

P10

EL FACTOR HUMANO EN LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LOS NUEVOS ENTORNOS DE TRABAJO DE LA CONSTRUCCIÓN 4.0

Mantilla Muñoz Martín, Aguayo González Francisco, Peralta Álvarez M. Estela. TEP 022 Diseño Industrial e Ingeniería del Proyecto y la Innovación. Departamento de Ingeniería del Diseño. Área de Proyectos de Ingeniería. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla

RESUMEN

A pesar de los grandes avances alcanzados en prevención de riesgos laborales, hoy en día cuatro personas mueren por minuto a causa de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo, muchos de ellos atribuidos a los comportamientos peligrosos de los trabajadores o a sus características individuales.

Para minimizarlos, los campos de aplicación de la prevención de riesgos laborales se han centrado en los últimos años sobre el factor humano, siendo actualmente una de las líneas de estudio e investigación prioritarias de la IV Revolución Industrial.

La industria 4.0 requiere operadores cualificados para el control y la gestión del conjunto de procesos digitalizados, este salto tecnológico debe ser asumido por los trabajadores, no como una barrera o un limitante de sus capacidades, sino como herramienta de apoyo.

Al aprovechar de forma eficiente los sistemas tecnológicos de la cuarta revolución industrial optimizan tiempo, recursos y fomentan un entorno laboral con menos riesgos. En este contexto el presente trabajo analiza las oportunidades existentes del desarrollo de nuevos modelos de prevención y control de los riesgos en los contextos ocupacionales de la Construcción 4.0 desde la ergonomía cognitiva y el error humano.

Palabras clave: *construcción 4.0, factor humano, comportamiento organizacional, personalidad.*

ABSTRACT

Despite the great advances made in the prevention of occupational risks, four people die per minute today due to occupational diseases and work accidents, many of them attributed to the dangerous behavior of workers or their individual characteristics.

To minimize them, the fields of application of the prevention of occupational risks have focused in the last years on the human factor, being currently one of the priority study and research lines of the IV Industrial Revolution.

Industry 4.0 requires qualified operators to control and manage the set of digitized processes, this technological leap must be assumed by the workers, not as a barrier or a limitation of their capabilities, but as a support tool.

By efficiently leveraging the technological systems of the fourth industrial revolution, they optimize time, resources and foster a work environment with fewer risks. In this context, the present work analyzes the existing opportunities for the development of new models for the prevention and control of risks in the occupational contexts of Construction 4.0 from cognitive ergonomics and human error.

Keywords: *construction 4.0, human factor, organizational behavior, personality.*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico en el contexto de la construcción 4.0, contribuye al desarrollo de los procesos productivos, trayendo consigo grandes beneficios para las organizaciones, sin embargo, este

escenario de transformación supone la presencia de riesgos que deterioran la salud psicosocial y física de los trabajadores.

Al respecto, existe un escaso contenido bibliográfico, las investigaciones relacionadas al factor humano en su interacción con los sistemas tecnológicos, centran su atención a los beneficios que este salto tecnológico conlleva, mas no se profundiza en los escenarios donde el trabajador tiene que afrontar con su capital intelectual los desafíos de la interacción humano- máquina.

Los objetivos de la Industria 4.0 tienen un impacto directo en las tareas realizadas por los operadores, provocado un aumento considerable de la complejidad y de la cantidad de información de la tarea en los sistemas productivos; por esta razón el error humano debe ser considerado con especial interés en los ámbitos de prevención de riesgos laborales.

El uso de criterios de la ergonomía cognitiva, facilita rediseñar los procesos basados en la relación humano- máquina para conseguir el mayor ajuste, fluidez y flexibilidad entre ambos elementos, facilitando la reducción del error humano. En este contexto se han planteado los siguientes objetivos:

- Estudiar e identificar el error humano a causa de la digitalización de la actividad productiva en la Industria 4.0., en concreto, en la construcción 4.0
- Investigar tendencias actuales de empoderamiento del factor humano en los entornos ocupacionales (construcción 4.0), teniendo en cuenta las posibilidades que otorgan los nuevos facilitadores tecnológicos.
- Estudiar e identificar el diseño de nuevos sistemas de evaluación y control de los riesgos emergentes derivados de la automatización del proceso industrial en entornos constructivos, en su dimensión ergonómica y psicosocial.
- Analizar los riesgos emergentes derivados de las nuevas interfaces (productos inteligentes, *wereables*, interfaces de control robóticas, robots, cobots, etc.) de los entornos de trabajo conectados e inteligentes.
- Identificar y plantear medidas de control de los riesgos emergentes en los sistemas productivos conectados.

La experiencia de transformación de una organización a un entorno altamente automatizado y digitalizado, constituye un proceso de aprendizaje y adaptación constante, la información que adquirimos producto de nuestra interacción con los sistemas de trabajo alimenta nuestro sistema de creencias, juicios y valores, lo cual facilita adaptarnos al contexto cuando este cambia.

Disciplinas como la ergonomía cognitiva estudian la relación entre los sistemas de trabajo y las personas con el objetivo de viabilizar dicha interacción, cuando esta interacción tiene consecuencias psicológicas sobre el trabajador el análisis de esta información nos permitirá modificar o rediseñar el proceso, como medida preventiva.

Muchos empleados perciben la evolución de la tecnología como un evento del cual no forman parte activa, ya que las demandas que estos cambios traen consigo aparentemente están centrados en optimizar el tiempo y los recursos, descapitalizando el talento de los trabajadores.

METODOLOGÍA

Esta investigación de carácter documental considera el desarrollo de nuevos modelos de prevención y control de los riesgos en los contextos ocupacionales de la Construcción 4.0 desde la ergonomía cognitiva y el error humano; partiendo de la identificación y evaluación del error humano y la evaluación de las capacidades digitales de la empresa para generar empoderamiento, lo cual permite mantener actualizada la base de conocimiento para poder adaptar estrategias, marcos de trabajo, guías de implantación, métodos de diseño y evaluación, etc.

Los modelos *Top-down* ('de arriba abajo') y *bottom-up* ('de abajo arriba') son estrategias de procesamiento de información características de las ciencias de la información, especialmente en lo relativo al *software*. Por extensión se aplican también a otras ciencias sociales y exactas, para efectos de este estudio se abordará esta perspectiva como estrategia de empoderamiento de los trabajadores hacia la industria 4.0, para determinar cuál de ellas es la más viable según el contexto.

En el modelo *top-down* se formula un resumen del sistema, sin especificar detalles. Cada parte del sistema se refina diseñando con mayor detalle. Cada parte nueva es entonces redefinida, cada vez con mayor detalle, hasta que la especificación completa es lo suficientemente detallada para validar el modelo.

En contraste, en el diseño *bottom-up* las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo.(Krohn, n.d.)

La transformación tecnológica, implica un cambio de paradigma organizacional, el cual afecta de forma integral a todas las áreas de la compañía y debe estar fundamentado al menos en los siguientes pilares:

- Fábrica digital, haciendo un uso intensivo de tecnologías de información que pongan a disposición de los trabajadores conocimiento relevante.
- Flexibilidad, agilidad extrema de tecnologías y procesos que permita estar en un permanente estado de cambio, adaptándonos rápidamente a necesidades de nuestros clientes en continua transformación.
- Conocimiento profundo de nuestros procesos y tecnologías, extendido a lo largo de toda la organización.
- Personas. Expertos en fabricación y expertos digitales, acostumbrados a enfrentarse a retos en el día a día que permiten a la organización disponer de todo su talento para mejorar.

El cambio es profundo, integral e implica a todos por lo que es necesaria una estrategia *Top Down* impulsada desde la dirección y transmitida a todos los estamentos de la empresa.



Figura 1: Estrategia top down para el empoderamiento digital.

Para aplicar esta estrategia de empoderamiento es importante conocer el grado de madurez digital de la organización para evaluar si existe el compromiso y la identificación de todos con el objetivo de cambio, aquí es esencial conocer si la empresa ha asumido los desafíos tecnológicos en el pasado como oportunidades de mejora y no como obstáculos infranqueables, la capacidad de respuesta que haya tenido en escenarios previos, la evolución de la organización en el tiempo, su filosofía empresarial y el nivel de satisfacción del personal serán un claro referente de su predisposición y capacidad adquirida para incorporar a su proceso productivo o modelo de negocio las ventajas tecnológicas de la cuarta revolución industrial.

Realizar un diagnóstico de la capacidad o el potencial de transformación tecnológica que tiene la empresa mediante la representación de las brechas tecnológicas entre los escenarios reales e ideales ofrece un punto de vista objetivo sobre el contexto y las posibilidades de la empresa, se prioriza el análisis del conocimiento, uso, aplicación y disponibilidad de los siguientes elementos:

- Estrategia
- Equipos inteligentes
- Soporte del operador
- Estructura del movimiento digital
- Logística inteligente
- Infraestructura
- Trazabilidad
- Consistencia de los datos
- *Big data*
- Modelos digitales
- Planificación de recursos empresariales
- Cultura organizacional
- Liderazgo
- Cualificación
- Hoja de ruta

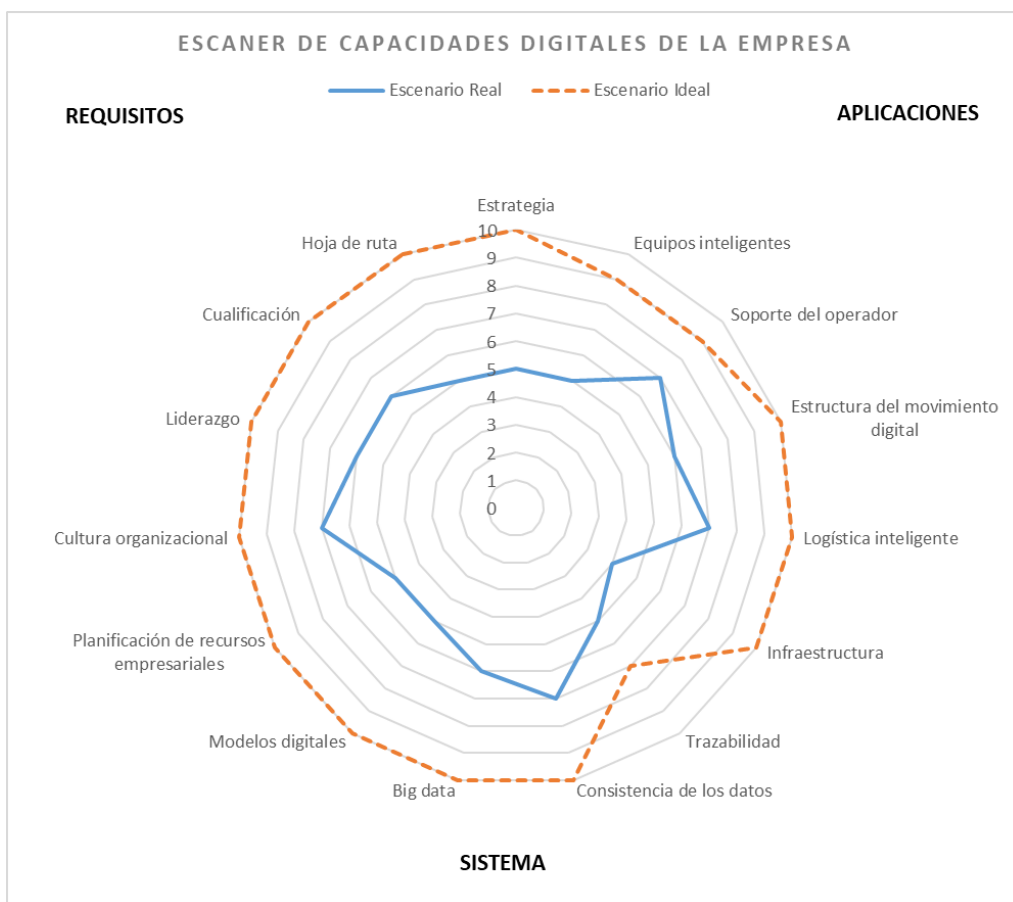


Figura 2: Escáner de capacidades digitales; [ilustración]; elaboración propia.

En caso de no disponer de un alineamiento claro, es recomendable no arrancar una iniciativa integral de transformación digital hacia la industria 4.0 sino, iniciar el proceso con proyectos.

El concepto *Bottom Up* como modelo de integración hacia la industrial 4.0, se lo concibe como, CÉLULA 4.0, aquí se concentran todos los elementos de transformación desde las bases hacia un modelo de fabricación avanzada, permite el desarrollo de una iniciativa avanzada 4.0 sin el esfuerzo de concienciación para el arranque de un proceso integral; genera una semilla que puede ser rápidamente extendida a otras áreas obteniendo un rápido retorno; y conforma los miembros necesarios para preparar a la organización para un proceso global de transformación (*Top Down*).

Determinar con exactitud la brecha respectiva entre el objetivo y el valor real en el proceso de transformación hacia la industria 4.0 permite trazar una hoja de ruta concreta con un enfoque dirigido, priorizado y estructurado, donde el trabajador sea el elemento sustancial en el diseño de los sistemas para favorecer su máxima eficiencia con el menor riesgo.

El objetivo base de la preventiva es conseguir un índice de cero accidentes y enfermedades profesionales derivados de la interacción hombre- máquina, para medir la efectividad de los modelos de integración implementados, es imprescindible generar indicadores de gestión.

Para comprender la efectividad los modelos de integración Bottom Up y Top Down, se deben analizar los resultados a mediano y largo plazo, tanto en materia financiera, organizativa, indicadores proactivos y reactivos de seguridad, empleando parámetros específicos.

A continuación, se presenta una comparación de cómo se comportan los indicadores de gestión en las metodologías Top Down y Bottom Up, en empresas con actividades económicas similares que adoptan estrategias distintas para la conversión digital y como esto se traduce el comportamientos que constituyen situaciones de riesgo.

1. Costos de desarrollo

BOTTOM UP	TOP DOWN
Los costos de desarrollo tienden a disminuir, puesto que las correcciones son realizadas en etapas tempranas del desarrollo, donde son menos costosas.	Los costos aumentan ya que los errores son corregidos una vez se haya integrado los componentes.

2. Precisión del presupuesto inicial

BOTTOM UP	TOP DOWN
El presupuesto se establece desde el principio. El proyecto se hace más fácil de gestionar. Se pueden utilizar diagramas de Gantt. Reducción de estrés debido a organización en las tareas	Partiendo de la experiencia de procesos de innovación anteriores se estima el presupuesto con poca exactitud. Aumento de estrés por excesiva responsabilidad

3. Comunicación, supervisión e independencia

BOTTOM UP	TOP DOWN
Trabajo colaborativo, y mejor comunicación permite disminuir los errores y hace más fácil la verificación empleando supervisión electrónica. A mayor control, mayor tensión, aumento de estrés y problemas psicosociales	Las personas trabajan de manera independiente, genera una escasa cantidad de datos intercambiados. Las deficiencias en la comunicación pueden afectar a la percepción sobre la claridad de rol. Sin una supervisión constante puede existir tiempo excesivo de trabajo y adicción a tareas

4. Adaptabilidad a nuevos sistemas

BOTTOM UP	TOP DOWN
Es un proceso que requiere de tiempo de entrenamiento y perfeccionamiento de habilidades en donde el error humano puede provocar accidentes.	La conversión digital es una transición que se sustenta por el peso de la experiencia, se cuenta con planes de contingencia producto de escenarios pasados.

5. Tiempo invertido en correcciones

BOTTOM UP	TOP DOWN
El costo de aprendizaje supone mayor tiempo de trabajo, hasta consolidar un sistema funcional El exceso de tiempo de trabajo genera desarraigo familiar, y falta de conciliación entre la vida laboral y familiar.	Esta metodología tiene un mejor comportamiento en este escenario. Reducción de tiempo de trabajo, permite desconcentrar las tareas rutinarias y canalizarlas a otras más creativas, reduciendo los efectos de estrés

6. Tiempo invertido en capacitación

BOTTOM UP	TOP DOWN
Toma menos tiempo, la adquisición de conocimientos permite tomar decisiones en conjunto. Promover apertura y participación en la toma de decisiones enriquece el trabajo.	Se requiere de un cambio en la cultura organizacional, y aprender a trabajar también de manera colaborativa para adaptarse al cambio La toma de decisiones obedece a una cadena de mando.

El desarrollo de una estrategia de transformación 4.0 hacia un modelo de fabricación avanzada es una necesidad que toda organización debe tener en cartera en su plan estratégico. El plan de despliegue puede plantearse en base a un modelo de transformación integral (modelo *Top Down*) o mediante el desarrollo y extensión de células 4.0 en planta (modelo *Bottom Up*).

La decisión sobre qué modelo es el más adecuado en cada caso, depende principalmente del grado de madurez digital de cada organización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de que los dispositivos inteligentes suponen una mejora de las condiciones de trabajo (convirtiéndose en facilitadores digitales y tecnológicos, reduciendo la carga de trabajo, proporcionando información de utilidad, automatizando tareas, avisando de incidencias, etc.), suponen un aumento en el tiempo de uso del puesto por parte del trabajador, y puede conllevar a su vez, a la aparición de nuevos riesgos emergentes o no contemplados en las evaluaciones de riesgos y puestos existentes en las empresas dentro de las Mejores Técnicas Disponibles.

Se pueden considerar como riesgos nuevos, ya que el riesgo se origina por procesos que no existían anteriormente, lugares de trabajo, cambios sociales, organizativos y la propia adopción de nuevas tecnologías.

Al facilitar el acceso al trabajo con la tecnología móvil, se producen pocos descansos naturales; aumenta la monotonía, individualiza la responsabilidad y reduce las oportunidades de participación en la toma de decisiones, se intensifica la carga de trabajo. (Kinzel, 2016)

Los denominados riesgos emergentes se entenderán como aquellos que aumentan el número de factores de peligro, que dan lugar al mismo, incrementan el peligro o el número de expuestos.

La OIT ha demostrado que esta carga de estrés afecta más a las mujeres, a los trabajadores de la salud y a los profesionales que hacen uso intensivo de tecnologías.

La centralización de las nuevas tecnologías genera síntomas de estrés de bajo nivel, en escenarios extremos como los penales, donde las personas son clasificadas por su grado de peligrosidad percibido, detonan graves problemas psicosociales y de salud mental. Esas prácticas han llevado al suicidio de trabajadores; se cita el caso de los trabajadores de Foxconn en China (Chan, 2010) como ejemplo de estas prácticas

CONCLUSIONES

Es necesario considerar las diferentes influencias e impactos que la tecnología tiene sobre la seguridad, el confort y el bienestar de los trabajadores en los entornos ocupacionales, en concreto en la construcción 4.0 y proveer mejores soluciones en la gestión de riesgos laborales enfocados a la interacción humano-máquina-tecnología.

La implantación no controlada de la tecnología reduce la autonomía y la privacidad, además mejora los sistemas de control del trabajo y supervisión electrónica, lo cual acelera el ritmo de trabajo, integrando el trabajo a la vida familiar.

El exceso de trabajo es una consecuencia de la implantación de nuevas tecnologías, cuando no existe el control adecuado, incide en la productividad y provoca problemas psicosociales.

La conversión a entornos altamente digitalizados y automatizados, cambia la percepción social sobre el trabajo, reconfiguran los modelos mentales para adaptarse a los cambios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sevilla, por brindarme la oportunidad de expandir las fronteras de mi conocimiento, que estarán siempre al servicio de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

Kinzel, H. (2016). *Industry 4.0 – Where does this leave the Human Factor?*

Krohn, J. (n.d.). Fokus statt Komplexität: Industrie 4.0 in der Produktion umsetzen. Retrieved from https://www.roi.de/fileadmin/ROI_DIALOG/Dialog_Neu/Bilder/Artikel/ROI-Beratung-Consulting-Industrie-4-0-Produktion-Komplexitaet.pdf

Akhtar, P., & Moore, P. (2016). Los efectos psicosociales del cambio tecnológico en los lugares de trabajo contemporáneos y las respuestas de los sindicatos. *Boletín Internacional de Investigación Sindical*, 8(1-2), 113-148.

Forastieri, V. (2016). Prevención de riesgos psicosociales y estrés laboral. *Boletín Internacional de Investigación Sindical*, 8(1-2), 11-37.

Ushakova, T. (2017). Los modelos de la acción normativa de la OIT para regular el trabajo a distancia. El futuro del trabajo: La organización del trabajo y la producción (págs. 1-11). Madrid: Organización Internacional del Trabajo. Obtenido de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilomadrid/documents/article/wcms_548606.pdf

Schroeder, W. (2016). La estrategia alemana industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización. Madrid: Friedrich Ebert Stiftung. Obtenido de https://www.unikassel.de/fb05/fileadmin/datas/fb05/FG_Politikwissenschaften/PSBRD/FES_Madrid_Schroeder_Industria_4.0_ES.pdf

León-Rubio, J. (2017). El factor humano en la industria 4.0: Una nueva lectura de los riesgos psicosociales.

Chan, J. y Pun, N. 2010. «Suicide as protest for the new generation of Chinese migrant workers: Foxconn, Global Capital, and the State», *The Asia-Pacific Journal*, septiembre, vol. 8, ejemplar 37, núm. 2, págs. 1-33. Disponible en <<http://apjjf.org/-Pun-Ngai--Jenny-Chan/3408/article.pdf>>