIRIM, 2017)

**Servicios**

SIRIM cuenta con más de 40 años de experiencia como organismo nacional de investigación y desarrollo tecnológico ofreciendo capacidades integrales y soluciones que se han adaptado en función de las necesidades de las empresas. Dichos servicios se especifican en la Tabla 6

Tabla 6. Descripción de servicios prestados por SIRIM Berhad. Fuente: (SIRIM, 2017)

Servicio	Descripción
Investigación Industrial	Investigación y desarrollo de tecnologías y soluciones innovadoras para la industria
Normas de Investigación, Calibración y Medición, Embalaje y Diseño de Seguridad	Desarrollo de estándares industriales, servicios de calibración y medición, embalaje y servicios de diseño de seguridad
Certificación, Inspección y Pruebas	El principal organismo de certificación, inspección y pruebas de Malasia ofrece servicios acreditados internacionalmente
Servicios de Capacitación y Consultoría de Calidad y Tecnología	Servicios de formación, consultoría y asesoramiento en calidad y tecnología

### **Proyectos exitosos**

Geográficamente, Malasia se encuentra en una región de clima tropical y húmedo que proporciona fácil acceso a una variedad de fuentes de energía renovables por parte de fuentes no convencionales como la biomasa. Ahora bien, SIRIM no ha sido la excepción en la implementación de dichos recursos en la búsqueda de soluciones innovadoras para desarrollar proyectos en energías como la solar y la eólica.

En la producción de los plásticos, SIRIM se ha fortalecido en la manufactura de productos a partir de materiales sostenibles que reduzcan al mínimo las emisiones de carbono.

En el tema de los biocombustibles, SIRIM ha venido trabajando, desde hace más de 8 años, en un proyecto de automóviles ecológicos con el combustible generado de la biomasa de la industria del aceite de palma (140 millones de toneladas de biomasa cada año). SIRIM se encarga de capturar, almacenar y refinar el metano de los depósitos de las fábricas del aceite de palma para que pueda ser usado como una alternativa al gas natural en centrales eléctricas y vehículos que funcionan con este recurso (GNV, por sus siglas en inglés). El proyecto se consolidó como BioNG, una planta piloto en Carey Island, Selangor, que fue establecida en cooperación con Sime Darby Research.

### **Evolución financiera**

La gestión financiera de SIRIM depende de los recursos y beneficios otorgados por el gobierno central. A continuación, se describen las inversiones realizadas en fuentes no convencionales.

En el 2007, los incentivos recibidos ascendían a USD\$ 13 mil millones (Bujang et al., 2016, p.1466). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha proporcionado a su vez alrededor de USD\$ 14.7 millones para promover y demostrar el potencial de la utilización de biomasa en la generación de electricidad de lo cual se tiene total de 700MW producidos.

En cuanto a la energía solar, en la búsqueda de más participación del sector privado en la inversión de sistemas fotovoltaicos, el gobierno introdujo el proyecto MBIPV en el 2005 con fondos del PNUD con el objetivo de reducir el precio de estos mediante la adopción de marcos reguladores de apoyo para lograr un mercado BIPV sostenible. Después de un período de cinco años, el costo de los sistemas BIPV se redujo de USD\$ 8.4 / kW en 2005 a USD\$ 6.1 / kW en 2010. El gobierno introdujo también SURIA 1000 en 2007 con especial énfasis en brindar al sector público e industrial la oportunidad de participar directamente en iniciativas ambientales y de energías renovables. Actualmente, un sistema BIPV de 5 kW cuesta alrededor de USD\$ 37,500 y hasta la fecha las instalaciones han totalizado hasta 0.4MW(Bujang et al., 2016, p.1464).

## CONTEXTO NACIONAL

Al igual que en el caso internacional, Colombia ha impulsado actividades de ciencia, tecnología, investigación e innovación. Para ello ha sido necesario desarrollar un sistema estructurado mediante la proposición de políticas y estrategias que fortalezcan estas actividades y que posibiliten un crecimiento económico, social y ambiental.

### ***Ciencia, tecnología e innovación en Colombia***

Las estrategias en el caso colombiano se encuentran enmarcadas dentro de la política de ciencia tecnología e innovación (CTI) la cual se ha venido consolidando bajo diferentes etapas a lo largo de los años.

En la primera etapa (1968-1989), se destaca la importancia de la creación de las entidades Colciencias e ICFES, la Asociación Colombiana de Ciencia y la misión de ciencia y tecnología como fundamentos de la institucionalidad de la ciencia y la tecnología.

Durante la segunda etapa (1990-1999), se conforma el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) el cual inicia con la Ley 29 de 1990, considerada como la primera Ley de fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico en Colombia. Posteriormente, se crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), organismo encargado de la dirección y coordinación de SNCyT; el Consejo Nacional de Competitividad (CNC) y se aprueba la Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1998, eventos que posibilitan el fortalecimiento del SNCyT y de su institucionalidad.

La tercera etapa (2000-2008), se caracteriza por el fortalecimiento de la ciencia y tecnología en las regiones a través de la vinculación de intereses locales enmarcados dentro de la Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002.

En la cuarta etapa (2009-2014), con la formulación de la Ley 1286 de 2009 se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo de CTI, se modifica el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) para convertirlo en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel). De igual manera, se crean los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI); se establece una nueva *Política Nacional de Ciencia y Tecnología*, en la que se reconoce la necesidad de mejorar los niveles de innovación; se crea el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI); se instaura el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), en paralelo al SNCTel y se crean programas con iniciativas de innovación, productividad y fortalecimiento empresarial, ejemplo de ello es INNpulsa, a nivel nacional y Bogotá Innova, Ruta N en Medellín y Manizales+, a nivel local. Esta etapa culmina con la instauración de la ley 1753 de 2015, a través de la cual se integran el SNCI y el SNCTel con el propósito de consolidar un único Sistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI).

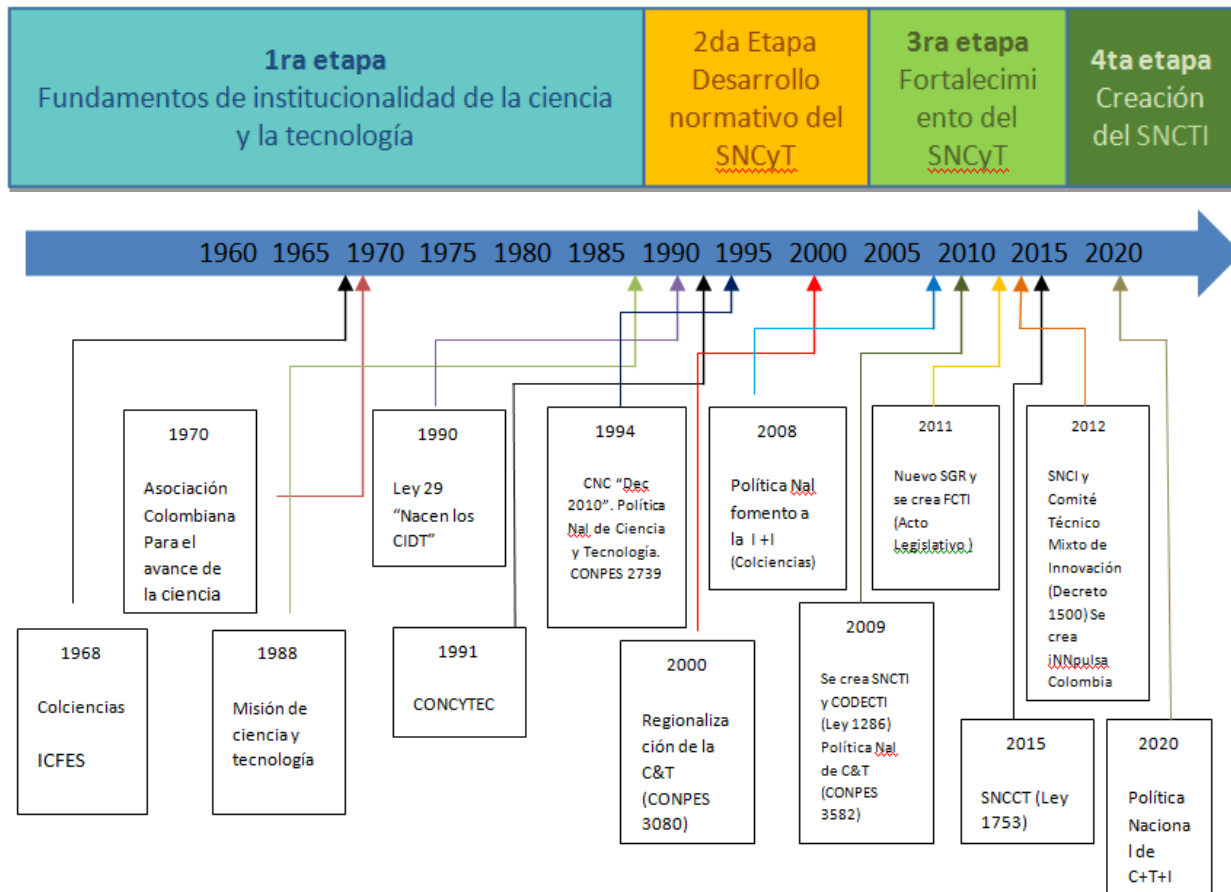


Figura 10. Línea de tiempo de políticas de Ciencia, Tecnología en innovación (CTI).

Fuente: Elaborado a partir de CONPES 2020.

En la Figura 10. Se representan en una línea de tiempo los acontecimientos más relevantes en el ámbito de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y que han incidido de manera directa o indirecta en las políticas que lo rigen.

Aun cuando se reconocen los avances en materia institucional descritos en la tabla, las políticas de CTI implementadas necesitan redirigirse de tal manera que cumplan con el nuevo objetivo, impulsar el desarrollo económico, social y ambiental del país y sus regiones a través de la ciencia, tecnología e innovación, propuesto como general en la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2016-2025).

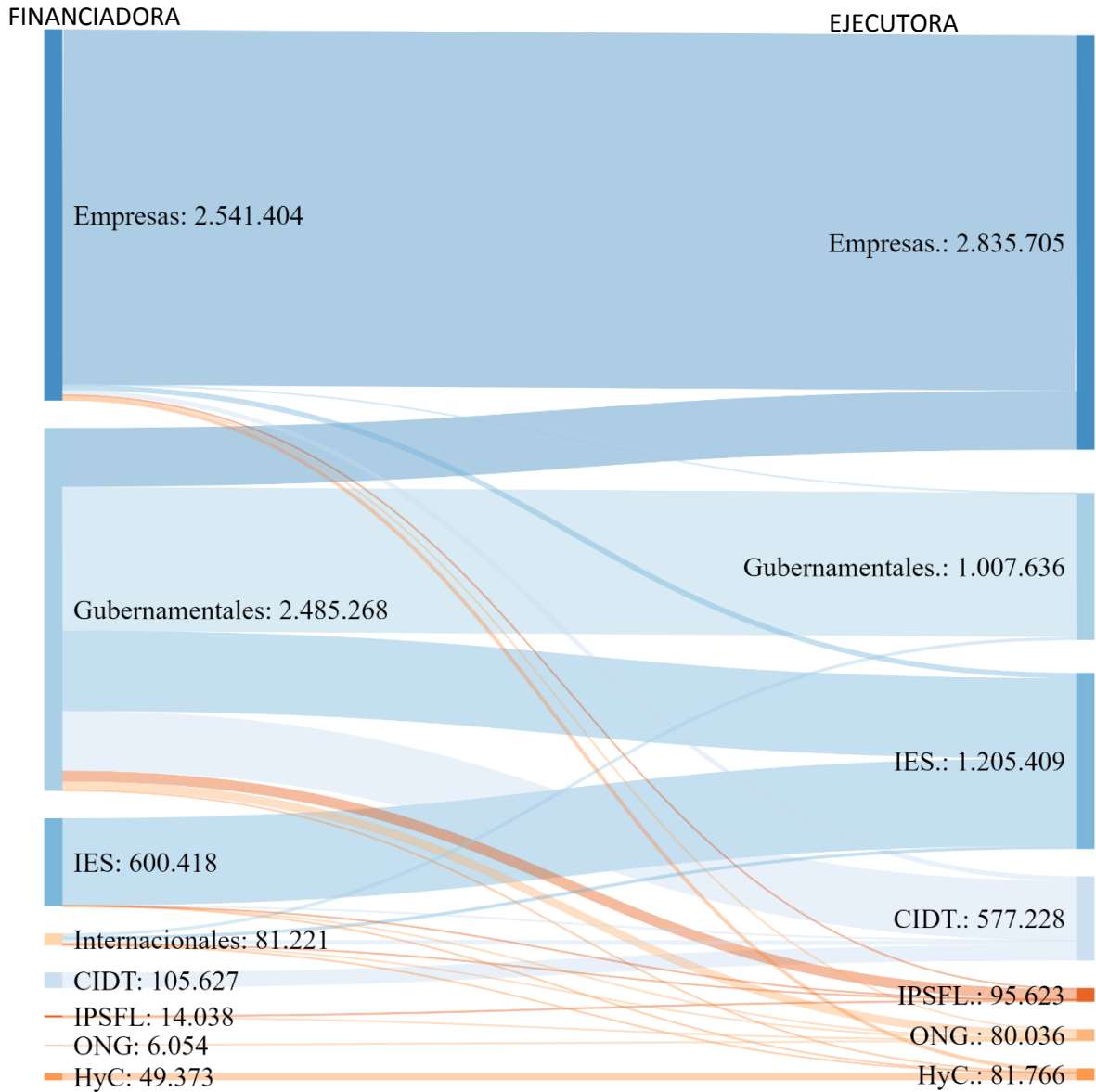
En este contexto, es pertinente mencionar que la evolución del SNCTel ha sido impulsada en gran medida gracias a los actores que son reconocidos actualmente entre los que se destacan los centros de investigación y los Centros de Desarrollo Tecnológico, CDT. Estas entidades han venido promoviendo estrategias encaminadas a aumentar la generación de conocimiento científico de alto impacto. Sin embargo, según los estándares internacionales, no cuentan con las capacidades suficientes para desempeñar de manera satisfactoria sus actividades. Esto se debe, entre otras cosas, a la baja financiación o aportes de recursos de manera discontinua tanto de origen público como privado en comparación con otros países en similares condiciones de desarrollo; la falta de un ambiente que propicie el intercambio continuo de conocimientos entre actores; la débil priorización sectorial, la cual limita la identificación por parte de estas entidades de las ramas o sectores específicos en que deberían focalizarse para lograr un mayor impacto en la economía del país y las infraestructuras de soporte a la

innovación (Incubadoras de Empresas, Parques Tecnológicos, las Oficinas de Transferencia de Resultado de Investigación u OTRIs, entre otras), las cuales han recibido poco apoyo por políticas públicas a pesar de que son entes que facilitan el intercambio de conocimiento entre quienes trabajan en su generación y quienes lo aplican (Colciencias, 2016).

En Colombia, según el Observatorio de Ciencia Tecnología e Innovación, OCyT<sup>7</sup>, la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) en 2016 alcanzó el 0,711 % del PIB (5.800.198 millones de pesos de 2015). La financiación de estas actividades proviene en un 45,36% de recursos públicos, 53,22% de recursos privados y 1,8% de entidades internacionales. Las empresas son quienes más ejecutan dichos recursos, representando el 50,49%, seguidas por las instituciones de educación superior con 19,39%, las entidades gubernamentales con 16,30% y los centros de investigación y desarrollo tecnológico con el 9,62%. Dichos recursos provienen en un 32,80% de entidades gubernamentales (sin considerar regalías), 7,56% del Sistema General de Regalías, 45,56% de las empresas y el porcentaje restante proviene de Instituciones de educación superior, entidades internacionales, centros de desarrollo tecnológico, entre otros. La distribución de recursos en actividades de ciencia, tecnología e innovación entre las entidades financiadoras y ejecutoras de muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

---

<sup>7</sup> <https://ocyt.org.co/>



### ESTUDIO DE MERCADO

Partiendo de información secundaria y complementando el análisis realizado en el capítulo “Estado del Arte”, en este capítulo se busca identificar los retos energéticos y empresariales del país que afrontan las organizaciones industriales en Colombia, llevándonos a establecer una segmentación de la industria de acuerdo con la disposición estimada para usar los servicios de un centro como el del objeto del presente estudio.

Objetivo de la Demanda que atenderá el Centro

Brindar insumos para estimar los servicios pertinentes que podría ofrecer el Centro considerando las necesidades del país y de la industria. El análisis de variables tales como potenciales clientes, productos/servicios potenciales y competencias del centro, entre otras, es un insumo fundamental para el análisis tecnológico que se llevará a cabo en el Capítulo siguiente junto con un análisis logístico.

Retos energéticos del país.

Dada la importancia de la energía en el desarrollo económico y el mejoramiento de la calidad de vida de todas las personas, el suministro energético en nuestro país se centra en asegurar su disponibilidad, a costos adecuados, para satisfacer las necesidades actuales y futuras de energía de toda la gente en el país. La energía, en sus diversas formas, debe estar disponible, de forma confiable y económica, para que la población pueda desarrollar sus actividades residenciales, agrícolas, comerciales, industriales o de transporte de forma competitiva en un ambiente globalizado; todo lo anterior en un marco de sostenibilidad, que propenda por la eficiencia de producción y utilización sin causar efectos negativos en la población o sobre el medio ambiente.

Los retos en términos energéticos a los que está abocado el país, e identificados en el Plan Energético Nacional Colombia: La transformación energética que habilita el desarrollo sostenible 2020-2050 (UPME, 2020)<sup>8</sup>, están recogidos en síntesis en tres conceptos, que deben ser desarrollados desde la política pública y el tejido empresarial con el fin de lograr cerrar las brechas actuales, dichos retos son: capacidad de atraer capital al sector energético para financiar las inversiones planeadas y superar las fricciones en las cadenas de producción y comercio mundial, desarrollo de grandes infraestructuras y el uso generalizado de combustibles fósiles.

- **Eficiencia:** Por la vía de optimizar los procesos de calor porque corresponden al 88 % de la energía consumida en el sector industrial. Implementar tecnologías industriales de menor consumo, tecnologías que usen energéticos más eficientes (transporte eléctrico), construcción sostenible con iluminación eficiente y acondicionamientos más naturales. Y tener en cuenta el uso de tecnologías de “waste to energy”.
- **Asequibilidad:** Ampliar el uso y por tanto, la cobertura de energía en todas las regiones, segmentos de la población y actividades económicas, contribuyendo a que la energía impulse la calidad de vida y transformación productiva de todo el país, esto mediante la capacidad de atraer capital al sector energético para financiar las inversiones planeadas y superar las fricciones en las cadenas de producción y comercio mundial. Apropiación de tecnologías para generación distribuida que, de una parte alimente aplicaciones agroindustriales para Zonas No Interconectadas, y de otra facilita la electrificación de los sistemas de transporte masivo, desarrollo y electrificación de los sistemas en modo ferroviario (carga y pasajeros) y vehículos eléctricos.
- **Sostenibilidad:** Diversificar las fuentes de producción de energía necesarias para un suministro eficiente y asequible, con energías más limpias. Es necesaria la adaptación de tecnologías para que disminuya el uso generalizado y dependencia de los combustibles fósiles, al igual que

---

<sup>8</sup> [http://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energetico\\_Nacional\\_2020\\_2050.pdf](http://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf)

tecnologías para la captura de carbono y tratamiento de emisiones. Se requiere explorar fuentes alternativas de energía limpia con menor uso de terreno. Siendo este último concepto el fundamental para el impulso de las tecnologías de generación en FNCER.

#### Retos empresariales de Colombia

Colombia actualmente se encuadra en el puesto 57 (Subió 4 puestos con respecto a 2016) entre 141 (138 en 2016) países en el Índice Global de Competitividad o IGC (World Economic Forum, 2019)[14], con un ascenso al puesto 61 en investigación y desarrollo y al puesto 77 en capacidad de innovación que son liderados por Japón y Alemania, respectivamente.

Recordando que innovación es la capacidad para desarrollar ventajas competitivas y mayor valor agregado a partir de los productos (bienes/servicios) y procesos, en la Figura 1 “Capítulo Estado del Arte” se presentan los resultados de una evaluación de las capacidades de innovación de un grupo significativo de empresas de la industria eléctrica colombiana. Consecuentemente con la subida en la calificación del Foro Económico Mundial los pilares de competitividad de I + D + I, son precisamente las capacidades de adaptación tecnológica de la producción, la de una madurez que aún es baja para la industria eléctrica colombiana (Puesto 91 en Acceso a la Electricidad “descendió”), tanto para las grandes empresas como para las PYMES. Esto evidencia inmadurez de las empresas en capacidades para la apropiación tecnológica y posterior salto a la innovación en bienes, servicios y procesos.

Cómo se pudo identificar en la categorización de la Industria Colombiana (Capítulo Estado del Arte “Figura 2”), sólo el 0,1% de las empresas es cliente habitual de un Centro de I+D+i, el 23% acude sólo si cuenta con apoyo estatal para ello y el 77% sólo acude para los servicios inevitables, esto es, certificación, ensayos y ocasionalmente formación/capacitación. Esto es plenamente coherente con la situación descrita en el Marco Teórico (página 7) con respecto a los Centros de I+D+i en Colombia, explica porque muy pocos de los creados con auspicio del Estado en los años 90 han sobrevivido y sustenta la necesidad del modelo de financiación transversal derivada de prestación de servicios que han desarrollado los que han permanecido (e.g. CIDET, CINTEL).

#### Usuarios Beneficiarios

Los usuarios potenciales del centro están íntimamente ligados a las empresas que desarrollan/usan tecnología o que diseñan e instalan proyectos de generación en FNCE, en ese orden de ideas, de acuerdo con el último informe de registro de proyectos de generación emitido por la Subdirección de Energía Eléctrica de la UPME, de 2008 a Junio de 2021, se cuenta con 1519 proyectos inscritos (274 en 2018, 261 en 2019 y 203 en 2020) y una potencia asociada de 18.286 MW[24], la mayor concentración de esta potencia se encuentra en La Guajira con proyectos solares y eólicos. En cuanto a proyectos vigentes, esta la siguiente configuración:

- 212 proyectos, esto es el 67,51% con Energía Solar, con 9.018 MW (49.3%)
- 71 proyectos, esto es 22,61% con Energía Hidráulica, con 2.423 MW (13,25%)
- 1 proyectos, esto es 0,31% con Energía de Biomasa, con 1 MW (0,05%)
- 5 proyectos, esto es 1,59% con Energía Térmica, con 2.698 MW (14,75%)

- 25 proyectos, esto es 7,96% con Energía Eólica, con 4.146 MW (22,67%)
- 0 proyectos, esto es 0,0 % con Waste to Energy (W2E), con 0 MW (0,0%).

Es importante señalar que para estimar los usuarios, beneficiarios o clientes del Centro se consideraron fundamentalmente los proyectos vigentes (a futuro) y no los desarrollos existentes. Esto suponiendo que los desarrollos existentes ya resolvieron algunas incertidumbres técnicas y desarrollaron las capacidades que un Centro como el planteado pretende ayudar resolver y promover su desarrollo.

El centro objeto de este estudio podría abarcar las actividades de: **investigación, demostración, innovación, formación y capacitación** en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales, que podría enfocarse en:

- Escasez en la oferta de servicios de demostración de tecnologías para FNCE, especialmente pilotos a escala real que permitan resolver las incertidumbres de este tipo de despliegues.
- Formación de recurso humano calificado en otras tecnologías como bioenergía y W2E.
- Para las actividades de innovación e investigación en el país, aún no se cuenta con una masa crítica (clientes/usuarios) que requieran de dichos servicios con la frecuencia y la disposición a pagar requeridas para la autosostenibilidad financiera del Centro.

En consecuencia de lo anterior, se concluye que si se desea atender una demanda consolidada en FNCE, las apuestas que vienen liderando son en primer lugar la energía solar seguida de las energías hidráulica y eólica. Por otra parte, dadas las habituales problemáticas municipales y en grandes ciudades, para motivar y dinamizar una demanda potencial que puede ser relevante, la apuesta sería por la energía de los residuos (W2E), el biogás y/o la energía de la biomasa.

Sondeo de mercado y Capacidades nacionales.

En términos generales, un Centro de I+D+i mantiene una oferta de servicios a la industria en dos categorías principales que son: Servicios de Extensión Tecnológica y Servicios de I+D+i.

Dado lo anterior en conjunto con el análisis en el capítulo del Estudio del arte, se procedió a realizar un sondeo mediante una encuesta a un grupo cerrado de expertos con el fin de recabar información de fuente primaria, en torno a la pertinencia de un centro de demostración, evaluación, capacitación y formación en FNCE, Gestión del conocimiento e Innovación, propiedad intelectual, conformación jurídica, servicios esperados entre otros. La encuesta está compuesta por diez (10) preguntas que dieron cuenta de pertinencia de un centro de esta categoría, conformación y servicios esperados. Ver Anexos

El análisis de los resultados arrojó lo siguiente:

- Todos coincidieron en que el Centro debe contar con la participación del sector privado, educativo y público en general.
- Preferiblemente recomiendan que el funcionamiento del Centro sea de manera semipresencial aprovechando los avances tecnológicos configurados en la Pandemia.
- El 60% de los encuestados considera que se debe realizar una fuerte inversión social, acompañada de fortalecer la I + D + i en energías limpias para propiciar un desarrollo tecnológico equiparable a los países industrializados, si comparable con los demás de la región.

- Con relación a la propiedad intelectual en Colombia el 60% cree que este sector necesita más desarrollo, actualización, difusión y manejo.
- El 60% de los encuestados percibe que el sector económico que presenta las mayores brechas es el agrícola.
- Con respecto a los fracasos o no realización efectiva de alianzas, transferencia tecnológica y donaciones en proyectos demostrativos, de capacitación y aplicación de tecnologías, los factores más determinantes son: Falta de continuidad, trazabilidad e interés y una verdadera fiscalización.
- En el tema de cambio climático, transformación energética, autogeneración y desarrollo de fuentes alternativas, Colombia va en buen camino con las subastas y parques ecológicos. va mal en la entrada en operación de los proyectos, en I + D + i y crecimiento tecnológico. Por otra parte, se reitera que falta invertir en contextos social, tecnológico e industrial.
- El modelo de RTO de energías renovables que más se ajusta a las sugerencias de los encuestados debe ser liderado por Universidades, ubicado en cualquier zona del país (semipresencial) y con énfasis en bioenergía.
- En cuanto a oferta del centro, en productos sugieren Certificación de producto y procesos, calibraciones de equipos, diseño y producción innovadora. En servicios se sugiere ofrecer, asesorías, asistencia técnica, pruebas, ensayos, financiación y capacitación.

Por otra parte, cabe agregar que en el país, no se percibe una demanda consolidada en servicios de investigación, desarrollo tecnológico y evaluación de tecnología, sino para evaluación de la conformidad, certificación de productos y eventualmente formación y demostración, condicionado esto último a contar con altas capacidades técnicas y gran especialización en el Centro.

Alternativas sustitutas de oferta como competencia del Centro.

En cuanto a la oferta de formación en FNCE, se identificaron dos (2) cursos formales impartidos por el SENA en nivel de tecnología para sistemas fotovoltaicos, adicionalmente las empresas diseñadoras e instaladoras de estas soluciones tienen en sus portafolios de servicios la formación o capacitación corta. En tanto que en las tecnologías para biomasa y eólica la oferta es muy poca.

Con respecto a evaluación de la conformidad en el país, según el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC<sup>9</sup> (ONAC, 2021), está compuesta por 40 empresas certificadoras de productos, 16 empresas certificadoras en equipo eléctrico y 20 laboratorios acreditados por la ONAC en temas energéticos y solo dos en renovables, de alrededor de 500 que cubren un alto espectro de ensayos en todas las áreas. El país cuenta entonces con empresas consolidadas en la prestación de este tipo de servicios tecnológicos y se percibe que a medida que se vayan ajustando o perfeccionando los requisitos regulatorios y normativos para las nuevas tecnologías requeridas por los productores de bienes y servicios conexos al sector energético e industrial, dichas empresas modificarán y ampliarán su portafolio de servicios en evaluación de la conformidad ya que, a priori, cuentan con lo necesario para esto

---

<sup>9</sup> <https://onac.org.co/directorio-de-acreditados/>

Para concluir (Ver figura 12), el Centro bajo análisis de prefactibilidad enfrentaría una competencia alta en temas de energía solar y una competencia baja en temas de biomasa, Waste to Energy y energía eólica debido a que en estos temas la demanda es aún incipiente. En temas de pruebas/ensayos de evaluación de la conformidad y certificación, el Centro encontraría una competencia consolidada que aún no ha planteado una oferta sólida a la espera de un mayor crecimiento de la demanda y la solución de algunas incertidumbres regulatorias (reglamentos técnicos).



Figura 12. Ofertas sustitutas del Centro en Prefactibilidad.

### Análisis Tecnológico

El objetivo de este análisis tecnológico es identificar los servicios tecnológicos que podría ofrecer en el Centro, como insumo principal para el análisis logístico, presupuestal y jurídico que se realizarán más adelante.

La ubicación del centro preferiblemente debería contar con el recurso en el que se basan las tecnologías o servicios tecnológicos, es decir, irradiación solar, vientos, disponibilidad de biomasa y/o cercana a sectores de disposición de residuos o plantas de tratamiento. Y cerca de los clientes (empresas, personas) que demandarán en un volumen mínimo viable y continuo los servicios tecnológicos. Como también de aliados académicos en caso de realizar sinergias y/o requerir colaboración en ecosistemas de innovación. Todo lo anterior si no es posible de complementarlo o realizarlo de manera virtual.

Estratégicamente su ubicación debe tener disponibilidad de servicios industriales (electricidad, gas, vapor, talleres mecánicos, etc.) e infraestructura adecuada de transporte (e.g. carreteras de acceso) además de área suficiente para ampliaciones y en los alrededores de un centro urbano atractivo para retener personal de alto nivel para el centro (con características superiores a los que los clientes pueden acceder directamente).

### Priorización de las Tecnologías para el Centro

Dado lo anterior y teniendo en cuenta que el país en general presenta problemas de manejo, disposición y tratamiento de residuos (líquidos y sólidos)<sup>10</sup>, esto sin duda hará que el centro pueda fomentar, demostrar y desarrollar una tecnología que se base en el aprovechamiento energético de los residuos, sin embargo no hay que tener en cuenta que esta tecnología W2E requiere personal calificado, además de un cuidadoso mantenimiento por lo cual requerirá una buena inversión, no obstante, es la alternativa más eficaz y con más beneficios ambientales, sociales y económicos para los municipios potenciales.

Para las tecnologías solar y eólica, contando con una excelente ubicación del centro, posibilitaría tener altos rendimientos (generación), algo que contribuiría al apalancamiento de costos de implementación tecnológica, pero demanda gran cantidad de espacio e inversión, incluso a nivel demostrativo, lo que podría ser un factor determinante a la hora de definir una primera versión del Centro.

Finalmente, con respecto a la opción de implementar un centro basado en la transformación de biomasa (vegetal y/o animal) y cultivos energéticos, en un principio podría considerarse descartable debido a que ha sido ampliamente desarrollada por grupos de investigación y algunos gremios como los ingenios azucareros o los productores de aceite de palma ya cuentan con infraestructura desarrollada, por lo que estratégicamente sería oportuno enfocarlo en biomasa residual no disputable.

### Alternativas Tecnológicas para el Centro

#### Energía de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o *Waste to Energy* (W2E)

Para el dimensionamiento del laboratorio de W2E se tomaron como marco de referencia varios estudios los cuales dan ejemplos del dimensionamiento a una escala demostrativa en un laboratorio de este tipo de tecnología. Algunos de los ejemplos más representativos se listan a continuación:

- El grupo de Bioenergía de la Universidad de Sevilla llevó a cabo la gasificación en lecho fluidizado de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y otros tipos de residuos orgánicos, en una planta piloto de 100 kWTH cuya configuración de equipos ha sido ampliamente utilizada en este campo (Campoy, Gómez-Barea, & Nilson, 2014<sup>11</sup>), caracterizando el proceso en términos de la composición del gas, poder calorífico y eficiencia del proceso.
- La Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong llevó a cabo investigaciones para mejorar la eficiencia de la recuperación de energía mediante la gasificación de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), utilizando configuraciones similares en los procesos del caso de la Universidad de Sevilla, (Hu M, et al., 2015).

---

<sup>10</sup> Según datos de 2020 - SSPD, en Colombia aún existen 101 botaderos a cielo abierto, mientras que 18 rellenos sanitarios, en los que deposita el 36% de todos los residuos del país, están en estado crítico <https://www.semana.com/impacto/articulo/basuras-en-colombia-un-problema-al-que-no-se-le-puede-echar-tierra---noticias/56387/> .

<sup>11</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382014000034>

- En los laboratorios de la Universidad de América se llevaron a cabo estudios que buscaron analizar el proceso de pirólisis para la producción de Diésel a nivel laboratorio a partir de residuos plásticos, por mencionar algunos de los ejemplos más representativos (Mesa Upegui & Ortiz Rodríguez, 2016[25]).

A partir de las experiencias anteriores es posible determinar que se requieren tres (3) equipos principales: Reactor de pirólisis batch con capacidad de 20L, Reactor de lecho fluidizado para llevar a cabo procesos de gasificación de los RSU y equipo de TGA para análisis termogravimétrico de los productos obtenidos.

Con estos equipos un laboratorio estará en capacidad de realizar análisis a los RSU a la entrada y a los productos obtenidos, así como para el control de los parámetros de los procesos, para llevar a cabo las etapas de experimentación y evaluar las condiciones de operación del proceso de transformación de los RSU en productos de interés energético (diésel de síntesis o carbón de pirólisis).

#### Energía Solar Fotovoltaica (PV)

Para efectos demostrativos y de procesos formativos en energía solar fotovoltaica, la capacidad instalada oscila entre 1 y 5 kWp (Romero Díaz, Pedro Antonio[26]) (Ruiz Garzón, Javier Andrés[27]). Considerando lo anterior, el Centro cumpliría sus propósitos demostrativos y de formación con una capacidad de 3 kWp representada por 10 módulos de 310 W, lo cual cumple con las condiciones mínimas para la demostración, cantidades y características técnicas para cubrir adecuadamente la demanda esperada de estos servicios demostrativos y formativos.

Para desarrollar el Centro con un piloto a gran escala para la solución de las incertidumbres técnicas de un desarrollo real energía solar fotovoltaica, sería para una capacidad instalada de al menos de 1MW. Esta capacidad se seleccionaría con base en la cantidad de terreno disponible y potencial del predio. Para realizar este análisis se sugiere emplear el software PVSyst®, reconocido a nivel mundial en el diseño de sistemas fotovoltaicos, el cual toma como base de datos el Retscreen de la NASA, el cual presenta la caracterización mensual de la radiación según las coordenadas de la localización del predio que se tenga dispuesto. Otra opción es consultar el Atlas Interactivo de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, del IDEAM y UPME.

#### Energía Eólica

Con respecto a la generación de energía eólica, actualmente existen diferentes tipos de aerogeneradores[28] (De eje vertical, horizontal, por posición, por tipo y número de aspas, potencia, velocidad, etc). Pero sin duda, es importante para su instalación evaluar minuciosamente las condiciones de viento en la zona de montaje y realizar algunos ensayos y cálculos que permitan determinar sus dimensiones y materiales de ensamble.

Esta tecnología de acuerdo al Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC), es una de las fuentes de energía de más rápido crecimiento en el mundo, con un récord de 93 GW de instalaciones en 2020. Sin embargo, las tasas de crecimiento actuales se están quedando por detrás y se encaminarán hacia el 43%

de la capacidad eólica, requerido para 2050, según las principales instituciones internacionales de energía IRENA y la AIE. Por lo cual, las instalaciones anuales de energía eólica en todo el mundo deben cuadruplicarse en la próxima década.<sup>12</sup>

Actualmente hay disponibilidad en el mercado de diferentes aerogeneradores (Turbina de Energía Eólica) e incluso existen sets educativos que son de gran utilidad para el montaje de un laboratorio de esta especialidad. Cuando se trata de efectos demostrativos y autogeneración “PED, Parque Eológico Demostrativo”, las principales características son: Potencia nominal instalada: 450 kW (0,45 MW). Potencia nominal unitaria: 225 kW; Generación eléctrica prevista: 998 MWh/año; Factor de capacidad: 25,3%; Velocidades: Arranque 4 m/s (14 km/h) y parada 25 m/s (90 km/h)[29].

### Transformación de Biomasa

Considerando la importancia de realizar una transición del uso de combustibles fósiles, conviene analizar alternativas para reemplazar el diésel derivado del petróleo por biodiesel producido a partir de fuentes renovables de biomasa, como los aceites vegetales y grasas animales, siendo la canola, el girasol y la soja las materias primas más utilizadas en la actualidad para este fin. La producción de biocombustibles a partir de palma de aceite presenta un alto desarrollo por parte de empresas del sector e ingenios, presentando una competencia consolidada directa si el centro quisiera desarrollar actividades de este tipo.

Por otra parte, el aprovechamiento de biomasa asociada a residuos orgánicos de origen animal, son utilizados como materia prima en la elaboración de mezclas de carga para la producción de biogás, a partir de la digestión anaeróbica de los mismos. Una forma inmediata de aprovechar el recurso biomásico, es a partir de la fermentación anaeróbica, proceso denominado digestión anaeróbica, en el cual se convierte la compleja materia orgánica en metano (CH<sub>4</sub>) y otros gases, y cuya producción depende de la calidad, cantidad y del tipo de materia adicionada al sistema; se ha podido establecer que usando materia orgánica altamente biodegradable se puede obtener hasta 0.5 m<sup>3</sup> de gas por Kg de masa, con un 70% de Metano.

Uno de los subproductos más utilizados es la porquinaza, materia orgánica de los cerdos, cuya proyección en la producción de biogás cada vez es más importante, gracias a la composición química que presenta, la relación del contenido de carbono (C) y nitrógeno (N) propicia para una elevada producción de biogás con un alto contenido de metano; igualmente establece que la producción de biogás a partir de substratos vegetales presenta un menor rendimiento en comparación con substratos animales, a razón de que presenta una menor relación C/N y una mayor complejidad en su composición.

Teniendo en cuenta que la escala con la que se pretende iniciar en el centro, no está pensada para producción de energía a gran escala, donde se haga uso de grandes equipos como motores de combustión interna o turbinas de gran tamaño; se utilizarían equipos como las microturbinas que se comercializan en tamaños de 30, 70, y 250 kW, útiles para funcionar bajo capacidades de biogás menores a 8 m<sup>3</sup>/min, representando en un menor costo de capital, mantenimiento e instalaciones (BID, 2017).

---

<sup>12</sup> <https://gwec.net/>

### Servicios del Centro Propuesto

Teniendo en cuenta los Análisis de la Demanda realizados, el Centro debe contar con altas capacidades técnicas y especializadas en temas de certificación de productos, formación, investigación básica, servicios analíticos y demostración tecnológica. Ya que el prestar servicios de pruebas/ensayos de evaluación de la conformidad y certificación de productos (algo solicitado por la industria como quedó explícito antes se debe alinear con los intereses y estructura jurídica de sus gestores.

Los servicios de investigación y desarrollo tecnológico podrían llegar a ofrecerse con más certeza en una etapa posterior, cuando el Centro se encuentre mejor posicionado y la demanda haya madurado. Dado esto, Inicialmente se pretendería que el Centro esté en la capacidad de ofrecer principalmente los servicios vinculados a las pruebas de ensayos, demostración y/o validación a realizar en los laboratorios que se doten y cursos teórico-prácticos de formación que satisfagan la demanda de capacitación presencial, y la que pueda acudir al Centro de manera virtual o semipresencial, en temas de energía renovable, como la solar fotovoltaica, biomasa (residual no disputable), Waste to Energy, eólica y opcional de Hidrógeno a futuro.

Con el laboratorio de Waste to Energy (W2E) y Biomasa, se ofrecerá principalmente una caracterización completa y actualizada de las propiedades físico-químicas que presentan los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y biomasa residual, así como las características vinculadas a los productos obtenidos al transformar la materia prima (carbón de pirólisis, diésel de síntesis y gas de síntesis) en términos de poder calorífico, composición química, y así estimar su rendimiento en sistemas de generación de energía y/o biogas. Bajo estándares como la norma ASTM D2015-96 para determinar el poder calorífico de la muestra de ensayo, analizar los gases de combustión generados durante las pruebas de calorimetría por medio del análisis ASTM C-14, norma ASTM D86.

Análisis elemental de materias primas (Poder calorífico, humedad, contenido de cenizas, materia volátil, azufre total) y análisis de calorimetría DSC (Calorimetría diferencial de barrido), con el fin de determinar el potencial de energía contenido en los RSU para su uso posterior en un sistema de generación de energía. Se estima conveniente realizar estos análisis un mínimo de dos veces al mes una fracción de los residuos recolectados en la zona.

En cuanto a los servicios de laboratorio para biodiesel, se requiere la caracterización de los aceites a la entrada del proceso y los productos energéticos generados, como mínimo 5 veces al año, con las siguientes pruebas: Poder calorífico ASTM D 240; Índice de refracción ASTM D 1218; Contenido de azufre ASTM D240/516 5,8; Índice de yodo NTC 2366; Índice de oxirano NTC 2366; Índice de acidez NTC 218 y Índice de saponificación NTC 335.

Para los ensayos y análisis que se realicen en el laboratorio solar y eólico, se dispondría inicialmente de un sistema de paneles y aerogeneradores demostrativos propios del centro más la posibilidad de brindar una instalación de pruebas y ensayos para empresas del sector energético, en la cual puedan llevar los dispositivos y equipos que planeen instalar en un proyecto dado, y así determinar el rendimiento que obtendría el sistema en condiciones reales de operación. Esto dará una ventaja significativa y un valor agregado al centro, ya que al estar en la capacidad de brindar una instalación que permita la prueba, demostración y que dé cuenta de la eficiencia y el rendimiento de estos equipos que se desee emplear

en un gran proyecto antes de realizar una inversión significativa, permitirá reducir la incertidumbre al momento de tomar una decisión acerca del tipo de tecnología a utilizar.

Se sugiere que los ensayos y mediciones en el laboratorio solar, se realicen bajo la norma IEC 17025 para toda prueba de rendimiento y resistencia para los paneles solares fotovoltaicos, como viene descrito en la norma IEC EN 61215 (silicona cristalina), IEC EN 61646 (capa fina) e IEC EN 61730-2 (aspectos de seguridad). Algunas de las pruebas a realizar son ensayo de Inspección visual, ensayo de determinación de características eléctricas en condiciones normalizadas, medición de la máxima energía eléctrica generada por un panel fotovoltaico por metro cuadrado, entre otras

En un escenario medio se estima que el centro cubrirá un 20% de la demanda de ensayos provistos, asociados a los proyectos registrados en la UPME que se espera se desarrollen en el país, dando como resultado un promedio de 50 ensayos anuales, los cuales se incrementarán anualmente a medida que la oferta de proyectos solares y eólicos en la región aumenten. A modo demostrativo se tomará un valor promedio de \$280.000 para cada prueba, de acuerdo a valores registrados por laboratorios (UNAL, 2021<sup>13</sup>) que realizan ensayos de naturaleza similar y a la experiencia asociada del equipo consultor. Así las cosas en la Tabla 7, se resumen las pruebas a realizar en los laboratorios del Centro.

LABORATORIO	PRUEBAS AÑO	TARIFA APROX COP\$	TOTAL
Solar – Eólico	50	280.000	14'000.000
Energía de Residuos	20	315.000	6'300.000
Biodiesel	10	1'280.000	1'280.000
Ingresos Anuales Totales Laboratorio			33'100.000

Tabla 7. Estimado de Pruebas por año con costos. Cálculos propios.

Lo anterior, se debe complementar con propuestas de formación que satisfagan la demanda de capacitación en temas de energía renovable, especialmente solar fotovoltaica, eólica, de la biomasa y de los residuos, el Centro deberá crear e impartir cursos formativos de carácter teórico-práctico, en los cuales se enseñe y transfiera conocimiento técnico especializado en evaluación, instalación, mantenimiento e innovación de FNCER.

El público objetivo de los cursos será un diverso número de fabricantes, técnicos, profesionales, funcionarios de organismos gubernamentales, Estudiantes, profesionales en ingeniería o carreras afines y actores del sector energético en general. Ver Tabla 8.

Las tarifas vigentes por instituciones que prestan servicios de formación en FNCE oscilan entre \$500.000 y \$700.000 para cursos de corta duración enfocados principalmente en formación teórica, y entre \$4.000.000 y \$5.500.000 los cursos de mayor duración que contemplan algún tipo de entrenamiento (limitados sin embargo a la posibilidad de acudir frecuentemente a las instalaciones del Centro durante un período extendido de tiempo). Así las cosas, se estima que la tarifa por persona para los cursos de corta duración sería de \$700.000 y de \$5.250.000 (sin IVA) para los cursos de entrenamiento, dado el

---

<sup>13</sup> <https://labe.unal.edu.co/index.php/solicitudes-y-tarifas>

valor agregado que ofrece el centro al disponer de equipos reales donde realizar la capacitación y demostración.

Se estima que para el primer año se capaciten hasta 150 personas en cursos de corta duración, distribuidos en aproximadamente 10 cursos dictados en el año, con una capacidad máxima de 15 personas por curso; igualmente, un total de 16 personas adscritas a los cursos de entrenamiento distribuidas en dos cursos en el año de 8 personas máximo, como se observa en la Tabla 8. Se espera que la demanda en este campo aumente con el tiempo, para luego saturarse, considerando inicialmente un crecimiento cercano al 10% en los ingresos anualmente. Si el centro iniciará su operación en el año 2023, se proyectan los ingresos percibidos por estos servicios de acuerdo a la variación del índice de precios al consumidor estimado en 3%.

Tipo de Curso	Duración (hr)	Personasxcurso	Tarifa/Persona	Valor Curso COP\$	# de cursos	Total COP\$
Corta duración	10	15	\$742.000	\$11'130.000	10	111'300.000
De entrenamiento	120	8	\$5'650.000	\$45'200.000	2	90'400.000
Total de Ingresos anuales por Formación y Capacitación						201'700.000

Tabla 8. Estimado de Servicios de Capacitación y formación

#### Infraestructura del Centro Propuesto

El centro de demostración inicialmente contará con cuatro (4) espacios principales y un recinto para los equipos solares y eólicos, un recinto para los equipos asociados a la tecnología W2E y biomasa, dos (2) salones o compartimientos destinados para actividades de enseñanza y formación y un espacio reservado para oficinas dedicado a actividades administrativas y actividades de apoyo distribuido a modo de ejemplo, como se ve en la Figura 13.

Adicionalmente a esto, la edificación deberá contar con los sistemas de redes hidrosanitarias, contra incendios, cableado estructurado, instalación eléctrica y demás redes que componen interna y externamente el edificio. Se considera que necesita de un área en promedio de 300 m2 para un costo total aproximado de \$418.808.775, en el cual se incluye los imprevistos y el valor de la certificación de la instalación eléctrica, especificados en el RETIE y RETILAP. Garantizando que esté acorde a las características requeridas por los diferentes equipos (la instalación contará con un circuito trifásico y otro monofásico, lo cual es suficiente para los requerimientos del laboratorio).

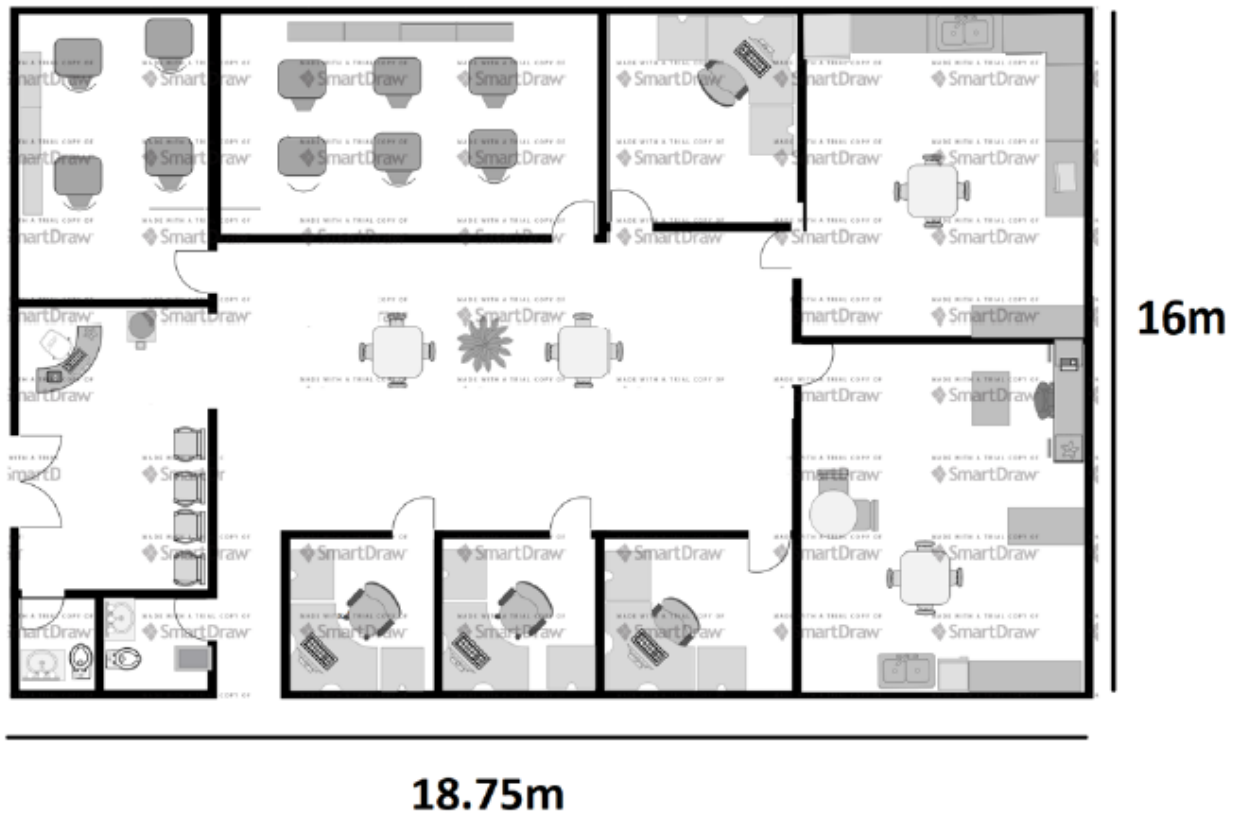


Figura 13. Plano Propuesto edificación del centro.

### Equipos del Centro Propuesto

El Centro debe disponer de un laboratorio para la realización de los análisis tanto de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y biomasa residual de entrada como de los productos obtenidos, así como para el control de los parámetros de los procesos. Para llevarlo a cabo, son necesarios tres (5) equipos principales: reactor batch con capacidad de 20L (15 reactores de 1L), un gasificador de lecho fluidizado<sup>14</sup> para llevar a cabo procesos de gasificación de los RSU, un equipo de TGA para análisis termogravimétrico de los productos obtenidos, un fermentador de laboratorio y un digester anaerobio de 50L.

Considerando residuos o biomasa residual del municipio (Cliente), a partir de la determinación de su composición, se propone la implementación de procesos de transformación a escala laboratorio de gasificación, biogás y pirolisis, para contar con una amplia gama de opciones que permita determinar la más adecuada teniendo en cuenta las características particulares del residuo y posteriormente, estar en la capacidad de escoger el proceso tecnológico idóneo para apropiarse dicha tecnología.

<sup>14</sup>[https://spanish.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product\\_en&CatId=&SearchText=gasificador+lecho+fluidizado&view](https://spanish.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=gasificador+lecho+fluidizado&view)

A nivel piloto para la gasificación y fermentación de diferentes tipos de materia prima, entre ellas los RSU, se deberá contar como mínimo los siguientes elementos: un horno eléctrico que permita ajustar el calor suministrado al reactor, Caldera eléctrica para precalentar el aire para la combustión, cromatografía de gases para determinar su composición, Intercambiador de calor para evitar la condensación de compuestos no deseados, Elementos de regulación y control de temperatura y presión, Un secador para reducir el nivel de humedad de los RSU y una Bomba calorimétrica para determinar el PCI de una muestra.

En cuanto a Biodiesel, de acuerdo con el estudio de Bulla (Bulla Pereira, 2014[30]), los equipos con los que se debe contar en el laboratorio son: Bomba de vacío, erlenmeyer, embudo Büchner, papel de filtro, Reactor de cuatro bocas 500ml y 200 ml, agitadores magnéticos, planchas de agitación, controlador de temperatura, termómetro, condensador, embudo de separación 500 ml, catalizador, reactivos, medidores de viscosidad, horno, crisoles, desecador, balanza analítica, EPPs, titulador automático Karl Fisher, termostato de inmersión JULABO, buretas, cromatógrafo de gases.

Para el montaje demostrativo de producción de biodiesel con una capacidad aproximada de 200 L/día, requiere de una inversión en equipos de \$140.000.000 (Bulla Pereira, 2014[30]), distribuidos en los siguientes procesos: Filtración aceite usado, Mezcla, Reacciones (esterificación y transesterificación) separación de fases y lavado. Los equipos son Un reactor tipo batch con enchaquetado de acero inoxidable con agitador, un decantador cilíndrico en acrílico transparente, dos tanques con sistema de calentamiento y condensación, dos bombas de desplazamiento positivo en acero especial, una bomba centrífuga, un agitador de paletas, más los equipos de análisis que estarían en el laboratorio.

Con respecto a las energías solar y eólica, el centro debe de contar con los equipos necesarios para lograr los objetivos descritos a continuación[27]: Obtener la curva característica I-V de un panel solar, determinar el efecto de la Temperatura sobre la corriente producida por un panel solar, establecer la potencia transmitida a una carga externa por un panel solar fotovoltaico, ensayos para pruebas de paneles solares y aerogeneradores, prueba de carga para reductores eólicos diseño, instalación, mantenimiento, entre otros.

Un aerogenerador vertical de 400 W - 24Vdc, un controlador de carga, un controlador de carga para paneles solares, paneles solares<sup>15</sup>, instrumentos de medición, reguladores, un inversor híbrido, un sistema de programación y control remoto, un sistema de comunicación por internet, 2 baterías, un procesador de estado de batería, 1 sensor de temperatura de batería, un medidor bidireccional, un tablero (incluye protecciones, interruptores y puntos de medición), osciloscopio digital<sup>16</sup>. Lo anterior con el fin de posibilitar autoconsumo y venta a la red.

Para efectos demostrativos en la literatura, se tiene que la capacidad de los laboratorios en los que se desarrollan procesos formativos en sistemas solares fotovoltaicos, oscila entre 1 y 5 kW<sub>P</sub>[26]. Algunos de los elementos mínimos con los que debe contar para realizar pruebas y ensayos básicos a los sistemas

---

<sup>15</sup> <https://autosolar.co/paneles-solares>

<sup>16</sup> <https://spanish.alibaba.com/product-detail/tektronix-tds3034c-digital-phosphor-oscilloscope->

que los potenciales clientes del centro quieran desarrollar; para el laboratorio se pretende una capacidad de 3 kW<sub>P</sub> representada por 10 módulos de 150 W. En La Tabla 9, se ilustra la inversión aproximada para dotar de equipos el centro con fines de Demostración y capacitación (autogeneración). Opcionalmente se decidiría si se realizan ventas de energía a la red y biodiesel con fines de combustible para generación y/o movilidad.

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	COSTO APROX COP
LABORATORIO BIOENERGÍA	\$ 236.162.400,00
SOLAR - EÓLICO	\$ 16.607.000,00
BIODIESEL	\$ 140.000.000,00
SUBTOTAL EQUIPOS	\$ 392.769.400,00
IVA (19%)	\$ 74.626.186,00
OTROS (5%)	\$ 19.638.470,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 487.034.056,00</b>

Tabla 9. Inversión de equipos. Fuente: Autosolar, alibaba y cienytec.

#### Insumos de Operación del Centro Propuesto

Dentro del funcionamiento del Centro demostrativo, se pretende en buena parte ser autogenerador, pero se debe contar con todos los servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía y gas natural). Por otra parte, se requieren suministros de reactivos de laboratorio, fracciones orgánicas (residuos sólidos urbanos ya separados, residuos líquidos (aceite usado), biomasa residual (vegetal y animal), entre otros (con un valor aproximado de 4 a 6 millones mensuales).

#### Organización del Centro Propuesto

Se propone una estructura organizacional basada en procesos, donde satisfacer las necesidades específicas del sector de energía y del entorno sea el objetivo primordial del centro, entregando como resultado soluciones integrales que satisfagan a todos los grupos de interés involucrados.

Podrá contar con tantos laboratorios como la inversión lo permita; donde para iniciar se pretende contar con un enfoque hacia el aprovechamiento de las FNCE provenientes de la biomasa residual no disputable, RSU y algunos industriales, la generación solar y eólica. En el campo demostrativo a pequeña escala en el caso de estar dispuesto a realizar una inversión adicional (equipos, personal, etc.) se adquirirá equipo suficiente para competir con organizaciones que cuentan con una experiencia sólida.

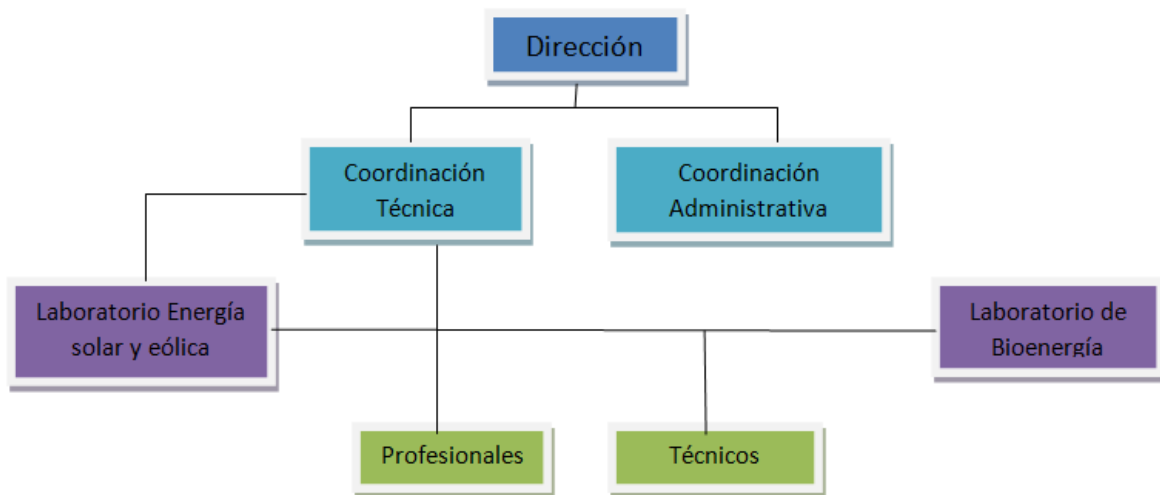


Figura 14. Estructura Organizacional del Centro

### Requerimientos de Personal del Centro Propuesto

Inicialmente el requerimiento de personal, aunque es corto, se busca que cuente con una excelente combinación de formación y experiencia por lo cual sus salarios son competitivos. Por otro lado, el número de personas puede variar como la remuneración. A continuación, en la tabla 10, se especifican sus costos aproximados.

PROCESO	CARGO	CANTIDAD	VALOR MES	VALOR TOTAL
ESTRATÉGICO	DIRECTOR	1	\$ 6.000.000,00	\$ 6.000.000,00
MISIONAL	COORDINADOR ADTIVO	1	\$ 4.500.000,00	\$ 4.500.000,00
	COORDINADOR TÉCNICO	1	\$ 4.500.000,00	\$ 4.500.000,00
	PROFESIONAL EN FNCER	2	\$ 5.000.000,00	\$ 10.000.000,00
	TÉCNICO EN FNCER	2	\$ 4.000.000,00	\$ 8.000.000,00
APOYO	ADMINISTRADOR	1	\$ 3.000.000,00	\$ 3.000.000,00
	SECRETARIA	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
COSTO APROXIMADO NÓMINA OPERATIVA				\$ 37.000.000,00

Tabla 10. Costos de personal.

### Resumen de los Costos de Inversión (CAPEX) y Operación (OPEX) del Centro

En la Tabla 11, se presenta un resumen de los costos asociados a la implementación y operación de lo que sería el inicio del Centro en FNCER, promovido por la UPME. La proyección de los costos anuales del Centro se realiza a partir del año 1 de operación, año para el cual se iniciarían la prestación de servicios del laboratorio y formación especializada, estimando un crecimiento de los mismos de acuerdo con el IPC proyectado. Los valores resumidos para algunos años se presentan a continuación en pesos indexados al año 1 de operación.

ITEM	CONCEPTO	VALOR COP
CAPEX	Terreno	\$ 100.000.000,00
	Equipos	\$ 879.803.456,00
	Obra Civil	\$ 418.000.000,00
	Equipos oficina	\$ 10.000.000,00
	Estudios	\$ 30.000.000,00
	<b>Subtotal</b>	<b>\$ 1.437.803.456,00</b>
OPEX	Nómina/mes	\$ 37.000.000,00
	Insumos/mes	\$ 6.000.000,00
	Servicios externos	\$ 11.100.000,00
	OPEX/mes	\$ 54.100.000,00
	<b>OPEX/AÑO</b>	<b>\$ 649.200.000,00</b>

Tabla 11. Costos de Establecimiento del Centro.

### Análisis presupuestal y financiero

Teniendo en cuenta los análisis de mercado, demanda, tecnológico, servicios, entre otros, realizados en los capítulos anteriores, a continuación se identificará la Prefactibilidad financiera del Centro en cuestión. Por lo que se realizan diferentes proyecciones financieras, con el fin de encontrar la opción más factible, permitiendo estructurar una alternativa que permita a un potencial inversionista o aliado estratégico tomar una decisión de llevar a cabo o no esta iniciativa.

### Escenarios para el Análisis Presupuestal y Financiero.

Se contemplan los siguientes tres (3) escenarios que difieren en las tecnologías seleccionadas:

- 1. CENTRO COMPLETO:** Para efectos de comparar, el primer escenario es el denominado **COMPLETO**, donde se contará con demostración y formación en sistemas fotovoltaicos, eólicos, tecnología para biodiesel y generación a partir de residuos sólidos urbanos y biomasa no disputable.
- 2. CENTRO SÓLO SOLAR Y EÓLICO:** En el segundo escenario se implementará sólo demostración y formación en sistemas fotovoltaicos. Se considerará la misma inversión en construcción que en el escenario CENTRO COMPLETO con miras a un posible crecimiento del Centro; sin embargo los gastos operativos disminuirán en cerca de una tercera parte al igual que los servicios, debido a que no se contará con equipos de las otras tecnologías.
- 3. CENTRO SÓLO BIOENERGÍA:** El tercer escenario implementará sólo demostración y formación para tecnologías en generación a partir de residuos sólidos urbanos y biomasa residual no disputable. Se considerará la misma inversión en construcción que en el escenario CENTRO COMPLETO con miras a un posible crecimiento del Centro.

Todos los escenarios consideran que las gestiones de pre-operación se realizarían durante un año, esto es, los estudios de ingeniería detallada, diseños, obras civiles, adquisición de equipos electromecánicos, construcción y dotación del laboratorio. De esta forma el Centro estaría disponible para operación en el año siguiente. En los tres (3) escenarios la inversión en obra civil es de \$418 millones.

**ESCENARIO 1. CENTRO COMPLETO.** Las gestiones pre-operación constan de estudios, diseños, obras civiles, adquisición de equipos electromecánicos, construcción y dotación de laboratorio. El valor total de las inversiones es de **1.045 millones de pesos**.

En la tabla 12, están representados los valores estimados de inversión para la construcción del Centro, equipado para todos los servicios tecnológicos en pesos colombianos.

<b>INVERSION PROYECTO COMPLETO</b>	
<b>TERRENO</b>	\$ 100.000.000,00
<b>OBRA CIVIL GENERAL</b>	\$ 398.095.238,00
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>	\$ 19.904.761,90
<b>TOTAL CONSTRUCCIÓN CENTRO</b>	<b>\$ 517.999.999,90</b>
<b>COSTOS DE EQUIPAMIENTO</b>	
<b>TECNOLOGÍA SOLAR Y EÓLICA</b>	\$ 16.607.000,00
<b>TECNOLOGÍA BIOENERGÍA RESIDUOS</b>	\$ 236.162.400,00
<b>TECNOLOGÍA BIODIESEL</b>	\$ 140.000.000,00
<b>IVA (19%)</b>	\$ 74.626.186,00
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>	\$ 19.638.470,00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>	<b>\$ 487.034.056,00</b>
<b>MOBILIARIO OFICINA</b>	\$ 10.000.000,00
<b>ESTUDIOS</b>	\$ 30.000.000,00
<b>INVERSION TOTAL INFRAESTRUCTURA</b>	<b>\$ 1.045.034.055,90</b>

Tabla 12. Presupuesto Centro completo.

Dado lo anterior el CAPEX aproximado para el Centro completo es de 1.045 MM de pesos.

#### Costos de Operación y Mantenimiento

Como se ilustró anteriormente en la Tabla 12, el Centro contará con una planta de personal base, que soportará los procesos misionales del centro que deberá asumir diferentes roles tanto técnico como comerciales en los primeros años, mientras el centro alcanza reconocimiento en el ecosistema de innovación nacional.

La proyección de los costos operativos anuales del Centro se realiza a partir del año 1 de operación, año para el cual se iniciaría la prestación de servicios del laboratorio y formación especializada y se estima un crecimiento de los mismos promedio del 3% anual. En la tabla 13 se presenta un resumen.

<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2039</b>	<b>2040</b>	<b>2041</b>
<b>NÓMINA</b>	\$ 444.000.000,00	\$ 445.332.000,00	\$ 465.798.299,21	\$ 467.195.694,11	\$ 468.597.281,19

Tabla 13. Flujo de costos operativos a 20 años. “Centro completo”.

Por otra parte, también encontramos otros gastos que son necesarios para el funcionamiento. Aunque pueden variar, por lo general son muy regulares, entre estos están los servicios públicos, repuestos, mantenimientos, logística, adquisición de elementos, reactivos, etc. Ver tabla 14.

OTROS GASTOS MENSUALES		
SERVICIOS EXTERNOS	Contabilidad	\$ 2.500.000,00
	Vigilancia	\$ 2.500.000,00
	logística, etc	\$ 6.100.000,00
TOTAL GASTOS EN SERVICIOS EXTERNOS		\$ 11.100.000,00
INSUMOS	Servicios Públicos	\$ 3.000.000,00
	Reactivos, etc	\$ 3.000.000,00
TOTAL GASTOS NO OPERATIVOS		\$ 6.000.000,00
TOTAL GASTOS		\$ 17.100.000,00

Tabla 14. Gastos mensuales o egresos. Centro Completo.

Realizando la proyección de los egresos anuales del Centro a partir del año 1 de operación, año para el cual se iniciaría la prestación de servicios del laboratorio y formación especializada, con un crecimiento similar al utilizado en los costos operativos (de nómina). Los valores resumidos por quinquenios se presentan a continuación en la siguiente tabla 15.

EGRESOS TOTALES	2023	2024	2039	2040	2041
SERVICIOS EXTERNOS	\$ 133.200.000,00	\$ 133.599.600,00	\$ 139.739.489,76	\$ 140.158.708,23	\$ 140.579.184,36
GASTOS NO OPERATIVOS	\$ 72.000.000,00	\$ 72.216.000,00	\$ 75.534.859,33	\$ 75.761.463,91	\$ 75.988.748,30
TOTAL	\$ 205.202.023,00	\$ 205.817.624,00	\$ 215.276.388,09	\$ 215.922.212,14	\$ 216.569.973,66

Tabla 15. Flujo de egresos anuales para el Centro completo.

**Impuestos.** Con la configuración propuesta para el Centro, no aplicarían los incentivos propuestos en la ley 1715. Por ello se genera un valor de \$74.626.186,00 por concepto de IVA. Sin embargo el Centro podría aplicar a la deducción en la renta y es responsable por el 4x1000 por movimientos financieros.

**Ingresos del Centro.** Para el centro se plantean dos líneas de negocio: formación y/o Capacitación, que se compone de cursos teórico – prácticos de corta duración y cursos de entrenamiento. Por otro lado, servicios analíticos y pruebas en el laboratorio (energía solar, eólica, biocombustibles a partir de aceites usados vegetales, energía de los residuos y energía de la biomasa (residual no disputable). Para estimar los ingresos en una proyección a 20 años, se tiene en cuenta la siguiente suposición general: A continuación en la tabla 16 se definen las tarifas anuales de los servicios del centro proyectados a 20 años.

TARIFAS	2023	2024	2039	2040	2041
CURSOS CORTOS	\$ 742.000,00	\$ 744.226,00	\$ 778.428,69	\$ 780.763,98	\$ 783.106,27
CURSOS ENTRENAMIENTO	\$ 5.250.000,00	\$ 5.265.750,00	\$ 5.507.750,16	\$ 5.524.273,41	\$ 5.540.846,23
PRUEBAS T. SOLAR	\$ 280.000,00	\$ 280.840,00	\$ 293.746,68	\$ 294.627,92	\$ 295.511,80
PRUEBAS T. EÓLICA	\$ 280.000,00	\$ 280.840,00	\$ 293.746,68	\$ 294.627,92	\$ 295.511,80
PRUEBAS BIODIESEL	\$ 1.280.000,00	\$ 1.283.840,00	\$ 1.342.841,94	\$ 1.346.870,47	\$ 1.350.911,08
PRUEBAS W2E	\$ 315.000,00	\$ 315.945,00	\$ 330.465,01	\$ 331.456,40	\$ 332.450,77
ANÁLISIS (MUESTRAS)	\$ 637.840,00	\$ 639.753,52	\$ 669.154,93	\$ 671.162,39	\$ 673.175,88

Tabla 16. Precios proyectados de los servicios del centro funcionando completo

Los ingresos del Centro en el tiempo tendrán que competir con la oferta de servicios formativos en FNCE que crecerá por parte de universidades, instituciones técnicas profesionales, instituciones tecnológicas, instituciones universitarias o escuelas tecnológicas. Incluso algunas empresas proveedoras de tecnología, estarán dispuestas a ofrecer programas de algún tipo de entrenamiento, como se evidenció

con las más de 130 empresas relacionadas con sistemas fotovoltaicos presentadas en ExpoSolar 2021<sup>17</sup>, de las cuales en su mayoría ofrecen cursos relacionados; similarmente, se tiene que en el país actualmente se ofrecen cursos, posgrados y maestrías en energías renovables por parte de universidades y otras instituciones de educación superior (EducaEdu - Colombia, 2021<sup>18</sup>).

Teniendo en cuenta este panorama, se espera que el Centro esté en la capacidad de ofrecer servicios de formación que brinden un valor agregado altamente diferenciador al de la competencia, para que así los cursos ofrecidos cuenten con la suficiente demanda, que asegure los ingresos que soporten la operación del Centro. Además, el Centro deberá ir desarrollando nuevas opciones de servicios con la misma infraestructura para aumentar ingresos cuando se vaya saturando el mercado de formación.

En la Tabla 17 se muestra la demanda estimada de servicios por parte del Centro en el tiempo. La cantidad de adscritos a los cursos estará afectada por las actividades de divulgación, prensa y alianzas estratégicas que se realicen, en aras de generar renombre para el centro en términos de formación especializada.

NÚMERO DE ALUMNOS/AÑO	2023	2024	2039	2040	2041
EN CURSOS CORTA DURACIÓN	150	150,75	162	163	164
EN CURSOS DE ENTRENAMIENTO	16	16	17	17	17
SERVICIOS PRESTADOS/AÑO	2023	2024	2039	2040	2041
LABORATORIO SOLAR Y EÓLICO	50	50,15	52	53	53
LABORATORIO BIODIESEL	10	10,03	10	11	11
LAB ENERGÍA DE RESIDUOS	20	20,06	21	21	21
LABORATORIO ANÁLISIS M	24	24,072	25	25	25

Tabla 17. Clientes de formación y laboratorios por año. Centro completo.

Tomando en cuenta los precios de productos y servicios del Centro Completo y la demanda de estos, con proyección a 20 años, en la tabla 18 tenemos:

INGRESOS	2023	2024	2039	2040	2041
EN CURSOS CORTA DURACIÓN	\$ 111.300.000,00	\$ 112.192.069,50	\$ 126.464.048,49	\$ 127.477.657,84	\$ 128.499.391,27
EN CURSOS DE ENTRENAMIENTO	\$ 90.400.000,00	\$ 90.943.213,60	\$ 99.494.319,77	\$ 100.092.181,13	\$ 100.693.635,05
LABORATORIO SOLAR Y EÓLICO	\$ 14.000.000,00	\$ 14.084.126,00	\$ 15.408.412,35	\$ 15.501.001,50	\$ 15.594.147,02
LABORATORIO BIODIESEL	\$ 12.800.000,00	\$ 12.876.915,20	\$ 14.087.691,29	\$ 14.172.344,23	\$ 14.257.505,85
LAB ENERGÍA DE RESIDUOS	\$ 6.300.000,00	\$ 6.337.856,70	\$ 6.933.785,56	\$ 6.975.450,68	\$ 7.017.366,16
LABORATORIO ANÁLISIS M	\$ 15.308.160,00	\$ 15.400.146,73	\$ 16.848.174,40	\$ 16.949.415,08	\$ 17.051.264,12
INGRESOS OPERACIONALES	\$ 250.110.183,00	\$ 251.836.351,73	\$ 279.238.470,87	\$ 281.170.090,47	\$ 283.115.350,46

Tabla 18. Ingresos Operacionales del Centro completo.

Comportamiento y proyecciones financieras del Centro Completo.

A continuación en la tabla 19, se puede detallar que en los estados de resultados sólo se verán impactados por la composición del capital inicial de inversión, por ello la variación se dará sobre la utilidad neta.

<sup>17</sup> <https://feriaexposolar.com/>

<sup>18</sup> [https://www.educaedu-colombia.com/nf/search.php?txtBusqueda=renovable&course\\_type\\_id=0&state\\_id=0](https://www.educaedu-colombia.com/nf/search.php?txtBusqueda=renovable&course_type_id=0&state_id=0)

ESTADO DE P y G	2023	2024	2039	2040	2041
INGRESOS OPERACIONALES	\$ 250.110.183,00	\$ 251.836.351,73	\$ 279.238.470,87	\$ 281.170.090,47	\$ 283.115.350,46
GASTO DE NÓMINA	\$ 444.000.000,00	\$ 445.332.000,00	\$ 465.798.299,21	\$ 467.195.694,11	\$ 468.597.281,19
EGRESOS NO OPERACIONALES	\$ 205.202.023,00	\$ 205.817.624,00	\$ 215.276.388,09	\$ 215.922.212,14	\$ 216.569.973,66
EBITDA	\$ (399.091.840,00)	\$ (399.313.272,27)	\$ (401.836.216,43)	\$ (401.947.815,78)	\$ (402.051.904,38)
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	\$ 70.619.938,12	\$ 60.380.047,09	\$ 5.759.505,12	\$ 4.924.376,87	\$ 4.210.342,23
UAI	\$ (469.711.778,12)	\$ (459.693.319,36)	\$ (407.595.721,55)	\$ (406.872.192,65)	\$ (406.262.246,61)
IMPPTO INDUSTRIA Y CIO	\$ 5.002.203,66	\$ 5.036.727,03	\$ 5.584.769,42	\$ 5.623.401,81	\$ 5.662.307,01
UTILIDAD NETA	\$ (464.709.574,46)	\$ (454.656.592,32)	\$ (402.010.952,13)	\$ (401.248.790,84)	\$ (400.599.939,60)

Tabla 19. Estado de resultados Escenario 1. (Centro completo).

ESCENARIO 2. CENTRO SÓLO SOLAR y EÓLICO. Para este Escenario, solo se tiene en cuenta la inversión necesaria para instalar y operar un centro enfocado únicamente en sistema solar fotovoltaico y eólico.

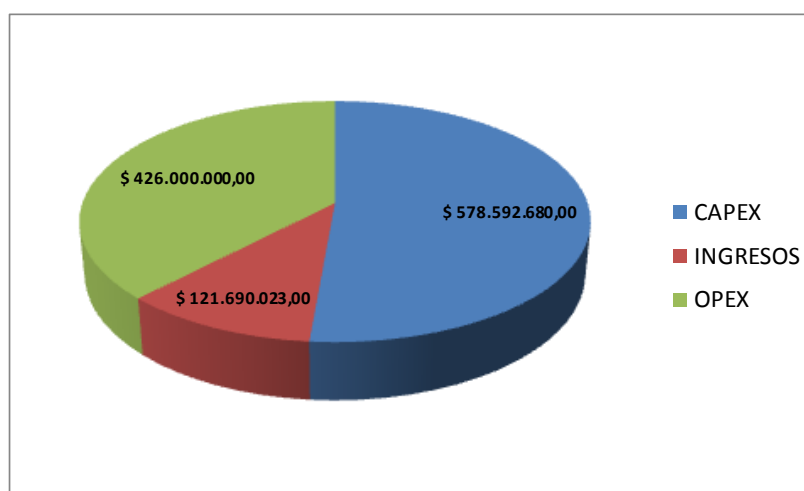


Figura 15. Principales valores escenario 2.

ESTADO DE P y G	2023	2024	2039	2040	2041
INGRESOS OPERACIONALES	\$ 121.690.023,00	\$ 122.188.648,00	\$ 129.933.253,48	\$ 130.467.703,11	\$ 131.004.479,36
GASTO DE NÓMINA	\$ 300.000.000,00	\$ 300.900.000,00	\$ 314.728.580,55	\$ 315.672.766,29	\$ 316.619.784,59
EGRESOS NO OPERACIONALES	\$ 126.002.023,00	\$ 126.380.024,00	\$ 132.188.042,83	\$ 132.584.601,84	\$ 132.982.350,53
EBITDA	\$ (304.312.000,00)	\$ (305.091.376,00)	\$ (316.983.369,89)	\$ (317.789.665,02)	\$ (318.597.655,76)
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	\$ 63.251.472,00	\$ 63.251.473,00	\$ 63.251.488,00	\$ 63.251.489,00	\$ 63.251.490,00
UAI	\$ (367.563.472,00)	\$ (368.342.849,00)	\$ (380.234.857,89)	\$ (381.041.154,02)	\$ (381.849.145,76)
IMPPTO INDUSTRIA Y CIO	\$ 2.433.800,46	\$ 2.443.772,96	\$ 2.598.665,07	\$ 2.609.354,06	\$ 2.620.089,59
UTILIDAD NETA	\$ (365.129.671,54)	\$ (365.899.076,04)	\$ (377.636.192,82)	\$ (378.431.799,96)	\$ (379.229.056,17)

Tabla 20. Estado de resultados Escenario 2. (Solar y Eólico).

ESCENARIO 3. **CENTRO SÓLO BIOENERGÍA (W2E y BIOGÁS)**: Para el Escenario 3 (sólo energía a partir de los RSO y biomasa residual no disputable), en donde solo se tiene en cuenta la inversión necesaria para instalar y operar un centro enfocado solamente en tecnología para generación de energía a partir de Residuos Sólidos Urbanos (Previa separación en la fuente) junto con generación de biogás, a partir de biomasa vegetal y animal no disputable (residuos comunitarios).

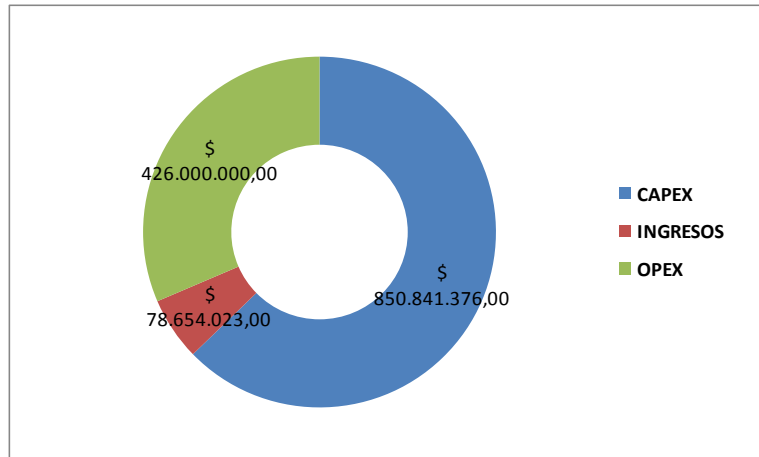


Figura 16. Principales valores escenario 3.

ESTADO DE P y G	2023	2024	2039	2040	2041
INGRESOS OPERACIONALES	\$ 78.654.023,00	\$ 78.979.020,00	\$ 84.028.086,36	\$ 84.376.602,16	\$ 84.726.645,68
GASTO DE NÓMINA	\$ 300.000.000,00	\$ 300.900.000,00	\$ 314.728.580,55	\$ 315.672.766,29	\$ 316.619.784,59
EGRESOS NO OPERACIONALES	\$ 126.002.023,00	\$ 126.380.024,00	\$ 132.188.042,83	\$ 132.584.601,84	\$ 132.982.350,53
EBITDA	\$ (347.348.000,00)	\$ (348.301.004,00)	\$ (362.888.537,02)	\$ (363.880.765,97)	\$ (364.875.489,43)
DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	\$ 116.776.302,91	\$ 116.776.303,91	\$ 116.776.318,91	\$ 116.776.319,91	\$ 116.776.320,91
UAI	\$ (464.124.302,91)	\$ (465.077.307,91)	\$ (479.664.855,93)	\$ (480.657.085,88)	\$ (481.651.810,34)
IMPTO INDUSTRIA Y CIO	\$ 1.573.080,46	\$ 1.579.580,40	\$ 1.680.561,73	\$ 1.687.532,04	\$ 1.694.532,91
UTILIDAD NETA	\$ (462.551.222,45)	\$ (463.497.727,51)	\$ (477.984.294,20)	\$ (478.969.553,84)	\$ (479.957.277,43)

Tabla 21. Estado de resultados Escenario 3. (Bioenergía).

Evaluación Financiera (Indicadores) del Centro

En la evaluación de proyectos los indicadores que determinan la viabilidad de la inversión son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), realizando una proyección a 20 años, con las consideraciones anteriores. A partir del flujo de caja libre se determinó el VPN del Centro para cada uno de los escenarios planteados cuyos valores se presentan en la Figura 17. Se utilizó una tasa de descuento o WACC de 12% E.A.

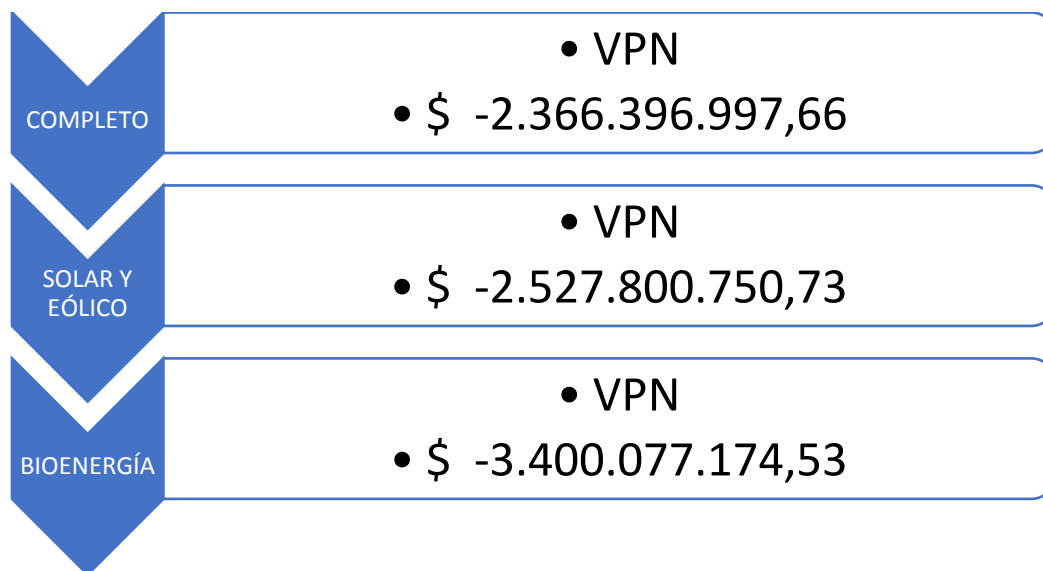


Figura 17. Valor presente neto para los tres escenarios planteados

En cuanto a la TIR, las restricciones del ejercicio no permiten calcularla, ya que este indicador arroja una inconsistencia debido a que al realizar las iteraciones de la fórmula, no encuentra la tasa que iguala el valor actual de los flujos de caja futuros al valor de la inversión o desembolso inicial, es decir que el VAN (valor actual neto de la inversión) sea igual a cero, ya que estos flujos son negativos.

#### Análisis Jurídico y Legal

En este capítulo se busca verificar que la alternativa planteada para la iniciativa del Centro esté alineada con el propósito misional de la UPME e identificar y caracterizar a los aliados potenciales, además de establecer el marco con el que se les aproximaría y se formalizaría la alianza.

Entre las facultades de la UPME y para los efectos del desarrollo de un Centro de FNCER sobresalen las siguientes:

- El Decreto 1258 de 2013, en su artículo 4 indica que la UPME debe evaluar la conveniencia económica, social y ambiental del desarrollo de fuentes renovables y no convencionales de energía. Facultad que también encontramos en la Ley 1715 de 2014 Artículo 6 numeral 3 y el Decreto 28 de 1995
- La Ley 143 de 1994, en su artículo 19 trata la facultad que tiene la UPME de promover estudios de pre-inversión asociados a proyectos de generación de electricidad
- La Ley 1715 de 2014 establece en su Capítulo II -Disposiciones para la generación de electricidad con FNCE y la gestión eficiente de la energía (artículo 8 numerales e) *Programas de divulgación masiva* y f) *Programas de divulgación focalizada*).
- La misma ley en el Capítulo VIII, artículo 42. (...)“a) Potenciar la investigación, desarrollo e inversión en áreas clave para conseguir una alta penetración de tecnologías eficientes y limpias, y el empleo de recursos de origen renovable en el mediano y largo plazo; c) Impulsar el desarrollo de tecnologías promisorias que se encuentran en fase de demostración y/o comercial; d) Explorar el potencial en el mediano y largo plazo de tecnologías limpias que se encuentran en fases de investigación y/o desarrollo.

Las anteriores disposiciones avalan el soporte jurídico para que la UPME promueva la creación de un Centro de I+D+i enfocado en tecnologías y energías alternativas o fuentes no convencionales

#### **Características a tener en cuenta por parte de los Aliados potenciales**

- Dado que financieramente no es viable el sostenimiento del Centro con recursos propios (sin ánimo de lucro), es necesario un aliado que asuma a fondo perdido el CAPEX, así como el OPEX (parcialmente).
- La iniciativa del Centro de Innovación (Demostración, formación, capacitación e investigación primaria) en Energías Alternativas tiene grandes impactos económicos y es muy pertinente para el país.
- La UPME tiene fundamento legal para fomentar, gestionar y ejercer control sobre los destinos del Centro, por lo que debe estar incluida en la alianza de manera formal, para lo cual se requiere que el documento que regule la figura jurídica adoptada por la UPME incluya un comité de operaciones que se encargue de administrar el Centro. El comité deberá estar integrado por representantes de la UPME y de los potenciales aliados.
- Existen 5 tipos de aliados potenciales (Ver Figura 18.)
- El mínimo requisito para que la alianza sea viable es que cubra el CAPEX y complemente el OPEX (asuma una parte).

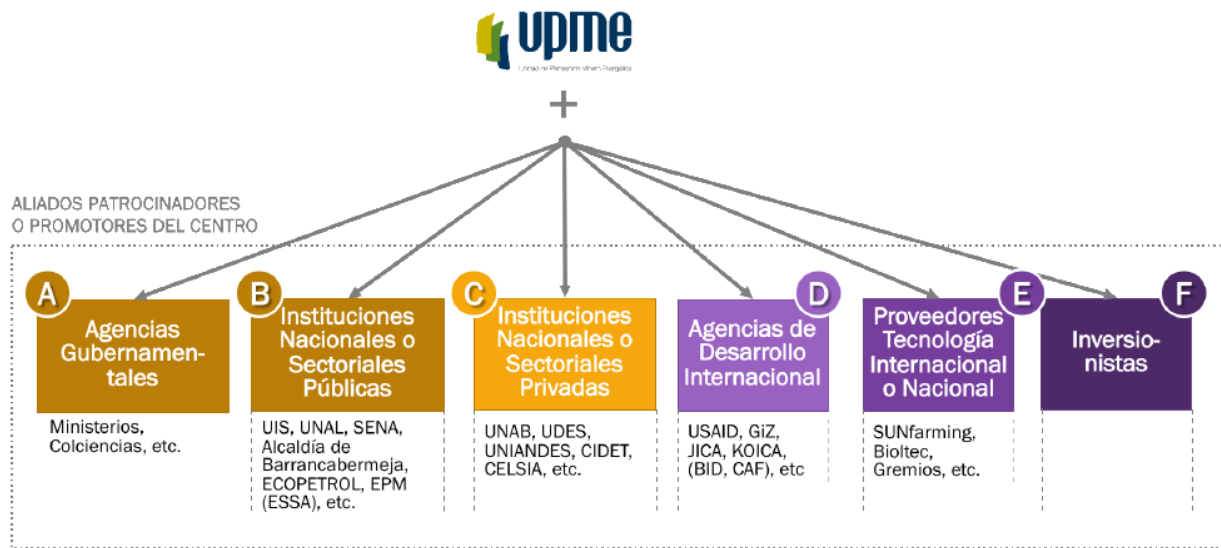


Figura 18. Aliados potenciales identificados por tipo.

Alternativas para la figura jurídica

- **Convenio Especial de Cooperación:** Este tiene una duración limitada que será definido por las partes que lo suscriban y que puede prorrogarse en caso de considerarse conveniente. Además la adopción del Convenio Especial de Cooperación implica la creación de un gobierno compartido usualmente en porcentaje de participación y requiere de supervisión por las partes vía comité de seguimiento y control. El proceso para la elaboración, negociación y suscripción del Convenio Especial de Cooperación puede tomar un plazo aproximado de dos (2) meses y 15 días.
- **Asociaciones Público-Privadas APP:** Son más apropiadas para actividades que se autofinancien y generen excedentes, pero este no sería el caso del Centro. Tiene una duración limitada que se define por los interesados según estrategia; por lo general, el plazo mínimo de duración es el definido para obtener el retorno de la inversión de capital que realice el aliado estratégico. Las APP sí son una opción que puede emplearse a través de la celebración de una figura asociativa como son los Joint Venture; pero en un escenario de realidad, para nuestro caso no es una opción concretable en la medida que el Centro no pretende generar utilidades ni será fuente generadora de rentas.

Tomando en cuenta las características de los aliados potenciales, los requisitos para apostar por el proyecto y las alternativas para la figura jurídica, en la siguiente figura 19, se pueden resumir las opciones:

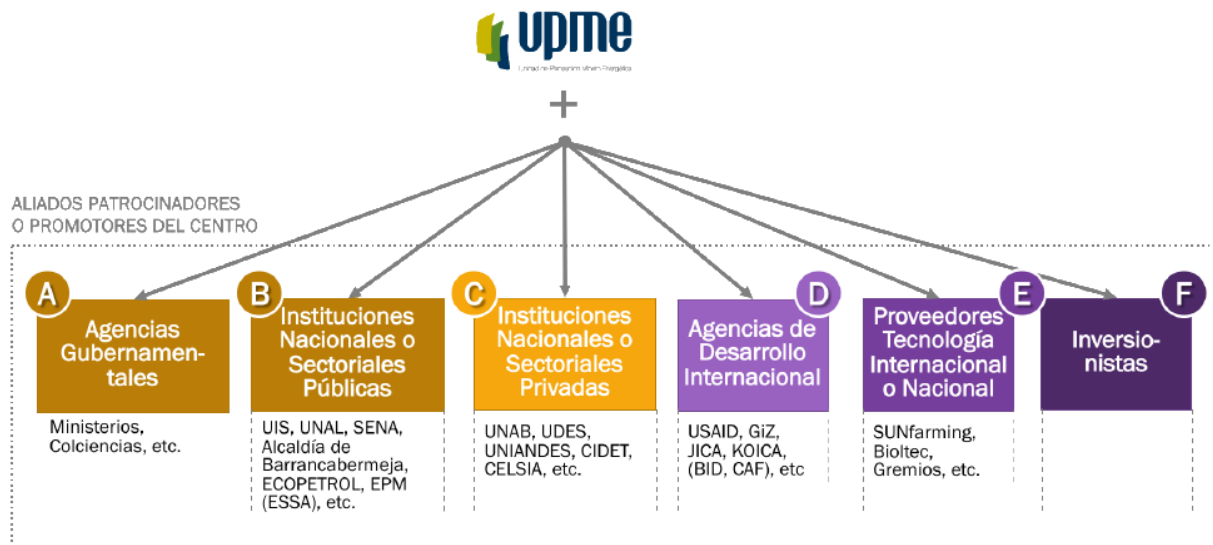


Figura 19. Alternativas jurídicas y aliados potenciales para el centro.

Dadas todas las condiciones anteriores se puede concluir lo siguiente:

El Convenio Especial de Cooperación es la figura jurídica idónea para desarrollar el Centro que pretende construir y desarrollar bajo liderazgo de la UPME, mientras que la APP, no.

#### Análisis ambiental

Con respecto al impacto ambiental que puede generar el proyecto de creación, construcción y puesta en marcha del Centro de Innovación, este depende en gran medida de la ubicación que se escoja, ya que está preferiblemente se debe ubicar en una zona en donde exista buena irradiación solar, posibles vientos y disponibilidad de biomasa residual no disputable.

Por lo anterior, es necesario que el proyecto dentro de su uso de suelo no se ubique en una zona donde atente contra la biodiversidad, es decir, que pertenezca a Zonas Forestales Protectoras y Bosques de Interés General, un área protegida, o un parque nacional natural.

Esta información se puede consultar en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), el Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), El Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNA) y en las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC).

Las licencias de construcción y permiso de uso de suelo se deben tramitar directamente con la autoridad local. Y un gran porcentaje de las actividades del Centro, no generan residuos, vapores, gases, lixiviados, entre otros. Pero si es necesario que se disponga de un protocolo de manejo y disposición de residuos.

En lo que respecta a la temática de la energía de los residuos y la obtención de biogás junto con biodiesel a partir de aceites usados, se menciona el Decreto 4741 del 30 de diciembre del 2005, desarrollado parcialmente por la Resolución 1402 de 2006 del Ministerio de Ambiente, y reglamenta la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, a la luz de lo previsto en la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Según el artículo 28 del presente decreto, los generadores de residuos deben inscribirse en el

Registro de Generadores de la autoridad ambiental competente de su jurisdicción de acuerdo con 3 categorías en función de los kilogramos de desechos y residuos peligrosos producidos mensualmente.

Pero, no hay duda que la tecnología de energía de los residuos W2E, se basa en Residuos Sólidos Urbano, los cuales llegarán después de una separación adecuada en la fuente y un pretratamiento, por lo cual el riesgo de manejar residuos peligrosos es mitigado. Pero sin lugar a dudas, se implementarán normas ISO 14000, Planes de Manejo Ambiental y Sistemas de control, que permitirán un funcionamiento sostenible del Centro. Todo partiendo del principio de generar energía limpia y contribuir a la reducción de la huella de carbono.

## Conclusiones y Recomendaciones

La creación de un Centro, es una variable que impulsa a que los posibles usuarios demanden de manera constante y creciente los servicios del Centro y tratándose de energías renovables o alternativas con la situación actual del mundo, aún más. Por ello, es claro que una organización de este tipo debe ser sin ánimo de lucro y dadas las circunstancias de virtualidad, aplicadas actualmente durante la pandemia, hacen evidente que aunque la distancia entre la demanda y la oferta debe ser considerada con un alto peso en la evaluación del proyecto, la ubicación del Centro no será determinante si se decide llevarlo a cabo y lo que si puede llegar a ser más determinante es contar con buena conectividad y tecnología, en donde el modelo de semipresencialidad y uso eficiente de los recursos, brindará grandes oportunidades de formación de mano de obra calificada y en un futuro cercano innovación en el sector energético.

El centro planteado en el presente estudio de Prefactibilidad, es una iniciativa que está plenamente alineada con aportar a la solución de los retos energéticos del país, especialmente con los de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética. Así mismo, la posible participación de la UPME en iniciativas de este tipo está alineada con sus atribuciones y su propósito misional.

No se percibe una demanda consolidada en el país para servicios de investigación, desarrollo tecnológico y evaluación de la tecnología, sino para evaluación de la conformidad y certificación de productos y, eventualmente formación y demostración, condicionado esto último a contar con altas capacidades técnicas y gran especialización en el Centro.

En temas de investigación y desarrollo tecnológico los eventuales clientes del Centro tendrían como alternativa a las universidades, que tienen una estructura de costos en la que los procesos de apoyo generalmente están cubiertos por la función de formación, además de los centros de investigación de desarrollo tecnológico existentes nacionales (e.g. CIDET, CINTEL, CIDEI, etc.) e internacionales con presencia permanente o incidental en el país (e.g. TECNALIA, TNO, etc.). El que no haya una oferta específica y concentrada en el tema se debe fundamentalmente a la magnitud de las inversiones y capacidades requeridas.

Se considera importante que el Centro se enfoque y se especialice principalmente en bioenergía, ya que aún no ha sido desarrollada y aprovechada en el país; por esto se le considera un océano azul dada la novedad y alto impacto por tratarse de una alternativa eficaz y con más beneficios ambientales, sociales y económicos para los municipios del área de influencia directa del Centro, sin abandonar la demostración, investigación dirigida e innovación en las tecnologías solar y eólica. Dando prelación a la autogeneración, economía circular, aprovechamiento eficiente de los recursos y la sostenibilidad.

Para efectos de disminuir incertidumbres tecnológicas, se recomienda un estudio de factibilidad de la tecnología en aceites usados para la producción de biodiesel, ya que es de pleno conocimiento del sector la experiencia sucedida con el proyecto de Bioenergy, además de los desarrollos llevados a cabo por el sector de Palma Africana en el país.

Considerando la tipología de actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) de COLCIENCIAS y los resultados de los Análisis de Demanda y Tecnológico, se sugiere que el Centro, sea establecido preferiblemente como un Centro de Innovación, capacitación y productividad (Demostrativo). Se descartaron las opciones de constituirse como un Centro de Investigación o como un Centro de Desarrollo Tecnológico como inicio.

El Centro de Innovación UPME en Energías Renovables o FNCER, tendría como objetivo general, contribuir a la apuesta por las energías renovables y la autogeneración, promoviendo las interacciones entre actores del ecosistema de innovación nacional e impulsando el desarrollo tecnológico y la innovación principalmente en el sector energético colombiano, así como atender necesidades de formación y capacitación. Es decir, dos ejes temáticos: uno de demostración de tecnologías y otro de formación y capacitación para tropicalizar tecnologías externas e innovar en las actuales.

El desarrollo del Centro es pertinente para el país considerando el impacto positivo en el ecosistema de CT+i y las posibilidades de impulsar la adopción de tecnologías en FNCER, más allá del escenario financiero. Por lo tanto, como Centro de Innovación, demostración y formación deberá como todos los modelos exitosos a nivel mundial, contar con un socio estratégico que asuma inicialmente a fondo perdido el CAPEX, así como buena parte del OPEX, mientras se fortalece hasta el punto de contribuir al desarrollo del sector y crecimiento económico del país. Ya acreditado, su autosostenibilidad puede llegar a lograrse incursionando en otros tipos de servicios.

En la rentabilidad del proyecto del Centro, que no debe observarse con fines de lucro, es importante resaltar que la adquisición de la infraestructura física (terreno, construcción de la edificación, e instalaciones) “representa cerca del 70%” dentro de la inversión total del proyecto. Donde lo primordial es la adquisición de unos laboratorios de última tecnología y un personal altamente especializado, los cuales garantizarán un exitoso desempeño en aspectos formativos, de investigación primaria e innovación, que son pilar fundamental para brindar personal de primer nivel a las empresas del país que generarán progreso, desarrollo y alta competitividad en el sector energético a nivel mundial.

Son imprescindibles aliados estratégicos dispuestos a aportar CAPEX para la instalación del Centro y asumir OPEX en su operación. En esta categoría, los aliados con mayor potencial para acompañar esta iniciativa son las instituciones nacionales, sectoriales o regionales públicas (Universidades, el SENA, Alcaldías locales, Gobernaciones, IPSE, etc.) cuyo propósito misional esté en alguna medida alineado con los propósitos del Centro. Esta categoría de aliados se puede extender a empresas del sector con participación pública interesadas en el desarrollo del sector o la región además de estar interesadas en contar con un espacio para resolver incertidumbres técnicas (e.g. EPM, ESSA, ECOPETROL, etc.).

La figura jurídica que se recomienda es la de Convenio Especial de Cooperación. Sin embargo, la figura jurídica que se establezca en definitiva depende de la naturaleza, políticas internas e intereses de cada aliado en particular cuya vinculación a la causa se gestione y de quien o quienes participen directamente en la gestión operativa del centro y de la intención de estos de tener o no una posición dominante en las decisiones y control del Centro.

Debido a la posibilidad de saturación del mercado de personas formadas en dichas tecnologías, el Centro en el mediano plazo debe reestructurar dichos servicios a la luz de las tendencias tecnológicas que se identifiquen en el momento, de tal manera que no pierda pertinencia.

Posteriormente a este estudio, si se decide emprender el Centro, las principales etapas para continuar con la iniciativa son: 1) Gestión de Aliados, 2) Estudio de Viabilidad (incluye estudio detallado de mercado, evaluación financiera refinada y evaluación de impacto socioeconómico), 3) Ingeniería Básica, 4) Ingeniería de Detalle, 5) Construcción, 6) Puesta en Marcha.

**Lista de Referencias o Bibliografía**

- [1] Colciencias, “RESOLUCIÓN 1473 de 2016 - Por la cual adopta la Política de Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTel.” pp. 1–2, 2016, [Online]. Available: <https://colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/resolucion1473-2016.pdf>.
- [2] J. Leijten, “The future of RTOs: a few likely scenarios,” *Eur. Com. Futur. key Res. actors Eur. Res. área*, pp. 119–138, 2007.
- [3] H. De Bruijn and M. Leijten, “Megaprojects and contested information,” *Transp. Plan. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 49–69, 2007, doi: 10.1080/03081060701208050.
- [4] I. Feller, C. P. Ailes, and J. D. Roessner, “Impacts of research universities on technological innovation in industry: Evidence from engineering research centers,” *Res. Policy*, vol. 31, no. 3, pp. 457–474, 2002, doi: 10.1016/S0048-7333(01)00119-6.
- [5] W. L. López, “The ecosystems of research and visibility: Inspiring histories and uncertain realities,” *Univ. Psychol.*, vol. 18, no. 2, 2019, doi: 10.11144/Javeriana.upsy18-2.eivh.
- [6] R. A. Tabisz, “Measurement processes in conformity assessment systems,” *15th IMEKO TC4 Symp. Nov. Electr. Meas. Instrum.*, no. May, 2007.
- [7] V. Kumar, “The role of university research centers in promoting research,” *J. Acad. Mark. Sci.*, vol. 45, no. 4, pp. 453–458, 2017, doi: 10.1007/s11747-016-0496-3.
- [8] J. Cortright and H. Mayer, “High Tech Specialization: A Comparison of High Technology Centers,” *Brookings Inst. Surv. Ser.*, no. January, pp. 1–13, 2001.
- [9] Myriam Sánchez Mejía, “La estrategia de regionalización del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología como parte del proceso de descentralización en Colombia,” *Cuad. Adm.*, 1996.
- [10] <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/2763.pdf>, “ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO Y LA EXPANSION DEL SECTOR ELECTRICO 1995-2007,” 2007. .
- [11] S. Mani, “Financing of innovation - a survey of various institutional mechanisms in Malaysia and Singapore,” *Asian Journal of Technology Innovation*, vol. 12, no. 2. pp. 185–208, 2004, doi: 10.1080/19761597.2004.9668603.
- [12] UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), “Plan Energético Nacional 2020-2050,” p. 2015, 2020, [Online]. Available: [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energetico\\_Nacional\\_20](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_20)

20\_2050.pdf.

- [13] J. Jörissen, C. Priefer, and K. R. Bräutigam, "Food waste generation at household level: Results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany," *Sustain.*, vol. 7, no. 3, pp. 2695–2715, 2015, doi: 10.3390/su7032695.
- [14] WEF, *Índice Global de Competitividad 2019*. 2019.
- [15] M. Á. G. Martín, D. Ribeiro, and M. T. M. Picazo, "Innovación y crecimiento económico: Factores que estimulan la innovación," *Cuad. Gest.*, vol. 12, no. SUPPL. ESPECIALISSU, pp. 51–58, 2012, doi: 10.5295/cdg.110309mg.
- [16] J. R. V, C. L. G, and J. D. P. V, "Desarrollo de una Metodología de Evaluación de Capacidades de Innovación \*," no. 15, pp. 133–148, 2010.
- [17] J. Bessant and H. Rush, "Building bridges for innovation: the role of consultants in technology transfer," *Res. Policy*, vol. 24, no. 1, pp. 97–114, 1995, doi: 10.1016/0048-7333(93)00751-E.
- [18] E. Revisión and D. Y. Desarrollo, "LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN MICRO , PEQUEÑAS Y MEDIANAS," vol. XII, no. 1, pp. 213–226, 2011.
- [19] CORPOEMA, "Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia. Volumen 3: Elementos de política, riesgos ante el cambio climático, complementariedad entre las FNCE y el SIN y costos indicativos de las FNCE," p. 195, 2010.
- [20] M. Vargas Pérez and F. Malaver Rodríguez, "Los avances en la medición del desarrollo tecnológico en la industria colombiana," *Rev. Iberoam. Ciencia, Tecnol. y Soc. - CTS*, vol. 1, no. 2, pp. 137–166, 2004.
- [21] DBIS, "BIS Research Paper No. 226 Research and innovation organisations in the UK: innovation functions and policy issues:," no. 226, pp. 1–58, 2015.
- [22] T. Organisations, "Tackling Europe ' s innovation challenges," *October*.
- [23] A. S. Bujang, C. J. Bern, and T. J. Brumm, "Summary of energy demand and renewable energy policies in Malaysia," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 53, pp. 1459–1467, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.09.047.
- [24] Unidad de Planeación Minero Energética UPME and Ministerio de Minas y Energía, "Informe de Registro de Proyectos de Generación," *Minist. Minas y Energía MME*, no. 0520, p. 42, 2021, [Online]. Available: <http://www.siel.gov.co>.
- [25] Roorda, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," pp. 1–69, 2016.
- [26] P. A. R. Díaz, "Diseño e implementación de un laboratorio de energías renovables en la

- universidad de la costa,” *Weef 2013*, p. 7, 2013, [Online]. Available:  
<http://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/288/153>.
- [27] F. B. D. Ruiz, Javier. González, Daniel. Benítez, “Implementación del Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,” *Rev. la Esc. Colomb. Ing.*, vol. 113, pp. 21–29, 2019.
- [28] L. Carrasco Sanzana and M. Mardones Sepúlveda, “Estudio de instalación de un Aerogenerador en el Colegio Concepción Pedro de Valdivia,” 2015.
- [29] E. Demostrativo and D. T. Ciego, “Modelo Simple para la Predicción de la Generación Eólica ( MOSIMPRES ) aplicado,” no. March, 2017.
- [30] A. Bulla and C. Guerrero, “Diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura,” *Univ. Nac. Colomb. Bogotá*, pp. 1–214, 2014.

### **Anexos**

Incluya este apartado si es solicitado por el docente, o si llegan a ser necesarios para justificar su investigación. Los anexos suelen ser documentos adicionales, fotografías, tablas o demás elementos que no pueden ser visibles en el cuerpo del trabajo. Esta información se suele almacenar en un CD adicional u otros soportes.