

# ANÁLISIS SOCIAL DEL CICLO DE VIDA (ASCV) IMPULSADO POR LOS DATOS COMO NUEVO ENFOQUE OBJETIVO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR CERÁMICO

**Andrés Fernández-Miguel<sup>1,2</sup>, Fernando E. García-Muiña<sup>1</sup>, Davide Settembre-Blundo<sup>1,4</sup>, Maria Pia Riccardi<sup>3</sup>, Valerio Veglio<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Administración de Empresas, Universidad Rey Juan Carlos, Paseo de los Artilleros, s/n - 28032 Madrid, España

<sup>2</sup> Department of Economics and Management, University of Pavia, Via S. Felice Al Monastero, 5 - 27100 Pavia, Italia

<sup>3</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, Via Ferrata, 1 - 27100 Pavia, Italia

<sup>4</sup> Gruppo Ceramiche Gresmalt, 41049 Sassuolo, Italia

## RESUMEN

La sostenibilidad social, una preocupación crítica en la industria manufacturera, plantea desafíos de evaluación debido a la falta de métricas estandarizadas y la naturaleza compleja de los datos sociales. Para abordar este problema, la Evaluación del Ciclo de Vida Social (S-LCA, por sus siglas en inglés) está emergiendo como una metodología reconocida a nivel mundial que se utiliza ampliamente para evaluar la sostenibilidad social. La S-LCA utiliza un marco de ciclo de vida para medir los impactos sociales de una organización o producto en todas las etapas del ciclo de vida, incluyendo cuestiones clave como el bienestar de los trabajadores, el bienestar de la comunidad y los derechos humanos. En respuesta a los problemas de subjetividad en los métodos tradicionales de evaluación social, este estudio introduce un innovador modelo de S-LCA basado en datos que utiliza el Análisis Factorial Exploratorio (EFA) - Análisis de Componentes Principales (PCA) para asignar pesos a los indicadores de impacto social. El EFA-PCA, una herramienta estadística, simplifica la complejidad de los datos identificando variables no correlacionadas que explican la mayor parte de la variabilidad. Este modelo ha sido validado aplicándolo a un estudio de caso de una empresa italiana de cerámica. Los resultados mostraron que la asignación de pesos basada en EFA-PCA de los indicadores de impacto social mejora significativamente la precisión y la objetividad de las evaluaciones de sostenibilidad social, superando el enfoque tradicional de asignación subjetiva de expertos. Este enfoque innovador allana el camino para aplicaciones de S-LCA más eficientes, aumentando la objetividad de las evaluaciones de sostenibilidad social en el sector de la fabricación de cerámica y proporcionando a los tomadores de decisiones herramientas efectivas para orientar los esfuerzos de sostenibilidad social corporativa y la estrategia empresarial.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el actual panorama dinámico de la manufactura, el concepto de sostenibilidad social ha evolucionado de ser una nota al margen en las agendas corporativas a convertirse en un pilar crítico del éxito (Ferreira et al., 2023). Las empresas han llegado a comprender que, para priorizar la sostenibilidad social, no se trata únicamente de beneficios económicos y responsabilidad ambiental: se trata de construir organizaciones resilientes y visionarias con un profundo impacto en la sociedad (Rai et al., 2021). Este cambio de paradigma subraya un concepto más amplio de responsabilidad corporativa. Va más allá de los márgenes de beneficio y la gestión medioambiental e incluye la creación de entornos acogedores e inclusivos, el cultivo de relaciones más sólidas y diversas con los grupos de interés y un compromiso inequívoco con la mejora del bienestar y la prosperidad de las comunidades en las que operan estas empresas (Missimer y Mesquita, 2022). Esta nueva perspectiva marca un momento crucial en la industria manufacturera, donde la sostenibilidad social ya no es una idea secundaria, sino un determinante central del éxito a largo plazo (Asha'ari et al., 2023).

Sin embargo, a medida que se reconoce la importancia de la sostenibilidad social en la manufactura, también se reconocen los desafíos asociados con su evaluación y medición (Govindan et al., 2021). Los obstáculos a superar son significativos, destacando la urgente necesidad de desarrollar metodologías válidas y fiables que puedan cuantificar y evaluar eficazmente la sostenibilidad social. Uno de los desafíos más evidentes es la falta de medidas y directrices internacionales estandarizadas para evaluar la sostenibilidad social. A diferencia de la sostenibilidad ambiental, que se beneficia de marcos y métricas bien establecidas, el panorama de la sostenibilidad social carece de referencias universalmente aceptadas. Esta carencia complica la tarea de evaluar y comparar el desempeño social de diferentes organizaciones, especialmente aquellas que operan a nivel global (Afshari et al., 2022). La falta de medidas estandarizadas hace que sea extremadamente difícil cuantificar y calificar con precisión los impactos y contribuciones sociales de las empresas (Walker et al., 2021).

Añadiendo a esta complejidad se encuentra la naturaleza inherentemente cualitativa y cuantitativa de los datos sociales. A diferencia de las métricas financieras o ambientales, que pueden cuantificarse con precisión, los datos sociales abarcan una amplia gama de variables que no pueden reducirse fácilmente a valores numéricos (Saxena et al., 2020). Las facetas de la sostenibilidad social son diversas e incluyen, entre otras, los derechos humanos, el bienestar de los empleados, el bienestar de la comunidad, la diversidad e inclusión y las prácticas éticas. Estas dimensiones múltiples requieren metodologías de evaluación matizadas (Bai et al., 2022). Para abordar estos desafíos complejos y allanar el camino hacia una industria manufacturera más socialmente sostenible, ha surgido el campo de la Evaluación del Ciclo de Vida Social (S-LCA) como una metodología poderosa (Tokede y Traverso, 2020). Este enfoque reconocido internacionalmente utiliza un marco de ciclo de vida para examinar de manera integral los impactos sociales asociados con una organización o producto a lo largo de todo su ciclo de vida. La S-LCA abarca una amplia gama de aspectos como las condiciones laborales, la participación comunitaria, los derechos laborales y los derechos humanos (Huarachi et al., 2020). Al proporcionar una comprensión integral de los impactos sociales, la S-LCA se convierte en una potente herramienta de toma de decisiones, permitiendo que las organizaciones adopten prácticas de manufactura sostenible y socialmente responsables (Bouillass et al., 2021).

Sin embargo, a pesar del inmenso potencial de la S-LCA, estudios recientes han destacado un problema apremiante: la subjetividad inherente en la construcción de índices de impacto social (García-Muiña et al., 2021). Esta subjetividad a menudo adopta la forma de juicio de expertos, donde se asignan pesos a variables en función del conocimiento y la experiencia de individuos (Pollok et al., 2021). Alternativamente, se manifiesta como una ponderación igualitaria de variables, asumiendo igual importancia en todos los casos (Naghshineh et al., 2020). Esta subjetividad introduce sesgos y limitaciones que socavan la objetividad y confiabilidad de los indicadores de sostenibilidad, un desafío que necesita abordarse con urgencia (Gompf et al., 2021). Para superar este obstáculo y fortalecer la objetividad de los indicadores de sostenibilidad, este estudio propone un enfoque novedoso para la S-LCA. El fundamento de este enfoque es la aplicación del Análisis Factorial Exploratorio (EFA) - Análisis de Componentes Principales (PCA), una técnica estadística conocida por su capacidad para reducir la complejidad de los datos (Asante-Okyere et al., 2020). El EFA-PCA logra esto identificando variables no correlacionadas que explican colectivamente la mayor parte de la variabilidad dentro del conjunto de datos original. Al utilizar el EFA-PCA, esta metodología pretende reducir la subjetividad asociada con la asignación de pesos a los indicadores de impacto social.

Para poner a prueba esta metodología innovadora y demostrar su aplicabilidad en el mundo real, el estudio llevó a cabo una investigación empírica en una empresa italiana de azulejos de cerámica (Medina-Salgado et al., 2021). Este estudio intenta arrojar luz sobre la suprema importancia de la sostenibilidad social en la industria manufacturera. Ilustra cómo el papel transformador de la sostenibilidad social se extiende mucho más allá de los márgenes de beneficio y entra en el ámbito del bienestar social y el éxito sostenible. También destaca las complejidades inherentes y los desafíos asociados con la evaluación y medición de la sostenibilidad social, así como la urgencia de abordar estos desafíos de frente. Al introducir esta metodología de aplicación de EFA-PCA a la S-LCA, esta investigación contribuye a una evaluación más precisa y objetiva de la sostenibilidad social. Proporciona unas herramientas innovadoras a los tomadores de decisiones para orientar sus estrategias hacia una mayor responsabilidad social corporativa, potenciando un sector de fabricación que no solo es económicamente sano y ambientalmente responsable, sino que también es socialmente equitativo, inclusivo y rende cuentas.

## 2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS PRELIMINARES

La Evaluación del Ciclo de Vida Social (S-LCA) y la Evaluación del Ciclo de Vida Organizacional Social (SO-LCA) son metodologías emergentes (Pollok et al., 2021) que amplían la evaluación medioambiental inherente en la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) (Ferrari et al., 2021) para evaluar tanto los impactos sociales de los productos como de las organizaciones.

S-LCA/SO-LCA aún se encuentran en desarrollo y siguen las Directrices del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) para la S-LCA de Productos y Organizaciones (Achten et al., 2020), mientras que la LCA está bien establecida y se basa en normas internacionales ISO (Toniolo et al., 2020).

La S-LCA evalúa los aspectos sociales y los posibles impactos positivos o negativos de los productos a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo la extracción, producción, distribución, uso, reciclaje y eliminación.

SO-LCA aborda el desafío de identificar indicadores sociales a nivel de producto, tomando una perspectiva organizacional (D'Eusanio et al., 2022). Sin embargo, ambos enfoques son incapaces de determinar la sostenibilidad social en un sentido absoluto y están dirigidos principalmente a empresas que buscan monitorizar su impacto social.

La industria manufacturera enfrenta dos lagunas metodológicas:

1. Identificar indicadores sociales a nivel de producto, ya que los impactos sociales suelen ser de naturaleza organizativa.
2. Eliminar o al menos reducir el componente subjetivo al asignar pesos a las métricas sociales, dada la naturaleza mixta cualitativa y cuantitativa de los datos sociales.

Este estudio tiene como objetivo llenar la segunda brecha, ya destacada por los autores en un reciente análisis SO-LCA de una empresa de fabricación de azulejos de cerámica (García-Muiña, et al., 2022), proponiendo una metodología innovadora basada en un enfoque mixto con el objetivo de reducir el nivel de subjetividad en la estimación de indicadores dinámicos de sostenibilidad social adoptados por empresas italianas que operan en el sector de la cerámica. Este enfoque surge como una evolución del Análisis del Ciclo de Vida Social, que se basa principalmente en estimaciones subjetivas y, por lo tanto, es más susceptible a estimaciones sesgadas.

Las estimaciones subjetivas basadas en la opinión de un comité de expertos, aunque prometedoras, pueden no ser precisas, especialmente en el entorno competitivo actual caracterizado por un alto nivel de incertidumbre y un creciente énfasis en enfoques basados en datos. Como tal, el desarrollo de una metodología mixta se está convirtiendo en uno de los principales desafíos para las empresas que desean perseguir un alto nivel de sostenibilidad social y mantenerse competitivas en el mercado global.

Nuestra metodología se probó en una base de datos de series temporales de tres años que abarcó desde 2020 hasta 2022. La base de datos analizada se basa en las categorías de *stakeholder* (grupo interesado) (trabajadores, comunidad local, sociedad, consumidores y actores de la cadena de valor) identificadas por el UNEP. Luego, el comité de expertos integró estas categorías con diferentes categorías de impacto (capital humano y capital social) mediante la identificación de una nueva categoría de impacto definida como categoría de capital natural. Además, el comité de expertos asignó subcategorías específicas de *stakeholder* a cada categoría de impacto a las que corresponden diferentes subcategorías de impacto y, para cada subcategoría de impacto, se identificaron los indicadores sociales relativos. La base de datos final incluye 28 indicadores de sostenibilidad social que se refieren, respectivamente, a 10 subcategorías de impacto y 10 categorías de *stakeholder* que, a su vez, conforman 4 categorías de impacto. La Tabla 1 muestra una descripción de la base de datos utilizada para probar esta novedosa metodología. El análisis de la base de datos se realizó con la versión 4.3.1 de R. La función principal utilizada fue "prcomp" para el Análisis de Componentes Principales, que está incluida en el paquete base "stats", y se ajustó a las particularidades del estudio.

CATEGORÍAS DE STAKEHOLDER	CATEGORÍAS DE IMPACTO	SUBCATEGORÍAS DE STAKEHOLDER	SUBCATEGORÍAS DE IMPACTO	INDICADORES SOCIALES	
1. TRABAJADORES	A. Capital humano	1.1 Personal empleados	A1. Derechos humanos	SI-A1.1	Igualdad de género
				SI-A1.2	Trabajo infantil
				SI-A1.3	Trabajo forzado
				SI-A1.4	Trabajador migrante
		A2. Salud y seguridad	SI-A2.1	Tasa de frecuencia de accidentes con baja (LTIFR)	
			SI-A2.2	Equipos de protección personal (EPIs)	
		1.2 Sindicatos	A3. Condiciones laborales	SI-A3.1	Convenio de negociación colectivo (CBA)
				SI-A3.2	Horas extras de trabajo
				SI-A3.3	Personal a tiempo completo
				SI-A3.4	Mano de obra local
SI-A3.5	Formación				
2. COMUNIDAD LOCAL	B. Capital social	2.1 Instituciones locales	B1. Expectativas locales	SI-B1.1	Compromiso de los stakeholders
				SI-B1.2	Compromiso público
3.1 Organización pública y privada		B2. Expectativas institucionales	SI-B2.1	Compromiso universitario	
			SI-B2.2	Compromiso de las autoridades reguladoras	
3.2 Medios		B3. Reputación corporativa	SI-B3.1	Compromiso de los medios sociales corporativos	
			SI-B3.2	Compromiso de los medios sociales de empresa a empresa (B2B)	
			SI-B3.3	Compromiso de los medios sociales de empresa a consumidor (B2C)	
3.3 Ambiental		C1. Huella de carbono	SI-C1.1	Potencial de calentamiento global (GWP)	
4. CONSUMIDORES		4.1 Operadores del canal comercial	D1. Expectativas del cliente	SI-D1.1	Incumplimiento de empresa a empresa (B2B)
				SI-D1.2	Incumplimiento de empresa a consumidor (B2C)
4.2 Consumidor final	5.1 Empresa privada	D2. Expectativas privadas	SI-D2.1	Mano de obra de I+D basada en RRHH	
			SI-D2.2	Mano de obra de innovación basada en RRHH	
SI-D2.3			I+D e innovación		
5. ACTORES DE LA CADENA DE VALOR	D. Capital económico	5.2 Proveedores	D3. Comportamiento ético	SI-D3.1	Responsable de aprobación de órdenes de compra
				SI-D3.2	Proveedores clave éticos
				SI-D3.3	Proveedores locales
				SI-D3.4	Rotación de proveedores locales

Tabla 1: Base de datos de indicadores sociales

La metodología de método mixto se basa en tres pasos principales. En primer lugar, reescalamos nuestros datos a través de una Estandarización Sigmoide para minimizar la probabilidad de obtener estimaciones sesgadas. En segundo lugar, aplicamos análisis estadísticos, específicamente el Análisis Factorial Exploratorio (EFA) - Análisis de Componentes Principales (PCA) a cada subcategoría de impacto para obtener una puntuación objetiva para cada indicador de sostenibilidad social dinámica. Se eligió la normalización sigmoide por su capacidad para proporcionar una representación equilibrada y centrada en la media de los datos y su resistencia a valores atípicos, lo cual es deseable en contextos de análisis de sostenibilidad con conjuntos de datos pequeños. Por otro lado, el EFA-PCA permite asignar coeficientes a los indicadores en función de la variabilidad o información que cada uno de ellos aporta, facilitando así una ponderación objetiva de los indicadores para obtener los índices de las categorías de impacto social. En nuestro análisis, identificamos ciertos indicadores que permanecían constantes a lo largo de la serie temporal, lo que conducía a coeficientes nulos en el EFA-PCA. Esto ocurre porque no introducen variabilidad al conjunto de indicadores. Una solución potencial podría ser ampliar la base de datos con indicadores de otras empresas. Por lo tanto, para superar este obstáculo y obtener una puntuación más objetiva de los indicadores de sostenibilidad, relacionamos la puntuación objetiva resultante del EFA-PCA con la puntuación subjetiva resultante del comité de expertos. En tercer lugar, relacionamos la puntuación subjetiva asignada por el comité de expertos con la puntuación objetiva obtenida del EFA-PCA. La puntuación final es un promedio entre la puntuación asignada por el comité de expertos y aquellas resultantes del análisis estadístico basado en el EFA-PCA. Se muestra un ejemplo de la aplicación de nuestro método en la Tabla 2.

INDICADORES SOCIALES	SUBCATEGORÍAS DE IMPACTO	PUNTUACIÓN DE LOS INDICADORES		
		PUNTUACIÓN DE EXPERTOS	PUNTUACIÓN ESTADÍSTICA	PUNTUACIÓN DEL MÉTODO MIXTO
Igualdad de género	Derechos humanos	20%	50,0%	35,0%
Trabajo infantil		35%	0,0%	17,5%
Trabajo forzado		35%	0,0%	17,5%
Trabajador migrante		10%	50,0%	30,0%
Tasa de frecuencia de accidentes con baja (LTIFR)	Salud y seguridad	80%	50,0%	65,0%
Equipos de protección personal (EPIs)		20%	50,0%	35,0%
Convenio de negociación colectiva (CBA)	Condiciones laborales	30%	0,0%	15,0%
Horas extras de trabajo		10%	25,5%	17,7%
Personal a tiempo completo		20%	24,2%	22,1%
Mano de obra local		20%	25,1%	22,6%
Formación		20%	25,1%	22,6%

*Puntuación de los expertos: la puntuación se ha obtenido mediante técnicas subjetivas (por ejemplo, comités de expertos asignan una forma subjetiva basada en sus opiniones).*

*Puntuación estadística: la puntuación se ha obtenido mediante el Análisis Factorial Exploratorio (EFA) - Análisis de Componentes Principales (PCA).*

*Puntuación mixta: la puntuación se ha obtenido mediante la combinación de metodologías tanto subjetivas como estadísticas.*

**Tabla 2: Puntuación de Indicadores Sociales**

La Tabla 2 resalta las diferencias en las puntuaciones basadas en el método adoptado. El enfoque de método mixto proporciona puntuaciones diferentes en comparación con el método subjetivo (opinión de un comité de expertos) y el método estadístico (técnica EFA-PCA). Por ejemplo, en el contexto de "Derechos humanos", en el caso de "Trabajo infantil", el comité de expertos asignó una puntuación alta a este indicador, mientras que el método estadístico le asigna un peso nulo debido a su falta de variabilidad. Para superar la limitación de estos resultados contrastantes, el enfoque de método mixto, que considera tanto los componentes subjetivos como los objetivos, se vuelve esencial para obtener una puntuación más objetiva. Otra diferencia surge del indicador de "Igualdad de género". El enfoque estadístico asigna una puntuación más alta a este indicador que el método subjetivo. En general, algunos indicadores arrojan resultados similares, como se observa en el caso de las condiciones laborales, donde tanto el comité de expertos como el método analítico asignan pesos similares a los indicadores. A pesar de la validez de ambos métodos, ya sean subjetivos o estadísticos, el enfoque de método mixto podría proporcionar una puntuación más precisa para la estimación de los índices de sostenibilidad social, ya que se basa también en algoritmos científicos capaces de garantizar un cierto nivel de precisión.

El enfoque de método mixto garantiza un alto nivel de precisión porque también considera la experiencia de expertos que podrían representar uno de los principales impulsores estratégicos para el éxito de las empresas en el entorno competitivo actual. Confiar únicamente en un solo método, ya sea subjetivo u objetivo, podría llevar a puntuaciones sesgadas que podrían llevar a los tomadores de decisiones a tomar decisiones estratégicas incorrectas con un posterior impacto negativo en el desempeño de las empresas.

### 3. CONCLUSIONES

El objetivo central de esta investigación es presentar un modelo de Evaluación Organizacional del Ciclo de Vida Social (SO-LCA) basado en datos para evaluar los niveles de sostenibilidad social en el sector de la fabricación de cerámica. Para lograrlo, hemos desarrollado una metodología de métodos mixtos con el objetivo específico de mitigar la subjetividad en la asignación de pesos a las métricas sociales. Este enfoque incluye no solo la aportación de una mesa de expertos, sino también evidencia objetiva derivada de análisis estadísticos como el EFA-PCA.

Nuestros resultados muestran claramente que el uso de EFA-PCA para determinar la ponderación de los indicadores de impacto social resulta en una evaluación más precisa y objetiva de la sostenibilidad social, superando a métodos subjetivos tradicionales como la S-LCA y la Evaluación Organizacional del Ciclo de Vida Social (SO-LCA). Además, este estudio presenta la SO-LCA como un marco metodológico sencillo, pero científicamente sólido para llevar a cabo evaluaciones de impacto social dentro de las organizaciones de fabricación, especialmente aquellas en sectores como la cerámica.

El uso de métricas sociales específicas del sitio y la recopilación de datos primarios directamente del entorno de la fábrica agilizan el proceso de análisis y lo hacen accesible a personas sin formación especializada en estas áreas. En el entorno empresarial actual de creciente incertidumbre, la búsqueda de la objetividad se ha vuelto primordial.

Nuestra investigación subraya la importancia crítica de los indicadores de sostenibilidad social en el sector de la fabricación de cerámica y resalta las complejidades inherentes asociadas con su evaluación y medición. Destaca la necesidad urgente de metodologías estandarizadas y objetivas. Al introducir EFA-PCA como una herramienta para reducir la subjetividad en SO-LCA, nuestro estudio contribuye a los esfuerzos en curso para mejorar la precisión y la objetividad de las evaluaciones de sostenibilidad social.

En última instancia, nuestra investigación proporciona a los tomadores de decisiones herramientas invaluable para orientar a sus organizaciones hacia una mayor sostenibilidad social corporativa, fomentando así un sector de fabricación más inclusivo, solidario y socialmente responsable. En el actual panorama empresarial, caracterizado por un mayor énfasis en la responsabilidad social y medioambiental, las evaluaciones objetivas de sostenibilidad social se han vuelto primordiales.

Esta creciente importancia de las clasificaciones objetivas de sostenibilidad social está en línea con las Directivas Europeas de Informes No Financieros, que requieren que ciertas empresas grandes divulguen información sobre sus impactos sociales. Esto refleja un creciente reconocimiento de la relación entre la sostenibilidad social y los objetivos de sostenibilidad más amplios. Estas clasificaciones objetivas son de particular importancia para los comités de expertos en ESG (*Environmental, Social, Governance*, es decir, factores ambientales, sociales y de gobierno corporativo), cuyas recomendaciones y evaluaciones tienen un impacto significativo en las decisiones de inversión, las relaciones con los grupos interesados (*stakeholders*) y la reputación corporativa. Además, estas clasificaciones objetivas de sostenibilidad social alientan a las empresas a ser más transparentes al compartir informes tanto financieros como no financieros con el público y los grupos interesados (*stakeholders*). Esta mayor transparencia fomenta la confianza y la rendición de cuentas, elementos esenciales en el entorno empresarial actual consciente de lo social.

En conclusión, la sinergia entre las evaluaciones objetivas de sostenibilidad social y las directrices regulatorias en evolución beneficia no solo a las empresas individuales, sino que también promueve el objetivo general de fomentar un sector empresarial más inclusivo, solidario y responsable. Además, al introducir el uso de técnicas estadísticas, esta investigación contribuye al discurso en curso sobre el desarrollo de métricas estandarizadas para evaluar la sostenibilidad social corporativa. La metodología de métodos mixtos proporciona una herramienta poderosa para que los tomadores de decisiones desarrollen estrategias empresariales más precisas. Sin embargo, a pesar de los resultados alentadores, nuestro estudio tiene ciertas limitaciones que abren vías para futuras investigaciones. Realizamos nuestras pruebas en una base de datos limitada que consiste solo en una serie temporal de tres años. Para fortalecer la validez de nuestra metodología, debería probarse en una base de datos más grande. Además, nuestros datos son transversales y se refieren a una sola empresa. Investigaciones posteriores podrían explorar la aplicabilidad de esta metodología probándola en bases de datos de grupos (*panel databases*), posiblemente incluyendo múltiples empresas dentro de la misma industria. Finalmente, investigaciones futuras podrían extender esta metodología a bases de datos transfronterizas para comprender las posibles diferencias en el peso asignado a cada indicador de sostenibilidad social en diferentes países.

## REFERENCIAS

- [1] Afshari, H., Agnihotri, S., Searcy, C., & Jaber, M. Y. (2022). Social sustainability indicators: A comprehensive review with application in the energy sector. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 263-286.
- [2] Asante-Okyere, S., Shen, C., Ziggah, Y. Y., Rulegeya, M. M., & Zhu, X. (2020). Principal component analysis (PCA) based hybrid models for the accurate estimation of reservoir water saturation. *Computers & Geosciences*, 145, 104555.
- [3] Asha'ari, M. J., Daud, S., & Suki, N. M. (2023). Linking Sustainable Design and Social Sustainability Performance of Chemical Manufacturing Firms: Moderating Role of Islamic Work Ethics. *Sustainability*, 15(7), 5991.
- [4] Bai, C., Orzes, G., & Sarkis, J. (2022). Exploring the impact of Industry 4.0 technologies on social sustainability through a circular economy approach. *Industrial Marketing Management*, 101, 176-190.
- [5] Bouillass, G., Blanc, I., & Perez-Lopez, P. (2021). Step-by-step social life cycle assessment framework: a participatory approach for the identification and prioritization of impact subcategories applied to mobility scenarios. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 2408-2435.
- [6] D'Eusanio, M., Tragnone, B. M., & Petti, L. (2022). Social organisational life cycle assessment and social life cycle assessment: Different twins? Correlations from a case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(1), 173-187.
- [7] Ferrari, A. M., Volpi, L., Settembre-Blundo, D., & García-Muiña, F. E. (2021). Dynamic life cycle assessment (LCA) integrating life cycle inventory (LCI) and Enterprise resource planning (ERP) in an industry 4.0 environment. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125314.
- [8] Ferreira, J. J., Lopes, J. M., Gomes, S., & Rammal, H. G. (2023). Industry 4.0 implementation: Environmental and social sustainability in manufacturing multinational enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 404, 136841.
- [9] García-Muiña, F., Medina-Salgado, M. S., González-Sánchez, R., Huertas-Valdivia, I., Ferrari, A. M., & Settembre-Blundo, D. (2021). Industry 4.0-based dynamic Social Organizational Life Cycle Assessment to target the social circular economy in manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 327, 129439.
- [10] García-Muiña, F., Medina-Salgado, M. S., González-Sánchez, R., Huertas-Valdivia, I., Ferrari, A. M., & Settembre-Blundo, D. (2022). Social organizational life cycle assessment (SO-LCA) and organization 4.0: an easy-to-implement method. *MethodsX*, 9, 101692.
- [11] Gompf, K., Traverso, M., & Hetterich, J. (2021). Using analytical hierarchy process (AHP) to introduce weights to social life cycle assessment of mobility services. *Sustainability*, 13(3), 1258.
- [12] Govindan, K., Shaw, M., & Majumdar, A. (2021). Social sustainability tensions in multi-tier supply chain: A systematic literature review towards conceptual framework development. *Journal of cleaner production*, 279, 123075.
- [13] Huarachi, D. A. R., Piekarski, C. M., Puglieri, F. N., & de Francisco, A. C. (2020). Past and future of Social Life Cycle Assessment: Historical evolution and research trends. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121506.
- [14] Medina-Salgado, M. S., García-Muiña, F. E., Cucchi, M., & Settembre-Blundo, D. (2021). Adaptive life cycle costing (LCC) modeling and applying to Italy ceramic tile manufacturing sector: Its implication of open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 101.
- [15] Missimer, M., & Mesquita, P. L. (2022). Social sustainability in business organizations: A research agenda. *Sustainability*, 14(5), 2608.
- [16] Naghshineh, B., Lourenço, F., Godina, R., Jacinto, C., & Carvalho, H. (2020). A social life cycle assessment framework for additive manufacturing products. *Applied Sciences*, 10(13), 4459.
- [17] Pollok, L., Spierling, S., Endres, H. J., & Grote, U. (2021). Social Life Cycle Assessments: a review on past development, advances and methodological challenges. *Sustainability*, 13(18), 10286.
- [18] Rai, S. S., Rai, S., & Singh, N. K. (2021). Organizational resilience and social-economic sustainability: COVID-19 perspective. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 12006-12023.
- [19] Saxena, P., Stavropoulos, P., Kechagias, J., & Salonitis, K. (2020). Sustainability assessment for manufacturing operations. *Energies*, 13(11), 2730.
- [20] Tokede, O., & Traverso, M. (2020). Implementing the guidelines for social life cycle assessment: past, present, and future. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1910-1929.
- [21] Toniolo, S., Tosato, R. C., Gambaro, F., & Ren, J. (2020). Life cycle thinking tools: Life cycle assessment, life cycle costing and social life cycle assessment. In *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making* (pp. 39-56). Elsevier.
- [22] W. Achten, J. Barbeau-Baril, B. Barros Telles Do Carmo, P. Bolt, V. Chandola, B. Corona Bellostas, Y. Dadhish, M. Di Eusanio, S. Di Cesare, C. Di Noi, F. Eisfeldt, J. Hanafi, B. Heller, D. Indrane, Saenz Jimenez, Paula Maria, A. Malik, L. Mancini, R. Mankaa, B. Mazijn, L. Petti, S. Sureau, C. Tapia, C. Teran, C. Ugaya, M. Vuillat, A. Wangel, A. Zamagni, S. Zira. Guidelines For Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations. United Nations Environment Programme (UNEP), Paris (2020), p. 138. <https://www.lifecycleinitiative.org/library/guidelines-for-social-life-cycle-assessment-of-products-and-organisations-2020/>
- [23] Walker, A. M., Opferkuch, K., Lindgreen, E. R., Simboli, A., Vermeulen, W. J., & Raggi, A. (2021). Assessing the social sustainability of circular economy practices: Industry perspectives from Italy and the Netherlands. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 831-844.