

## El Diseño Sensible a Valores (DSV) como modelo de Gestión de la Prevención en la Industria 5.0

Alejandro Agote-Garrido<sup>1\*</sup>, Alejandro Manuel Martín-Gómez<sup>1</sup>, Juan Ramón Lama-Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Ingeniería del Diseño. Área de proyectos de ingeniería. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla

\*Autor de referencia: [aleagogar@alum.us.es](mailto:aleagogar@alum.us.es)

### Abstract

La Industria 5.0 es una nueva etapa tecnológica que surge con el objetivo de producir de forma más sostenible, sociocéntrica y resiliente. Para conseguirlo, se respalda en las tecnologías de la Industria 4.0, pero las implementa partiendo de valores sociales y ecológicamente relevantes. Estos valores pueden englobarse en tres grandes enfoques: el Ser Humano, la Sostenibilidad y la Resiliencia.

La Seguridad 4.0 busca implementar las tecnologías en las que se respalda la Industria 5.0, para la Gestión de la Prevención de Riesgos en Entornos Laborales. Para asegurar que esta tecnología se integra de manera ética y responsable, se toma como punto de partida los valores en los que se basa la Industria 5.0.

En este trabajo se presenta el Diseño Sensible a Valores (DSV) como marco teórico y metodológico para la gestión de la Seguridad 4.0 en la Industria 5.0. El DSV permite partir de los valores abstractos de la Industria 5.0, con el fin de conseguir reducir factores de riesgo para el trabajador.

### Palabras Clave

Industria 5.0; Seguridad 4.0; Gestión de la Prevención; Diseño Sensible a Valores (DSV); Industria Social Inteligente; Entorno Industrial Seguro

## 1. Introducción

### 1.1. Los sistemas industriales

La evolución de los diferentes sistemas industriales se ha ido viendo determinada por la aparición de nuevos avances tecnológicos. La primera revolución industrial (mediados del siglo XVIII), estuvo impulsada por la energía de vapor (Harley, 2018). A continuación, la segunda (casi a finales del siglo XIX), se vio marcada por la invención de la electricidad, dando lugar a la producción en masa (de Motes, 1992). Tras esta, la tercera (a finales del siglo XX) permitió automatizar parcialmente algunos procesos gracias al uso de ordenadores y autómatas (Roberts, 2015). Hasta alcanzar la cuarta (principios del siglo XXI), donde se consigue una industria más inteligente gracias a la integración de las tecnologías físicas con las cibernéticas (Shi et al., 2020).

En este modelo de industria, los trabajadores en contacto con las nuevas y avanzadas tecnologías de la comunicación e información son denominados Operadores 4.0. Estos se definen como agentes híbridos, productos de la relación simbiótica humano-máquina (Romero et al., 2016). El Operador 4.0 es un trabajador inteligente, capaz de realizar no solo trabajo cooperativo con robots, sino también trabajos de apoyo a la comprensión y tomas de decisiones, así como también predecir situaciones y optimizar el proceso. En la figura 1 se presenta una relación de cómo las diferentes tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 impactan sobre las capacidades físicas, sensitivas y cognitivas del Operador 4.0 (Trentesaux & Rault, 2017).



Figura 2. Tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 que aumentan las capacidades del Operador 4.0

La evolución de los sistemas industriales se ha centrado principalmente en el impulso de los diferentes medios tecnológicos para aumentar la eficiencia de la producción (Calabrese et al., 2020). Sin embargo, otros ámbitos como la economía, la sociedad o el medio ambiente, se han ido viendo afectados en este proceso (Bonciu, 2019). En este contexto, diferentes investigaciones prevén dificultad por seguir sosteniendo la evolución tecnocéntrica que lleva a la industria (Johri et al., 2021). Se considera necesario pues, un cambio de paradigma en el que los aspectos humanos y ambientales cobren más importancia en las transformaciones industriales. A raíz de esta preocupación es como nace el concepto de Industria 5.0.

Este nuevo concepto no surge para sustituir a la recién planteada Industria 4.0. Sino que busca emplear las diferentes tecnologías habilitadoras que aumentan las capacidades del Operador 4.0, pero con un nuevo cambio de concepto (Romero et al., 2016). Este cambio consiste en colocar como centro del proceso de producción el bienestar de los trabajadores, el respeto por los límites del planeta y la búsqueda de la prosperidad de la industria de manera responsable (Müller, 2020). Con esta nueva forma de ver la industria se busca conseguir fábricas simbióticas, en las que se asegure un proceso productivo respetuoso.



Figura 3. Ejemplo de Industria 1.0 a Industria 5.0

La Industria 5.0, para cumplir su objetivo sociocéntrico, sostenible y resiliente, establece que se han de respetar una serie de valores asociados a cada uno de estos enfoques. En el enfoque centrado en el ser humano, en lugar de pensar qué hacer con la tecnología, se plantea cómo la tecnología puede satisfacer los intereses de los trabajadores (Pacaux-Lemoine & Trentesaux, 2019a). En el enfoque sostenible, se busca cubrir las necesidades actuales, sin comprometer las de las generaciones futuras (Saw et al., 2021). Y en su enfoque resiliente, pretende conseguir un entorno industrial con mayor robustez, asegurando proporcionar siempre los medios y la infraestructura necesaria (Fraga-Lamas et al., 2021).



Figura 4. Valores de la Industria 5.0

En la figura 3 se presentan diferentes valores a tener en cuenta en este cambio tecno-social. Los valores enumerados han sido recogidos y clasificados siguiendo los tres enfoques de la Industria 5.0. El enfoque centrado en el bienestar del trabajador (Zwetsloot et al., 2013), el enfoque preocupado por la sostenibilidad del medio (Horcea-Milcu et al., 2019) y el enfoque que busca garantizar procesos industriales resilientes (Rogers et al., 2020). Los valores enumerados no presentan una lista exhaustiva, per sirven como punto de partida para este y futuros estudios.

## 1.2. Gestión de la prevención

La gestión de la prevención de riesgos laborales en la industria es un concepto que también ha ido evolucionando con el tiempo. Dentro del contexto de la Industria 4.0, se considera como un enfoque organizado para promover una cultura de seguridad sólida, implementando responsabilidades, políticas y procedimientos que logren un buen desempeño en materia de prevención (Amyotte et al., 2007). En este modelo de industria, con el reciente desarrollo de los avances tecnológicos, se busca que estos sirvan como base en la mejora de la gestión de la prevención (Podgórski et al., 2017). Ya numerosos estudios reflejan cómo las tecnologías de la información y comunicación son capaces de detectar peligros de forma continua y eficaz en el entorno de trabajo (Palazon et al., 2013).

Esta forma de integrar industria y prevención ya se ve presente en algunas fábricas. En estas, se pueden encontrar máquinas interconectadas que cuentan con sensores para medir y recopilar información valiosa en la prevención de accidentes (Yin et al., 2019). Por otro lado, se extiende el uso de tecnología portátil para monitorear las constantes vitales de los trabajadores, pudiendo generar informes o alertas de su estado (Haghi et al., 2017). Asimismo, se destaca el empleo de tecnologías como la realidad virtual a la hora de formar a los trabajadores, con el fin de crear situaciones de aprendizaje, sin exponerlos a un riesgo real (X. Li et al., 2018).

Durante el proceso productivo, los principales riesgos a los que está expuesto el trabajador derivan principalmente de la interacción con el propio proceso (W. Li et al., 2019). En la figura 4 se representa cómo la necesidad de llevar el control de la producción, acorde con las exigencias que demanda, conlleva en el trabajador situaciones de riesgo tanto físico, como psicológico (Mohamed et al., 2022). Asimismo, otros riesgos acaban derivando en el trabajador debido a las condiciones a las que está expuesto; condiciones sociales, ambientales y económicas que producen considerables efectos en la calidad de vida y salud del trabajador (Joyce et al., 2010).



Figura 5. Tecnologías de la Industria 4.0 en la prevención de riesgos

Las tecnologías de la Industria 4.0 se están aplicando como amortiguador de todos los efectos adversos que el proceso y el entorno producen sobre los trabajadores. Sin embargo, en este modelo de industria el avance tecnológico es tan rápido e importante, que esto hace que el verdadero objeto de interés sea el continuo desarrollo de esta tecnología (Kamble et al., 2018). Debido a ello, el trabajador y sus necesidades pasan a un segundo plano y acaban perdiendo importancia, teniéndose que adaptar a esa tecnología en constante cambio (Enrique et al., 2021).

### 1.3. El papel de la ética

A lo largo de los años, en muchos de los avances científico-tecnológicos que se han ido desarrollando, no ha sido frecuente tener en cuenta los diferentes aspectos éticos, morales o incluso de impacto ambiental que podrían conllevar. Sin embargo, esto ha ido cambiando con el paso del tiempo. Estos factores han ido cobrando relevancia y cada vez son más los enfoques de diseño que ponen en valor criterios como la integración social y ambiental de las tecnologías, así como sus impactos (Philbeck et al., 2018).

En el entorno de la Industria 4.0, debido a la rápida inclusión de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, se están reportando diferentes casos de problemas derivados de la interacción entre humanos y máquinas. Por ejemplo, entre humanos y robots se están presentando problemas psicológicos por falta de interacción social, escepticismo hacia los robots de aprendizaje o competencia entre robots y humanos (Demir et al., 2019). Esto hace que se cuestione cada vez más sobre si está siendo verdaderamente positivo el impacto de la tecnología en los trabajadores (Pacaux-Lemoine & Trentesaux, 2019).

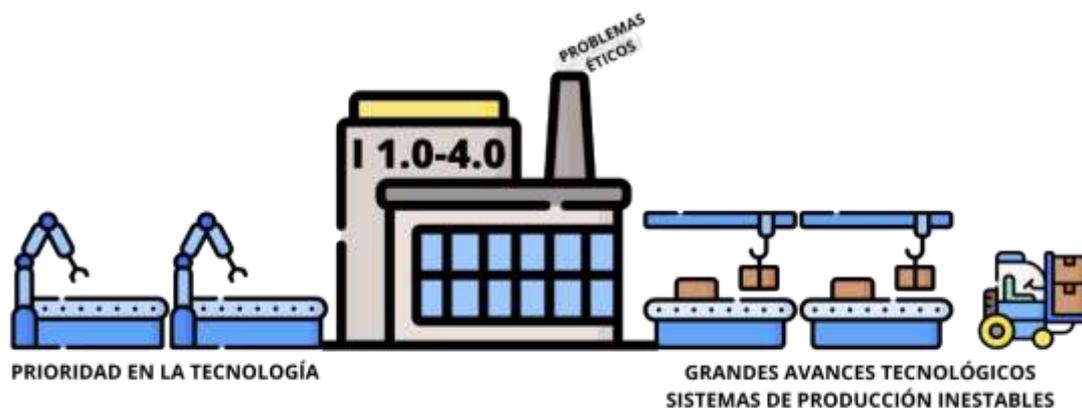


Figura 6. Esquema inputs-outputs entorno industrial 1.0 – 4.0

En este punto es donde la Industria 5.0, con su enfoque centrado en el ser humano, actúa para conseguir mantener una relación simbiótica entre estos y las tecnologías de la Industria 4.0. Para ello, se han teorizado diferentes enfoques con los que impulsar la ética en estas interacciones. Enfoques como el diseño universal (Ruzic et al., 2016), el diseño inclusivo (Newell et al., 2011), el diseño sostenible (Bhamra & Lofthouse, 2016), el diseño participativo (Bødker et al., 2009) o el diseño sensible a valores (Umbrello, 2019), entre otros.

En base a lo anterior, el nuevo modelo de industria se basa en examinar, en primer lugar, los valores humanos y los aspectos éticos, pero no para interpretarlos como costos, sino como los

principales requisitos de diseño. Esto permite romper las barreras que en ocasiones surgen por la falta de adaptación a las nuevas tecnologías (Horváth & Szabó, 2019).

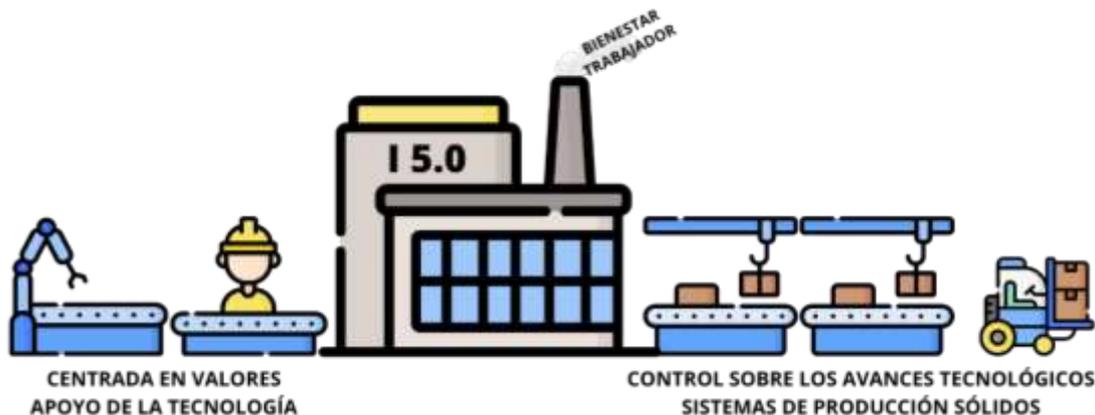


Figura 7. Esquema inputs-outputs entorno industrial 5.0

#### 1.4. El Diseño Sensible a Valores (DSV)

Entre los diferentes enfoques de diseño desarrollados, el empleo del Diseño Sensible al Valor (DSV) está cada vez más extendido en el campo de la interacción humano-máquina (Winkler & Spiekermann, 2021). Esto se debe a que el DSV parte de la premisa de que la tecnología no es lo más importante y, además, establece que esta no es neutral en cuanto a valores (Friedman & Kahn Jr, 2007).

El DSV toma como base que las tecnologías se encuentran interconectadas dentro de la sociedad dependiendo de diferentes actores y entornos. Por tanto, al desarrollarse dentro de estos entornos, adquieren propiedades como resultado de las relaciones sociales (van den Hoven et al., 2015). Con esto, el DSV busca establecerse como un modelo metodológicamente proactivo, comprometiéndose con las partes interesadas desde la etapa de diseño y, automejorando a medida que durante el proceso cambien o surjan nuevos valores (Hendry et al., 2021).

La mayoría de las investigaciones que van desarrollándose de diseño dentro del nuevo modelo de Industria 5.0 hacen uso del DSV como marco teórico y normativo. Esto se debe principalmente a dos razones. Por un lado, por su énfasis en la inclusión de todas las partes interesadas, tanto directas como indirectas. Y, por otro lado, por su robustez y aplicabilidad en los diferentes espacios de diseño (Umbrello, 2018). Esto último se consigue gracias a que el DSV promueve trabajar en el metanivel, en lugar de hacerlo sobre un conjunto particular o específico. Y para ello, se basa en una estructura compuesta por tres partes: investigaciones conceptuales, empíricas y técnicas (Umbrello, 2019).

Las investigaciones conceptuales tienen como punto de partida encontrar información relevante sobre el tema de estudio y, sobre esta, reconocer los diferentes valores a tener en cuenta en el diseño (Umbrello, 2020). Este enfoque más holístico es necesario para obtener una serie de valores desde diferentes perspectivas éticas. Para este análisis se pueden emplear métodos consolidados como el Work Importance Study (WIS) (D. Super, 1968), el Work Values Inventory (WVI) (D. E. (Donald E. Super et al., 1995) o el Portrait Values Questionnaire (PVQ) (D. Super, 2003).

Las investigaciones técnicas analizan la tecnología en sí misma para determinar si se están apoyando o restringiendo los valores obtenidos de las investigaciones conceptuales. Con estas investigaciones se observa cómo unas tecnologías son más afines para ciertas actividades y apoyan mejor a ciertos valores y cómo para otras es más difícil; esto se viene a traducir como a cumplimiento de requisitos dentro de un espacio de diseño (van de Poel, 2013).

Las investigaciones empíricas permiten inscribir a las diferentes partes interesadas en el proceso del DSV. Gracias a esto se puede monitorear en qué grado las tecnologías se están implementando conforme a los valores requeridos (Friedman et al., 2017). Además, permiten detectar los posibles problemas éticos presentes, con un enfoque desde abajo hacia arriba (Cummings, 2006). Entre los métodos de estas investigaciones destacan el uso de encuestas, análisis de escenarios o de prototipos orientados a valores.

En la figura 7 se refleja cómo los tres tipos de investigaciones han de formar parte de un ciclo iterativo en constante retroalimentación, sobre todo, cada vez que se produzcan cambios en las tecnologías o el entorno de trabajo (Borning & Muller, 2012).

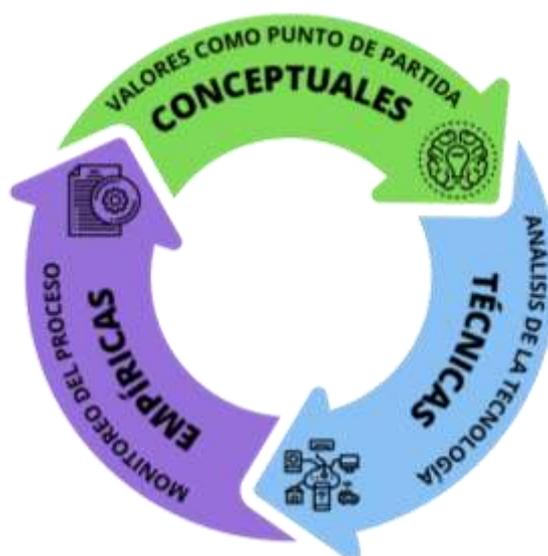


Figura 8. Metodología tripartita iterativa del DSV

## 2. Metodología

### 2.1. Gestión de la Prevención en la Industria 5.0

Como ya se ha expuesto anteriormente, las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 sirven como soporte tecnológico en la Industria 5.0, permitiendo continuar con el desarrollo de fábricas inteligentes y avanzadas (Trentesaux & Rault, 2017). En cuanto a la gestión de la prevención de riesgos laborales en estas fábricas, las tecnologías mencionadas crean oportunidades de automatizar procesos de gestión de la prevención, produciendo estrategias de prevención más integradas, con un sistema de seguridad más inteligente (Yin et al., 2019). Sin embargo, para que el empleo de esta tecnología satisfaga los objetivos de la Industria 5.0, es necesaria su inclusión bajo un marco normativo ético en cuanto a valores de carácter social, sostenible y resiliente.

A esta forma de gestionar una prevención de riesgos laborales que busca garantizar entornos industriales seguros, inteligentes y de carácter social, se le denomina en este trabajo como Seguridad 4.0.

Para el diseño de tecnologías dentro de la Seguridad 4.0, se propone emplear la metodología tripartita iterativa del DSV. En la figura 8, se comienza integrando los Valores de la Industria 5.0 como punto de partida de las investigaciones conceptuales. Por otro lado, en las investigaciones técnicas sería objeto de análisis el grado de cumplimiento de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0. Por último, las investigaciones empíricas permitirían implicar a las partes interesadas para el control y monitoreo del proceso cíclico.

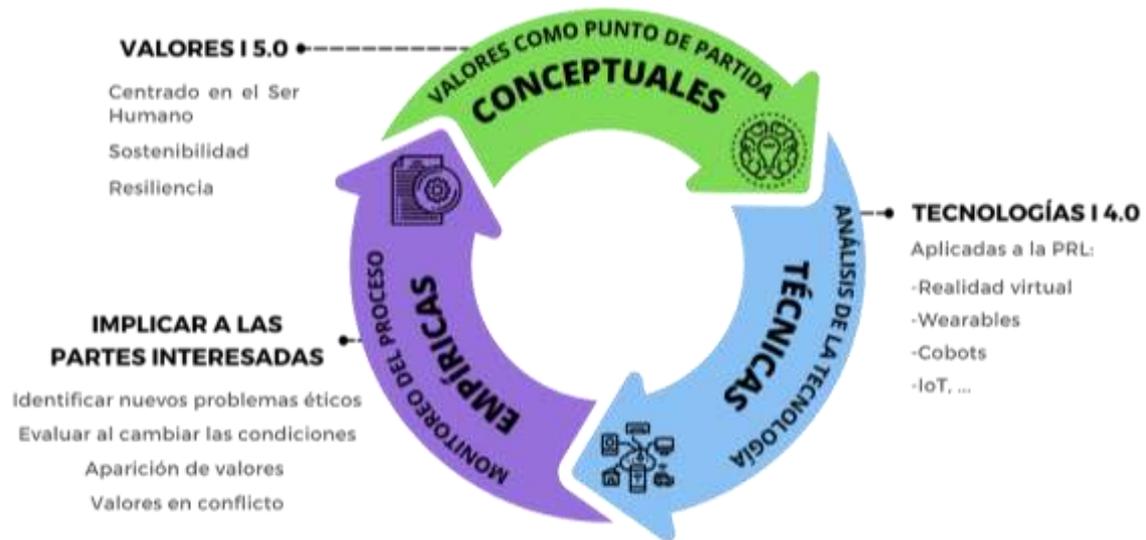


Figura 9. Metodología del DSV aplicada a la Gestión de la PRL en la Industria 5.0

Al aplicar esta metodología puede parecer difícil partir de unos conceptos abstractos como son los valores de la Industria 5.0 para acabar diseñando tecnologías o entornos. Es por ello por lo que, para poder relacionar estos valores difíciles de conceptualizar con lo que finalmente son meros requisitos de diseño, el DSV propone el empleo de normas como punto de encuentro entre ambos. Estas normas no son más que designaciones contextuales de los respectivos valores y pueden entenderse como los objetivos a preservar durante el proceso de diseño (van de Poel, 2013).

En la figura 9 se presenta un diagrama conceptual que engloba por completo la metodología propuesta en este trabajo. En esta se puede apreciar en el centro, el entorno industrial que se quiere conseguir en la Industria 5.0, un entorno industrial con tres pilares. Por un lado, el carácter social hace referencia al principal objetivo de la Industria 5.0 de colocar al trabajador en el centro del proceso productivo, basándose en valores recogidos bajo tres enfoques, la sostenibilidad, el ser humano y la resiliencia. Por otro lado, un entorno industrial inteligente, que siga avanzando y prosperando con la inclusión de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, siempre, haciendo por impulsar las necesidades sensitivas, cognitivas y físicas de los trabajadores. Y por último, como tercer pilar, conseguir un entorno industrial seguro gracias al desarrollo de sistemas de gestión que integren la prevención de forma transversal en la industria, así como, empleando como medios de soporte para ello las tecnologías de la Industria 4.0.

En este marco propuesto, el Diseño Sensible a Valores es el elemento clave que hace posible la integración de los diferentes valores, tecnologías y partes interesadas. Este, con su metodología *top down*, permite el diseño e inclusión de tecnologías para conformar un lugar de trabajo más inteligente y seguro para el trabajador, partiendo de unos valores establecidos basados en el beneficio de este, el medio ambiente y la propia industria. Por otro lado, con la metodología *bottom up*, es capaz de evaluar el grado de conformidad de una tecnología ya desarrollada, con respecto a una serie de valores determinados. Todo esto empleando siempre como punto de paso entre valores y requerimientos, una serie de objetivos a cumplir en el proceso.

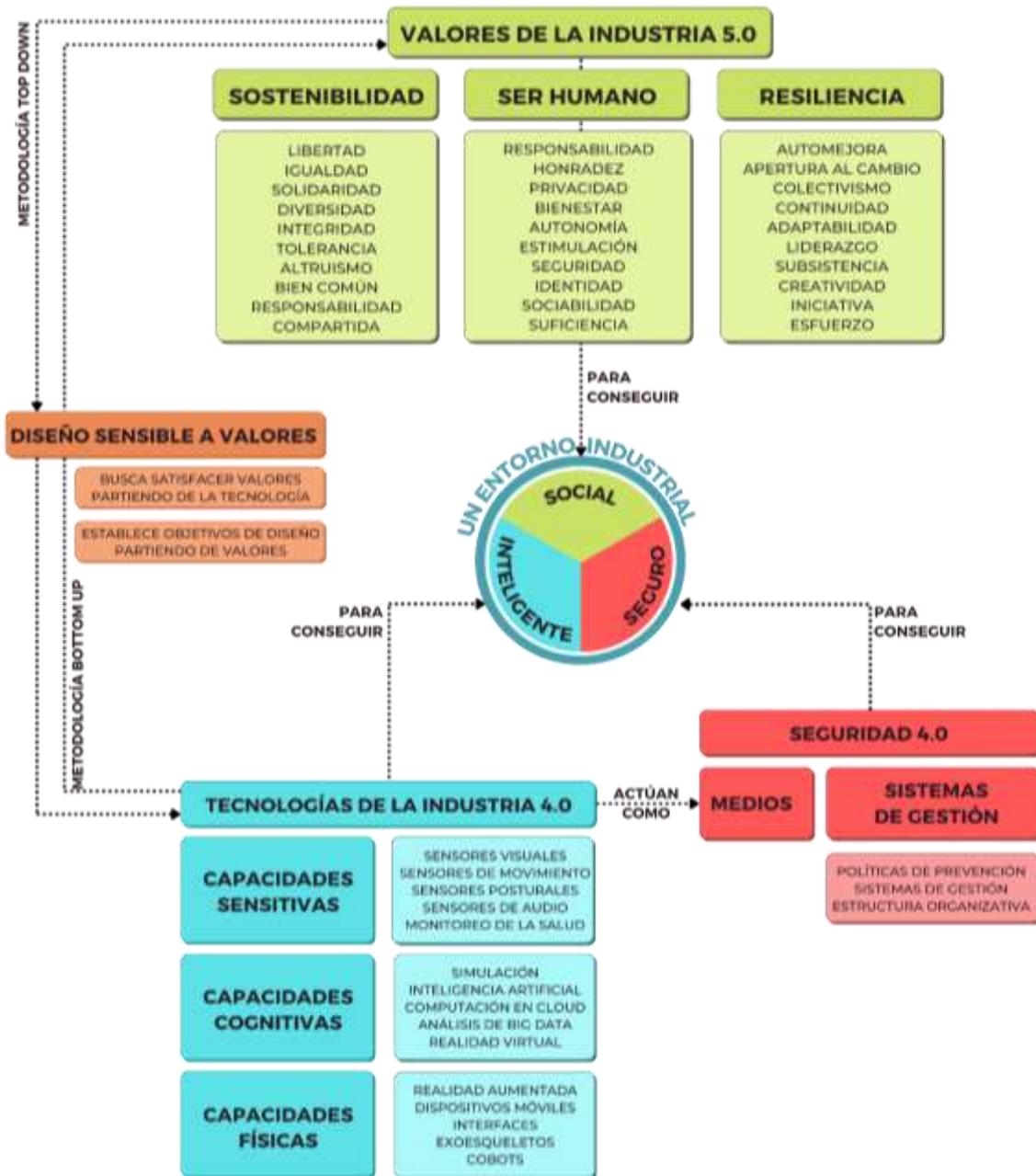


Figura 10. Diagrama conceptual del DSV aplicada a la Gestión de la PRL en la Industria 5.0

### 3. Resultados y discusión de resultados

El marco de diseño propuesto se presenta en el meta-nivel con el fin de transmitir una idea a partir de la que ir desarrollando, concretizando y detallando diferentes aspectos. Permitiendo al lector extrapolarlo si lo considera a otros ámbitos de aplicación. Sin embargo, para ilustrar el método propuesto, en la figura 10 y la figura 11 se ilustran dos ejemplos de aplicación *top down* y *bottom up* del método.

En la figura 10 se presenta el caso de diseño de un dispositivo wearable de muñeca para el monitoreo de la salud del trabajador, desde el valor de la inclusión. Se establecen así una serie de objetivos, para conseguir los requisitos de diseño. Estos están estrechamente vinculados con la reducción de los factores de riesgo para el trabajador.



Figura 11. Metodología top down

La figura 11 ilustra cómo se evalúa con la metodología propuesta un equipo de realidad virtual para la formación de trabajadores en prevención de riesgos laborales. Para ello, se parte de los principales requisitos de diseño ya establecidos, estos se traducen en normas y se llega a la conclusión de que la tecnología satisface el valor de la confiabilidad.



Figura 12. Metodología bottom up

#### 4. Conclusiones

El Operador 4.0 se define como un trabajador cuyas capacidades físicas, sensitivas y cognitivas se deberían de estar viendo reforzadas por la relación con las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0. Sin embargo, la mentalidad actual de la industria coloca el desarrollo de las tecnologías como prioridad en el diseño, lo que da lugar a la aparición de conflictos en su interacción con los trabajadores. Con el paso a la Industria 5.0 se pretende garantizar el bienestar de los trabajadores, determinando una serie de valores que lo coloquen como vértice del proceso productivo.

Las tecnologías de la Industria 4.0 cada vez se desarrollan más para ser aplicadas en el ámbito de la prevención de riesgos laborales. El uso de wearables, realidad virtual, IoT o realidad aumentada, entre otras, se extiende en la búsqueda de reducir los riesgos asociados al entorno y el proceso productivo. Sin embargo, en este ámbito de aplicación se están produciendo los mismos problemas éticos, derivados de priorizar las tecnologías por delante de los trabajadores.

Para el diseño de tecnologías y/o entornos de trabajo que velen por asegurar la salud física y mental del trabajador, dentro de la incipiente Industria 5.0, se propone el uso del Diseño Sensible a Valores como marco metodológico. Este permite relacionar los valores establecidos por la Industria 5.0, a través de la definición de una serie de objetivos, para conseguir requisitos de diseño que reduzcan los riesgos que podrían sufrir los trabajadores.

Finalmente, se presentan dos casos de aplicación práctica del marco propuesto, uno siguiendo la metodología *top down* y otro empleando la metodología *bottom up*. Estos permiten ilustrar cómo se puede aplicar el proceso cíclico bidireccional planteado.

#### Bibliografía

Amyotte, P. R., Goraya, A. U., Hendershot, D. C., & Khan, F. I. (2007). Incorporation of inherent safety principles in process safety management. *Process Safety Progress*, 26(4), 333–346. <https://doi.org/10.1002/PRS.10217>

Andersen, T., & Cawthorne, D. (2021). Value-sensitive design of unmanned aerial systems: Using action research to bridge the theory-practice gap. *International Journal of Technoethics*, 12(2), 17–34. <https://doi.org/10.4018/IJT.2021070102>

Bhamra, T., & Lofthouse, V. (2016). Design for sustainability: A practical approach. *Design for Sustainability: A Practical Approach*, 1–184. <https://doi.org/10.4324/9781315576664>

Bødker, K., Kensing, F., & Simonsen, J. (2009). *Participatory IT Design: Designing for Business and Workplace Realities - Keld Bødker, Finn Kensing, Jesper Simonsen - Google Bøger*.

Bonciu, F. (2019). Impact of the 4th industrial revolution on the world order. *Romanian Journal of European Affairs*, 19(2), 51–62.

Borning, A., & Muller, M. (2012). Next Steps for Value Sensitive Design. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1125.

Calabrese, A., Levaldi Ghiron, N., & Tiburzi, L. (2020). ‘Evolutions’ and ‘revolutions’ in manufacturers’ implementation of industry 4.0: a literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1719715>, 32(3), 213–227. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1719715>

Cummings, M. L. (2006). Integrating ethics in design through the value-sensitive design approach. *Science and Engineering Ethics*, 12(4), 701–715. <https://doi.org/10.1007/S11948-006-0065-0>

De Motes, J. M. (1992). Los pioneros de la segunda revolución industrial en España: la Sociedad Española de Electricidad (1881-1894). *Revista de Historia Industria*, 121–142.

Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.09.104>

Enrique, D. V., Druczkoski, J. C. M., Lima, T. M., & Charrua-Santos, F. (2021). Advantages and difficulties of implementing Industry 4.0 technologies for labor flexibility. *Procedia Computer Science*, 181, 347–352. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.01.177>

Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Green IoT and Edge AI as Key Technological Enablers for a Sustainable Digital Transition towards a Smart Circular Economy: An Industry 5.0 Use Case. *Sensors* 2021, Vol. 21, Page 5745, 21(17), 5745. <https://doi.org/10.3390/S21175745>

Friedman, B., Hendry, D. G., & Borning, A. (2017). A survey of value sensitive design methods. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 11(23), 63–125. <https://doi.org/10.1561/11000000015>

Friedman, B., & Kahn Jr, P. H. (2007). Human values, ethics, and design. In *The Human-Computer Interaction Handbook* (pp. 1267–1292). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781410615862-78>

Friedman, B., Kahn, P. H., & Borning, A. (2009). Value Sensitive Design and Information Systems. *The Handbook of Information and Computer Ethics*, 69–101. <https://doi.org/10.1002/9780470281819.CH4>

Gazzaneo, L., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Designing smart operator 4.0 for human values: A value sensitive design approach. *Procedia Manufacturing*, 42, 219–226. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.02.073>

Haghi, M., Thurow, K., & Stoll, R. (2017). Wearable devices in medical internet of things: Scientific research and commercially available devices. *Healthcare Informatics Research*, 23(1), 4–15. <https://doi.org/10.4258/HIR.2017.23.1.4>

Harley, C. K. (2018). Reassessing the Industrial Revolution: a Macro View. *The British Industrial Revolution*, 160–205. <https://doi.org/10.4324/9780429494567-3>

Hendry, D. G., Friedman, B., & Ballard, S. (2021). Value sensitive design as a formative framework. *Ethics and Information Technology*, 23(1), 39–44. <https://doi.org/10.1007/S10676-021-09579-X>

Horcea-Milcu, A. I., Abson, D. J., Apetrei, C. I., Duse, I. A., Freeth, R., Riechers, M., Lam, D. P. M., Dorninger, C., & Lang, D. J. (2019). Values in transformational sustainability science: four perspectives for change. *Sustainability Science*, 14(5), 1425–1437. <https://doi.org/10.1007/S11625-019-00656-1>

Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119–132. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2019.05.021>

Johri, P., Singh, J. N., Sharma, A., & Rastogi, D. (2021). Sustainability of Coexistence of Humans and Machines: An Evolution of Industry 5.0 from Industry 4.0. *Proceedings of the 2021 10th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends, SMART 2021*, 410–414. <https://doi.org/10.1109/SMART52563.2021.9676275>

Joyce, K., Pabayo, R., Critchley, J. A., & Bambra, C. (2010). Flexible working conditions and their effects on employee health and wellbeing. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008009.pub2>

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2018.05.009>

Li, W., Sun, Y., Cao, Q., He, M., & Cui, Y. (2019). A proactive process risk assessment approach based on job hazard analysis and resilient engineering. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 59, 54–62. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2019.02.007>

Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2017.11.003>

Mohamed, A. F., Isahak, M., Awg Isa, M. Z., & Nordin, R. (2022). The effectiveness of workplace health promotion program in reducing work-related depression, anxiety and stress among manufacturing workers in Malaysia: mixed-model intervention. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. <https://doi.org/10.1007/S00420-022-01836-W>

Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0: results of a workshop with Europe's technology leaders*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>

Newell, A. F., Gregor, P., Morgan, M., Pullin, G., & Macaulay, C. (2011). User-Sensitive Inclusive Design. *Universal Access in the Information Society*, 10(3), 235–243. <https://doi.org/10.1007/S10209-010-0203-Y>

Pacaux-Lemoine, M. P., & Trentesaux, D. (2019a). ETHICAL RISKS OF HUMAN-MACHINE SYMBIOSIS IN INDUSTRY 4.0: INSIGHTS FROM THE HUMAN-MACHINE COOPERATION APPROACH. *IFAC-PapersOnLine*, 52(19), 19–24. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.12.077>

Pacaux-Lemoine, M. P., & Trentesaux, D. (2019b). Ethical risks of human-machine symbiosis in industry 4.0: insights from the human-machine cooperation approach. *IFAC-PapersOnLine*, 52(19), 19–24. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.12.077>

Palazon, J. A., Gozálvez, J., Maestre, J. L., & Gisbert, J. R. (2013). Wireless solutions for improving health and safety working conditions in industrial environments. *2013 IEEE 15th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2013*, 544–548. <https://doi.org/10.1109/HEALTHCOM.2013.6720736>

Philbeck, T., Davis, N., & Engtoft, A. M. (2018). Values, Ethics and Innovation - Rethinking Technological Development in the Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum*. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_WP\\_Values\\_Ethics\\_Innovation\\_2018.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_WP_Values_Ethics_Innovation_2018.pdf)

- Podgórski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G., & Okrasa, M. (2017). Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1214431>
- Roberts, B. (2015). *The Third Industrial Revolution: Implications for Planning Cities and Regions*. Urban Frontiers Working Paper 1. [https://www.researchgate.net/publication/278671121\\_The\\_Third\\_Industrial\\_Revolution\\_Implications\\_for\\_Planning\\_Cities\\_and\\_Regions](https://www.researchgate.net/publication/278671121_The_Third_Industrial_Revolution_Implications_for_Planning_Cities_and_Regions)
- Rogers, P., Bohland, J. J., & Lawrence, J. (2020). Resilience and values: Global perspectives on the values and worldviews underpinning the resilience concept. *Political Geography*, 83. <https://doi.org/10.1016/J.POLGEO.2020.102280>
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Berglund, Å. F. (2016). The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 488, 677–686. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_80)
- Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å., & Gorecky, D. (2016). Towards an operator 4.0 typology: A human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. *CIE 2016: 46th International Conferences on Computers and Industrial Engineering*.
- Ruzic, L., Lee, S. T., Liu, Y. E., & Sanford, J. A. (2016). Development of universal design mobile interface guidelines (UDMIG) for aging population. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9737, 98–108. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40250-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40250-5_10)
- Saw, H. S., bin Azmi, A. A., Chew, K. W., & Show, P. L. (2021). Sustainability and Development of Industry 5.0. *The Prospect of Industry 5.0 in Biomanufacturing*, 287–304. <https://doi.org/10.1201/9781003080671-13-13>
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 607–617. <https://doi.org/10.1002/SRES.2704>
- Super, D. (1968). *Work values inventory*. Houghton Mifflin.
- Super, D. (2003). *A Proposal for Measuring Value Orientations across Nations*. Core ESS Questionnaire. <https://www.semanticscholar.org/paper/Chapter-7-A-Proposal-for-Measuring-Value-across-Schwartz/376ad809f1313cb41dfcfa8bd180949c273f8c2>
- Super, D. E. (Donald E., Šverko, Branimir., & Super, C. M. (1995). *Life roles, values, and careers : international findings of the Work Importance Study*. 397.
- Trentesaux, D., & Rault, R. (2017). *Designing Ethical Cyber-Physical Industrial Systems*. 50(1), 14934–14939. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2017.08.2543>
- Umbrello, S. (2018). The moral psychology of value sensitive design: the methodological issues of moral intuitions for responsible innovation. *Journal of Responsible Innovation*, 5(2), 186–200. <https://doi.org/10.1080/23299460.2018.1457401>

Umbrello, S. (2019). Atomically precise manufacturing and responsible innovation: A value sensitive design approach to explorative nanophilosophy. *International Journal of Technoethics*, 10(2), 1–21. <https://doi.org/10.4018/IJT.2019070101>

Umbrello, S. (2020). Imaginative Value Sensitive Design: Using Moral Imagination Theory to Inform Responsible Technology Design. *Science and Engineering Ethics*, 26(2), 575–595. <https://doi.org/10.1007/S11948-019-00104-4>

van de Poel, I. (2013). Translating Values into Design Requirements. *Philosophy of Engineering and Technology*, 15, 253–266. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7762-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7762-0_20)

van den Hoven, J., Vermaas, P. E., & van de Poel, I. (2015). Handbook of ethics, values, and technological design: Sources, theory, values and application domains. *Handbook of Ethics, Values, and Technological Design: Sources, Theory, Values and Application Domains*, 1–871. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6970-0>

Winkler, T., & Spiekermann, S. (2021). Twenty years of value sensitive design: a review of methodological practices in VSD projects. *Ethics and Information Technology*, 23(1), 17–21. <https://doi.org/10.1007/S10676-018-9476-2>

Yin, S., Rodriguez-Andina, J. J., & Jiang, Y. (2019). Real-Time Monitoring and Control of Industrial Cyberphysical Systems: With Integrated Plant-Wide Monitoring and Control Framework. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 13(4), 38–47. <https://doi.org/10.1109/MIE.2019.2938025>

Zwetsloot, G. I. J. M., Scheppingen, A. R. V., Bos, E. H., Dijkman, A., & Starren, A. (2013). The core values that support health, safety, and well-being at work. *Safety and Health at Work*, 4(4), 187–196. <https://doi.org/10.1016/J.SHAW.2013.10.001>