

# Metaanálisis de estrategias de los institutos nacionales de metrología y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

*Meta-analysis of national metrology institutes' strategies and their relationship with the United Nations Sustainable Development Goals*

César Alonso Gutiérrez Rojas\*

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

\* cesargr182@gmail.com

Fecha de recepción: 1 de septiembre del 2024

Fecha de aceptación: 20 de noviembre del 2024

## Resumen

Los Institutos Nacionales de Metrología son organizaciones especializadas en mediciones físicas y químicas. Aunque muchos países han limitado sus contribuciones a la industria, su impacto va más allá, contribuyendo en las esferas económica, social, ambiental, entre otras. Esta importancia contrasta con el escaso apoyo y reconocimiento que se les otorga. Por otro lado, el mundo enfrenta desafíos que deben abordarse con urgencia y que han sido conceptualizados por las Naciones Unidas en sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), enfocados en los ámbitos económico, social y ambiental.

En este contexto, la presente investigación cualitativa analiza la dirección que están tomando los INMs del mundo, con una muestra representativa para el periodo 2020-2030, y se pregunta si las estrategias de estas organizaciones están alineadas con las necesidades planteadas por los ODS. Se realizó con una muestra teórica, intencionada, de documentos de planificación estratégica, los cuales fueron analizados y codificados por estrategia. Algunos de estos documentos mostraron una congruencia perfecta con ciertos ODS, mientras que otros resultaron estar únicamente orientados hacia la industria, posiblemente debido al marco de políticas públicas nacionales y la necesidad de obtener sus propios recursos financieros. Finalmente, se evidenció que algunos ODS, como “Reducción de las desigualdades” y “Reducción de la pobreza”, no están en el radar de los INMs, aunque algunos investigadores sugieren que, al influir en la “educación”, pueden tener un impacto



positivo indirecto en los ODS relacionados con la reducción de la pobreza.

**Palabras clave:** estrategias 2020-2030, infraestructura de la calidad, institutos nacionales de metrología, metaanálisis, objetivos de desarrollo sostenible

## Abstract

*National Metrology Institutes (NMIs) are organizations specialized in physical and chemical measurements. Although many countries have limited their contributions to the industry, their impact extends further, contributing to the economic, social, and environmental spheres. This significance contrasts with the limited support and recognition they receive. Meanwhile, the world faces challenges that must be urgently addressed, challenges that have been conceptualized by the United Nations in its 17 Sustainable Development Goals (SDGs), focusing on economic, social, and environmental domains.*

*In this context, the present qualitative research analyzes the direction that NMIs worldwide are taking, with a representative sample for the 2020-2030 period, and questions whether the strategies of these organizations are aligned with the needs outlined by the SDGs. A theoretical and intentional sample of strategic planning documents was selected, analyzed, and coded by strategy. Some of these documents showed perfect alignment with certain SDGs, while others were solely industry-oriented, possibly due to the framework of national public policies and the necessity to secure their own financial resources. Finally, it became evident that some SDGs, such as “Reduction of Inequality” and “Poverty Reduction,” are not on the radar of the NMIs. However, some researchers suggest that by influencing “education,” NMIs can have an indirect positive impact on the SDGs related to poverty reduction.*

**Keywords:** strategies 2020-2030, quality infrastructure, national metrology institutes, meta-analysis, sustainable development goals

## Introducción

Los Institutos Nacionales de Metrología (INMs) son creados por decreto, generalmente bajo la coordinación de la Secretaría de Economía (Ministerio de Economía o Departamento de Comercio), con el objetivo de contribuir en tres campos clave para el desarrollo económico de un país: protección (regulación del Estado), mercado (requisitos del comprador) e innovación (creatividad empresarial). Estos institutos apoyan todas las

actividades de la infraestructura de calidad: Normalización, Metrología, Ensayos, Certificación y Acreditación. Existe una necesidad nacional crítica en todos los países —impulsada por la comunidad de metrologos— de generar una mayor conciencia sobre la viabilidad y conveniencia de contar con un INM como referente no solo en las ciencias de la ingeniería o las ciencias formales, donde ya es bien sabido y comprobado su beneficio (North, 1990; Temple *et al.*, 2005; Czubala y Guash, 2007, Trajkovic y Milosevic, 2016; Fisher, 2022; Olu-lawal *et al.*, 2024), sino también de las ciencias sociales y las ciencias naturales.

Según William P. Fisher Jr. y A. Jackson Stenner (2022), sin un INM de clase mundial, un país enfrenta barreras como:

1. El enorme costo de desarrollar e implementar estas medidas de manera independiente.
2. La falta general de conocimiento sobre las décadas de investigación que respaldan la viabilidad y las ventajas únicas de los patrones nacionales —responsabilidad de los INMs— cuya trazabilidad asegura la conexión de los resultados de medición con las unidades base del Sistema Internacional de Unidades (SI), limita su aplicación en las ciencias sociales.
3. Un escaso reconocimiento público tanto de los altos rendimientos que proporcionan las inversiones en metrología como del papel vital que dicha disciplina ha jugado en la historia de la ciencia y el capitalismo.
4. Orientaciones institucionales más capaces de atender las necesidades de los paradigmas existentes que de favorecer la aparición de nuevos.
5. Suposiciones culturales profundamente arraigadas sobre la naturaleza del número y los supuestos límites de la medición psicosocial.

Por si fueran pocas estas barreras, la claridad de un país para apoyar a su INM se ve nublada por varios factores. En primer lugar, a pesar de la existencia prolongada de datos, instrumentos y teorías que afirman lo contrario, se cree ampliamente y de manera errónea que la medición fundamental de los constructos, medida por observaciones ordinales, es imposible. En segundo lugar, también se cree, erróneamente, que todos los números son intrínsecos, siempre efectivos y cuantitativos, y que las supuestas diferencias son meramente académicas y carecen de consecuencias prácticas. En tercer lugar, la infraestructura metroológica es casi completamente invisible para el público y

se da por sentada, lo que significa que los esfuerzos locales para expandirla a un nuevo dominio son virtualmente inútiles e inevitablemente fútiles. En cuarto lugar, el sistema actual de incentivos y recompensas hace muy difícil, si no imposible, que individuos, investigadores y docentes influyan en el comportamiento y las decisiones de sus clientes o estudiantes, dado que estos están culturalmente arraigados en sistemas ordinales y premisas locales y políticas, aunque malentendidos y mal valorados. Finalmente, incluso cuando un individuo u organización comprende la importancia de las nuevas tecnologías de medición, estas pocas instancias aisladas y descoordinadas dependen en exceso del liderazgo local y eventualmente se ven privadas de sustento por la falta de una cultura metrológica en una red más grande.

Asumiendo que la metrología es transversal a todas las ciencias y que no solo afecta a las formales —una idea que a menudo es difícil de concebir—, el objetivo de esta investigación es realizar un metaanálisis basado en las estrategias de planificación de los INMs. Como resultado de esta revisión de literatura se empleará el software Atlas Ti para llevar a cabo un estudio cualitativo sobre la orientación estratégica que siguen los INMs a nivel mundial, utilizando una muestra teórica representativa de todas las regiones del mundo y considerando el caso de México. El propósito es comparar la ruta que estas organizaciones han declarado seguir hasta el horizonte 2030, en contraste con los desafíos globales identificados por las Naciones Unidas (ONU) y expresados en sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los ODS fueron seleccionados evitando sesgos, ya que estos representan una propuesta realizada por los miembros de la ONU, junto con Organizaciones No Gubernamentales y ciudadanos de todo el mundo, que buscan alcanzar de manera equilibrada tres dimensiones del desarrollo sostenible: los ámbitos económico, social y ambiental.

## Materiales y Métodos

La muestra teórica se seleccionó siguiendo dos criterios principales. En primer lugar, se buscó incluir en la muestra al menos un INM representativo de cada continente. En el caso de la región europea, se consideró un documento que consolidaba las estrategias de los INMs miembros de dicha región, denominado EURAMET (Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología) con los documentos EURAMET 2030 Strategy (2021), Bosse (2020), Barker *et al.* (2011) y Thompson (2022). Para el continente americano, se incluyeron el Centro Nacional

de Metrología de México (CENAM) con su documento Strategic planning exercise 2022-2030 (2022), el Centro de Investigación en Metrología (NRC) que pertenece al Consejo Nacional de Investigación de Canadá y el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos (NIST) estuvieron representados por los documentos PAWG Strategic Plan 2021-2030 (2021), CCQM Strategy document 2021-2030 (2021) y L. Yong (2017). En cuanto al medio oriente, se analizaron el Laboratorio Nacional de Física y Estándares de Pakistán (NPSL) (Khanzada, 2019) y el Centro Nacional de Medición y Calibración de Arabia Saudita (NMCC) (Kumar, 2021). Finalmente, para Asia, se incluyó el Instituto de Investigación de Estándares y Ciencia de Corea (KRISS) (Min, 2021).

En segundo lugar, además de la representatividad regional, se buscó que los INMs seleccionados fueran aquellos con mayor reconocimiento y liderazgo, lo que podría decirse coloquialmente como los que “marcan tendencia”. Una forma de medir este reconocimiento es a través del número de CMCs (Capacidades de Medición y Calibración) que han registrado en la KCDB (Base de Datos de Comparaciones Clave) del BIPM (Oficina Internacional de Pesas y Medidas). Cuanto más registros posee un INM, mayor es su prestigio y capacidad. La lista mencionada cumple con ambos criterios, sin embargo, dado que no afecta incluir más, durante el desarrollo de esta investigación se agregaron documentos de planificación estratégica de otros INMs, por lo que la lista mencionada no es exhaustiva. Por ejemplo, se añadió un documento confidencial del PTB (Instituto Nacional de Metrología de Alemania), el cual fue comparado con el documento previamente analizado de EURAMET.

Para el análisis cualitativo se utilizó el software Atlas Ti para codificar y analizar las estrategias contenidas en los documentos de los INMs. El proceso de codificación permitió identificar temas y patrones emergentes en las estrategias de los INMs, así como su alineación (o falta de ella) con los ODS de la ONU. Cada uno de los documentos estratégicos fue contrastado con los 17 ODS, que incluyen: 1.- Fin de la pobreza, 2.- Hambre cero, 3.- Salud y bienestar, 4.- Educación de calidad, 5.- Igualdad de género, 6.- Agua limpia y saneamiento, 7.- Energía asequible y no contaminante, 8.- Crecimiento económico, 9.- Innovación en la industria, 10.- Reducción de las desigualdades, 11.- Ciudades sostenibles, 12.- Producción y consumo responsables, 13.- Acción por el clima, 14.- Vida submarina, 15.- Vida de

ecosistemas terrestres, 16.- Paz y justicia, y 17.- Alianzas para lograr los objetivos (consultar ODS de la ONU).

La técnica de codificación abierta permitió descomponer las estrategias en unidades más pequeñas de análisis que luego se agruparon en categorías relacionadas con los ODS. A través de la codificación axial se establecieron conexiones entre las diferentes estrategias y los objetivos específicos de los ODS. Este enfoque metodológico cualitativo no solo permitió identificar coincidencias, sino también contrastar las divergencias en las estrategias de los INMs con respecto a los desafíos globales planteados por los ODS. Dicho proceso de triangulación de datos a partir de múltiples fuentes y técnicas de codificación contribuye a la validez del análisis, proporcionando una visión integral de cómo los INMs están alineando (o no) sus estrategias con los ODS y revelando áreas críticas, para la sociedad, que podrían no estar siendo adecuadamente abordadas en sus planes estratégicos.

El análisis se centró en identificar las estrategias presentes en la planificación de los INMs y codificarlas, lo que resultó en la tabla que se muestra (ver Tabla 1). La columna “Fundamentado” contiene el número de veces que se encontró la estrategia en cuestión, de acuerdo con el “Criterio” descrito; por lo tanto, refleja su popularidad, aunque no necesariamente su importancia dentro del contexto estratégico de los INMs. Es importante destacar que una mayor frecuencia en esta columna indica qué estrategias son más comunes en la planificación, pero no implica que sean las más efectivas o críticas.

La columna “Densidad” presenta el número de relaciones que la estrategia tiene con otras dentro del marco estratégico de los INMs. Esta métrica es particularmente relevante en un análisis cualitativo, ya que la densidad de conexiones entre estrategias puede ser indicativa de su centralidad e influencia dentro de la red estratégica global de los INMs. Una alta densidad sugiere que la estrategia en cuestión está altamente interrelacionada con otras y puede desempeñar un papel clave en la alineación de las metas organizacionales con los ODS.

Además del análisis de fundamentado y densidad (ver Tabla 1, en resultados), se aplicaron técnicas de codificación axial para explorar cómo estas estrategias se integran y contribuyen al logro de los ODS. La interrelación entre estrategias, identificada mediante el software Atlas Ti, permitió mapear las áreas clave de convergencia y divergencia entre los INMs. Se observó que algunas estrategias están fuertemente alineadas con ciertos ODS, mientras que otras muestran una débil o inexistente re-

lación con los objetivos globales (ver Figura 1, en resultados). Este enfoque cualitativo proporciona una comprensión más profunda del papel de los INMs en la promoción del desarrollo sostenible y revela las áreas donde se requiere una mayor alineación estratégica para cumplir con los ODS establecidos por la ONU.

## Resultados

**Tabla 1**

Libro de códigos.

Nombre del Código	Criterio/Descripción	Fundamentado	Densidad
Innovación en la industria	Esfuerzos, estrategias o inversión enfocados en proyectos I+D, DT.	7	3
Alianzas	Proyectos de colaboración, convenios de intercambio, donaciones.	6	2
Crecimiento económico	Esfuerzos con miras en la retribución económica, para el país o el propio INM.	5	4
Acción por el clima	Trabajos, proyectos o estrategias enfocadas en la reducción de contaminación	5	5
Políticas públicas	Búsqueda de la incidencia para participar en las PP de un gobierno (normas oficiales, leyes, decretos, tratados, proyectos prioritarios del Edo.)	4	0
Competencia	Esfuerzos y estrategias que mencionan el componente medir a un competidor, salir primero al mercado, ser los primeros en desarrollar algo, etc.	4	0
Salud y bienestar	Metas y proyectos que mejoren la salud y o bienestar de la población.	4	0
Biodiversidad	Proyectos en puesta que involucren la variedad de seres vivos que existen en el planeta y las relaciones que establecen entre sí y con el medio que los rodea.	3	1
Educación de calidad	Proyectos o estrategias que busque mejorar la calidad en la educación, como pueden ser, alianzas, intercambios, donaciones, ampliaciones de cobertura.	3	2
Manufactura avanzada	Industria 4.0, Transformación digital y cualquier otra tecnologías o metodologías innovadoras para mejorar la competitividad en los sectores de fabricación.	3	1
Tecnología amigable con el ambiente	Desarrollos, patentes, investigación en tecnología de menos consumo o contaminación, a lo ya existente.	3	1

Reducción de contaminación en bosques y océanos	Iniciativas y proyectos encaminados a beneficio de bosques y océanos.	3	0
Química y biología	Inversión en laboratorios, intercambio de información y transferencia de conocimientos en química y/o biología.	3	0
Desempeño organizacional	Inversión de tiempo o dinero, en estrategias y metodologías enfocadas en la administración y gestión.	2	1
Saneamiento de agua	Proyectos o inversión destinados al saneamiento y descontaminación de océanos, ríos o mantos acuíferos.	2	2
Comercio	Estrategias y proyectos encaminados a tener incidencia en el comercio, ya sea por medio de normas, y regulaciones, transferencia de conocimientos o proyectos con actores de la infraestructura de la calidad.	2	2
Transformación digital	Esfuerzos encaminados al internet de las cosas, la sistematización de los procesos y la supervisión y control a distancia.	2	1
Economía circular	Proyectos o inversión para reciclar o reusar materiales y productos.	2	1
Energía asequible y no contaminante	Esfuerzos que coadyuven a bajar las tarifas de energía eléctrica, o bien, para ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica, con fuentes no contaminantes.	2	2
Fin de la pobreza	Esfuerzos que coadyuven a zonas marginadas a aumentar la cobertura de servicios básicos oportunidades de trabajo y generación de ingresos.	1	2
Ciudades sostenibles	Estrategias que contengan componentes de economía circular, reducción de contaminación y consumo responsable de recursos naturales.	1	3
Movilidad	Proyectos que consideren temáticas como: infraestructura conectada, acceso a datos, Transporte alternativo, Vehículos autónomos, Gestión de tránsito, Aplicaciones de Movilidad	1	0
Producción y consumo responsable	Esfuerzos encaminados al consumo de productos con certificación "A" de consumo energético eficiente, biodegradables o con el distintivo de respetuoso con el medio ambiente, así como de producción y comercialización eficiente (menor consumo de energía o contaminación al convencional).	1	1

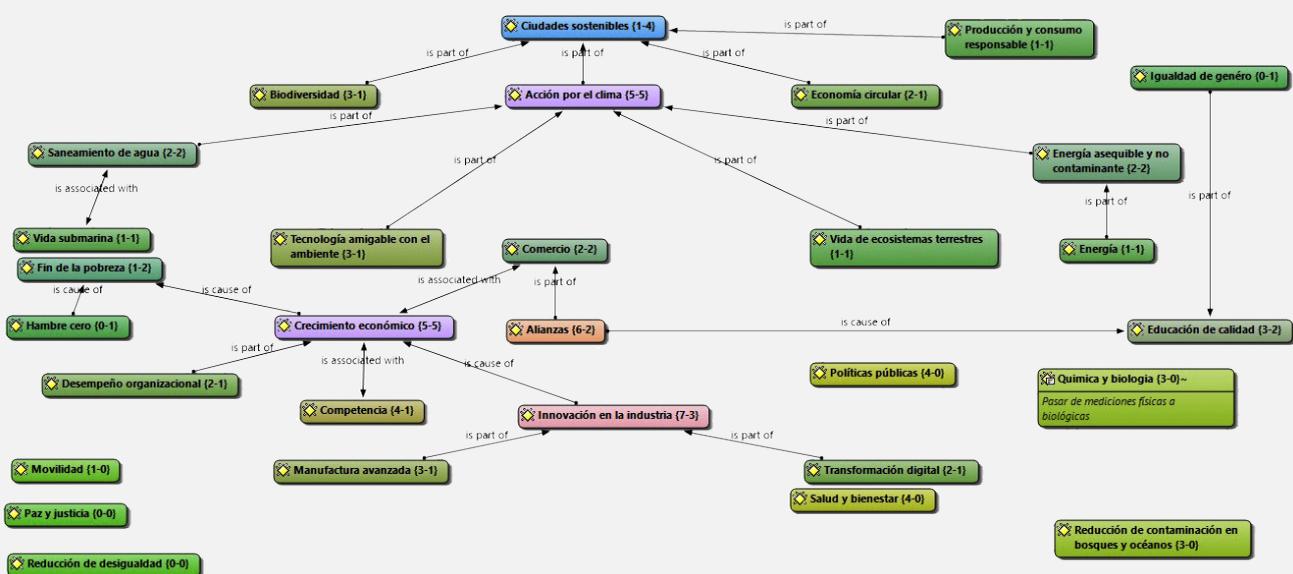
Vida submarina	Proyectos con enfoque en océanos y vida marina.	1	1
Vida de ecosistemas terrestres	Proyectos con enfoque en ecosistemas terrestres	1	1
Energía	Proyectos con enfoque en energía, en cualquier parte de la cadena de valor generación, distribución y comercialización.	1	1
Reducción de desigualdad	Esfuerzos encaminados a la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica.	0	0
Paz y justicia	Esfuerzos encaminados al cumplimiento de leyes y regulaciones.	0	0
Hambre cero	Estrategias o participación en proyectos que coadyuven a la reducción del hambre en zonas marginadas, o bien, a la seguridad alimentaria.	0	1
Igualdad de género	Estrategias, o metas implementadas en los INMs, para eliminar la discriminación de género.	0	1

Fuente: Elaboración propia con Atlas ti.

Posteriormente, se analizó si existe relación entre los códigos y de que tipo, dando como resultado la siguiente red (ver Figura 1).

Figura 1

Red de estrategias abordadas por los INMs del mundo (muestra teórica.)



Fuente: Elaboración propia con Atlas ti

## Discusión

Los Institutos Nacionales de Metrología (INMs) se definen como Centros de Investigación coordinados por el Estado y apoyados por éste; sin embargo, en muchas ocasiones, el apoyo económico es insuficiente, lo que obliga a los INMs a desarrollar estrategias para la generación de ingresos. Este desafío ha intervenido las estrategias de los INMs, de tal manera que, además de encontrar una alineación mayoritaria con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se identificaron otras estrategias que incluyen: Comercio, Competencia, Desempeño Organizacional, Economía Circular, Energía, Manufactura Avanzada, Movilidad, Políticas Públicas, Química y Biología, Tecnología Amigable con el Medio Ambiente y Transformación Digital, que de alguna manera pueden traer consigo beneficios sociales sin perder de vista los económicos.

No se encontraron estrategias alineadas con los ODS relacionados con la “Reducción de la desigualdad”, “Paz y justicia”, “Hambre cero” e “Igualdad de género” de manera tácita, lo que sugiere que estos no son temas de interés prioritario para los directivos de los INMs, o que no existe un conocimiento claro de cómo los INMs pueden contribuir a estos temas de interés global. Aunque no se puede afirmar categóricamente que no exista interés, la muestra analizada no proporcionó indicios claros de la intención de contribuir a estos cuatro ODS.

La ciencia respalda el valor de las formas tangibles de capital económico al garantizar que las mediciones de productos, desde minutos hasta kilowatts y barriles, sean universalmente verificables y comparables. El creciente interés en el valor económico de las formas intangibles de capital humano y social, estudiadas en las ciencias del comportamiento y sociales, plantea la pregunta de si la calidad de las mediciones en estas áreas podría algún día acercarse al rigor científico y la conveniencia práctica de las mediciones en las ciencias naturales. Más de 80 años de investigación sugieren firmemente que la respuesta a esta pregunta es afirmativa. Por lo tanto, se puede observar cómo, poco a poco, las estrategias de los INMs se están diversificando, considerando los campos de las ciencias sociales, naturales y económicas.

En el capítulo “Metrology for the Social, Behavioral, and Economic Sciences” de Fisher (2022), se afirma que una infraestructura metrológica para las ciencias sociales, del comportamiento y económicas tiene un potencial fundamental y transformador relacionado con la educación, la atención médica, la gestión de recursos humanos y naturales, la evaluación del desempeño organizacional y la economía. Por lo tanto, el

simple hecho de contar con una infraestructura metroológica robusta, como es el caso de todos los INMs analizados en esta muestra, abre la posibilidad de influir de manera implícita en la reducción de la pobreza, debido a su impacto en la economía, pero sobre todo en la educación, según Mihai (2015).

Otra posibilidad de convergencia entre los ODS de la ONU y la dirección estratégica de los INMs, aunque sutil, es orquestada por el BIPM, que cada año elige un tema para celebrar el Día Mundial de la Metrología. En 2020 el tema fue “Mediciones para el comercio global”, en 2021 “Mediciones para la salud”, en 2022 “Metrología en la Era Digital” y en 2023 “Mediciones para apoyar la alimentación global”. Estas temáticas no solo reflejan las prioridades emergentes en el ámbito global, sino que también sugieren un alineamiento progresivo de las estrategias de los INMs con los desafíos globales, lo que podría implicar una mayor sinergia con los ODS en el futuro.

Este análisis cualitativo revela que, aunque los INMs muestran una alineación significativa con ciertos ODS, todavía existen brechas estratégicas en áreas clave como la igualdad, la justicia y la reducción de la pobreza. Estas podrían ser abordadas mediante una mayor integración de dichas temáticas en la planificación estratégica de los INMs, fortaleciendo así su contribución al desarrollo sostenible global, y paralelamente, de esta forma, lograr su objetivo de ser más visibles.

## Conclusiones

### Alineación parcial con los ODS

Aunque los INMs muestran una alineación significativa con algunos ODS, como los relacionados con el comercio global, la salud, la tecnología ambiental y la educación, existen brechas evidentes en su contribución a ODS fundamentales como “Reducción de desigualdades”, “Paz y justicia”, “Hambre cero” e “Igualdad de género”. Esto refleja una orientación estratégica predominantemente técnica y económica, que subestima el potencial transformador en áreas sociales más amplias.

### Impacto implícito en la reducción de la pobreza

Si bien no se encontraron estrategias explícitas dirigidas a la reducción de la pobreza, la infraestructura metroológica de los INMs, al influir en la educación y la economía, tiene un impacto indirecto en este ODS, según estudios previos como los de Mihai (2015). Lo anterior sugiere un efecto positivo implícito que podría ser aprovechado de manera más directa y explícita.

Diversificación estratégica en evolución	Los INMs han comenzado a diversificar sus estrategias hacia áreas como la economía circular, la manufactura avanzada y la transformación digital. Estas iniciativas, además de su orientación técnica, pueden generar beneficios sociales significativos, alineándose progresivamente con los desafíos globales.
Liderazgo temático del BIPM	Las temáticas seleccionadas anualmente por el BIPM para el Día Mundial de la Metrología reflejan una convergencia emergente entre las prioridades estratégicas de los INMs y los desafíos globales planteados por los ODS. Este alineamiento podría incrementarse si los INMs integran más profundamente estas temáticas en su planificación estratégica.
Potencial no explotado en los ODS sociales	Los INMs poseen capacidades técnicas que podrían expandirse para abordar de manera más directa problemas como la desigualdad y la justicia social. Esto requiere un cambio conceptual que los conecte con áreas menos exploradas, como la metrología en ciencias sociales y del comportamiento, siguiendo la propuesta de Fisher (2022).
Necesidad de apoyo sostenido del Estado	El insuficiente apoyo económico del Estado obliga a los INMs a priorizar estrategias orientadas hacia la generación de ingresos, lo que puede limitar su capacidad para diversificar su impacto en áreas sociales y ambientales. Un financiamiento estable, suficiente y sin presiones económicas cortoplacistas, permitiría a los INMs adoptar un enfoque más balanceado y alineado con los ODS.
Rol transformador de la infraestructura metrológica	Cerca de 150 años de incidencia directa —considerando la fecha del tratado del metro realizada en mayo de 1875— del rigor científico de las mediciones a campos como la educación, la atención médica y la innovación subrayan el potencial transformador de una infraestructura metrológica robusta en los ámbitos social y económico.
Oportunidad de liderazgo global	Los INMs, al ser actores clave en la infraestructura de calidad de los países, tienen la oportunidad de posicionarse como líderes en el cumplimiento de los ODS al integrar estrategias explícitas para abordar desafíos globales en áreas menos exploradas, como las desigualdades y la pobreza.
Visibilidad y legitimidad internacional:	Una mayor visibilidad de los INMs en el contexto global, especialmente mediante la articulación de su impacto en los ODS, puede fortalecer su legitimidad y atraer recursos adicionales.

Esto requiere una estrategia de comunicación más proactiva y alineada con las prioridades globales.

## Referencias

- Barker, K. E., Cox, D., & Sveinsdottir, T. (2011). Foresight on the future of public research metrology in Europe, *Foresight*, 13(1), 5-18. <https://doi.org/10.1108/14636681111109660>
- Bosse, H., Evans, A., Zeleny, V., Czulek, D., Balsamo, A., O'Connor, D., Yandayan, T., Billington, D., Meli, F., Ragusa, C. S., & Flys, O. (2020, 8-12 June). AdvManuNet: A networking project on metrology for advanced manufacturing. *Proc Euspen's 20th International Conference & Exhibition*, Geneva, CH. <https://www.euspen.eu/knowledge-base/ICE20374.pdf>
- Calzadilla-Sarmiento, B., Loesener, O., & Davila, J. P. (2017). *Quality Infrastructure of the Americas. Strategic Roadmap*. United Nations Industrial Development Organization.
- CCQM (2021). *Strategy document 2021-2030* <https://www.bipm.org/documents/20126/2071059/CCQM+Strategy.pdf/31283069-94f4-f2c7-bbfc-7d652c9b3de8>
- CENAM (2022). *Planeación Estratégica del CENAM 2022-2030*. [https://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/2024/Reporte\\_Planeaci%C3%B3n\\_CENAM\\_2022-2030.pdf](https://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/2024/Reporte_Planeaci%C3%B3n_CENAM_2022-2030.pdf)
- Czubala, W., Shepherd, B., & Wilson, J. S. (2009). Help or hindrance? the impact of harmonized standards on African exports. *Journal of African Economies*, 18(5), 711-744. <https://doi.org/10.1093/jae/ejp003>
- Fisher, W., & Massengill, P. (2022). *Explanatory Models, Unit Standards, and Personalized Learning in Educational Measurement*. Springer.
- EURAMET. (2021). *The gateway to Europe's integrated metrology community: EURAMET 2030 Strategy*.
- Gilmore, I., Lenssen, L., Brown, R., Shore, P., & Janssen, J. T. (September 2022). *Metrology Research Roadmaps*. NPL.
- Guasch, J. L., Racine, J.-L., Sánchez, I., & Diop, M. (2007). *Quality Systems and Standards for a Competitive Edge*. The World Bank, Washington D.C, United States.
- Khazada, F., & Abbasi, K. (October 2019). Economic imperatives of metrology for Pakistan. *15th International Conference: "Standardization, Prototypes and Quality: A Means of Balkan Countries' collaboration"*. Trakya University, Edirne, Turkey. [https://www.researchgate.net/publication/337171240\\_ECONOMIC\\_IMPERATIVES\\_OF\\_METROLOGY\\_FOR\\_PAKISTAN](https://www.researchgate.net/publication/337171240_ECONOMIC_IMPERATIVES_OF_METROLOGY_FOR_PAKISTAN)
- Kumar, V., & Albashrawi, S. (2022). Quality Infrastructure of Saudi Arabia and Its Importance for Vision 2030. *MAPAN*, 37, 97-106. <https://doi.org/10.1007/s12647-021-00523-4>

- Mihai, M., Titan, E., & Manea, D. (2015). Education and Poverty. *Procedia Economics and Finance*, 32(6), 855-860. [10.1016/S2212-5671\(15\)01532-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01532-4)
- Min, H. (2021). *KRISS Vision 2035*. Korea Research Institute of Standards and Science. <https://www.kriss.re.kr/eng/download/vision.pdf>
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge University Press. Cambridge, England.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- Olu-lawal, K. A., Olajiga, O. K., Ani, E. C., Adeleke, A. K., & Portillo Montero, D. J. (2024). The role of precision metrology in enhancing manufacturing quality: a comprehensive review. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(3), 728-739. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.868>
- PAWG. (December 2021). *Strategic Plan 2021-2030*.
- Temple, P., Witt, R., Spencer, C., Blind, K., Jungmittag, A., & Swann, P. (2005). *The empirical economics of standards*. UK Department of Trade and Industry. United Kingdom.
- Trajković, A. R., & Milošević, I. (2016). Model to determine the economic and other effects of standardization, a case study in Serbia. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(5-6), 1-13. [10.1080/14783363.2016.1225496](https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1225496)