Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

De la investigación académica a la aplicación industrial: un modelo de innovación aplicada para el sector energético.

De la investigación académica a la aplicación industrial: Un modelo de innovación aplicada para el sector energético.

De la investigación académica a la aplicación industrial: un modelo de innovación aplicada para el sector energético.

Marina Seixas Pereira
Universidad Federal de Uberlândia

Resumen

Este artículo propone MIA-Energia, un modelo conceptual de innovación aplicada, diseñado para organizar la transición de las tecnologías energéticas desde la investigación académica a los entornos industriales. El problema investigado es la pérdida de continuidad que suele producirse entre la prueba de concepto, la demostración a escala relevante y la decisión de inversión. La investigación adopta un enfoque cualitativo y exploratorio, apoyado en una revisión narrativa y documental de la literatura científica, las normas técnicas y los informes institucionales publicados hasta 2025. La síntesis articula la Triple Hélice, la Innovación Abierta, el Cuadrante de Pasteur, los Niveles de Madurez Tecnológica y la evaluación tecnoeconómica. El modelo resultante comprende cuatro movimientos: definición conjunta del problema; codesarrollo y validación en un entorno relevante; evaluación integrada del rendimiento, los riesgos y los costes; preparación para la demostración y la ampliación a escala. MIA-Energia no se presenta como un método empíricamente validado, sino como un marco analítico susceptible de prueba. Se concluye que los criterios de progresión explícitos, la participación temprana de los usuarios industriales y la documentación de las incertidumbres pueden mejorar la calidad de las decisiones, siempre que el modelo se adapte al contexto tecnológico y se someta a...

evaluación prospectiva.
Palabras clave: innovación energética; transferencia de tecnología; madurez tecnológica; biomasa; evaluación tecnoeconómica.

Abstracto

Este artículo propone MIA-Energia, un modelo conceptual de innovación aplicada diseñado para organizar la transición de las tecnologías energéticas desde la investigación académica a los entornos industriales. El estudio aborda la discontinuidad que suele surgir entre la prueba de concepto, la demostración a escala relevante y las decisiones de inversión. Adopta un enfoque cualitativo y exploratorio basado en una revisión narrativa y documental de la literatura científica, las normas técnicas y los informes institucionales publicados hasta 2025. La síntesis combina la Triple Hélice, la Innovación Abierta, el Cuadrante de Pasteur, los Niveles de Madurez Tecnológica y la evaluación tecnoeconómica. El modelo resultante comprende cuatro fases: definición conjunta del problema; codesarrollo y validación en un entorno relevante; evaluación integrada del rendimiento, los riesgos y los costes; y preparación para la demostración y la ampliación a escala industrial. MIA-Energia no se presenta como un método empíricamente validado, sino como un marco analítico sujeto a prueba.

El artículo concluye que los criterios de progresión explícitos, la participación temprana de los usuarios industriales y la documentación de la incertidumbre pueden mejorar la calidad de las decisiones, siempre que el modelo se adapte a cada contexto tecnológico y se evalúe de forma prospectiva.
Palabras clave: innovación energética; transferencia de tecnología; madurez tecnológica; biomasa; evaluación tecnoeconómica.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

1. Introducción

La transición energética no depende únicamente de la disponibilidad de soluciones técnicas. También requiere que el conocimiento producido en universidades y centros de investigación se extienda Las etapas de validación, demostración, financiación e incorporación industrial. Este pasaje es... particularmente exigente en sectores intensivos en capital, donde los fallos de escala pueden comprometiendo la seguridad, la continuidad operativa y el retorno económico. Por lo tanto, el problema no se trata simplemente de descubrir una tecnología prometedora. Es necesario construir evidencia suficiente para decidir cuándo avanzar, rediseñar o interrumpir el desarrollo (AIE, 2020; IRENA, 2023; MARKARD, 2018).

La literatura sobre transiciones sociotécnicas muestra que los cambios profundos resultan de interacción entre tecnología, infraestructura, regulación, comportamiento organizacional y Mercados. Las innovaciones aisladas rara vez alteran los sistemas energéticos sin redes de actores. capaz de probarlas, financiarlas e integrarlas en las prácticas existentes. Esto ayuda a explicar por qué que la calidad científica de un descubrimiento no garantiza su adopción y por qué las tecnologías con Un rendimiento similar en el laboratorio puede dar lugar a trayectorias industriales muy diferentes. (GEELS et al., 2017; MARKARD, 2018).

El desafío se hace evidente cuando una tecnología abandona la fase de prueba de concepto, pero aún así... no tiene suficiente historial operativo, escala o previsibilidad económica para recibir Inversiones de implementación. La expresión "Valle de la Muerte" describe este período, aunque su Los límites varían según el sector y el tipo de proyecto. En los procesos energéticos y químicos, las plantas Las unidades piloto y de demostración desempeñan un papel crucial, ya que nos permiten observar fenómenos que No se manifiestan completamente en entornos de laboratorio, como la integración térmica, la variabilidad de materias primas, mantenimiento, fiabilidad y comportamiento de los equipos (HELLSMARK et al., 2016).

El contexto de inversión refuerza la relevancia de esta discusión. La Agencia Internacional de El Ministerio de Energía estimó que la inversión mundial en energía alcanzaría los 3,3 billones de dólares estadounidenses en 2025. De ese total, aproximadamente 2,2 billones de dólares estadounidenses se destinarían a tecnologías energéticas. Limpio, el doble de la cantidad proyectada para el petróleo, el gas natural y el carbón. La expansión del capital, Sin embargo, esto no elimina la necesidad de seleccionar proyectos técnicamente sólidos y económicamente defendible (AIE, 2025).

Este artículo pretende proponer un marco conceptual para respaldar esta selección y Para organizar la cooperación entre la investigación y la industria. MIA-Energia reúne contribuciones de

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

gestión de la innovación e ingeniería de procesos, sin pretender una validez universal o
Resultados aún no observados. La pregunta que guía es: ¿cómo funciona un modelo?
La gobernanza puede vincularse a la madurez tecnológica, la evidencia experimental y la evaluación.
responsabilidad económica e institucional en la transición de la investigación energética a
¿Aplicación industrial?

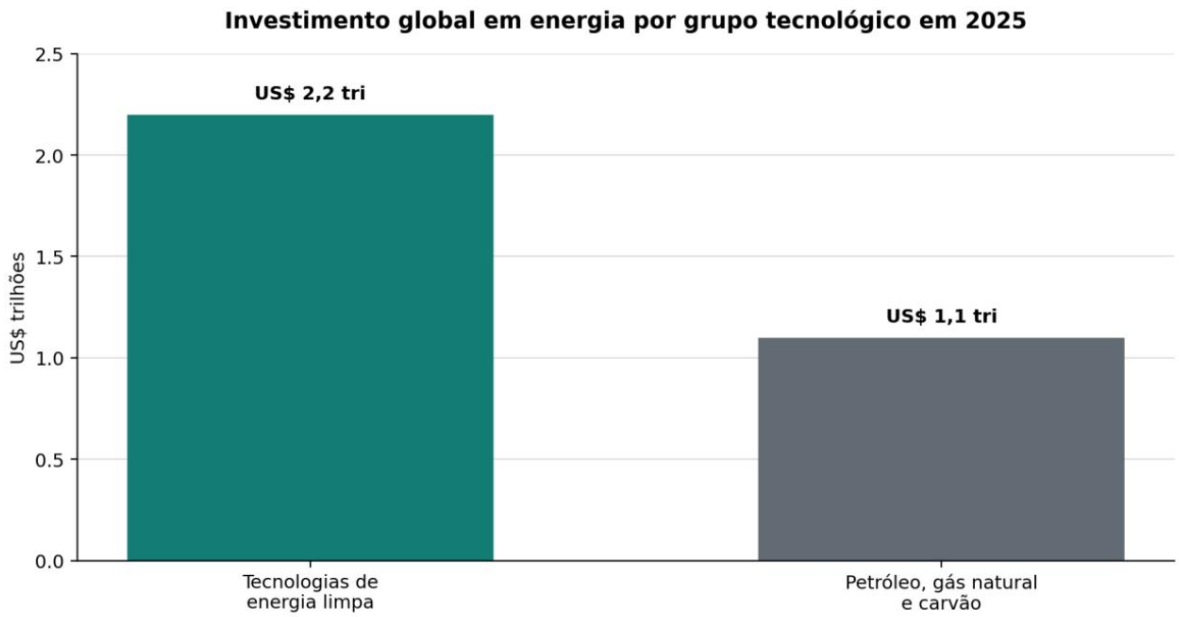

Gráfico 1: Inversión global en energía por grupo tecnológico en 2025

Fuente: Elaborado por el autor utilizando datos de la Agencia Internacional de Energía y World Energy.
Inversión 2025. Valores estimados para 2025.

2 Metodología

La investigación es de naturaleza cualitativa, exploratoria y proposicional. El trabajo fue desarrollado
como una revisión narrativa y documental, adecuada para integrar conceptos de
campos distintos y la formulación de un marco analítico. Esto no es una revisión sistemática,
metaanálisis o estudio bibliométrico. Por este motivo, el artículo no presenta el diagrama de flujo.
PRISMA, el número total de registros recuperados, ni inferencias cuantitativas sobre el
El conjunto de la literatura.
La selección de documentos fue intencional y guiada por su relevancia para cinco temas: interacción
entre la universidad, la industria y el gobierno; investigación orientada a la aplicación; innovación abierta y
Transferencia de tecnología; madurez, demostración y escalabilidad; transición energética.
Biomasa y evaluación tecnoeconómica. Obras fundamentales necesarias para
Definición de los conceptos y publicaciones más recientes, hasta 2025, capaces de actualizar el contexto.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

energía e institucional.

El corpus combina artículos revisados por pares, libros de referencia, normas e informes.

Organizaciones con responsabilidad técnica o regulatoria. Las fuentes institucionales incluyen...

La Agencia Internacional de Energía, la Agencia Internacional de Energías Renovables, el Panel

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, la Compañía de Investigación Energética y la Agencia

Instituto Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles. Presencia de documentos institucionales.

Esto se debe a la necesidad de abordar las inversiones, las políticas públicas, la matriz energética y las regulaciones.

Investigación y desarrollo basados en datos primarios.

El análisis se llevó a cabo en tres etapas. En primer lugar, se identificaron los problemas recurrentes.

Coordinación, madurez, financiación, escala y evaluación de riesgos. A continuación, los conceptos...

Se compararon y organizaron según el momento en que influyen en la trayectoria.

tecnológico. Finalmente, estos elementos se sintetizaron en cuatro movimientos del MIA-

Energía. Las proposiciones del modelo se redactaron como recomendaciones analíticas, no como

Resultados comprobados.

La principal limitación metodológica radica en la naturaleza conceptual de la investigación. No fueron

Se realizaron entrevistas, observaciones de plantas, experimentos, análisis de contratos o estudios.

El artículo tampoco estima la causalidad entre la adopción del estudio de caso y los datos primarios.

El modelo y los resultados en cuanto a costo, tiempo o rendimiento. La validación dependerá de las aplicaciones.

Desarrollos futuros en proyectos del mundo real, acompañados de un protocolo prospectivo e indicadores previamente establecidos.

Documentación definida y auditable.

3. La transición de la ciencia a la aplicación industrial.

La relación entre conocimiento y aplicación no sigue una secuencia automática. Rosenberg

(1982) demostraron que la innovación se caracteriza por el aprendizaje, la retroalimentación y la resolución de problemas.

de problemas durante el desarrollo. Stokes (1997), al formular el Cuadrante de Pasteur,

También cuestionó la rígida separación entre la ciencia básica y la investigación aplicada.

La investigación puede buscar una comprensión fundamental y, al mismo tiempo, estar guiada por una

problema de uso. Esta combinación es relevante para las tecnologías energéticas, en las que el

Las decisiones de investigación deben tener en cuenta las condiciones de funcionamiento desde el principio.

El concepto de Innovación Abierta amplió esta comprensión al reconocer que las organizaciones utilizan...

conocimiento interno y externo para acelerar el desarrollo y explorar diferentes

vías de mercado (CHESBROUGH, 2003). En el sector energético, este principio puede

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

adoptan la forma de proyectos cooperativos, licencias, consorcios, centros conjuntos y
contratar infraestructura especializada. Sin embargo, la apertura no elimina la necesidad de
Gobernanza. Propiedad intelectual, confidencialidad, publicación y responsabilidades.
Las técnicas deben acordarse en función de la fase del proyecto.
Los niveles de madurez tecnológica ofrecen un lenguaje común para hablar de la
Evolución de una tecnología. La escala no mide el mérito científico, la rentabilidad ni el impacto.
ambiental; describe la madurez alcanzada en un contexto de aplicación determinado. Mankins
(2009) destaca que la evaluación depende de la definición del sistema, los requisitos y el entorno.
Relevante. Utilizar TRL como una calificación genérica, sin registrar la evidencia que justifica cada nivel,
Reduce su utilidad.

Las plantas piloto y de demostración ocupan una posición estratégica en este proceso. Producen
conocimientos técnicos, pero también permiten la coordinación entre proveedores, operadores,
investigadores, financiadores y reguladores. Hellsmark et al. (2016) muestran que estos
Las instalaciones pueden desempeñar distintas funciones a lo largo del desarrollo y el aprendizaje.
Una técnica para la formación de redes y la reducción de la incertidumbre. Su valor no debe evaluarse únicamente
basado en la capacidad nominal o la generación de ingresos inmediatos.
Por lo tanto, la transición a la escala industrial requiere una secuencia documentada de preguntas.
¿Se reprodujo el fenómeno relevante fuera del banco de pruebas? Los balances de masa y energía
¿Cierran en condiciones representativas? ¿La calidad del producto cumple con su uso previsto?
¿Se han evaluado los riesgos para la seguridad? ¿Existen procedimientos para la gestión de recursos, el mantenimiento y la eliminación de residuos?
¿Son compatibles con el funcionamiento? MIA-Energia comienza con estas preguntas para prevenir la
La madurez científica no debe confundirse con la preparación industrial.

4. Cooperación institucional y gobernanza

El modelo de la Triple Hélice describe la innovación como resultado de las interacciones entre
La universidad, la industria y el gobierno, cuyas funciones pueden superponerse sin llegar a ser idénticas.
(ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). Las universidades contribuyen con investigación y formación.
y la infraestructura; las empresas aportan requisitos operativos, acceso al mercado y capacidad para
Implementación; los gobiernos regulan, financian y definen las prioridades públicas. La cooperación es
Resulta productivo cuando estas diferencias se reconocen y se transforman en responsabilidades.
claro.

En Brasil, el sector del petróleo y el gas tiene un mecanismo específico para inducir la investigación por

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

a través de la cláusula de inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación prevista en determinados contratos. La Resolución N° 918/2023 de la ANP rige la aplicación de estos recursos. Define las condiciones para los proyectos y las instituciones ejecutoras. No es una obligación. ni un modelo uniforme para todas las compañías energéticas, ni una asignación automática a cada una de ellas. universidades. El marco depende de los contratos y normas vigentes (ANP, 2023).

La gobernanza de un proyecto colaborativo debe ser proporcional al riesgo. En las fases iniciales, el Los acuerdos pueden centrarse en cuestiones científicas, el acceso a los datos y la definición de la propiedad de los resultados. A medida que avanza el proyecto, se hace necesario elaborar planes para... seguridad, criterios de aceptación, control de cambios, responsabilidades de los equipos y decisiones relativas a la escalada. La norma ABNT NBR ISO 56002 proporciona directrices para los sistemas de escalada. La gestión de la innovación no sustituye las normas técnicas específicas ni determina ninguna en particular. proceso de desarrollo (ABNT, 2020).

Definir de antemano los derechos de publicación y de propiedad intelectual reduce los conflictos. siempre que no convierta el proyecto en una estructura inflexible. Períodos de embargo, formas de Las licencias y la participación en los beneficios deben negociarse de acuerdo con la naturaleza de... Tecnología, la contribución de cada parte y la legislación aplicable. El MIA-Energia no establece una Plazo universal para estas decisiones. Solo requiere que la información sensible o Las inversiones importantes deben registrarse antes de comprometerse con ellas.

Otro elemento es la independencia de la evaluación. El equipo responsable de la tecnología tiene Conocimiento profundo, pero también un interés legítimo en su continuidad. Reseñas Las técnicas externas, con criterios conocidos, pueden reducir los sesgos y mejorar la toma de decisiones. decisión. Esto no significa quitar la autonomía a los investigadores. Significa separar la producción evidencia de autorización para asumir nuevos compromisos de capital, especialmente cuando la La demostración implica riesgos operativos o ambientales.

5. La biomasa en el contexto de la transición energética

La biomasa ocupa un lugar relevante en el debate energético porque puede proporcionar electricidad. El calor, los combustibles y las moléculas de carbono se utilizan en la producción de productos químicos. En Brasil, La experiencia con la caña de azúcar, los residuos agroindustriales y la bioenergía ha generado habilidades. científico y productivo acumulado durante décadas (FURTADO; SCANDIFFIO; CORTEZ, 2011; EPE, 2025). Sin embargo, esta historia no autoriza a tratar cada ruta basándose en La biomasa como una opción sostenible o económicamente viable.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

El desempeño climático de la bioenergía depende de su ciclo de vida. Origen de la materia prima,
Cambio de uso del suelo, fertilizantes, transporte, conversión, coproductos y horizonte temporal
Alteran el balance de emisiones. Por esta razón, no debería utilizarse la expresión "neutralidad de carbono".
para aplicarse automáticamente. El IPCC reconoce la contribución potencial de la bioenergía, pero
También destaca sus limitaciones, riesgos y las diferencias entre los sistemas de producción (IPCC, 2022).
El concepto de biorrefinería tiene como objetivo utilizar diferentes fracciones de biomasa para producir energía.
combustibles, materiales y productos químicos. La integración de flujos puede ampliar la
Utilizar los recursos y distribuir los ingresos entre productos de diferente valor.
(CHERUBINI, 2010). Sin embargo, la viabilidad depende de la estabilidad del suministro, de
composición de materias primas, demanda de productos, consumo de agua y energía y
en lo que respecta a la eliminación de los residuos.

Se están estudiando rutas termoquímicas, como la pirólisis y la gasificación, para convertir la biomasa.
en gases, líquidos y sólidos energéticos. En el caso de pirólisis rápida, control de temperatura,
El tiempo de residencia, la transferencia de calor y la calidad de los alimentos influyen en la
Rendimiento y propiedades del bioaceite. El proceso de mejora puede requerir hidrógeno.
Los catalizadores y los tratamientos adicionales son factores que deben integrarse en el análisis desde el principio.
(BRIDGWATER, 2012).
La función del modelo propuesto no es preseleccionar una ruta. El MIA-Energia organiza
La comparación entre alternativas requiere que se examinen los beneficios técnicos.
junto con los impactos ambientales, los costos y las condiciones de implementación. Uno
La tecnología con un alto rendimiento en sobremesa puede perder atractivo ante los desafíos logísticos.
biomasa o la necesidad de pretratamiento. Otro método de conversión, menos eficiente, puede
Para proporcionar una mayor solidez operativa, la decisión debe reflejar el sistema en su conjunto.

6. Escalado y evaluación técnico-económica

Ampliar la escala de los procesos químicos no consiste en multiplicar las dimensiones geométricas.
Los cambios de volumen alteran las relaciones entre área y capacidad, mezcla y transferencia de calor.
y masa, tiempo de residencia y control. Las materias primas heterogéneas presentan variación.
humedad, densidad, contenido de cenizas y contaminantes. Por lo tanto, los datos de laboratorio deberían
debe ir acompañado de hipótesis explícitas sobre el comportamiento a mayor escala.
La evaluación tecnoeconómica permite relacionar el desempeño experimental con
inversiones, costos operativos y valor del producto. Es más útil cuando

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

Sigue el proceso de desarrollo, en lugar de aparecer solo en el informe final. En las fases iniciales,
Los resultados presentan una incertidumbre significativa y deben expresarse en rangos, escenarios y...
Análisis de sensibilidad. Las cifras excesivamente precisas pueden generar una falsa sensación de seguridad.
Indicadores como el coste nivelado de la energía, el precio mínimo de venta y el valor actual neto.
Dependen de supuestos financieros, escala, factor de capacidad, vida útil, precios de los insumos y...
de condiciones regulatorias. El indicador apropiado varía según la tecnología y la decisión.
Las comparaciones solo son válidas cuando se utilizan los límites del sistema, la moneda, el año base y las suposiciones.
compatible. MIA-Energia exige que estos supuestos se mantengan alineados con el resultado.
presentado.
La evaluación ambiental debe realizarse conjuntamente con la evaluación económica. Ganancias en un
Esta etapa puede cambiar los impactos a otra, como el aumento del consumo de hidrógeno, de
electricidad o transporte. Los análisis del ciclo de vida ayudan a identificarlos.
Transferencias, pero también dependen de elecciones metodológicas. El objetivo no es producir
No se trata de un único número indiscutible, sino más bien de comprender qué variables alteran la conclusión y dónde.
Los datos adicionales son más valiosos.
Los puntos de decisión propuestos deben abarcar tres posibilidades: seguir adelante, reformular o
Interrupción. La interrupción no representa necesariamente un fracaso científico. En los proyectos
En sectores intensivos en capital, identificar un desajuste a tiempo puede preservar recursos y orientar...
nuevas preguntas. Para que este aprendizaje sea efectivo, es necesario comprender las razones de la decisión.
Deberá documentarse todo, incluyendo las pruebas, las incertidumbres y las condiciones que permitan reevaluar la ruta.
en el futuro.

7 Estructura energética de MIA

El primer paso de MIA-Energia es la definición conjunta del problema. El equipo registra
la necesidad industrial, el usuario de la solución, el entorno de aplicación, las limitaciones
requisitos reglamentarios y rendimiento mínimo esperado. También distingue entre requisitos obligatorios.
y atributos deseables. Este paso reduce el riesgo de desarrollar una solución técnicamente defectuosa.
Resulta interesante para un problema que no es prioritario, carece de infraestructura o claramente carece de demanda.
identificado.
El segundo paso consiste en el desarrollo conjunto y la validación en un entorno pertinente.
Los investigadores defienden el enfoque científico, mientras que los profesionales de operaciones y seguridad...

La ingeniería y el diseño contribuyen a las condiciones de uso en el mundo real. La división de funciones no está determinada por el TRL (Nivel de Madurez Tecnológica).

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

Depende de las habilidades requeridas para cada tarea. Para ascender se requieren pruebas.

Pruebas experimentales, trazabilidad de datos, análisis de fallos y definición de la siguiente prueba.

El tercer movimiento reúne la evaluación del desempeño, el riesgo, el medio ambiente y la economía. Los datos

Los experimentos experimentales proporcionan datos para balances, estimaciones de escala y escenarios financieros. Las incertidumbres

Se clasifican según su influencia en la decisión. Cuando una variable determinada

Lo que predomina es el resultado; el proyecto debería priorizar su medición antes de escalarlo. Esta lógica

Acerca la investigación al valor de la información, evitando ensayos que agregan datos pero no aportan nada.

Reducen la incertidumbre en la toma de decisiones.

El cuarto movimiento se prepara para la demostración y la ampliación. En esta fase, la gobernanza incorpora...

Operación, mantenimiento, suministro, calidad, seguridad, licencias y planes.

Finalización de la prueba. El proyecto debe definir de antemano qué constituye un éxito.

resultado no concluyente o necesidad de reformulación. La demostración deja de ser una

Se trata de una muestra tecnológica que se convierte en un experimento industrial con objetivos verificables.

Los cuatro movimientos son iterativos. Una evaluación económica puede revelar la necesidad de

Cambiar el producto; una prueba en un entorno relevante puede redefinir el requisito industrial;

Los cambios regulatorios pueden requerir un nuevo diseño de proceso. El MIA-Energia no elimina

Estas revisiones. Busca hacerlas visibles y documentarlas. Su contribución radica en...

Integrar cuestiones que suelen ser gestionadas por equipos distintos y en momentos diferentes.

desconectado.

8. Agenda e indicadores de validación

La evaluación MIA-Energia debería comenzar con estudios prospectivos. Proyectos participantes

Pueden registrar su nivel inicial de madurez, hipótesis críticas, criterios de progresión y...

Se deben conservar los indicadores antes de aplicar el modelo. Esta precaución evita que el éxito quede predeterminado.

De forma retrospectiva. La comparación puede realizarse con proyectos anteriores de la misma organización.

o con iniciativas impulsadas por diferentes procesos, respetando las diferencias tecnológicas.

Los indicadores del proceso incluyen el tiempo transcurrido entre las decisiones y la proporción de hipótesis críticas.

probado, la exhaustividad de la documentación, la participación del usuario y el número de

Reformulaciones bien fundamentadas. Los indicadores técnicos pueden monitorear la estabilidad.

Los indicadores operativos incluyen los balances, la calidad del producto y la evolución de su vencimiento.

Los indicadores económicos deberían registrar rangos de costos y sensibilidad, no solo valores puntuales.

Los resultados de la transferencia de tecnología requieren una perspectiva a más largo plazo. Licencias,

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

la adopción, la inversión posterior, las asociaciones continuas y el desarrollo de habilidades pueden
Deben observarse los cambios, pero no deben atribuirse automáticamente al modelo.
Los factores del mercado, los precios, la regulación y la estrategia empresarial también influyen en la trayectoria. El análisis
Es necesario distinguir entre asociación y causalidad.
La transparencia es fundamental. Los proyectos sujetos a confidencialidad pueden publicarse.
Protocolos, categorías de indicadores y resultados agregados sin revelar secretos comerciales.
Lo importante es permitir que los evaluadores comprendan cómo se tomaron las decisiones.
Sin esta documentación, el modelo corre el riesgo de convertirse simplemente en un nombre nuevo.
para prácticas existentes.
También es necesaria la validación en diferentes ámbitos. Biomasa, hidrógeno, captura de energía.
El carbono, el almacenamiento y la digitalización presentan riesgos y plazos de desarrollo.
distintos. Un modelo útil debería preservar los principios comunes y permitir adaptaciones. Estudios
Los futuros investigadores deberían analizar qué componentes permanecen estables y cuáles dependen del sector.
¿Y bajo qué condiciones la estructura mejora eficazmente la calidad de las decisiones?

Conclusión

La transición de la investigación académica a la aplicación industrial es un problema de producción.
evidencia y coordinación. En las tecnologías energéticas, la dificultad aumenta porque la
Las demostraciones requieren capital, infraestructura, seguridad e integración con los sistemas.
existente. La excelencia científica es una condición necesaria pero no suficiente para estar preparados.
industrial.

La bibliografía revisada nos permite comprender este recorrido sin reducir la innovación a un único...
Secuencia lineal. El cuadrante de Pasteur acerca la investigación y el uso; la triple hélice.
Sitúa la interacción institucional; la Innovación Abierta explica la circulación del conocimiento; los TRL (Nivel de Referencia Tecnológica)
Organizan el debate sobre la madurez; y la evaluación tecnoeconómica se relaciona con...
Rendimiento en relación con las decisiones de escalado.

La síntesis de estos elementos dio como resultado MIA-Energia, estructurada en torno a la definición del problema,
Desarrollo conjunto, evaluación integrada y preparación para la demostración. El modelo propone que
Los requisitos, las suposiciones, las pruebas y las responsabilidades deben documentarse a lo largo de todo el proceso.
desarrollo. Su propósito es mejorar la calidad de la decisión, no prometer el éxito.
tecnológico.
En el caso de la biomasa, esta precaución es particularmente importante. La disponibilidad de

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

Los recursos no implican automáticamente un bajo impacto o una baja viabilidad. Origen de
materias primas, logística, conversión, integración energética, coproductos y uso de la tierra pueden
alterar el resultado. El análisis debe abarcar todo el ciclo de vida y evitar afirmaciones genéricas de
neutralidad de carbono.

El aumento de las inversiones en energía limpia amplía las oportunidades, pero también
Esto aumenta la responsabilidad en la selección de proyectos. Los datos de la AIE para 2025 muestran la magnitud de este fenómeno.
del capital movilizado, no la efectividad de cada tecnología. Los modelos de gobernanza pueden
Contribuir a garantizar que las decisiones sobre las demostraciones se basen en criterios transparentes.
y comparable.

MIA-Energia sigue siendo una contribución conceptual. El artículo no incluye entrevistas.
No atribuye las reducciones de tiempo, coste o riesgo a experimentos industriales o estudios de casos, ni tampoco las atribuye al modelo.
Esta delimitación preserva la validez del argumento y establece una agenda verificable para
Tu valoración.

El siguiente paso debería ser aplicar el marco de forma prospectiva, con indicadores definidos.
Antes del inicio del seguimiento. Documentación de decisiones, reformulaciones y resultados.
Esto le permitirá identificar qué componentes generan valor y cuáles necesitan ser revisados. Publicaciones
Las generaciones futuras también deberían ampliar la bibliografía específica sobre cada ruta tecnológica analizada.
Se puede concluir que la convergencia entre ciencia e industria depende menos de fórmulas universales.
más que la capacidad de formular buenas preguntas, registrar incertidumbres y tomar decisiones basadas en
evidencia. MIA-Energia ofrece una arquitectura inicial para este trabajo. Su relevancia
La precisión científica estará determinada por la transparencia con la que se pruebe y la posibilidad de su...
Los resultados pueden ser examinados, reproducidos y criticados.

Referencias

AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GAS NATURAL Y BIOCOMBUSTIBLES.
Resolución N° 918 de la ANP, del 10 de marzo de 2023. Regula el cumplimiento de la obligación de inversión derivada de la cláusula de investigación, desarrollo e innovación. Brasilia, DF: ANP, 2023.

Asociación Brasileña de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 56002:2020.
Gestión de la innovación: sistema de gestión de la innovación: directrices. Río de Janeiro: ABNT, 2020.
BRIDGWATER, AV. Revisión de la pirólisis rápida de biomasa y la mejora del producto. Biomass and Bioenergy, vol. 38, págs. 68–94, 2012. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048.
CHERUBINI, F. El concepto de biorrefinería: uso de biomasa en lugar de petróleo para la producción de energía y productos químicos. Energy Conversion and Management, vol. 51, n.º 7, págs. 1412–1421, 2010. DOI: 10.1016/j.enconman.2010.01.015.
CHESBROUGH, HW. Innovación abierta: El nuevo imperativo para crear y obtener beneficios de la tecnología. Boston: Harvard Business School Press, 2003.
Compañía de Investigación Energética. Balance Energético Nacional 2025: Año Base

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 05/09/2026 | Aceptado: 08/09/2026 | Publicación: 11/09/2026

2024. Río de Janeiro: EPE, 2025.
ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. La dinámica de la innovación: de los sistemas nacionales y el Modo 2 a una triple hélice de relaciones universidad-industria-gobierno. Research Policy, vol. 29, n.º 2, págs. 109-123, 2000. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00055-4.
FURTADO, AT; SCANDIFFIO, MIG; CORTEZ, LAB El sistema de innovación de la caña de azúcar brasileña. Energy Policy, vol. 39, núm. 1, págs. 156–166, 2011. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.09.023.

GEELS, FW et al. Transiciones sociotécnicas para la descarbonización profunda. Science, vol. 357, n.º 6357, págs. 1242–1244, 2017. DOI: 10.1126/science.aao3760.
HELLSMARK, H.; FRISHAMMAR, J.; SÖDERHOLM, P.; YLINENPÄÄ, H. El papel de las plantas piloto y de demostración en el desarrollo tecnológico y la política de innovación. Research Policy, vol. 45, n.º 9, págs. 1743-1761, 2016. DOI: 10.1016/j.respol.2016.05.005.
PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Cambio Climático 2022: Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Sexto Informe de Evaluación. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA. Perspectivas de la tecnología energética 2020: Informe especial sobre innovación en energías limpias. París: AIE, 2020.
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA. Inversión mundial en energía 2025. París: AIE, 2025.
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES. Perspectivas de la transición energética mundial 2023: Trayectoria de 1,5 °C. Abu Dabi: IRENA, 2023.
MANKINS, JC. Evaluaciones de preparación tecnológica: una retrospectiva. Acta Astronautica, vol. 65, n.º 9-10, págs. 1216-1223, 2009. DOI: 10.1016/j.actaastro.2009.03.058.
MARKARD, J. La siguiente fase de la transición energética y sus implicaciones para la investigación y la política. Nature Energy, vol. 3, págs. 628–633, 2018. DOI: 10.1038/s41560-018-0171-7.
ROSENBERG, N. Dentro de la caja negra: tecnología y economía. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
STOKES, DE El cuadrante de Pasteur: Ciencia básica e innovación tecnológica. Washington, DC: Brookings Institution Press, 1997.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.