

Industria 5.0 Colombia: del Operador 4.0 al trabajador aumentado
Andrés Eduardo Echeverría Ramírez¹
Julio de 2026

Abstract

Este documento analiza la transición del Operador 4.0 (modelo de la Industria 4.0) hacia el trabajador aumentado de la Industria 5.0, y sostiene que esa transición no es tecnológica sino de propósito. De esta forma, implica el desplazamiento del bienestar del trabajador desde una condición instrumental de la eficiencia productiva hacia el fin del proceso industrial. Con fundamento en esta diferenciación, el documento examina la pertinencia de este marco para Colombia en cuatro dimensiones interdependientes (la brecha de competencias digitales, la informalidad laboral, la brecha territorial y la articulación interinstitucional) y propone, en términos concretos, condiciones de política pública orientadas a la formación de talento digital. El argumento se apoya en la literatura sobre el Operador 4.0 y la Industria 5.0, y dialoga con el análisis de Jean Tirole sobre el sesgo del cambio tecnológico para plantear que la protección del trabajador, más que del empleo, debe orientar la política de formación colombiana.

Palabras clave: Industria 5.0 Colombia; Trabajador aumentado; Operador 4.0; Colaboración humano-máquina; Competencias para la IA; Talento digital.

1. Planteamiento del problema

En 2014, Jean Tirole afirmó que el cambio tecnológico favorece desproporcionadamente a los trabajadores con mayor cualificación y acceso a la economía del conocimiento, mientras que las tareas rutinarias presentan un riesgo creciente de sustitución automatizada. Este abordaje, formulado en términos generales para la economía digital, se profundiza cuando se aplica a la sucesión de revoluciones industriales 4.0 y 5.0, en la medida que cada una de ellas sitúa en un lugar distinto al trabajador frente a la máquina. En este sentido, la inquietud que surge, más allá de los avances tecnológicos de un país, es la referente a ¿qué función cumple el trabajador en el marco de ese sistema y con qué propósito se diseña esa función?

Al respecto, la Industria 4.0 respondió a esa pregunta con la figura del Operador 4.0, la cual hace referencia al profesional que expande sus capacidades físicas y sensoriales a través de tecnologías digitales avanzadas para operar sistemas de alta complejidad (Romero et al., 2020; Kagermann et al., 2013). No obstante, como se argumenta en la sección 2 del presente documento, esa centralidad humana cumple una función instrumental: el trabajador se ubica en el centro del sistema porque el sistema lo requiere ahí, no porque su bienestar constituya el fin del diseño industrial (Matamala-Pizarro y Belmar-Riquelme, 2025; Ciccarelli et al., 2023).

¹ Político y Magíster en Gobierno y Políticas Públicas. Ha trabajado con entidades del gobierno nacional y territorial en procesos de articulación institucional y política pública. Actualmente investiga la articulación entre la Industria 5.0, la inteligencia artificial y la política pública en Colombia. Consultor vinculado al CIDL (cidl.com.co). Contacto: echeverriaramirez.andreseduardo@gmail.com

Por su parte, la Industria 5.0 propone una inversión de esa lógica a través de la figura del trabajador aumentado, en la cual la eficiencia técnica deja de ocupar la cúspide de la pirámide de objetivos y el bienestar del trabajador pasa a constituirse como el fin del proceso productivo (Breque et al., 2021), tal como se desarrolla más adelante en la sección 3.

Para un país como Colombia, que enfrenta simultáneamente una brecha de competencias digitales, una tasa de informalidad laboral entre las más altas de América Latina, una brecha territorial profunda en materia de conectividad y capacidades institucionales, y una desarticulación entre las entidades responsables de la política de formación, de la política de Inteligencia Artificial (IA) y de la política de desarrollo productivo (CONPES 4144, 2025), la elección del marco de referencia tiene consecuencias directas sobre el diseño de la política pública, como se explica en la sección 4. Si Colombia resuelve esos desafíos desde la lógica de la Industria 4.0, es posible que avance hacia el cierre de la brecha tecnológica sin que ese avance garantice que el trabajador colombiano se beneficie como fin último del proceso.

En este orden de ideas, surge una nueva inquietud que orienta el desarrollo de este documento: ¿qué implica, en términos de roles laborales y de política pública, la transición del Operador 4.0 al trabajador aumentado en el contexto colombiano?

Para responderla, la sección 2 caracteriza al Operador 4.0 y la centralidad humana funcional que lo define en la Industria 4.0. La sección 3 desarrolla la figura del trabajador aumentado y los tres rasgos que la diferencian de su antecesora. La sección 4 examina la pertinencia de ese marco para Colombia en cuatro dimensiones interdependientes: la brecha de competencias, la informalidad, la brecha territorial y la articulación institucional. La sección 5 sintetiza esas cuatro dimensiones en condiciones de política pública concretas, como insumo para la hoja de ruta que se desarrollará en próximos documentos.

2. El Operador 4.0: gestor de la complejidad tecnológica

La Industria 4.0 supuso la redefinición del trabajo industrial con un fundamento en la capacidad del sistema tecnológico para la toma de decisiones descentralizadas en tiempo real. En este

sentido, la integración de los sistemas ciberfísicos², el Internet de las Cosas³ y la Inteligencia Artificial (IA)⁴ aplicada a los procesos productivos permitieron avanzar en la consolidación de una infraestructura capaz de monitorear, optimizar y ajustar las operaciones con autonomía y mínima intervención humana directa en la ejecución (Kagermann et al., 2013). Contrario a lo que podría pensarse, ese desplazamiento reposicionó al trabajador en el marco del sistema productivo.

En este sentido, Romero et al. (2020) hacen referencia al término Operador 4.0 para describir al profesional que, en lugar de ser sustituido por la automatización, usa tecnologías digitales avanzadas (exoesqueleto⁵, realidad aumentada⁶, analítica de datos⁷) para expandir sus capacidades físicas y sensoriales. Así, en lugar de ejecutar, el Operador 4.0 supervisa, interpreta, anticipa y decide sobre sistemas de alta complejidad.

Ese reposicionamiento implicó, en términos de competencias, una demanda sin precedentes en cuatro dimensiones:

- a. **Alfabetización digital avanzada:** referente al dominio de competencias técnicas superiores (programación informática, desarrollo de software, ciencia de datos y gestión de redes), lo cual facilita que las personas efectúen el tránsito de simples usuarios a constituirse en creadores, desarrolladores y gestores expertos de sistemas tecnológicos complejos (Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), 2025).

² Son redes que integran (simbióticamente) el mundo físico y el digital a través de la integración de sensores y núcleos de procesamiento, entre otros. Funcionan en un ciclo de retroalimentación constante: capturan datos del entorno material, los procesan en modelos virtuales para tomar decisiones y ejecutan acciones inteligentes y autónomas en la realidad física en tiempo real. Son el pilar técnico de la Industria 4.0: permiten sincronización vertical total entre los activos físicos y sus representaciones digitales o “gemelos”.

³ Es la infraestructura global de objetos inteligentes interconectados que emplean sensores para capturar y compartir datos en tiempo real. De esta forma, se habilita la conectividad horizontal, lo cual permite la fusión definitiva del espacio físico con el digital y la auto - organización de procesos.

⁴ En términos generales, se define como una rama de la informática y una tecnología de propósito general que se orienta hacia el desarrollo de máquinas y sistemas con capacidad de imitar funciones cognitivas humanas: razonamiento, aprendizaje y resolución de problemas complejos.

⁵ Son robots vestibles diseñados para integrarse con el ser humano con el fin de aumentar sus capacidades físicas o asistirle en tareas como la rehabilitación, la asistencia personal y la optimización de procesos industriales.

⁶ Superposición de información digital y medios visuales directamente en el campo de visión del trabajador para guiarlo en tareas complejas.

⁷ Es una estrategia diseñada para procesar y modelar grandes volúmenes de información diversa con el fin de extraer conocimientos, significados y valor que los métodos tradicionales no logran obtener.

- b. **Pensamiento sistémico:** aborda la realidad como un todo organizado que, en lugar de estudiar sus partes de manera aislada, enfatiza en sus interacciones y dependencias. Su principal fundamento lo constituye la comprensión de que el sistema completo posee “propiedades emergentes que no existen en sus elementos por separado”, lo cual permite que se pueda efectuar un análisis interdisciplinario aplicable a cualquier campo del conocimiento (Bertalanffy, 1989).
- c. **Gestión de la incertidumbre:** hace referencia al proceso de toma de decisiones en escenarios con información incompleta. Así, la clave radica en visualizar escenarios posibles y lograr una comprensión de qué podría fallar con fundamento en el análisis de probabilidades. De esta forma, es relevante tanto la velocidad de respuesta como el análisis preciso (Salinas Ortiz, 2025).
- d. **Aprendizaje permanente (lifelong learning):** se constituye como un modelo de organización laboral que articula la formación técnica y personal directamente en el puesto de trabajo a través de herramientas digitales. Propende por la actualización de competencias de manera continua con el fin de que los trabajadores puedan adaptarse a la evolución tecnológica (Kagermann et al., 2013).

Además de estas cuatro dimensiones técnicas, es clave considerar las competencias que permiten determinar el valor diferencial del trabajador con respecto a la máquina: pensamiento crítico, creatividad, comunicación compleja, inteligencia emocional y liderazgo en situaciones de alta incertidumbre. Desde esta perspectiva, Brkovic et al. (2023) afirman que el 44% de las habilidades de los empleados será interrumpido o alterado en los próximos cinco años, lo cual conlleva a que el desarrollo de las citadas capacidades se constituya como una prioridad estratégica fundamental.

Desde la primera aproximación a la Industria 4.0 (o Revolución 4.0) en el documento fundacional de Kagermann et al. (2013) se reconoce la necesidad del aprendizaje permanente, el trabajador es concebido como gestor de la creatividad y se plantea la apuesta por mejor calidad de vida en términos del balance de vida laboral y personal. Sin embargo, desde la lógica de los objetivos del documento, esta aproximación a la definición de un nuevo tipo de trabajador es más de orden instrumental. Es decir, el bienestar del trabajador se constituye como una condición para la competitividad industrial y no como un fin en sí mismo. Así, la lógica es: un trabajador mejor tratado y formado es más eficiente, lo cual contribuye con el propósito técnico-económico del sistema (Xu et al., 2021; Mahiri et al., 2023).

En este mismo sentido, Matamala-Pizarro y Belmar-Riquelme (2025) señalan que el sistema además de requerir que el trabajador adquiriera nuevas competencias técnicas, necesita que adopte un “conjunto de disposiciones cognitivas y conductuales alineadas con las lógicas de la producción digitalizada”. Así, la mayor autonomía que el modelo supone con fundamento en la creatividad, toma de decisiones, pensamiento sistémico y aprendizaje continuo coexiste con mecanismos de seguimiento y monitoreo continuo del rendimiento físico y mental que, de acuerdo con los citados autores, reintroducen formas de control sobre el trabajador. Por lo tanto, en la Industria 4.0 la centralidad humana es funcional: el humano se constituye como el centro del sistema, precisamente porque éste último lo necesita ahí y no porque su bienestar sea la piedra angular del diseño industrial.

Por su parte, Ciccarelli et al. (2023) plantean que, si bien se cuenta con el discurso humano-céntrico, el criterio fundamental del sistema lo constituye la optimización del proceso y no tanto la dignificación del operario. El grueso de los desarrollos aplicados prioriza la funcionalidad técnica y postergan a etapas posteriores del diseño la integración de factores humanos reales (carga cognitiva, fatiga, bienestar psicosocial, entre otros), cuando el margen de ajuste es limitado.

En términos distributivos, de acuerdo con esta lógica argumentativa, la tendencia es que los beneficios de la automatización se concentren en aquellos quienes ya disponen del capital tecnológico y formativo para insertarse en los nuevos perfiles laborales. De esta forma, los trabajadores con bajas cualificaciones o que cumplen con tareas rutinarias son quienes corren un riesgo real de desplazamiento que el sistema 4.0 no está diseñado para mitigar, en la medida que el criterio fundamental lo constituye la eficiencia del proceso y no el bienestar de quien lo opera.

3. Reconfiguración del rol laboral en la Industria 5.0: el “trabajador aumentado”

Como se argumentó en la sección anterior, en la Industria 4.0, el trabajador es quien debe adaptarse a la tecnología a partir de la adquisición de competencias que permitan al sistema operar con la menor fricción posible. En la Industria 5.0, por su parte, esta lógica se invierte en la medida que la tecnología se diseña en función del trabajador, para así ampliar su autonomía, proteger su dignidad, reducir la carga (física y cognitiva peligrosa), y liberar capacidad para ejercer funciones exclusivas del juicio humano (Breque et al., 2021; Ghatole et al., 2025).

De esta forma, de acuerdo con lo expuesto por Breque et al. (2021), si bien la eficiencia técnica todavía se constituye como condición necesaria del sistema, ya no se ubica en la cúspide de la pirámide de objetivos. El bienestar del trabajador pasa a convertirse en el fin del proceso productivo y deja de ser la condición instrumental de la competitividad.

En este sentido, surge el concepto de “trabajador aumentado” (u “operario aumentado”) que hace referencia al profesional cuyas capacidades físicas, sensoriales y cognitivas (fundamentalmente) son expandidas a partir de la integración de nuevas tecnologías digitales. A diferencia de la figura del Operario 4.0, la cual se fundamenta en el uso de la Realidad Aumentada, en la Industria 5.0, fundamentada en la “simbiosis ciber-humana”, la tecnología actúa como un complemento para potenciar su creatividad y habilidades de toma de decisiones en entornos de producción inteligentes (Romero et al., 2020).

En este orden de ideas, la colaboración humano-máquina se fundamenta en tres rasgos que lo diferencian del perfil del Operador 4.0:

- a. **Primacía del juicio humano en las decisiones de alto valor:** Éste se constituye como el pilar clave de la transición hacia la Industria 5.0, en la medida que se presenta el reconocimiento de que, si bien la IA es superior al humano en términos de velocidad y procesamiento de datos, no posee conciencia moral, intuición y sabiduría relacional. Desde esta perspectiva, la tecnología no se enfoca hacia la sustitución del trabajador, sino que actúa como la herramienta para aumentar su potencial. Así, se reserva para el ser humano la responsabilidad ética y la toma de decisiones finales, sobre todo en procesos en los cuales el sentido común y el juicio prudente son irremplazables (Cicarelli et al., 2023; CONPES 4144, 2025; Mahiri et al., 2023; Sarıışık y Demir, 2025).
- b. **Simbiosis sobre la subordinación:** En el marco de la transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 se presenta una transformación de la estructura impulsada exclusivamente por la tecnología, en la cual el trabajador es subordinado a la eficiencia y la velocidad de las máquinas, hacia un modelo de “simbiosis ciber-humana” que sitúa a la persona en el centro del modelo. De esta forma, la tecnología actúa como un amplificador de las capacidades cognitivas, físicas y creativas del ser humano. Es decir, se avanza hacia un estadio de interdependencia y colaboración, en la cual el humano no sirve a la máquina, sino que recupera su centralidad operativa y asume la responsabilidad ética en las decisiones finales, mientras que la máquina asume las tareas más pesadas,

repetitivas o peligrosas (Cicarelli et al., 2023; Matamala-Pizarro y Belmar-Riquelme, 2025; Sarıışık y Demir, 2025).

- c. **Aprendizaje como derecho (no como exigencia de adaptación):** En la Industria 4.0, el lifelong learning se constituye como un requisito que el trabajador debe cumplir para no perder su empleo (quien no se actualiza es desplazado). En la Industria 5.0, la formación continua, más que una carga de adaptación se constituye en un derecho que el sistema productivo debe garantizar: se reconoce al trabajador como inversión estratégica y no como costo operativo (Breque et al., 2021; Mahiri et al., 2023). Esta transformación implica que la tecnología se adapta a las necesidades y a la dignidad del trabajador, y no a la inversa (Matamala-Pizarro y Belmar-Riquelme, 2025).

Así mismo, las competencias que el trabajador aumentado requiere reflejan esa reconfiguración: las habilidades técnicas (alfabetización en inteligencia artificial, análisis de datos, etc.) se constituyen como condición de acceso al nuevo entorno productivo. Sin embargo, las competencias que determinan su valor diferencial, respecto a las máquinas, son: pensamiento crítico, creatividad, comunicación compleja, inteligencia emocional y liderazgo en situaciones de alta incertidumbre (Jiménez Quesada, 2026; Tapia, 2025).

Finalmente, es clave tener presente que, de acuerdo con Brkovic et al. (2023), el 44% de las habilidades de los empleados se verá interrumpido o alterado en los siguientes cinco años, lo cual supone que el reskilling y el upskilling se constituyen en prioridades estratégicas para el diseño de política pública.

4. Pertinencia del marco de la Industria 5.0 para Colombia

La transición del Operador 4.0 al trabajador aumentado supone para Colombia un conjunto de retos en materia de política pública. Al respecto, es importante reiterar que la Industria 5.0 no debe entenderse como un estadio tecnológico posterior a la 4.0, la cual se logra una vez completada la industrialización digital. Más bien constituye un conjunto de criterios de propósito (centralidad humana, sostenibilidad, resiliencia) enfocados al proceso de construcción de la base tecnológica desde el inicio, independientes del punto en que ese proceso se encuentre. En este sentido, Colombia se encuentra ante la oportunidad de orientar desde el momento actual ese proceso con los criterios que la Industria 5.0 propone.

El punto de partida debe situarse en el diagnóstico existente. Desde esta perspectiva, el CONPES 4144 (2025) efectúa la identificación de los problemas estructurales que limitan la capacidad del país para desarrollar, adoptar y aprovechar la IA: brechas de conectividad, escasez de talento digital, baja inversión en investigación y desarrollo, desarticulación institucional y riesgos laborales no mitigados. En este orden de ideas, este documento no busca introducir un listado alternativo de problemas, sino más bien aportar con una propuesta de reorientación jerárquica para avanzar en la resolución de esos problemas. Es decir, el CONPES define los medios, pero se ve limitado en la definición del fin con precisión. Si bien identifica la brecha de competencias, no responde con profundidad a la pregunta de fondo: ¿A cuál propósito deben servir las competencias: a la inserción del país en la economía digital o al desarrollo integral del trabajador colombiano?

La respuesta a esta pregunta contribuye a determinar qué se financia, qué se mide y a quién beneficia la política pública. Desde esta perspectiva, si Colombia resuelve los desafíos planteados desde el CONPES desde la lógica de la Industria 4.0, posiblemente avance hacia el cierre de la brecha tecnológica sin garantizar que los beneficios de esa transición lleguen al trabajador como fin último.

En el actual momento colombiano, la importancia del modelo se articula en cuatro dimensiones interdependientes.

4.1. La brecha de competencias para la IA como problema estructural

El CONPES 4144 (2025) reconoce la existencia de una incompatibilidad crítica entre las habilidades y competencias de la fuerza laboral y las demandas de la economía digital. En este sentido, Colombia se ubica en el puesto 79 entre 134 países respecto a la medición de la diferencia entre la demanda y oferta de empleo con habilidades digitales. Así mismo, solo el 4,6% de los jóvenes y adultos cuenta con habilidades digitales avanzadas; mientras que el 50,3% de las instituciones educativas públicas no cuenta con computadores y el 96,7% carece de laboratorios tecnológicos.

Esta brecha más que técnica es estructural, en la medida que demuestra una desconexión entre las capacidades y la oferta de formación y las demandas del mercado laboral, las cuales tenderán a profundizarse en la medida que avance la automatización. Así mismo, otra problemática la constituye la fuga de talento: profesionales colombianos altamente calificados son contratados

por empresas extranjeras que ofrecen sueldos hasta un 28% superiores a las nacionales. En este sentido, el país se convierte en un proveedor de capital humano para mercados externos en lugar de conservarlo para el proceso de transformación productiva propio.

Como se anotó anteriormente y de acuerdo con lo expuesto por Tirole (2014), la economía digital profundiza esa tendencia a través de una lógica de concentración: la transformación tecnológica favorece en exceso a los trabajadores con mayor cualificación y acceso a la economía del conocimiento, a la par que las tareas repetitivas enfrentan el riesgo en aumento de sustitución automatizada. De esta forma, surge una nueva dimensión de desigualdad cuya variable determinante la constituye la calidad de la educación recibida y las condiciones del contexto familiar en el cual fue formado el trabajador. Así, esta desigualdad no se soluciona con mayor acceso a tecnología sino con una política de formación que comprenda la educación como inversión fundamental en la persona y no como respuesta adaptativa al mercado (López Jiménez, 2017).

En este orden de ideas, la figura del trabajador aumentado se constituye como un derrotero para orientar esta política. Las formaciones, más que enfocarse en la generación de trabajadores capaces de operar sistemas tecnológicos, deben enfocarse en la formación de personas que interactúen productivamente con esos sistemas, aporten el juicio que los sistemas no pueden ejercer y puedan adaptarse a contextos de transformación técnica permanente. En este sentido, el fortalecimiento de las competencias de pensamiento crítico, creatividad, comunicación compleja, inteligencia emocional y liderazgo en situaciones de alta incertidumbre es tan urgente como la alfabetización digital, y deben priorizarse en los currículos y programas de formación para el trabajo y el desarrollo humano.

En clave de política pública, en el marco de los desarrollos teórico-conceptuales de la Industria 5.0 se identifica el llamado a orientar las políticas laborales hacia la protección del trabajador antes que la preservación del puesto de trabajo. De acuerdo con lo propuesto por Jean Tirole en lo referente al análisis económico del mercado laboral, existe una concordancia directa con la figura del trabajador aumentado. Desde la lógica de la protección al trabajador y no al empleo, las políticas asociadas con la formación deben enfocarse igualmente, en la inversión en el fortalecimiento de las capacidades de los trabajadores con el fin de contribuir con su sostenibilidad en contextos de transformaciones tecnológicas aceleradas, más que en la protección de una ocupación específica que la automatización puede volver arcaica (Brkovic et al., 2023).

4.2. La informalidad como factor de exclusión del talento digital

La tasa de informalidad en Colombia se constituye como una de las más altas de América Latina. De acuerdo con el boletín técnico del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de mayo de 2026, el 41,0% de la población ocupada corresponde a trabajadores por cuenta propia (categoría históricamente asociada a condiciones de informalidad), cifra a la que se suman los jornaleros o peones (3,6%) y los trabajadores familiares sin remuneración (1,7%). Esta situación implica que el grueso de los trabajadores colombianos se encuentra al margen de programas de formación continua y actualización de competencias que la formalidad laboral puede ofrecer. Igualmente, se resalta que la apropiación de la IA en microempresas es de solo el 0,7%, frente al 9,7% en las grandes empresas (CONPES 4144, 2025). Igualmente, el 69% de los colombianos percibe el avance de la IA como una amenaza de pérdida de empleo. Esta percepción presenta una mayor intensidad en los sectores de menor cualificación y mayor informalidad, en los cuales precisamente el margen de adaptación autónoma es más reducido (CONPES 4144, 2025).

En este sentido, para avanzar hacia la figura del trabajador aumentado en Colombia, es clave considerar estas realidades desde el diseño de las políticas de formación: no se puede asumir que el trabajador promedio es el empleado formal de una empresa de mediano o gran tamaño con posibilidades de acceso a programas de capacitación. De esta forma, es clave incluir mecanismos que posibiliten el *reskilling* y el *upskilling* para los trabajadores informales, en sectores de menor productividad y en los territorios con mayores limitantes de conectividad.

Al respecto, el *upskilling* consiste en la actualización y profundización de las competencias que el trabajador ya posee, con el objetivo de aumentar su desempeño en su rol actual o habilitarlo para un rol de mayor complejidad. Por su parte, el *reskilling* supone la adquisición de nuevas competencias para desempeñar una función distinta, lo cual es clave cuando la automatización desplaza una ocupación específica y exige una reconversión hacia áreas en las cuales el juicio humano y la creatividad son irremplazables (Brkovic et al., 2023; Andrés y Doménech, 2018).

En el marco del contexto colombiano, para que las dos estrategias tengan un alcance real, se requiere que cumplan simultáneamente con tres condiciones: 1. La cooperación interinstitucional entre empresas, universidades y gobierno con el fin de alinear los currículos educativos con las demandas reales del mercado laboral; 2. El diseño de tecnologías más

intuitivas que reduzcan la barrera de entrada al aprendizaje en el puesto de trabajo, con el fin de que la formación ocurra en el puesto de trabajo y no solo en el aula de clase, espacios a los cuales el trabajador informal difícilmente puede acceder (Breque et al., 2021; Saruşık y Demir, 2025); y 3. La garantía de un nivel básico de alfabetización digital que permita que los trabajadores comprendan cómo funciona la IA y sus límites (Mahiri et al., 2023; Carro-Suárez y Sarmiento-Paredes, 2022). Estas tres condiciones son clave para el abordaje del criterio de centralidad humana de la Industria 5.0.

4.3. La brecha territorial en Colombia como dimensión de la desigualdad

Colombia concentra en sus ciudades principales las capacidades de formación, la infraestructura digital y el grueso del tejido empresarial, mientras que los municipios de menor tamaño permanecen al margen del proceso de desarrollo tecnológico. De acuerdo con el CONPES 4144 de 2025, el 36,1% de los hogares colombianos no cuenta con acceso a internet. En las zonas rurales y los centros poblados dispersos esa cifra aumenta al 58,6%, y el 73,2% de las conexiones existentes presentan velocidades inferiores a 10 Mbps. Igualmente, en términos de capacidades institucionales mientras las entidades nacionales presentan 67,58 puntos sobre 100 en el Índice de Gobierno Digital, las entidades territoriales logran 30,79 puntos (CONPES 4144, 2025).

Por su parte, el Índice Departamental de Competitividad 2025 identifica que las mayores diferencias entre departamentos se presentan en la adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones, con una distancia superior a 7,5 puntos entre el mejor y el peor puntaje: mientras que Bogotá lidera con 9,25 puntos, departamentos como Vaupés y Vichada no logran 1 punto en esa dimensión (Consejo Privado de Competitividad y Universidad del Rosario, 2025). Así mismo, el 83% de los beneficios tributarios para proyectos de investigación y desarrollo en IA se concentra en empresas de Bogotá y Medellín, y el desarrollo de ciudades inteligentes se limita a Bogotá, Medellín y Cali (CONPES 4144, 2025).

En términos del comparativo regional latinoamericano, Galvez y Revinova (2025) establecen que Colombia ocupa la cuarta posición en desarrollo digital (fortalezas en infraestructura y gobierno digital). Sin embargo, en términos de capital humano ocupa el puesto 11, lo cual demuestra un desfase estructural en la medida que el país ha avanzado en la construcción de la infraestructura del sistema productivo sin aun haber formado del todo a las personas que deben operarlo.

Ese desfase supone la generación de políticas diferenciadas por territorio, fundamentadas en dos condiciones simultáneas: sinergia y secuencialidad de las inversiones públicas. La primera hace referencia a la articulación de múltiples intervenciones cuyo resultado conjunto genera un beneficio superior al que se podría lograr por cada parte individual. La segunda se refiere al orden lógico en el que las inversiones de base (conectividad, alfabetización digital, infraestructura educativa) preceden a las inversiones que de ellas dependen (formación en inteligencia artificial, adopción de sistemas ciberfísicos) (Velasco Arce, 2023).

De esta forma, el diseño y la implementación de una política de formación de talento para la Industria 5.0 debe contar con una dimensión territorial explícita que incluya la sinergia y la secuencialidad de las inversiones públicas con el fin de prevenir que la concentración de beneficios en las ciudades principales se profundice con respecto a la distribución actual del capital humano calificado.

4.4. La articulación institucional de la política de IA como condición habilitadora

El tránsito hacia el modelo del trabajador aumentado requiere el fortalecimiento de la articulación interinstitucional: es clave fortalecer la conexión entre la política de formación para el trabajo y el desarrollo humano (liderada por el Ministerio del Trabajo y el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA) con la política de IA (coordinada por Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación) y con la política de desarrollo productivo (orientada por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo).

Así mismo, en el proceso deben intervenir dos actores transversales: el Departamento Nacional de Planeación (DNP), quien lidera el sistema de inversión pública, coordina el seguimiento a las metas de política y garantiza la coherencia entre las prioridades sectoriales y los instrumentos de planeación de largo plazo; y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, el cual define los techos presupuestales de la política sectorial y cuyas decisiones fiscales inciden en la sostenibilidad, más allá del ciclo de gobierno, de las apuestas de formación de talento digital tienen.

El CONPES 4144 de 2025, que se constituye como el punto de partida para efectuar el diagnóstico, identifica la Mesa Interinstitucional de IA como un espacio informal y sin un marco normativo que determine su alcance, y plantea la necesidad de avanzar hacia un modelo de

gobernanza que articule entidades del orden nacional y territorial, sector privado y academia. De esta forma, el fortalecimiento de la articulación interinstitucional que Colombia supone que en el marco del proceso de formación de la política pública se establezca un mandato claro entre las entidades involucradas, indicadores conjuntos para viabilizar la evaluación y mecanismos de rendición de cuentas que permitan garantizar la continuidad de los procesos más allá del periodo de un gobierno.

Esto es clave si se considera que los procesos de coordinación intersectorial solo generan valor público cuando tienen un propósito común superior, lo cual es entendido como aquello que un colectivo considera un bien mayor para la sociedad (Molano Aponte, 2012). Al respecto, la coordinación entre las entidades involucradas en la transformación digital del trabajo se constituye como el mecanismo a través del cual el Estado puede establecer una perspectiva integrada del bienestar del trabajador y aterrizarla en intervenciones que potencien y eviten duplicidades de gestión, con su correspondiente reducción de costos de transacción.

5. Conclusiones e implicaciones de política pública de IA para Colombia

El tránsito del Operador 4.0 al trabajador aumentado evidencia una transformación que va más allá de lo tecnológico. En la Industria 4.0, la centralidad humana operaba como condición funcional de la eficiencia productiva (Kagermann et al., 2013; Matamala-Pizarro y Belmar-Riquelme, 2025). Por su parte, en la Industria 5.0, el bienestar del trabajador se ubica en la cúspide de la pirámide de objetivos y la eficiencia técnica pasa a ocupar el lugar de condición necesaria (Breque et al., 2021). Esta reorientación jerárquica, puede constituirse como el derrotero con el cual Colombia pueda tomar determinaciones en materia de política pública referente a la formación de talento digital.

Así, se identifican condiciones de política concretas para el país:

1. La política de formación para el trabajo debe superar el marco de la alfabetización digital como fin último. Si la brecha de competencias se aborda solo desde la lógica del Operador 4.0, Colombia cerrará su rezago tecnológico sin garantizar que el trabajador colombiano se beneficie como fin del proceso. Una condición necesaria es que los currículos de formación para el trabajo y el desarrollo humano incorporen, a la par de la alfabetización digital, las competencias que diferencian al trabajador del sistema tecnológico

(pensamiento crítico, creatividad, comunicación compleja, inteligencia emocional y liderazgo en situaciones de alta incertidumbre).

2. La magnitud de la informalidad laboral colombiana conlleva a que las estrategias de reskilling y upskilling se diseñen para operar más allá (fuera) del aula y de la relación laboral formal. Una política de formación de talento aumentado que solo se enfoque en el trabajador formal de mediana o gran empresa reproduce, en el ámbito de las competencias, la misma exclusión que ya existe en el mercado laboral colombiano.
3. La brecha territorial impone que estas condiciones no se resuelvan mediante políticas homogéneas. La política pública debe contemplar una secuencia explícita de inversiones (conectividad, alfabetización digital básica, infraestructura educativa) antes de las inversiones más avanzadas en formación en inteligencia artificial, con el fin de prevenir que la concentración actual del capital humano calificado en las ciudades principales se profundice.
4. Ninguna de estas condiciones es viable sin una articulación interinstitucional que conecte la política de formación (Ministerio del Trabajo, SENA) con la política de IA (MinTIC, MinCiencias) y con la política de desarrollo productivo (MinComercio), con fundamento en el liderazgo de coordinación del DNP y con el Ministerio de Hacienda como garante de la sostenibilidad fiscal de estas apuestas más allá de un ciclo de gobierno.

Finalmente, estas cuatro condiciones (priorización curricular de las competencias diferenciales, accesibilidad para el trabajador informal, secuencialidad territorial de las inversiones y articulación interinstitucional con mandato claro) constituyen a grandes rasgos una propuesta para avanzar en la formación de la política pública. La inquietud que estas condiciones dejan abierta es cómo se traduce este marco de competencias en un instrumento concreto de formación para el trabajador colombiano.

Referencias

- Andrés, J., & Doménech, R. (2018). El futuro del trabajo: una visión general. **Teoría & Derecho**, (23), 16-42.
- Bertalanffy, L. von. (1989). **Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones** (J. Almela, Trad.). Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1968).
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). **Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry**. European Commission. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>
- Brkovic, M., Jovanovic, M., & Milosevic, I. (2023). Industry 5.0 and the skills gap: Strategies for developing a future-ready workforce. **International Journal of Industrial Management**, 16(1), 1-18.
- Carro Suárez, J., & Sarmiento Paredes, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. **Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento**, 10(24), 1-18.
- Ciccarelli, M., Papetti, A., & Germani, M. (2023). Exploring how new industrial paradigms affect the workforce: A literature review of Operator 4.0. **Journal of Manufacturing Systems**, 70, 464-483.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2025). **Política Nacional de Inteligencia Artificial** (Documento CONPES 4144). Departamento Nacional de Planeación.
- Consejo Privado de Competitividad & Universidad del Rosario. (2025). **Índice Departamental de Competitividad 2025**. Puntoaparte Editores.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2026, 30 de junio). **Principales indicadores del mercado laboral: Mayo de 2026** (Boletín técnico). <https://www.dane.gov.co>.
- Galvez, D. P. C., & Revinova, S. (2025). Assessing digital technology development in Latin American countries: Challenges, drivers, and future directions. **Digital**, 5(2), 20. <https://doi.org/10.3390/digital5020020>
- Ghatole, S. R., Bisen, S., Telmasare, J., Meshram, S., & Sakore, H. (2025). Study & comparative analysis of Industry 4.0 & Industry 5.0. **International Journal of Advanced Multidisciplinary Application**, 2(5), 49-54.

- Jiménez Quesada, R. (2026). Acción y reflexión del rol docente en la 5ta Revolución Industrial: ¿Cómo apoyar a los estudiantes en las sociedades no estáticas? **Revista Académica Institucional RAI, Universidad San Marcos**, 14(8), 218-227. <https://doi.org/10.64183/3tf3wz04>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (Eds.). (2013). **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group**. acatech – National Academy of Science and Engineering.
- López Jiménez, J. M. (2017). “La economía del bien común”, por Jean Tirole. **extoikos**, (20), 39-50.
- Mahiri, F., Najoua, A., Ben Souda, S., & Amini, N. (2023). From Industry 4.0 to Industry 5.0: The transition to human centricity and collaborative hybrid intelligence. **Journal of Human University (Natural Sciences)**, 50(4), 85-94.
- Matamala-Pizarro, J., & Belmar-Riquelme, J. (2025). El Operario 4.0: una revisión narrativa sobre elementos prescriptivos en la conformación de una nueva subjetividad laboral. **Ajayu**, 23(2), 124-146.
- Molano Aponte, D. A. (Ed.). (2012). **La coordinación inter-agencial como generadora de valor público y transformación social**. Editorial Universidad del Rosario.
- Romero, D., Stahre, J., & Taisch, M. (2020). The Operator 4.0: Towards socially sustainable factories of the future. **Computers and Industrial Engineering**, 139, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106128>
- Salinas Ortiz, J. (2025). El tratamiento de la incertidumbre en la toma de decisiones y gestión del riesgo estratégico en la economía. **Revista de la Facultad de Ingeniería Económica, Ingeniería Estadística y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Ingeniería (IECOS)**, 26(2). <https://doi.org/10.21754/iecos.v26i2.2684>
- Sarıışık, G., & Demir, S. (2025). Industry 5.0: A human-centric paradigm for sustainable and resilient industrial transformation. **Journal of Social Perspective Studies**, 2(2), 50-66.
- Tapia, G. (2025). Transformación 5.0 y el valor organizacional sustentable. **Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano**, 8(2), 29-44.
- Tirole, J. (2014, 8 de diciembre). **Market Failures and Public Policy** (Lección del Premio Nobel). Toulouse School of Economics.

- Velasco Arce, M. B. (2023). **El enfoque territorial, las sinergias y la secuencialidad de las inversiones públicas: Enfoques técnicos y evidencias para generar mayor desarrollo social y económico.** Escuela de Gobierno y Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0: Inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, 61, 530-535.

Declaración de uso transparente de Inteligencia Artificial

El autor declara que en la elaboración de este artículo se utilizaron herramientas de inteligencia artificial, específicamente Claude (Anthropic), Perplexity y NotebookLM (Google). Claude apoyó el proceso de estructuración del argumento y la revisión editorial; Perplexity se utilizó para la identificación de fuentes académicas e institucionales; NotebookLM se empleó para la extracción estructurada de síntesis bibliográficas. Todas las decisiones editoriales, el desarrollo argumental, las posiciones sostenidas y la responsabilidad sobre el contenido son exclusivas del autor. Las herramientas de inteligencia artificial no reemplazan el juicio académico ni la autoría intelectual del documento.