



# DISEÑO DE SISTEMA OPERATIVO

---

Módulo 3 – Unidad 3



UNIDAD 3. DISEÑO DE SISTEMA OPERATIVO ..... 3

3.1. DISEÑO DE SISTEMA OPERATIVO ..... 3

3.1.1. DISEÑO DEL PRODUCTO CICLOS DE VIDA ..... 5

3.1.2. DISEÑO DEL PROCESO .....11

3.1.3. DISEÑO DE PLANTA .....20

3.1.4. DISEÑO DEL TRABAJO .....23

## Unidad 3. Diseño de Sistema Operativo

### 3.1. Diseño de Sistema Operativo

Las especificaciones de un producto vienen dictadas por las necesidades expresadas por el cliente. La fase de diseño del producto integra todas las técnicas de fabricación realistas en función de la serie de piezas a producir. Si la empresa tiene sus propias instalaciones de fabricación, puede limitar sus opciones al potencial de sus propios talleres, o considerar la subcontratación si está económicamente justificado (Gendreau, Lutz y Perrard, 2003).

En la fase de fabricación, se tendrá en cuenta la disponibilidad de recursos para producir las piezas. Se puede establecer una organización de la producción para optimizar el funcionamiento del sistema. El enfoque es lineal en la industrialización de los productos: en cada etapa, desde el diseño hasta la producción, se tendrán en cuenta las técnicas viables y los recursos disponibles. Se puede utilizar cualquier sistema de producción denominado "universal" si cumple los criterios de flexibilidad y disponibilidad suficientes (Gendreau et al., 2003). La organización dará prioridad al respeto de los plazos, asegurando un nivel de calidad suficiente en relación con un coste aceptable para el cliente y garantizando un margen de beneficio para la empresa.

En el diseño de operaciones, el objetivo principal es reducir los costes. Esto permitirá realizar fuertes inversiones, que serán rentables por el gran número de productos que se fabricarán. La automatización de estos sistemas de producción será lo suficientemente avanzada como para permitir una reducción significativa de los plazos de entrega. Un segundo perdido en la ejecución de una operación puede suponer un retraso de varias semanas en la entrega (Gendreau et al., 2003).

Para garantizar una buena correspondencia entre el producto y el sistema de producción, estos últimos se diseñan específicamente para el producto, lo que los convierte en sistemas dedicados. Hay muchas aplicaciones en la industria del automóvil, la informática o los electrodomésticos, donde la amortización de los medios específicos está garantizada por el volumen de producción. Los enfoques de ingeniería simultánea, que consisten en diseñar en paralelo el producto y el sistema que permitirá fabricarlo, son aún más eficaces, ya que permiten optimizar tanto el producto como el sistema de producción.

La identificación de los modos de producción condujo a la caracterización de tres particularidades a nivel de posición operativa, siguiendo a Gendreau et al. (2003) estas son:

- La arquitectura del trabajo: flexible/rígida. Esto puede considerarse rígido cuando el puesto de trabajo es muy específico para un tipo de operación; esto puede corresponder a una necesidad particular. Una configuración de hardware y/o software es necesaria cuando la arquitectura es flexible, es decir, una familia de productos puede ser procesada con las mismas estaciones de trabajo cambiando ciertos parámetros (Gendreau et al., 2003).
- Organización: individual/colectiva. El montaje puede realizarse individualmente, es decir, producto por producto; es el tipo de montaje más tradicional. En una organización colectiva, se pueden montar o procesar varios productos en paralelo, con el mismo ciclo de movimiento; todos tenemos la imagen de una unidad de análisis de laboratorio que dosifica un producto con "n" pipetas en "n" tubos de ensayo al mismo tiempo (Gendreau et al., 2003).
- El modo de suministro: estación/kit. Un componente puede ser alimentado individualmente a la estación para ser ensamblado con otro componente o subconjunto; el suministro puede ser asegurado por una rampa, una cinta de alimentación, un tazón vibratorio o cualquier otro dispositivo capaz de transportar un solo tipo de componente. En una configuración de "kit", todos los componentes

que forman un subconjunto llegan en un palé individual; por lo tanto, sólo hay un flujo que concentra todos los componentes; queda una dificultad: la de preparar el palé con todos los componentes (Gendreau et al., 2003).

A través de estas tres características, existen por tanto 8 configuraciones posibles, dadas por la combinación de posibilidades. Está claro que algunos modos de producción son más representativos de los diferentes sistemas existentes. El estudio de cada modo permite, desarrollar organizaciones y estrategias de control adecuadas (Gendreau et al., 2003).

### **3.1.1. Diseño del Producto Ciclos de vida**

Los métodos tradicionales de diseño y fabricación de productos se basan en una serie de características del producto como la funcionalidad, el rendimiento, el coste, el tiempo de comercialización, etc. En nuestro siglo, en el diseño y la fabricación de productos se precisa de una mayor integración de los datos del ciclo de vida del producto, los diseños de productos/procesos sostenibles y su aplicación en la fabricación de productos de ingeniería innovadores. Todo ello debe aplicarse en todo tipo de productos y en todo tipo de cantidades (McDonough y Braungart, 2002).

Es fundamental que los enfoques tradicionales evolucionen e incorporen una perspectiva más sostenible considerando los múltiples ciclos de vida del producto y logrando una vida (casi) perpetua del producto/material (McDonough y Braungart, 2002). Además, deben desarrollarse metodologías de diseño novedosas y técnicas de fabricación innovadoras para abordar simultáneamente las características tradicionales y los problemas del ciclo de vida, incluidos los siguientes objetivos principales:

- Reducción de los costes de fabricación.
- Reducción del tiempo de desarrollo de los productos.
- Disminución de la utilización de materiales.
- Disminución del consumo de energía.
- Mayor seguridad operativa.

- Mayores beneficios para la sociedad.
- Reducción de los residuos industriales.
- Reparación, reutilización, recuperación y reciclaje de productos/materiales usados.
- Consideración de los problemas medioambientales.
- Especialización de los trabajadores.
- Mayor innovación de productos y procesos. (Jawahir, Dillon, Rouch, Joshi, Venkatachalam y Jaafar, 2006, p. 1)

Este cambio de paradigma en el diseño y la fabricación de productos requiere metodologías optimizadas que incorporen métodos de diseño y fabricación de productos respetuosos con el medio ambiente, energéticamente eficientes y ajustados a la sostenibilidad, con consideraciones de mantenimiento, desmontaje, recuperación de materiales, reutilización, refabricación y reciclaje de productos (Jawahir et al., 2006).

Para el diseño de nuevos procesos y productos, McDonough y Braungart (2002) promueven un pensamiento sistémico; además, exigen que se consideren los intereses de todas las partes interesadas en nuestro entorno vital. Los autores precisan sobre la necesidad de idear nuevas metodologías de diseño, procesos de fabricación, procesos posteriores al uso y planificación de recursos empresariales para lograr, simultáneamente, los múltiples objetivos, entre los que se pueden mencionar la rentabilidad de la empresa, la introducción rápida de nuevos productos en el mercado y la conservación de los recursos naturales con preocupaciones medioambientales (McDonough y Braungart, 2002).

Hasta ahora, los estudios de sostenibilidad se enfocaron en cuestiones medioambientales, sociales y económicas, contemplando la salud pública, el bienestar y el medio ambiente a lo largo de su ciclo comercial completo, definido como el periodo que va desde la extracción de las materias primas hasta su etapa final (McDonough y Braungart, 2002).

De acuerdo con Datschefki (1999), los productos sostenibles se definen generalmente como aquellos productos que generan beneficios ambientales, sociales y económicos. También, estos productos sostenibles a lo largo de su ciclo comercial producen beneficios sobre la salud pública y el medio ambiente, , satisfaciendo las necesidades de las generaciones futuras. Además, los productos sostenibles son totalmente compatibles con la naturaleza durante todo su ciclo de vida (en Jawahir et al., 2006, p. 2).

Generalmente, los análisis económicos y medioambientales realizados para los productos que tienen un impacto para la sociedad, se elaboran, probablemente en su totalidad, para un único ciclo de vida de un producto. Aspectos como la recuperación de materiales y las posibles oportunidades de reutilización múltiple, que a su vez se asocian a ganancias económicas y beneficios sociales y medioambientales, apenas se evalúan en la práctica actual de fabricación (Jawahir et al., 2006).

La idea del reciclaje, la reutilización y la refabricación ha surgido en los últimos tiempos con materiales de ingeniería, procesos de fabricación y sistemas sólidos, innovadores y viables para proporcionar productos de ciclo de vida múltiple. Esto se está convirtiendo en una realidad en una serie de áreas de aplicación de la fabricación de productos. El antiguo concepto **de la cuna a la tumba** ha cambiado a **de la cuna a la cuna**. Este concepto se está extendiendo en el mundo de la industria (McDonough y Braungart, 2002).

A esto se añade la conciencia y la necesidad de la ecoeficiencia y las preocupaciones medioambientales a menudo asociadas a las mínimas emisiones tóxicas en el aire, el suelo y el agua; la producción de cantidades mínimas de residuos inútiles y el consumo mínimo de energía a todos los niveles (McDonough y Braungart, 2002).

En las últimas décadas, los especialistas del área de sostenibilidad de productos y procesos intentaron elaborar nuevos métodos para analizar y evaluar el nivel de sostenibilidad en las distintas fases de la vida de un producto. Estas evaluaciones son útiles para los fabricantes, ya que les ayuda a reconocer cuáles son los elementos no sostenibles



que se encuentran durante cualquier etapa del ciclo de vida del producto. Las investigaciones anteriores han arrojado resultados cualitativos sobre el ciclo de vida del producto que, en su mayoría, con la excepción de algunos esfuerzos recientes, son difíciles de medir y cuantificar (Jawahir et al., 2006).

Las evaluaciones mencionadas son, en su mayoría, no analíticas y carecen de rigor científico, de acuerdo con su valor percibido de las contribuciones. Además, la sostenibilidad de los productos no se limita a una evaluación simplista del medio ambiente como medida de contribución, sino que implica una evaluación completa y simultánea de las categorías de impacto ambiental, económico y social, que están interrelacionadas. Estos tres componentes principales de la sostenibilidad (ambiental, económico y social) están interrelacionados y tienen algún impacto en cada etapa del ciclo de vida de un producto, aunque el nivel de impacto puede variar entre las diferentes etapas (Jawahir et al., 2006, p. 2).

### **Ciclo de vida de productos manufacturados**

El ciclo de vida total de un producto fabricado consta de cuatro etapas clave en un sistema de bucle cerrado: pre-fabricación, fabricación, uso y post-uso.

Pre-fabricación: La primera etapa del ciclo de vida de cualquier producto es la extracción de material de sus reservas naturales. La extracción de materias primas es el proceso de excavación de materiales vírgenes valiosos de las capas de la corteza terrestre. Estos materiales vírgenes extraídos se procesan y consumen en la fabricación del producto final. La pre-fabricación incluye la extracción de minerales metálicos y su fundición en aleaciones metálicas, la extracción de petróleo crudo y su transformación en hidrocarburos, la tala de árboles y su transformación en madera o papel utilizables, etc. (Jawahir et al., 2006, p. 3).

Esta etapa, ciclo de vida de productos manufacturados, también incluye el embalaje, el almacenamiento y el transporte de los productos procesados o semiprocados (Jawahir et



al., 2006). Según los autores: “el diseño para el medio ambiente también forma parte de esta etapa, ya que implica el diseño conceptual, en términos de medio ambiente, funcionalidad, uso, seguridad y otros aspectos del producto final” (Jawahir et al., 2006, p. 3).

Fabricación: la fabricación es la fase en la que los materiales semiprocados se transforman en productos acabados para su venta. Tal como indican Jawahir et al. (2006), “las técnicas de procesamiento (mecanizado, conformación, prototipado rápido, fundición, etc.) que intervienen en esta fase son muy diversas y se basan en las características de rendimiento deseables que se deben incorporar al producto final” (p. 3). El ensamblaje es una parte integral de la fase de fabricación del ciclo de vida de un producto en la que se utiliza el procesamiento manual o automatizado para unir o integrar las distintas piezas (Jawahir et al., 2006).

Los autores Jawahir et al. (2006) sostienen que dependiendo de la complejidad del diseño del producto, esta fase puede variar de un par a un gran número de pasos. La fabricación del producto puede implicar: dar forma a los metales en piezas mediante moldes o herramientas de corte, ensamblar los componentes en un producto, almacenar y transportar las piezas finales, etc. El envasado y la publicidad del producto también se consideran generalmente parte de la fase de fabricación (Jawahir et al., 2006).

Uso: la fase de uso del ciclo de vida del producto se refiere, principalmente, al tiempo que el consumidor posee y utiliza el producto. Durante la fase de uso, el producto debe ser eficiente desde el punto de vista energético, seguro, fiable, fácil de manejar, mantener, reparar, etc. El producto debe poder actualizarse para competir con los modelos más nuevos y durar más tiempo (Jawahir et al., 2006). Según Jawahir et al. (2006), “el producto se queda obsoleto cuando una o varias de sus características deseables dejan de satisfacer las necesidades del consumidor” (p. 3).

Post-uso: después de su uso, el producto llega al final de su vida útil, cuando ya no puede satisfacer al consumidor. El post-uso, también denominado fin de vida, es el tratamiento final de un producto para su eliminación, incineración, reciclaje, refabricación u otro tratamiento de fin de vida (Jawahir et al., 2006, p. 3).

### **El concepto de 6R**

Al considerar el flujo de materiales en el ciclo de vida de un producto sostenible, las "3R"- Reducir, Reutilizar y Reciclar-, se han referido, a menudo, como estrategias de procesamiento al final de la vida útil. Sin embargo, una descripción más amplia y completa incluiría otras tres "R". Se trata de Recuperar, Rediseñar y Remanufacturar (Jawahir et al., 2006).

Jawahir et al. (2006) indican que reducir implica actividades que buscan simplificar el diseño actual de un determinado producto para facilitar las futuras actividades posteriores al uso (p. 4).

De todas las actividades del final de la vida útil en la etapa posterior al uso, la reutilización puede ser potencialmente la etapa con menor impacto ambiental, principalmente porque suele implicar comparativamente menos procesos. El reciclaje se refiere a las actividades que incluyen la trituración, la fundición y la separación. La recuperación representa la actividad de recogida de productos al final de su vida útil para actividades posteriores a su uso. También, "se refiere al desmontaje, y al desmantelamiento de componentes específicos de un producto al final de su vida útil" (Jawahir et al., 2006, p. 4).

El rediseño está estrechamente relacionado con la reducción, ya que implica el rediseño del producto con el fin de simplificar los futuros procesos posteriores al uso. La refabricación tiene muchas similitudes con la fabricación, pero la principal diferencia radica en que no se realiza sobre la materia prima, es decir, el material virgen, sino que se lleva a

cabo sobre un producto que ya ha sido utilizado. La introducción del concepto "6R" en el ciclo de vida de un producto tiene como objetivo alcanzar la condición de un flujo perpetuo de materiales, lo que se traduce en una minimización de la huella ecológica de ese producto (Jawahir et al., 2006).

### **3.1.2. Diseño del Proceso**

En la industria mundial competitiva actual, como indican Hernandez-Matias y otros(2006):

“la demanda de productos de alta calidad fabricados a bajo coste y con tiempos de ciclo más cortos ha obligado a las industrias manufactureras a considerar varios diseños de nuevos productos, fabricación, sistemas de información y estrategias de gestión. (p. 571).

En este proceso de decisión, la aplicación de métodos y herramientas de ingeniería de sistemas para el modelado, el análisis y la optimización de los sistemas de fabricación es la mejor manera de alcanzar los objetivos propuestos. Los sistemas de apoyo a la decisión, la modelización de procesos de software, los sistemas expertos, la reingeniería de procesos de negocio, el software de simulación, los modelos de fabricación de costes ABC y las bases de datos de fabricación son algunas de las múltiples metodologías y herramientas que permiten analizar un sistema de fabricación y apoyar el proceso de toma de decisiones (Hernandez-Matias et al., 2006).

El análisis de producción para la mejora continua es un área técnica importante por el incremento de los requisitos de calidad y flexibilidad para los clientes finales. Hay muchos casos de aplicación en los que se realiza el análisis de fabricación para tomar decisiones, como los que muestran Hernandez-Matias et al., (2006):

- Diagnóstico de residuos (capacidad, recursos o coste).
- Diagnóstico de un trastorno (flujo de material, de información o de control).
- Reestructurar un proceso de fabricación para mejorar su rendimiento.
- Reingeniería de procesos empresariales (BPR).
- Implantación de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), sistemas de ejecución de fabricación (MES) y gestión de datos de productos (PDM).

- Implementación de estrategias JIT, TQM, TPM, QFD.
- Aplicación del método de contabilidad de costes ABC.
- Ajustar la estructura de la organización para afrontar el cambio empresarial.
- Integración de sistemas a gran escala.
- Alineación o conformidad con las normas (ISO 9000, ISO 14000).
- Decisión de la dirección (externalización de la actividad/internacionalización). (p. 572)

El análisis del proceso de fabricación inicia con una primera fase, donde se evalúa el sistema utilizando métodos de ingeniería tradicionales y técnicas de ingeniería de sistemas. Según Hernandez-Matias et al. (2006), los resultados de la primera fase permiten reconocer los puntos fuertes y débiles, así como las actividades que deben mejorarse para obtener el mejor rendimiento (Hernandez-Matias et al., 2006).

De acuerdo con Hernandez-Matias et al. (2006),

En la segunda fase, se toman decisiones para seleccionar las técnicas de mejora óptimas para la situación específica del sistema de producción. La última fase consiste en la medición de los resultados para reconsiderar las acciones futuras en el proceso cíclico de mejora continua hacia la excelencia. Este último proceso se lleva a cabo con la medición de los indicadores clave de rendimiento (KPI) y la aplicación de las últimas técnicas de cálculo de costes/gestión basada en actividades (ABC/ABM). Normalmente, las decisiones de mejora en las empresas se toman a partir de datos resumidos, ratios e índices que suelen calcularse con métodos desarrollados para cada caso concreto. (p. 572)

El valor añadido de estas acciones en la industria moderna sugiere el desarrollo de nuevos métodos y herramientas de normalización que sean capaces de integrar las tres fases en un único entorno. Existen muchas investigaciones sobre estudios de casos específicos o trabajos conceptuales relacionados con el análisis general de la fabricación (Felix y Bing, 2001; Guimaraes, 1997; Gunasekaran & Nath, 1997, en Hernandez-Matias et al., 2006). En todos los casos, el objetivo es obtener datos de rendimiento como el plazo de entrega, la productividad, el coste, la flexibilidad o la calidad del producto para decidir la mejor solución para un sistema concreto. Sin embargo, estos métodos no son utilizados por algunas empresas en la práctica debido a los errores que presentan (Hernandez-Matias et al., 2006).

## **Técnicas de análisis de fabricación**

Sobre las técnicas de análisis de fabricación, los autores Hernandez-Matias et al. (2006) sostienen que:

Normalmente, la implantación real de nuevas técnicas de gestión de la producción (JIT, 5S, SMED, TPM, Lean Manufacturing, Ingeniería Concurrente, ERP, MES) se basa en metodologías que permiten analizar su estado con respecto a modelos de referencia. Un primer grupo de estas metodologías está formado por las que se basan en cuestionarios, con preguntas destinadas a identificar el estado actual del sistema de producción. (p. 572)

Los resultados se comparan con tablas de referencia que permiten calcular el rendimiento teórico actual del sistema de producción. Hernandez-Matias et al. (2006) afirman que los autores Aquilano y Chase (1991) fueron los creadores de este tipo de cuestionario que se ha adaptado con el tiempo y ha sido utilizado por empresas industriales y de consultoría. Estos cuestionarios agrupan los principales aspectos que deben estudiarse en un sistema de producción en distintas categorías o niveles de mejora. Normalmente, analizan la estructura del producto, los flujos de fabricación, la coordinación de la planta con otras áreas, las instalaciones, la planificación de la producción, los sistemas de programación y la mano de obra (Hernandez-Matias et al., 2006).

En la mayoría de los casos, estos métodos van acompañados de herramientas informáticas que permiten automatizar su aplicación. Es el caso de Vollmann, Dixon y Nannu (1989), que crearon una herramienta de diagnóstico y un método para analizar las necesidades de medición de una planta de producción. Esta herramienta consta de una serie de preguntas destinadas a medir los principales indicadores y a establecer las desviaciones con respecto a las normas propuestas. Lógicamente, los resultados dependen de la correcta configuración del modelo estándar. Del mismo modo, el método de diagnóstico propuesto por Jackson (1996) es muy interesante, ya que puntúa y evalúa las respuestas a listas específicas de preguntas. Las respuestas se vinculan con acciones y objetivos para transformar el sistema hacia la fabricación ajustada. (Hernandez-Matias et al., 2006, p. 573)

Un segundo grupo de metodologías está formado por las que utilizan procedimientos de medición de los principales factores del sistema, como la productividad, los costes o la

flexibilidad, y establecen la correspondencia con un modelo de referencia que se considera óptimo (Hernandez-Matias et al., 2006).

Entre las primeras iniciativas de este tipo, cabe destacar la de Seidel (1998). Desarrolló una metodología orientada a la evaluación y mejora de la productividad en las empresas job-shop, partiendo de un modelo en el que se categorizan las actividades en ocho clases: compras, ingeniería, distribución en planta, planificación, fabricación, programación, clientes y diseño. El autor representa la relación entre las distintas clases mediante una matriz de productividad y otra de factores de identificación de problemas. (Hernandez-Matias et al., 2006, p. 573)

Ambas matrices permiten establecer la cantidad de opciones de mejora de cada una de las actividades básicas del sistema, mediante el cálculo de una matriz de productividad global que señala las especificaciones que deben ser objeto de mejoras dada la falta de rendimiento de la producción (Hernandez-Matias et al., 2006).

Wiendahl y Ullmann (1993) también desarrollaron un método específico para medir la productividad de la planta. Este método se sustenta en un modelo que analiza los flujos de producción mediante un "diagrama de rendimiento", que registra los inventarios de cada producto generado en todas las actividades del proceso. El método dio lugar a una herramienta de seguimiento que permite recopilar datos sobre el rendimiento de los productos del sistema de fabricación y señala el camino hacia la línea de acción ideal para la mejora continua (en Hernandez-Matias et al., 2006).

Los autores Hernandez-Matias et al. (2006) mencionan a Rozenfeld, Rentes y Konig, quienes en 1994:

propusieron una estructura de metadatos de información, basada en la configuración de cinco modelos: negocio, operaciones, datos, recursos y organización. A partir de esta estructura inicial, se desarrolló una metodología de modelización destinada a la reingeniería de procesos en contextos CIM. Su principal aportación consiste en proponer una estructura de información que permita comprender mejor los procesos de la empresa relacionados con la fabricación. (p. 573)

Miltenburg (1996) desarrolló un marco completo para la formulación de la estrategia de fabricación, que proporciona un método analítico “que identifica el estado de un sistema

de fabricación, dentro de la evolución hacia la excelencia industrial” (en Hernandez-Matias et al., 2006, p. 574).

A la hora de poder realizar una evaluación del sistema, el método proporciona una visión clara de cuáles son los indicadores clave e identifica la serie de indicadores relacionados con los resultados del sistema. Identificar y actuar sobre estos indicadores allana el camino a las propuestas de la técnica de mejora que produce los mejores resultados. Un concepto interesante en relación con la mejora de los sistemas de fabricación mediante modelos de diagnóstico ha sido la inclusión del concepto de “valor añadido” en estos modelos de referencia. (Hernandez-Matias et al., 2006, p. 574)

En este sentido, Trischler (1996) desarrolló “una metodología que permite analizar los sistemas a través de la identificación de las actividades que no aportan valor añadido a un proceso” (en Hernandez-Matias et al., 2006, p. 574). La metodología proporciona las fases por las que debe desarrollarse un proyecto de mejora de procesos, y su principal aporte es un modelo de referencia basado en un "diccionario de actividades" que no genera valor (Hernandez-Matias et al., 2006).

En la actualidad, los modelos de referencia de diagnóstico han integrado nuevas técnicas de ingeniería de sistemas. Es el caso de Heredia (1999), que propuso un modelo de referencia para la gestión integrada de procesos, compuesto por un modelo de organización por procesos, un modelo de indicadores y un modelo de datos. Su objetivo principal es servir de guía para la implantación de un sistema de indicadores estratégicos para la gestión integrada de una empresa, basado en los principios de la calidad total. (Hernandez-Matias et al., 2006, p. 574)

El mismo autor participó en el proyecto europeo ESPRIT TQM-Til, cuyo objetivo es desarrollar una herramienta web que permita la explotación de indicadores a partir de bases de datos OLAP corporativas (Hernandez-Matias et al., 2006).

### **Modelización de la información**

Según Hernandez-Matias et. al. (2006), “no cabe duda de que la modelización de la información es la técnica más importante utilizada para el análisis de la fabricación” (p. 574). Durante las dos últimas décadas se han desarrollado varias metodologías de modelado de



procesos utilizadas para capturar el conocimiento y representar la estructura, el comportamiento, los componentes, los recursos y las operaciones de un sistema de fabricación para comprender, rediseñar, evaluar y optimizar el rendimiento (Hernandez-Matias et al., 2006). Sus aplicaciones finales son muy diversas y abarcan:

- Modelización para la aplicación de técnicas de diseño para la fabricación (Colquhoun, Gamble y Braines, 1989; Guiachetti, 1999) o la ingeniería concurrente (Barreiro, Labarga, Vizán y Ríos, 2003; Howard y Lewis, 2003).
- Estudio de cómo implantar sistemas ERP (Kwon y Lee, 2001).
- Captación de información para su uso en la simulación (Perera y Liyanage, 2000).
- Evaluación de las tecnologías informáticas que se introducirán en las pequeñas y medianas empresas manufactureras (Kwon y Lee, 2002).
- Representar el proceso de negocio del mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para decidir las estrategias de mantenimiento (Perera y Liyanage, 2000) o apoyar una metodología basada en el árbol de fallos para la evaluación de la fiabilidad y el riesgo con IDEF3 (Kwon y Lee, 2002).
- Desarrollar un sistema de base de datos para optimizar los procesos de fabricación durante el diseño (Howard y Lewis, 2003). (en Hernandez-Matias et al., 2006, p. 574)

### **Simulación dinámica**

Según Hernandez-Matias et al. (2006), la técnica de simulación dinámica

se utiliza desde los años 60 como herramienta para investigar el comportamiento subyacente de muchos tipos de sistemas de fabricación. En las dos últimas décadas, se ha producido un aumento espectacular del uso de la simulación para diseñar y optimizar los sistemas de fabricación y almacenamiento. La razón se encuentra en la facilidad para evaluar el movimiento de las piezas a través de las máquinas y los puestos de trabajo, y examinar la demanda conflictiva de recursos limitados.

La simulación se realiza mediante el uso de una de las muchas herramientas disponibles en el mercado. Muchas de ellas han servido de base para numerosos trabajos que analizan y comparan la aplicabilidad de estos sistemas en el sector de la fabricación. (Hernandez-Matias, 2006, p. 576)

En los resultados de los trabajos de Hernandez-Matias et al. (2006) se observa que la aplicabilidad de la simulación se acrecienta cuando se intenta resolver determinados problemas en sectores concretos. Podemos referirnos a varios temas: la planificación de la

producción, los cuellos de botella, la programación, el estudio de los residuos, el diseño del sistema Just-In-Time, la modelización de la reingeniería (Hernandez-Matias et al., 2006).

Los programas informáticos de simulación ofrecen interfaces de usuario que permiten reducir considerablemente el tiempo de programación, pero es necesario definir bien las especificaciones del modelo de simulación. Hernandez-Matias et al. (2006) afirman que,

En este sentido, el uso complementario de técnicas de modelización mejora la calidad de los modelos de simulación y reduce el tiempo necesario para configurarlos. Esta es la principal razón por la que muchos investigadores centran sus desarrollos en obtener una conexión directa entre las herramientas de modelización y los simuladores de procesos. (Hernandez-Matias, 2006, p. 576)

Las primeras iniciativas desarrollaron herramientas para capturar la información de los modelos IDEF3 e integrarla en el paquete de simulación Witness. Rojas y Martínez (1998) desarrollaron un prototipo que permite capturar, describir y analizar “modelos de procesos de actividades para la generación automática de código para herramientas de simulación por ordenador” (en Hernandez-Matias et al., 2006, p. 576).

Como modelador de actividades, el prototipo utiliza la técnica del diagrama de actividades de roles (RAD) (Ould, 1995, en Hernandez-Matias et al., 2006). “Además de la descripción de las actividades RAD, incluye información sobre los objetivos y las decisiones asociadas al desarrollo del modelo” (Hernandez-Matias et al., 2006, p. 576).

Para superar algunos límites de la metodología de simulación, los investigadores han empezado a desarrollar enfoques híbridos que integran otras técnicas como la lógica difusa, el diseño experimental, las redes neuronales o los algoritmos genéticos (Hernandez-Matias et al., 2006).

Sin embargo, estas técnicas prácticamente nunca son utilizadas por los usuarios finales. Los paquetes de simulación se están mejorando continuamente y el futuro parece prometedor, pero la dificultad de estandarizar los problemas industriales puede impedir su implantación masiva en la industria. De todos modos, la simulación es una técnica que todavía tiene muchas potencialidades infraexplotadas. (Hernandez-Matias, 2006, p. 576)

Los autores Henández-Matias et al. (2006) identifican en los métodos y herramientas algunos puntos débiles, los cuales se mencionan a continuación:

- Dificultad para normalizar el análisis general de los sistemas de fabricación para buscar la mejora continua.

La diversidad de los sistemas de fabricación y la variabilidad de los objetivos de un análisis general dificultan la creación de un método estándar. El motivo es la complejidad de la fabricación actual, donde los procesos de producción son tan variados como la gama de productos fabricados. Esta afirmación es más evidente si analizamos el gran número de variables que se pueden considerar. (Hernandez-Matias, 2006, p. 578)

La tipología de la demanda puede suponer trabajar con stocks o con pedidos. Según Hernandez-Matias et al. (2006), “a veces, la producción consiste en bajos volúmenes de productos de alta ingeniería con más o menos variantes, pero otras veces, los productos se caracterizan por su alta calidad, bajo coste y altos volúmenes” (p. 578).

Además, la mano de obra puede incluir un gran número de personal tanto cualificado como no cualificado, que puede ser flexible o rígido. Por otra parte, los sistemas formales e informales, las buenas y malas tradiciones y las nuevas y viejas culturas son factores que hacen que el análisis de la fabricación sea diferente en cada empresa. Todos estos factores crean una serie de factores de influencia que complican la definición de métodos estándar (Hernandez-Matias et al., 2006).

- Métodos orientados a la definición de decisiones estratégicas.

En la mayoría de los casos, las iniciativas relacionadas con las metodologías de diagnóstico o el desarrollo de sistemas de indicadores se centran en aspectos estratégicos de la empresa. Proporcionan marcos de referencia con valor conceptual, pero no están suficientemente desarrollados para ser aplicados en el nivel operativo de la fabricación. La BPR es una poderosa herramienta para la gestión del conocimiento, pero existe una brecha con el proceso final para la toma de decisiones tácticas en un entorno de fabricación. (Hernandez-Matias, 2006, p. 578)

- Análisis solo descriptivo.

Según Hernandez-Matias et al. (2006), “con frecuencia, los resultados de un análisis de fabricación se convierten en una simple auditoría del estado actual de las actividades y los

recursos implicados en el sistema” (p. 578). En la mayoría de los casos, los usos de tecnologías de modelización como IDEF tienen un valor incuestionable del estado "AS-IS". Facilitan la adquisición de conocimientos, pero no permiten orientar las acciones a realizar.

Tal como indican Hernandez-Matias et al. (2006), “en muchas ocasiones, los nuevos modelos TO-BE no pueden ponerse en práctica debido al coste de implementación o a problemas humanos que no se han reflejado en el modelo. Los resultados sólo se convierten en modelos cualitativos de las actividades” (p. 578).

Hernandez-Matias et al. (2006) sostienen que,

sin la asociación de los datos y variables de producción (tiempo de ciclo, coste, eficiencia, calidad...) a los modelos de actividad, resulta imposible identificar, ordenar y calibrar la magnitud de los problemas que plantean las actividades. Con frecuencia, los métodos como IDEF0 sólo muestran la identificación de dónde una actividad produce una salida para otra actividad y dónde no. En estos casos, el modelo no proporciona indicadores sobre las tasas de producción o los efectos en el sistema al cambiar los parámetros básicos como el tiempo o el coste. (Hernandez-Matias, 2006, p. 578)

- Ausencia de interfaces entre las herramientas de modelado y de análisis.

La mayoría de las técnicas y métodos utilizan una representación gráfica de objetos como actividades y flujos para modelar la funcionalidad del sistema. Sin embargo, estos sistemas no están vinculados directamente con herramientas de análisis como un simulador dinámico o sistemas de apoyo a la decisión (DSS). Los diagramas del modelo no pueden convertirse fácilmente a un formato que pueda ser interpretado por estas herramientas. (Hernandez-Matias, 2006, p. 578)

Otros puntos débiles, según Hernandez-Matias et al. (2006) son:

- Dificultad para cuantificar el valor añadido de los procesos.
- Dificultad para cuantificar los costes de no calidad.
- Ausencia de métodos de selección de técnicas y de planificación de acciones de mejora.
- Escaso uso real de las técnicas de modelización en las PYME.
- Escaso uso real de técnicas avanzadas (pp. 578-579).

### 3.1.3. Diseño de Planta

La fabricación ajustada es una filosofía que maximiza la eficiencia, reduce los costes, mejora la calidad de los productos y, además, analiza de forma importante cómo trabajan las personas en una fábrica (Ohno, 1988).

La producción ajustada es *lean* porque utiliza menos cantidad de todo, es decir, la mitad del esfuerzo humano en la fábrica y la mitad del espacio de la fábrica (Womack, Jones y Roos, 1990). Las fábricas que se convierten en *lean* tienen permiso para duplicar la producción sin incorporar trabajadores ni ampliar las instalaciones. Las fábricas esbeltas tienen una décima parte del inventario en proceso (WIP), porque el material fluye continuamente durante la producción desde las existencias en bruto hasta el muelle del cliente (Standard y Davis, 1999).

Algunas de las herramientas comunes utilizadas para la implementación de *lean* son:

- **Siete despilfarros:** los despilfarros son los beneficios que puede obtener la empresa y el *lean* es una revolución que permite obtener esos beneficios. Según Taiichi Ohno, los desperdicios pueden ser el movimiento, el tiempo de espera, el exceso de producción, el exceso de procesamiento, los defectos, el transporte y el inventario. El principal objetivo de la fabricación ajustada es eliminar los residuos (en Ali, Jaweed, y Fahad, 2015).
- **Kaizen:** es una filosofía de mejora continua de las prácticas de trabajo.
- **Just In Time:** reducir el inventario en proceso y los costes asociados.
- **5S:** es una metodología utilizada para organizar el trabajo.
- **Kanban:** señal visual de las demandas de los clientes (Ali, Jaweed, y Fahad, 2015; Ohno, 1988).

La distribución de las instalaciones se entiende como la disposición de las operaciones, la maquinaria y los espacios y la correlación entre ellos. El diseño de la planta es el estudio de la distribución del espacio, por ejemplo, la planificación del espacio arquitectónico, la

distribución de la fabricación, la distribución de las oficinas y la distribución de la integración a muy gran escala (VLSI). Por lo general, el diseño de la planta se encuentra en estrecha relación con el control de la producción y la calidad del producto (Vollmann y Buffa, 1966).

Una disposición bien organizada de las máquinas o los departamentos y unas vías de transporte adecuadas crean una planta eficiente (Bock, 2007).

El análisis de la disposición de la planta suele incorporar un estudio de los diagramas de flujo de los procesos de la línea de producción, los diagramas de flujo de materiales, las rutas de los productos, los tiempos de los procesos, el desarrollo de diagramas de origen y destino, los diagramas de relación entre los distintos departamentos de la instalación y el coste del movimiento de materiales (Francis, McGinnis y White, 1992).

La planificación sistemática de la disposición (SLP, *Systematic Layout Planning* en inglés) es un enfoque procedimental que se emplea en el diseño de la disposición para pequeñas y medianas empresas. Investigaciones recientes analizan nuevas áreas de aplicación de la planificación de la distribución, como hospitales e industria alimentaria (Wanniarachchi, Gopura y Punchihewa, 2016).

### **Disposición de planta**

El diseño de la disposición de las instalaciones tiene una gran influencia en la productividad de la planta. El objetivo del diseño de la disposición es encontrar la mejor disposición de las instalaciones y minimizar la manipulación de materiales. Ha seguido siendo un área de investigación activa durante las últimas décadas. Estudios anteriores han demostrado que el coste de la manipulación de materiales tiene un impacto significativo en el coste operativo de la planta (Jiamruangjarus y Naenna, 2016).

Según la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, “la manipulación de materiales se define como el arte y la ciencia que se ocupa del movimiento, el embalaje y el almacenamiento de sustancias en una forma fabricación” (en Jiamruangjarus y Naenna,

2016, p. 2). El equipo utilizado en la manipulación de materiales tiene influencia en la productividad de la fabricación (Jiamruangjarus y Naenna, 2016).

El coste del flujo de materiales implica del 30 al 70% del coste total de fabricación, de acuerdo con el tipo de industria. El coste de operación durante la fabricación puede reducirse del 15 al 30% mediante una manipulación de materiales bien organizada. Por lo tanto, es fundamental que la ubicación de las máquinas/puestos de trabajo se disponga en de forma que se reduzca la distancia recorrida por el personal o la manipulación de materiales. La mayor parte de la literatura sobre el problema del diseño de la distribución se divide en dos grandes categorías: enfoques algorítmicos y procedimentales (Ali Naqvi et al., 2016).

La generación y evaluación de diseños suele considerarse una tarea difícil y que requiere mucho tiempo. Esto se debe a dos razones. En primer lugar, el extenso proceso de recogida de datos en la fase inicial. En segundo lugar, la naturaleza de los objetivos múltiples de, es decir, que la mejor disposición se selecciona tras un equilibrio entre una combinación de requisitos de producción reales (Ali Naqvi et al., 2016).

Algunos ejemplos son la integración global de todas las funciones, el mínimo movimiento de materiales, la fluidez del trabajo, la utilización eficaz del espacio, la satisfacción de los empleados, la seguridad, la flexibilidad, etc. Priorizar los objetivos del diseño de las instalaciones permitirá decidir el enfoque adecuado que se debe seguir. Es necesario analizar los efectos a largo plazo de las modificaciones antes de cambiar la distribución de las instalaciones. La nueva distribución debe justificar el gasto realizado durante la reordenación de las máquinas/departamentos (Ali Naqvi et al., 2016).

Vollmann y Buffa (1966) han investigado los supuestos implicados en la modificación de la distribución. Cuando se utiliza un enfoque procedimental, los supuestos poseen un rol fundamental para establecer la mejor alternativa (Vollmann y Buffa, 1966).



La distribución tiene como principal objetivo disminuir los costes de manipulación de los materiales. Hay dos conjuntos básicos de problemas en el diseño de la distribución: (1) las necesidades de espacio de los departamentos y la superficie total y (2) los límites de las operaciones (Vollmann y Buffa, 1966).

Los departamentos situados dentro de las instalaciones no deben solaparse, y algunos departamentos deben estar aislados o tener una posición específica. La selección de la nueva distribución debe tener en cuenta factores a largo plazo, como la capacidad de ampliación y la flexibilidad. La expansibilidad es la capacidad de acomodar futuras ampliaciones con el menor coste posible. La flexibilidad se refiere a que la distribución debe adaptarse a los cambios futuros en la combinación de productos, a la variación de la demanda y a la mejora de la tecnología. Ambos factores ponen de relieve que la distribución no es una decisión única, sino que debe ser capaz de adaptarse a las modificaciones cuando sea necesario (Vollmann y Buffa, 1966).

Un problema recurrente es cómo mejorar el diseño de una planta de producción, a pesar de que el uso de SLP brinda los pasos a seguir para elaborar el diseño, se lo entiende como un proceso que requiere mucho tiempo.

#### **3.1.4. Diseño del trabajo**

La evolución de los puestos de trabajo y de las competencias para la implantación con éxito de la Industria 4.0 es de significativo interés contemporáneo e importancia tanto para los investigadores, como para los responsables políticos y los gestores en activo (Smit et al., 2016).

Se prevé que la introducción de las últimas tecnologías digitales y de automatización en la industria manufacturera -como los sistemas ciber físicos, el Internet de las cosas, la computación en la nube y los macrodatos- afectará significativamente a los procesos de trabajo y al entorno laboral. Se espera que los puestos de trabajo de los empleados cambien en términos de contenido y también se están creando nuevos tipos de trabajo. Como

consecuencia, se prevén nuevos requisitos de competencias (Pinzone, Fantini, Perini, Garavaglia, Taisch y Miragliotta, 2017).

A pesar de la creciente atención del tema, las investigaciones sobre los cambios en el trabajo y las habilidades que se requieren para la industria 4.0. son incipientes. Hasta ahora, las investigaciones [por ejemplo, la realizada por Hecklaua (2013)] eran en su mayoría teóricas y ofrecían una visión general de las competencias relacionadas con la Industria 4.0, sin articularlas según las especificidades de los distintos ámbitos organizativos en los que se están introduciendo las tecnologías (en Pinzone et al., 2017).

En consecuencia, siguen existiendo importantes lagunas sobre cómo evolucionarán los perfiles laborales y qué tipos de competencias serán relevantes y demandadas en la Industria 4.0 (Pinzone et al., 2017).

### **Modelos de competencia**

Los modelos de competencia se refieren a conjuntos de conocimientos, habilidades, destrezas y otras características necesarias para un desempeño eficaz en los puestos de trabajo, familias de puestos o áreas funcionales. En los últimos años, se han llevado a cabo varios trabajos para reunir modelos de competencia para la fabricación, las TIC y la Industria 4.0 (Pinzone et al., 2017). A continuación, se mencionan los más importantes para el ámbito de nuestro estudio.

La Administración de Empleo y Formación de los Estados Unidos (ETA) desarrolló un marco de modelo de competencias representado en un gráfico piramidal con nueve niveles. “Cada nivel se compone de bloques que representan las destrezas, los conocimientos y las habilidades esenciales para un desempeño exitoso” (Pinzone et al., 2017, p. 2). El marco general se adaptó, entre otros, a las industrias estadounidenses de fabricación avanzada, automatización, aeroespacial y mecatrónica (Pinzone et al., 2017).

Tal como indican Pinzone et al. (2017), vinculado al marco de la ETA se encuentra el programa O\*NET, que ofrece una descripción de la combinación de conocimientos, habilidades y capacidades, así como de las tareas, herramientas y tecnologías requeridas por diferentes ocupaciones en Estados Unidos (p. 2).

Por lo que respecta a las competencias relacionadas con las TIC, el **Marco Europeo de Competencias Electrónicas** proporciona 40 competencias, incluidos los requisitos de aptitudes y conocimientos, que pueden utilizarse en toda Europa (CEN/TC, 2016). Del mismo modo, el proyecto EDISON está trabajando en el desarrollo de un **Marco de Competencias en Ciencia de Datos** que incluye: grupos de competencias, herramientas de *big data* y analítica y lenguajes de programación (en Pinzone et al., 2017).

Los autores Pinzone et al. (2017) resaltan que los marcos mencionados no se desarrollaron con un enfoque específico en la Industria 4.0, pero representan un punto de partida útil para la identificación de las competencias pertinentes y el análisis de su evolución en la Industria 4.0. (p. 2).

En relación con la Industria 4.0, Pinzone et al. (2017) propusieron un conjunto de competencias para el trabajador de producción del futuro. Estas competencias se agrupan en dos categorías: técnicas, y cualificaciones y habilidades personales (Pinzone et al., 2017, p. 3). Entre las técnicas, se identificaron como **imprescindibles** en la futura industria los conocimientos y habilidades en materia de TI, la comprensión organizativa y de procesos y la capacidad de interactuar con interfaces modernas (hombre-máquina/hombre-robot). Además, presentó el desarrollo de un modelo de competencias genéricas para la Industria 4.0, que incluye competencias técnicas, metodológicas, sociales y personales. Las competencias técnicas mencionadas en el estudio son: conocimiento del estado de la técnica, competencias técnicas, comprensión de los procesos, competencias en materia de medios de comunicación, competencias de codificación y comprensión de la seguridad informática (Pinzone et al., 2017).

## **Habilidades para la nueva industria**

Las siguientes subsecciones resumen los conjuntos finales de competencias técnicas para la Industria 4.0 en cada una de las 5 áreas organizativas investigadas, según Pinzone et al. (2017): 1) Gestión de operaciones, 2) Gestión de la cadena de suministro, 3) Gestión de la innovación de productos y servicios, 4) Gestión de la ciencia de los datos, 5) Gestión de la integración TI-OT (Pinzone et al., 2017, p. 4). A continuación, se desarrollan las cinco áreas organizativas:

### **1) Gestión de operaciones**

- Definir una hoja de ruta para la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 con vistas a la mejora continua.
- Análisis, modelización y simulación de la producción a partir de big data de sensores y dispositivos.
- Uso de dispositivos digitales (por ejemplo, tabletas, teléfonos inteligentes, relojes inteligentes) para el seguimiento y control de la producción.
- Programación y uso de robots colaborativos.
- Uso de tecnologías de fabricación aditiva.
- Gestión de los recursos humanos, interconectados a través de dispositivos digitales.
- Diseño de sistemas de mantenimiento predictivo (sensores, flujos de datos y análisis).
- Control del sistema a distancia y supervisión de las intervenciones de mantenimiento.
- Uso de la realidad virtual y aumentada para la instrucción y el apoyo de las intervenciones de mantenimiento sobre el terreno.
- Definir sistemas de supervisión de los servicios de mantenimiento para apoyar la definición (por ejemplo, acuerdos de nivel de servicio) y la gestión de los contratos

de servicios de mantenimiento, mediante el uso de big data de los sensores (Pinzone et al., 2017, p. 4).

## **2) Gestión de la cadena de suministro**

- Diseño y construcción de redes de suministro digital.
- Gestión de redes de suministro digitales concurrentes.
- Utilizar el diseño virtual para el proceso empresarial.
- Análisis de big data (por ejemplo, análisis de sentimientos) para predecir el comportamiento del mercado y otros fenómenos que afectan a la cadena de suministro.
- Desarrollo de estrategias de TI para apoyar la gestión de la cadena de suministro (por ejemplo, plataformas de colaboración en la nube e Internet de las cosas).
- Gestión en tiempo real aprovechando las tecnologías de supervisión y seguimiento (Pinzone et al., 2017, p. 4).

## **3) Gestión de la innovación de productos y servicios**

- Investigación, análisis y uso de materiales innovadores (por ejemplo, materiales con memoria de forma, compuestos) y/o procesos de producción (por ejemplo, fabricación aditiva).
- Diseño de productos inteligentes (integración de sensores, antenas, chips y otros componentes).
- Diseño del modelo de servicio (funcionalidades, interacciones) basado en la plataforma producto-servicio.
- Diseño conjunto de producto y servicio, integración con los sistemas informáticos de la empresa (Pinzone et al., 2017, p. 4).

## **4) Gestión de la ciencia de los datos**

- Diseño e implementación de arquitecturas de Big Data y plataformas de software (por ejemplo, e Hadoop o Data Lake);

- Diseño de modelos de datos y workflow;
- Gestión de Big Data, uso de la computación en la nube y almacenamiento de datos;
- Desarrollo de aplicaciones y herramientas para el análisis de Big Data (por ejemplo, R, Python);
- Análisis de Big Data (por ejemplo, aprendizaje automático, clasificadores bayesianos, aprendizaje profundo);
- Infografía para una interpretación intuitiva y atractiva de los análisis de datos (por ejemplo, mapas, gráficos, diagramas);
- Diseño de la experiencia del usuario (Pinzone et al., 2017, p. 5).

## **5) Gestión de la integración TI-OT**

- Desarrollo de una hoja de ruta estratégica para la integración de las tecnologías de la información (TI) y las tecnologías de operaciones de la automatización industrial (OT), en consonancia con las necesidades del negocio.
- Implantación de arquitecturas, plataformas y componentes informáticos orientados a la Industria 4.0.
- Selección, especificación e integración de dispositivos embebidos, sistemas ciberfísicos e interfaces hombre-ordenador avanzadas (por ejemplo, interfaz para aplicaciones móviles, realidad virtual y aumentada).
- Implantación de redes informáticas que permitan la conexión en tiempo real de robots, máquinas, productos y personas.
- Selección y aplicación de protocolos de comunicación de datos (IIoT, nube, ciberseguridad, Big Data) y estándares relacionados con la Industria 4.0.
- Uso de herramientas de modelización para generar gemelos digitales de los sistemas de fabricación y simular "escenarios hipotéticos".
- Uso de herramientas de modelado gráfico para especificar, analizar, diseñar y verificar sistemas complejos, incluyendo componentes de hardware y software.

- Diseño de estrategias estructuradas y gestión de la ciberseguridad, la privacidad y la seguridad de los datos (Pinzone et al., 2017, p. 5).
- Si bien la industria manufacturera avanza hacia la Industria 4.0, aún no tenemos el conocimiento necesario sobre cómo evolucionarán los perfiles laborales y las competencias. Como tampoco tenemos suficiente conocimiento sobre de qué manera las industrias deben gestionar la brecha de competencias que se está creando.