



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Universidad Abierta y a Distancia de México

Ciencias Exactas, Ingeniería y Tecnología

Ingeniería en Gestión Industrial

7° Semestre

Fase 4. Gestión de la innovación

Unidad didáctica 7. Gestión industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada



DCEIT



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Índice

Introducción

Competencia específica

Semana 1

Autoevaluación

1. Manufactura virtual

- 1.1. Breve panorama de la manufactura en México
- 1.2. Concepto y contexto de la manufactura avanzada
- 1.3. Manufactura virtual

Semana 2

2. Tecnologías de ensamble

3. Pruebas y mediciones. Metrología 4.0

Semana 3

4. Procesos no convencionales

- 4.1. Procesos basados en métodos mecánicos
- 4.2. Procesos basados en métodos térmicos
- 4.3. Procesos basados en métodos químicos



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Introducción

Es muy importante que como futuro ingeniero o ingeniera en Gestión Industrial de la UnADM conozcas las estadísticas de la manufactura en nuestro país, esta información se concentra en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)¹ y también debes estar informado de manera global, ya que te permitirá dimensionar los retos tecnológicos en la manufactura en los años venideros.

El documento *Índice Global de Competitividad en Manufactura (IGCM)*² nos puede ubicar en estos retos por venir. La siguiente gráfica nos muestra cómo están concentrados los clústeres en el sector de la manufactura a nivel global.

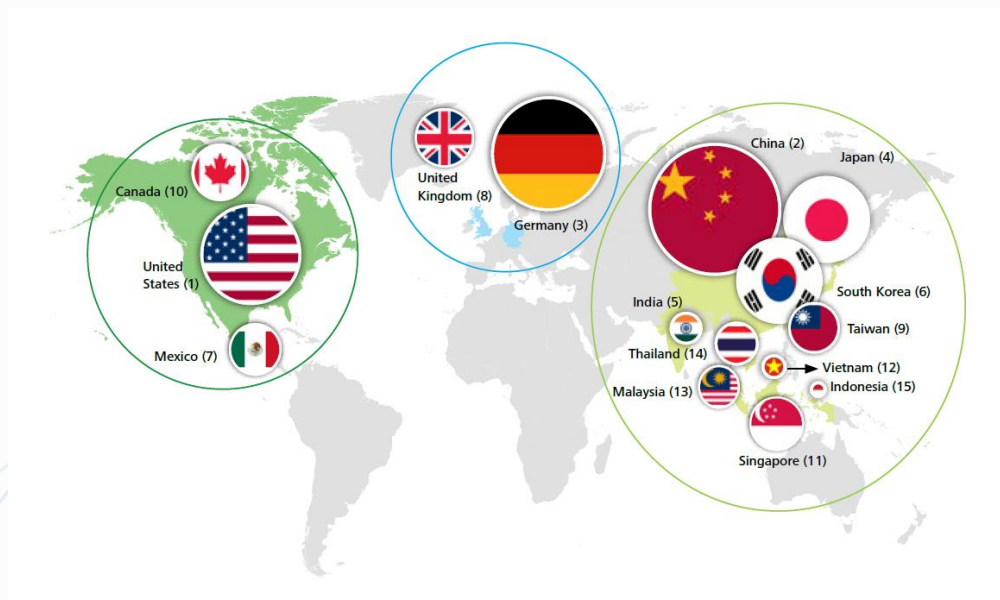


Figura 1. Clústeres de manufactura a nivel global³

¹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/default.html>

² *Índice Global de Competitividad en Manufactura (IGCM)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2AOOALy>

³ Imagen elaborada con información recuperada de <http://www.emia.org/news/story/3368> y <https://bit.ly/3gIL7VI>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Otro análisis que se desarrolla dentro del estudio del IGCM es sobre los flujos comerciales de manufactura, así como lo que representan en términos económicos y el grado de concentración tecnológico que representan esas exportaciones-importaciones.

Finalmente, dentro de nuestro resumen global, vale la pena revisar los resultados de la encuesta (IGCM)⁴ que hacen a las grandes empresas sobre las áreas estratégicas de manufactura que están en marcha, se observa la siguiente tabla:

Advanced Manufacturing Technologies	US	China	Europe
Predictive analytics	1	1	4
Smart, connected products (IoT)	2	7	2
Advanced materials	3	4	5
Smart factories (IoT)	4	2	1
Digital design, simulation, and integration	5	5	3
High performance computing	6	3	7
Advanced robotics	7	8	6
Additive manufacturing (3D printing)	8	11	9
Open-source design/Direct customer input	9	10	10
Augmented reality (to improve quality, training, expert knowledge)	10	6	8
Augmented reality (to increase customer service & experience)	11	9	11

Figura 2. Resultados de la Encuestas de opinión a grandes corporativos (Estados Unidos, China, Europa) de áreas estratégicas de manufactura avanzada

Observamos en la tabla las diferentes áreas de manufactura avanzada que están desarrollándose y sobre las cuales se tiene que hacer una revisión exhaustiva, misma que se te invita a realizar además de leer exhaustivamente este documento (IGCM) como parte de tu formación profesional.

⁴ Resultados de la Encuestas de opinión a grandes corporativos (Estados Unidos, China, Europa) de áreas estratégicas de manufactura avanzada. Recuperado de: <https://bit.ly/2TtcKBF>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Semana 1

1. Manufactura virtual

1.1. Breve panorama de la Manufactura en México

México es un país con una amplia variedad de recursos naturales. Las personas trabajamos para obtener, transformar o intercambiar los recursos naturales y utilizarlos en nuestro beneficio. Para ello, realizamos actividades económicas que pueden pertenecer a los sectores primario, secundario o terciario. Las actividades de los tres sectores están relacionadas entre sí.

El **sector primario**, incluye todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtiene de la naturaleza, ya sea para alimento o para generar materias primas (agricultura, explotación forestal, ganadería, minería, pesca).

En la siguiente imagen observarás el impacto de esta actividad económica en relación con su aporte al PIB (forma de medir el crecimiento económico de un país)⁵ por estado en el año 2018. Es importante saber que, cuando escuchamos en los medios de comunicación que el PIB de nuestro país fue de 2.26%⁶ eso equivale a 18.6 billones de pesos⁷.

⁵ Banco de México. *Producto Interno Bruto*. Recuperado de: <http://educa.banxico.org.mx/economia/crecimiento-pib.html>

⁶ Centro de estudios de las finanzas públicas. (2018). *Evolución y perspectiva del Producto Interno Bruto (PIB) 2018 y 2019*. Recuperado de: <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/presentaciones/2018/precefp0032018.pdf>

⁷ INEGI. *Producto Interno Bruto*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada



Figura 1.1. Producto Interno Bruto de las actividades primarias en 2018. Imagen retomada de INEGI

El **sector secundario**, se caracteriza por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo con lo que producen, sus grandes divisiones son construcción, industria manufacturera y electricidad, gas y agua. El siguiente mapa nos muestra la contribución del sector secundario al PIB por estado en el 2018.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada



Figura 1.2. Producto Interno Bruto de las actividades secundarias en 2018. Imagen retomada de INEGI

En el **sector terciario** de la economía no se producen bienes materiales; se reciben los productos elaborados en sector secundario para su venta. También nos ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él, como es el caso de los servicios. Asimismo, el sector terciario incluye las comunicaciones y los transportes. La siguiente imagen nos muestra la estructura porcentual del PIB por estado en el 2018 relacionada con el sector terciario.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

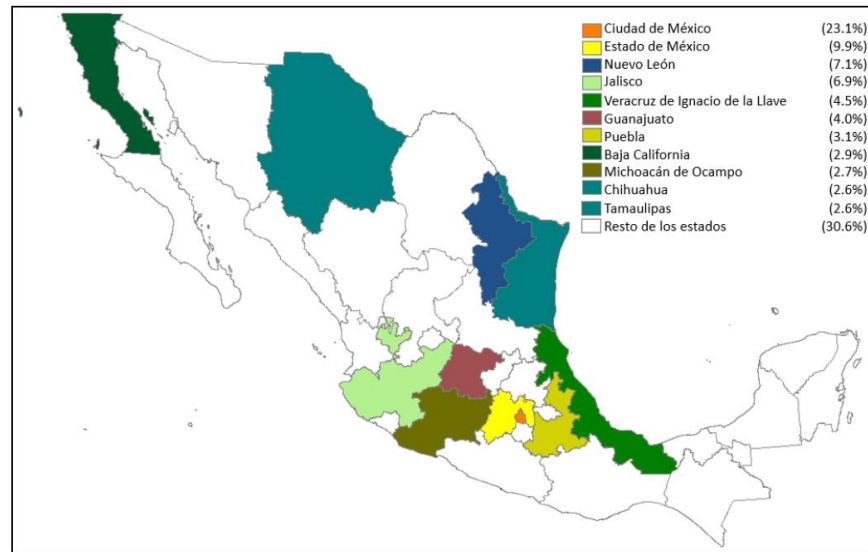


Figura 1.3. Producto Interno Bruto de las actividades terciarias en 2018. Imagen retomada de INEGI

Recordemos que la industria manufacturera es la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo. Está constituida por empresas desde muy pequeñas (tortillerías, panaderías y molinos, entre otras) hasta grandes conglomerados (armadoras de automóviles, embotelladoras de refrescos, empacadoras de alimentos, laboratorios farmacéuticos, fábricas de juguetes, etc.). De acuerdo con los productos que se elaboran entre ellas, la industria manufacturera se clasifica en:



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Clasificación de la industria manufacturera		
• Industria Alimentaria (311) • Industria de las bebidas y del tabaco (312) • Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles (313) • Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir (314) • Fabricación de prendas de vestir (315) • Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero piel y materiales sucedáneos (316) • Industria de la madera (321) • Industria del papel (322)	• Impresión e industrias conexas (323) • Fabricación de Productos derivados del petróleo y del carbón (324) • Industria química (325) • Industria del plástico y del hule (326) • Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (327) • Industrias metálicas básicas (331) • Fabricación de productos metálicos (332) • Fabricación de maquinaria y equipo (333)	• Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos (334) • Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica (335) • Fabricación de equipo de transporte y partes para vehículos automotores (336) • Fabricación de muebles, colchones y persianas (337) • Otras industrias manufactureras (339)

Figura 1.4. Clasificación de la industria manufacturera⁸

Es importante que podamos visualizar este tipo de actividades económicas en nuestros estados y cada sector manufacturero. El INEGI tiene una herramienta que nos permite revisar cada uno de los sectores anteriormente enumerados, ubicarlos geográficamente y por el número de personas que trabajan en esos establecimientos, se trata del del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas que se observa en la siguiente imagen.

⁸ Información retomada de INEGI, disponible en: <https://bit.ly/3gbPUsa>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada



Figura 1.5. INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Actividades económicas

Como podrás observar en la siguiente imagen, en el portal puedes seleccionar el sector manufacturero (sector secundario) y cada una de las diferentes industrias que lo componen como se enumeró previamente:



Figura 1.6. INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Clasificación Industria manufacturera



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Como podrás observar tienen varias pestañas entre ellas: Actividad económica, Tamaño del establecimiento, Área geográfica, Consultar, de esa manera es posible la búsqueda de información tomando en cuenta criterios específicos.

La siguiente figura muestra los siguientes criterios de selección: Actividad económica (Todas manufacturas), Tamaño de establecimiento (251 y más), Área Geográfica (Coahuila de Zaragoza) para ejemplificar cómo funciona la herramienta.



Figura 1.7. INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Ejemplo de búsqueda

1.2. Concepto y contexto de la Manufactura Avanzada

La manufactura avanzada se define como aquellas actividades manufactureras donde están las empresas que liderean la producción y el uso de las tecnologías digitales para controlar el mundo



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

físico, mediante la sincronización de equipos, procesos y personas⁹. La manufactura avanzada instala un nuevo modelo de fábrica, genera empleos de alta productividad, promueve la innovación, aporta a la reducción de déficit comerciales y contribuye al crecimiento sustentable.

Los principales analistas de la industria como Mckinsey, Gartner e IDC han destacado la importancia de la Internet Industrial¹⁰ y la manufactura avanzada, gestionada por algoritmos, dispositivos inteligentes y robots. Todos los pronósticos destacan los cambios radicales en el ecosistema digital, de acuerdo como van convergiendo las diversas tecnologías digitales y de operación industrial y donde las personas, los procesos y las máquinas están estableciendo nuevas relaciones de comunicación y coordinación.

El impulso de la manufactura avanzada se produce en el año 2016. Encuestas realizadas ese año muestran que las empresas comienzan a tomar decisiones de inversión en este campo. Entre los años 2013 y 2015, alrededor del 75% de las empresas estaban explorando el uso de internet industrial¹¹, pero solo el 15% de ellas había implementado medidas concretas. Sin embargo, a partir del año 2016, más de 30% de las empresas decidieron invertir en esas tecnologías en los próximos dos años.

Tomando como referencia aquellos sectores industriales de los Estados Unidos con mayor innovación tecnológica y especialización de recursos humanos, se identifican diez macro

⁹ Castillo, M. (2017). *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*. CEPAL-Naciones Unidas. GIZ Agencia Internacional de Cooperación Alemana. Retomado de: <https://bit.ly/3giDD59>

¹⁰ El avance y la reducción de costos de los microprocesadores, las redes WiFi, la tecnología RFID, la banda ancha y los sensores abren nuevas posibilidades para que cada máquina, proceso y producto estén conectados a Internet en el denominado *Internet Of Things* (IoT) o Internet Industrial. Esta tecnología es útil para todo tipo de actividades, tanto en industrias verticales –manufactura y otras industrias- como en la gestión de ecosistemas complejos -ciudades y medioambiente-.

¹¹ Encuestas realizadas por el *The Economist Intelligence Unit* entre 779 ejecutivos en empresas de todo el mundo.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

sectores¹² de manufactura avanzada. En el siguiente cuadro se presentan los sectores de manufactura avanzada que poseen el mayor gasto en investigación y desarrollo por trabajador y la mayor proporción de empleados con formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Principales sectores de manufactura avanzada

Macro sectores
Industria automotriz
Autopartes y equipo automotriz
Aeronáutica
Equipos y componentes eléctricos
Industria electrónica
Maquinas y herramientas
Maquinaria para construcción y minería
Maquinaria, automatización y robótica
Equipo de hardware
Industria de semiconductores

Figura 1.8. Principales sectores de manufactura avanzada. Retomado de: *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*, CEPAL-Naciones Unidas

En el siguiente cuadro se presentan los sectores de servicios avanzados que poseen el mayor gasto en investigación y desarrollo por trabajador y la mayor proporción de empleados con formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

¹² Castillo, M. (2017). *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*. CEPAL-Naciones Unidas. GIZ Agencia Internacional de Cooperación Alemana.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Principales sectores de servicios avanzados

Macro sectores
Software de aplicaciones
Procesamiento de datos
Software computacional
Software gráfico y realidad virtual
Telecomunicaciones móviles
Servicios de telecomunicaciones

Figura 1.9. Principales sectores de servicios avanzados. Retomado de *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*, CEPAL-Naciones Unidas

Otros abordajes importantes de la manufactura avanzada¹³ tiene que identificar un modelo analítico de ésta, analizar su ecosistema definiendo los sectores industriales e identificando su base tecnológica y los procesos de convergencia. De igual modo es importante abordar las estrategias corporativas, revisando el concepto y proceso de la gobernanza, las cadenas de valor, las nuevas plataformas y las estrategias de políticas públicas de países líderes.

1.3. Manufactura virtual

La manufactura virtual se define como una simulación de un proceso de fabricación en un entorno virtual, desde la materia prima hasta el producto virtual, por medio de una representación gráfica. Con esto puede obtenerse estadísticas más claras de dichos procesos y contar con una herramienta que permita experimentar y analizar el sistema con el propósito de optimizar los procesos de producción, así lo menciona El Centro de Tecnología Aplicada de Querétaro (CIATEQ)¹⁴.

Entre algunos usos que podemos encontrar se encuentran los siguientes:

¹³ Castillo, M. (2017). *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*. CEPAL-Naciones Unidas. GIZ Agencia Internacional de Cooperación Alemana

¹⁴ CIATEQ. (2020). *Manufactura virtual. Innovación que transforma los procesos de producción*. Recuperado de: <https://bit.ly/2yoWAC6>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- Validación de procesos
- Análisis de datos estadísticos
- Manuales de operación y mantenimiento
- Secuencias e instrucción de ensamble
- Entrenamientos
- Demostraciones
- Recorridos virtuales por técnicas de inmersión 3D

La mejor manera de comprender la manufactura virtual y cada una de sus etapas es a través del reporte de proyectos implementados, revisando los siguientes trabajos:

Tutorial de Simulación Básica utilizando Quest¹⁵

En ese trabajo se presentan los elementos básicos utilizados para desarrollar modelos en Quest. El objetivo de ese artículo es facilitar el aprendizaje para construir modelos de simulación sobre una integración visual 3D de procesos de manufactura y con características de manejo de materiales que dicha plataforma ofrece. El modelo de construcción se refiere a la creación de partes (entidades) creadas en una fuente, el procesamiento de éstas sobre una máquina (localización), para culminar con su salida (sumidero) y su respectivo análisis estadístico.

Uso de DevC++ con Delmia Quest para optimizar Simulaciones¹⁶

En ese artículo se presentan los elementos básicos e imprescindibles utilizados para lograr comunicación entre cualquier algoritmo de optimización que se programe en el entorno de programación DevC++ y que sea utilizado para optimizar modelos de simulación en DelmiaQuest.

¹⁵ Dialnetplus. *Tutorial de simulación básica utilizando Quest*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3707506>

¹⁶ Pérez R., R. (2014). Uso de DevC++® con Delmia Quest® para Optimizar Simulaciones en *Conciencia Tecnológica*. Redalyc. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94431297008.pdf>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

El objetivo del artículo es facilitar el aprendizaje para comunicar ambas plataformas con el fin de sistematizar y automatizar la evaluación de las soluciones. El aporte central de este trabajo es el desarrollo y validación del proceso de intercomunicación entre DelmiaQuest y DevC++.

Simulación computacional del procedimiento de soldadura en servicio empleado en la reparación estructural de un gasoducto¹⁷

En ese trabajo se presenta un análisis de integridad estructural del proceso de reparación de un gasoducto a partir de un modelo simplificado bidimensional usando elementos finitos. Se evalúan las tensiones residuales de origen térmico, producto del procedimiento de soldadura, considerando que se realiza con el gasoducto circulando fluido, es decir, con presión aplicada. Los gasoductos que operan en Argentina son inspeccionados periódicamente de acuerdo con prácticas recomendadas por las normas del Instituto Americano del Petróleo (API) y a especificaciones, criterios y experiencias propias desarrolladas por cada planta. El modelado que se presenta permite determinar las zonas debilitadas por corrosión o por diferentes tipos de defectos o fisuras. Esto permite planificar y encausar una reparación localizada con un margen de seguridad adecuado.

Aprendiendo sobre la secuencia de trabajos en un Job Shop mediante el uso de simulación¹⁸

En ese artículo se presenta una estrategia educativa basada en un modelo de simulación como herramienta de soporte didáctico al aprendizaje de la secuencia de trabajos en una configuración de producción del tipo Job Shop. La idea surge en el marco de un semillero de investigación en simulación de sistemas de producción y de servicios, empleando en el diseño educacional el método de aprendizaje basado en resolución de problemas. En el diseño computacional, en la

¹⁷ Sanzi, H. (2012). *Modelado y simulación de procesos*. Scielo. Recuperado de: <https://bit.ly/3eaEEeD>

¹⁸ Giraldo, J. (2013). *Aprendiendo sobre la Secuenciación de Trabajos en un Job Shop mediante el Uso de Simulación*. Scielo. Recuperado de: <https://bit.ly/3bW1eVW>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

simulación por eventos discretos y en el diseño comunicacional se usa una interfaz sencilla y amigable.

Manufactura Virtual del proceso de resortes industriales de la empresa Tollan¹⁹

El principal problema de la empresa es que cuenta con áreas reducidas de espacio de trabajo para la fabricación de resortes industriales de tensión y compresión. Esto genera una mala distribución de sus operaciones donde ocasiona pérdidas de producción, de acuerdo con el incremento de sus clientes la capacidad de la planta es insuficiente. El objetivo de ese trabajo es desarrollar la manufactura virtual de dos escenarios de simulación del lay-out actual y la nueva planta propuesta por la empresa, que permita aumentar el 20% de producción. El primer escenario se simula en la planta actual con un tiempo de 40 horas donde muestra el tiempo de inactividad, porcentaje de utilización de operarios y máquinas, viéndose reflejado en la cantidad de producción, y el segundo escenario se simula en una nueva planta con un tiempo de 44 horas que propone la mejora de sus procesos permitiendo eliminar cuellos de botella y ser más eficiente en sus procesos. Los resultados obtenidos sugieren hacer la comparación de la simulación de los dos escenarios, logrando obtener en el segundo escenario el aumento del 21% de producción a través de la redistribución de operaciones de trabajo. Al visualizar los dos escenarios con el software Delmia Quest esto contribuye a optimizar los recursos de la empresa.

Estado del arte de las tecnologías para la manufactura global de la industria automotriz en México²⁰

Actualmente, México es un país comprometido al desarrollo industrial que ha venido creciendo con gran rapidez en los últimos años, esto debido a la globalización económica mundial y a los

¹⁹ Gálvez, M., A. (2018). Manufactura virtual del proceso de resortes (263B187P001 de tensión y TRN 1307 de compresión) industriales de la empresa Tollan S.A. de C.V. REINGTEC. Recuperado de:

[http://reingtec.itsoeh.edu.mx/docs/vol1_2018reingtec/Galvez%20Mendoza%20\(2018\).pdf](http://reingtec.itsoeh.edu.mx/docs/vol1_2018reingtec/Galvez%20Mendoza%20(2018).pdf)

²⁰ Castillero S., M. (2004). *Estado de arte de las tecnologías para la manufactura global de la industria automotriz en México*. Tesis profesional. Universidad de las Américas Puebla. Retomado de:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/castillero_s_m/



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

tratados que México tiene con países desarrollados, principalmente con América del Norte. Como consecuencia la economía se abre más y la competitividad aumenta, dando lugar a que las empresas se vean obligadas a mejorar sus sistemas de manufactura para generar mejores productos. Este fenómeno es costoso, ya que los nuevos sistemas son hechos con ayuda de la tecnología industrial más avanzada, y por ello, la industria extranjera es la que los utiliza. Temas como la manufactura virtual, ingeniería global, sistemas CAD/CAM, Manufactura distribuida, prototipos rápidos, simulación virtual y realidad virtual en la industria automotriz, serán tocados en esta investigación, la cual estará enfocada al estado de estas tecnologías y su aplicabilidad en México. Será muy interesante conocer qué técnicas avanzadas son aplicadas actualmente en la industria automotriz de nuestro país y bajo qué circunstancias, así como sus limitaciones técnicas y culturales. Para ello se harán visitas a empresas del ramo que estén trabajando de forma global. Se desarrolla una investigación teórica de sistemas de manufactura global aplicados en la industria automotriz mundial. Después se hace una investigación en las empresas para hacer los casos de estudio de 4 tecnologías en 2 empresas: prototipos, realidad virtual, ingeniería global y manufactura virtual.

Para saber más

Para finalizar este capítulo es importante enumerar algunos de los software más usados en las grandes industrias los cuales puedes explorar ya que tienen una versión de prueba gratuita, misma que te puede ser útil para tu proyecto terminal:

- Arena²¹
- Flexim²²
- Q-Das²³

²¹ Academic. Arena. (2020). Recuperado de: <https://www.arenasimulation.com/academic>

²² FlexSim. (2020). Recuperado de: <https://www.flexsim.com/es/manufacturing-simulation/>

²³ Hexagon AB | Q-DAS (2020). Recuperado de: <https://www.q-das.com/en/>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- FactoryTalk²⁴

²⁴ Rockwell Automation. (2020). FactoryTalk Industrial Automation Software. Recuperado de:
<https://bit.ly/3cZDqlp>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Semana 2

2. Tecnologías de ensamble

Dentro de la ingeniería se encuentra el diseño para ensamble (DFA, Design for Assembly) por sus siglas en inglés. Es una herramienta ampliamente usada para mejorar la calidad de ensamble y manufactura en un producto, lo cual conlleva a varias ventajas que se manifiestan en una mejora en la calidad final del producto, menor tiempo y costo de fabricación, aumento en la flexibilidad de la línea de producción, mayor rentabilidad del producto y aumento en la satisfacción del cliente.

El diseño para ensamble es una herramienta que se emplea en las primeras etapas del ciclo de vida de un producto, es decir, que esta técnica afecta la etapa de diseño, ingeniería de detalle, y los procesos de fabricación del producto, lo cual hace que requiera de la participación no sólo de los encargados del diseño de un producto, sino también de los encargados de manufacturarlo.

Las decisiones tomadas en la fase de diseño comprometen el 70% del costo del producto. Si se desea reducir los costos de un producto, una posible línea de actuación sería a través de la DFA mediante una optimización del diseño del producto. El diseño para ensamble se emplea comúnmente en esta etapa, para lograr que se tomen decisiones adecuadas relativas a los procesos de fabricación, geometrías, tolerancias, agrupamientos de piezas y medios de ensamble.

Diversos autores coinciden en que el costo de ensamble de un producto se ubica entre un 20 y 50% y que las operaciones de ensamble ocupan un poco más del 50% del tiempo empleado en el desarrollo de un producto. Según estudios en Estados Unidos, el ensamble abarca entre el 40% y el 60% del tiempo total de producción. Es por ello que una reducción del tiempo de ensamble genera un incremento de productividad. La habilidad de estimar los costos de ensamble y



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

fabricación de partes en las etapas más tempranas del desarrollo del producto es la esencia del DFA. Al aplicar una metodología sobre DFA, como resultado de este análisis se obtienen las áreas de oportunidad para mejorar el diseño del producto, posteriormente se generan propuestas de rediseño y para generar estas propuestas existen las diversas directrices y lineamientos sobre el DFA, las cuales se mencionan a continuación:

- Minimizar el número de piezas del ensamble
- Estandarización de componentes
- Diseñar piezas para que sean multifuncionales
- Diseño de piezas auto-alineantes y auto-localizantes
- Asegurar la facilidad de manipulación e inserción mediante modificación de la geometría de las partes (simetría-asimetría)
- Diseño de piezas que no se puedan instalar incorrectamente
- Asegurar unión de piezas adecuadamente y no limitar visión de operario
- Rediseño de piezas susceptibles de atascarse
- Asegurar facilidad de sujeción
- Diseño sobre la pieza base
- Diseño de ensambles unidireccionales

La metodología de Boothroyd del diseño para ensamble, ha sido utilizada por una gran cantidad de empresas, incorporándola a su línea de producción, obteniendo visibles resultados en cuanto a la disminución de costos, y aumento de la calidad del producto. Una de las industrias que más lo implementa, es la automotriz, donde la presión para reducir costos está presente en todos los niveles del desarrollo de productos. Otra empresa que ha incorporado el análisis de DFA en sus líneas de producción es Whirlpool Sweden, que es un centro de tecnología global para hornos de microondas. Fabrica más de un millón de hornos al año.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

La metodología de Boothroyd-Dewhurst consiste en hacer un análisis de tiempos y costos de ensamble. Se trata de una metodología de ingeniería inversa, es decir, de un ensamble ya realizado, se hace un análisis para obtener información acerca del mismo, y de ahí proponer el rediseño.²⁵ A continuación, se señalan las características que influyen en los tiempos estándares del método:

- Efecto de la simetría de la pieza en el tiempo de manipulación
- Efecto del espesor y tamaño de las piezas en el tiempo de manipulación
- Efecto de la simetría en piezas propensas a atascarse o atorarse
- Efecto del diseño de chaflanes en la inserción
- Efecto de la limitación de la visión y el acceso restringido en la inserción de sujetadores con cuerda.
- Uso de tablas de manipulación e inserción desarrolladas por Boothroyd

Se te sugiere revisar el caso de estudio contenido en el documento *Material Didáctico para la enseñanza del diseño para ensamble*, ya que te servirá en gran medida.

Los creadores de esta metodología desarrollaron un software comercial con el fin de dar recomendaciones durante el diseño del producto. Se recomienda revisar a detalle los siguientes ejemplos de software y solicitar la versión de prueba:

- DFMA (<https://www.dfma.com/>)
- DFMPPro (<https://dfmpro.com/>)

²⁵ Arreola, Et al. (2018). *Material didáctico para la enseñanza del diseño para ensamble*. Tesis de Licenciatura UNAM. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14773/Material%20did%C3%A1ctico%20para%20la%20ense%C3%B1anza%20del%20dise%C3%B1o%20para%20ensamble.pdf?sequence=1>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Existen otros doce métodos comerciales de Diseño para el ensamble²⁶ que se presentan a continuación:

Método DFA	Autores	País de Origen
Método de Evaluación de Ensamble (AEM)	Ohashi Yano	Japan
Boothroyd-Dewhurst DFMA	Boothroyd-Dewhurst	USA
Método sistemático de diseño para el ensamble.	Miles Swift	UK
Guía para optimizar el ensamble en el diseño de un producto (DGO).	Hock	USA
Ensamble	DeWinter-Machiels	Belgium
Diseño orientado al ensamble del producto.	Bassler-Warnecke	Germany
Sistema de Ensamble (ASSYST)	Arpino-Groppetti	Italy
Vista de Ensamble	Sturges	USA
Diseño basado en el costo-eficiencia	Yamagiwa	Japan
Diseño del producto y sistema para el ensamble por robot.	Davisson-Redford	UK
Diseño del producto	Zorowski	USA
La casa de DFA	Rampersad	The Netherlands

Figura 2.1. Métodos comerciales de Diseño para el ensamble

La Inteligencia Artificial y sistemas expertos aplicados al desarrollo de nuevos productos es un área que está experimentando un notable crecimiento en los últimos años, tanto en el desarrollo de nuevos algoritmos como en su uso para la solución de problemas en diferentes aplicaciones, las grandes compañías manufactureras han encontrado en ella, la clave para incrementar la competitividad. Se ha demostrado la gran utilidad de los sistemas basados en sistemas inteligentes empleando algoritmos genéticos, redes neuronales, durante el diseño de productos.

²⁶ Pérez Villanueva. (2007). *Integración de Sistemas Inteligentes a la Metodología Diseño para el Ensamble, en el desarrollo e innovación de productos*. Tesis Doctoral. COMIMSA.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Los sistemas inteligentes son de gran utilidad en el diseño de productos auxiliando en la toma de decisiones en las etapas de ensamble y desensamble, permiten visualizar desde las etapas iniciales cómo interactúan las partes durante su ensamble o desensamble con el fin de mejorar el producto. Por otra parte, de manera efectiva los sistemas neuro-fuzzy (redes neuronales artificiales en conjunto con lógica difusa) ha venido implementándose con éxito en la solución de problemas en sistemas de control, sistemas de manufactura y en la optimización de diseños.

Para saber más

Se sugiere la revisión de los siguientes casos de estudio:

- Pérez Villanueva. (2007). *Integración de sistemas inteligentes a la metodología diseño para el ensamble en el desarrollo e innovación de productos*. Tesis Doctoral. COMIMSA. Disponible en:
<https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/93/1/Tesis%20Pedro%20PC3%A9rez%20con.pdf>
- Solís Nieto, O. (2018). *Diseño para el ensamble con prototipado rápido. Rediseño de actuador electromecánico*. Tesis de Maestría, CIATEQ. Recuperado de:
<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/256/1/SolisNietoOmar%20MMANAV.pdf>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Semana 3

3. Pruebas y mediciones. Metrología 4.0

Las pruebas y mediciones, dentro del contexto de la manufactura avanzada, debemos comprenderlas desde la Metrología 4.0.

“La metrología es crítica para el buen funcionamiento de una economía. Los mercados de bienes y servicios se desenvuelven dentro de un marco regulatorio e institucional que condicionan su desarrollo. Parte importante de este marco lo constituye todo lo relacionado con la conformidad que los bienes y servicios deben presentar con estándares y requisitos de seguridad, calidad, inocuidad que protegen a los consumidores y orientan a los productores. Las mediciones confiables son necesarias para lograr una mayor eficiencia de los procesos productivos y calidad de los productos en mercados cada vez más competitivos. También para la transferencia tecnológica, la investigación, el desarrollo de nuevos productos y servicios y la innovación. Las mediciones confiables son necesarias para una medicina cada vez más efectiva y menos invasiva y para proteger al consumidor. Por eso es muy importante analizar el impacto de la transformación digital en la metrología en términos de desafíos y oportunidades.

Desarrollos recientes en potencia computacional, tecnología y dispositivos móviles, avances en Internet de las Cosas, macrodatos (big data), inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automatizado (machine learning) o realidad virtual junto con nuevos modelos de negocio con base en plataformas y nuevas aplicaciones definen un contexto de hiperconectividad, flujo constante de datos y globalización acelerada.

La nueva economía digital, como resultado de la revolución 4.0 ha traído consigo una velocidad de cambio tecnológico sin precedentes. Se puede tomar como ejemplo el sector de energía en el cual el desarrollo de energías renovables, la generación distribuida o las redes inteligentes



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

demandan nuevas capacidades y marcos regulatorios cada vez más apoyados en la generación e intercambio de datos. La sostenibilidad del sector de salud pasa en la actualidad por la atención virtual, como la tele salud y la telemedicina, mientras que la salud móvil (mHealth) y el historial clínico electrónico cada vez generan mayores volúmenes de información de pacientes sujetos de ser analizados para mejorar los procesos de diagnóstico y la efectividad de medicamentos y desarrollo biotecnológicos”²⁷.

En la mayoría de los países avanzados, el sector público está llevando adelante un conjunto de políticas para apoyar la transformación digital de su sector productivo. Estas se orientan tanto a habilitar los cambios, como acelerarlos y difundirlos entre la mayor cantidad de actores posibles, de manera de acompañar el proceso que los mercados van delineando. Alemania ha sido el primer país que ha desarrollado una estrategia nacional para fomentar la transformación digital de la industria.

Como resultado del Plan de Acción de la Estrategia de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, en 2013 se creó la plataforma Industria 4.0²⁸ para asegurar y mejorar la competitividad de la industria de ese país. Esta plataforma tiene grupos de trabajo sobre arquitecturas de referencia, estándares y normalización, seguridad en sistemas interconectados, marco regulatorio, trabajo y capacitación, escenarios de tecnología y aplicaciones y modelos de negocio digitales en la industria 4.0. El Instituto Nacional de Metrología de Alemania (PTB, por sus siglas en alemán) se ha integrado al grupo de trabajo sobre arquitecturas de referencia, estándares y normalización.

²⁷ Valqui, A. (2019). *Metrología 4.0 Desafíos de la transformación digital para la metrología de América Latina y el caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://bit.ly/3bWdOo7>

²⁸ Por industria 4.0 se entiende la interconexión inteligente de máquinas y procesos con ayuda de las tecnologías de la información y comunicación. A través de esta interconexión las empresas pueden flexibilizar la producción, dinamizar las fábricas, desarrollar soluciones focalizadas en los clientes, optimizar la logística, aprovechar los datos de la producción para nuevas áreas de negocio y mantenimiento predictivo y lograr la economía circular de los recursos.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

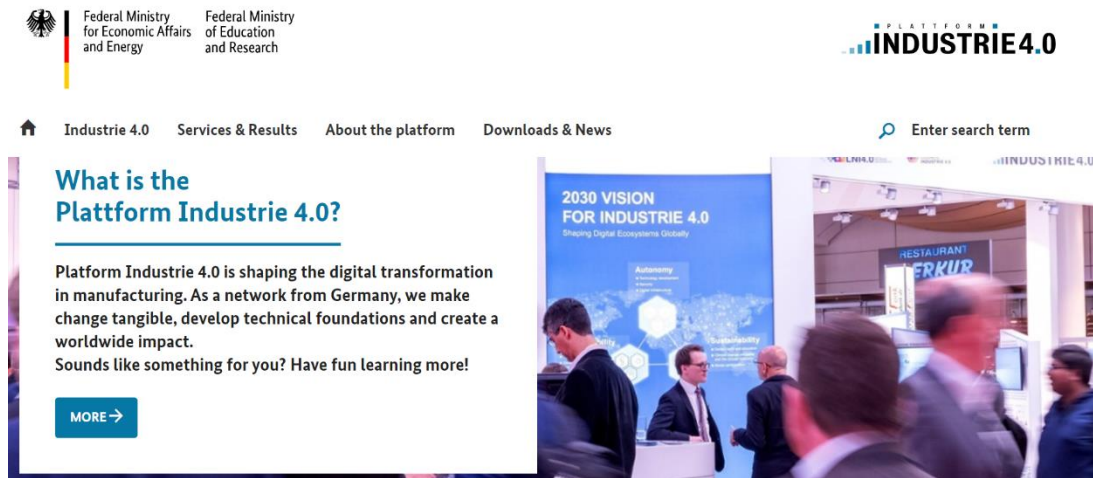


Figura 3.1. Platform Industrie 4.0²⁹

En América Latina hay un avance en el despliegue de agendas de transformación digital, pero estas tienen un fuerte énfasis en gobierno digital y poco en los desafíos que enfrentan los sectores productivos. Destacan en la región ejemplos de intervenciones de política recientes en Brasil como la Estrategia E-digital y el Grupo de Trabajo Industria 4.0 (GTI 4.0) que, al estilo de la Platform Industrie 4.0 de Alemania, convocó a un gran número de instituciones del gobierno, empresas y la sociedad civil, para generar consensos y armar una agenda de transformación digital para la industria brasileña³⁰. Por su parte, en Chile la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) lanzó como parte de su Programa Transforma, la iniciativa de industrias inteligentes.

²⁹ Platform Industrie 4.0 Recuperado de: <https://bit.ly/3bUVPOX>

³⁰ ABDI. Agenda brasileira para a Indústria 4.0. Recuperado de: www.industria40.gov.br



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada



Figura 3.2. Imagen de Agenda brasileña para la industria 4.0

Los procesos de transformación digital que atraviesan todos los sectores productivos afectan de manera muy directa a la metrología, tanto porque le permiten organizarse de otra forma para prestar sus servicios (parte del campo de la tecnología de las regulaciones o regtech), como porque los mismos servicios que presta deben transformarse para adaptarse a la realidad y necesidades de la industria 4.0. Así como Alemania es líder en un conjunto de sectores manufactureros desde hace décadas, su instituto nacional de metrología, el PTB, también tiene un liderazgo global entre los institutos metrológicos del mundo. Y de la misma forma, así como Alemania es uno de los líderes a nivel mundial de las iniciativas de industria 4.0, el PTB lo está haciendo en términos de su equivalente: la metrología 4.0.

Para analizar los desafíos de la transformación digital y de la implementación de la estrategia industria 4.0 y decidir cómo enfrentarlos, el PTB de Alemania publicó *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad* en 2017³¹. Este estudio del PTB se basa en el análisis de sus capacidades, de las necesidades de sus clientes y de las iniciativas en estos temas de sus

³¹ PTB. (2017). *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad*. Recuperado de: <https://bit.ly/2LTmQYs>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

pares que también están en la vanguardia, como el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos (NIST). El PTB ha definido cuatro temas principales en su estrategia:

- Transformación digital de servicios metrológicos
- Metrología en el análisis de big data
- Metrología de los sistemas de comunicación para la digitalización
- Metrología para simulaciones e instrumentos de medición virtuales

Estas iniciativas son apoyadas por tres proyectos transversales: nube metrológica, certificado de calibración digital y experimentos virtuales y metrología basada en matemáticas. Adicionalmente el PTB ha creado el grupo de trabajo Coordinación de la Digitalización que interconecta de forma organización y técnica los laboratorios del PTB en los asuntos de la digitalización, representa al PTB externamente en estos temas y analiza los potenciales de los desarrollos de la digitalización.

Se debe abordar el análisis del impacto de la transformación digital para la metrología alrededor de dos ejes centrales:³² (i) la digitalización en la metrología potencia y multiplica su impacto y abre nuevas posibilidades de desarrollo e innovación metrológica; ii) la metrología como base de la transformación digital, es decir, como proveedora de un conjunto de servicios habilidades que permiten y/o aceleran la transformación digital de las firmas. Dentro de cada uno de estos ejes se analizan distintos aspectos específicos. Bajo el primero se analizan (ver siguiente figura) (a) la digitalización de los servicios metrológicos, (b) la digitalización de la metrología legal, (c) la potencialidad de una nube de acceso diferenciado, (d) el impacto de la digitalización en el resto de las funciones de los institutos de metrología.

³² Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad*. Recuperado de: <https://bit.ly/2LTmQYs>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Metrología y transformación digital

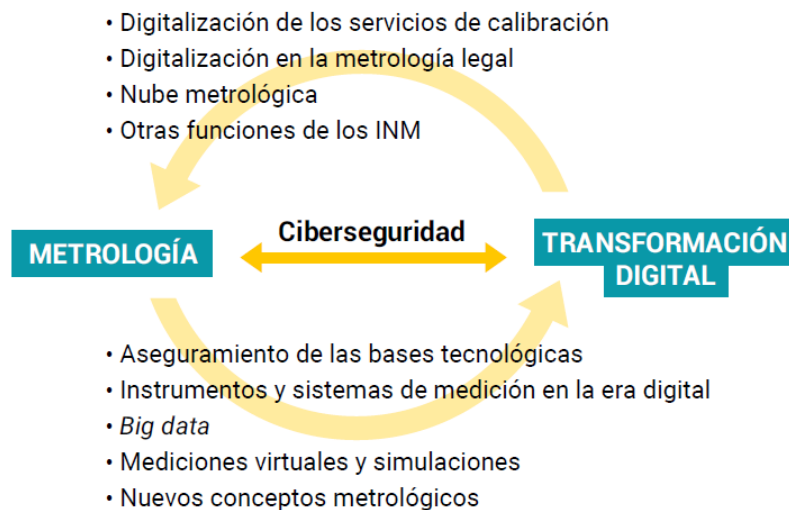


Figura 3.3. Aspectos específicos de la Metrología

Dentro del segundo eje, que analiza el rol de la metrología como factor habilitante de la industria 4.0, se discuten los siguientes aspectos: a) el uso de la metrología para asegurar las bases tecnológicas de las comunicaciones, b) el rol de los instrumentos y sistemas de medición en la era digital, c) metrología y big data, d) el papel de las mediciones virtuales y las simulaciones y e) el desarrollo de conceptos metrológicos. Además, se trata el tema de la ciberseguridad.

Para saber más

Para profundizar en el tema, se sugiere revisar los siguientes casos de estudio y la página electrónica señalada:

- (2019). *Metrología 4.0. Desafíos de la transformación digital para la metrología de América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, División de Competitividad, Tecnología e innovación. Recuperado de: <https://bit.ly/2LUX8mC>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad*. PTB, Instituto de Metrología de Alemania. Recuperado de: <https://bit.ly/2WUetCn>
- Platform Industrie 4.0. Recuperado de: [https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/digitalisierung/Metrologia para la digitalizacion de la economia y la sociedad.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/digitalisierung/Metrologia_para_la_digitalizacion_de_la_economia_y_la_sociedad.pdf)



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Semana 3

4. Procesos no convencionales

El proceso y desarrollo de un sistema de cómputo embebido específicamente diseñado para la ejecución de pruebas de pulido electroquímico en piezas metálicas conductoras, pertenece a las técnicas de manufactura avanzada no convencional, debido a que la herramienta de trabajo no se encuentra en contacto directo con la pieza.³³

El desarrollo de la manufactura ha tenido grandes avances al crear e innovar las diversas herramientas ya existentes, haciéndolas cada vez mejores y especializadas para diferentes propósitos, acuñando un nuevo término: la manufactura no convencional, que se caracteriza por el uso de diversas técnicas donde comúnmente no existe un contacto directo entre la herramienta y la pieza de trabajo, por lo que el mecanismo de remoción de material ya no obedece a un proceso de fricción y abrasión, sino que depende de la naturaleza de otros procesos fisicoquímicos, como la electricidad, la luz o el calor. Algunos de estos procesos, precisamente por no existir contacto entre material y herramienta, no producen desgaste en esta última, mejorando significativamente la eficiencia del proceso. De manera similar, se subdivide en las categorías de maquinado: mecánico, térmico y químico.

4.1. Procesos basados en método mecánicos

Se hace uso de procesos de erosión a alta velocidad mediante la aplicación de abrasivos o fluidos. Algunas de estas técnicas son:³⁴

³³ Farfán G., B. (2018). *Interfaz Gráfica de Control e Instrumentación de un sistema mecánico de ejes coordenados aplicado en el proceso de pulido electroquímico*. Tesis de Licenciatura. UAEM. Campus Atlacomulco. Recuperado de: <https://bit.ly/3bSYybP>

³⁴ El Hofy (2005), citado en Farfán G., B. (2018). *Interfaz Gráfica de Control e Instrumentación de un sistema mecánico de ejes coordenados aplicado en el proceso de pulido electroquímico*. Tesis de Licenciatura. UAEM. Campus Atlacomulco. Recuperado de: <https://bit.ly/3bSYybP>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- WJM (Water Jet Machining/Cutting). Maquinado o corte por chorro de agua. Se hace fluir una corriente de agua a través de una fina boquilla que direcciona el chorro de agua a muy alta presión hacia la pieza que se desea realizar un corte.
- AWJM (Abrasive Water Jet Machining). Adición de abrasivos en corte de agua. Es básicamente el mismo proceso de corte por chorro de agua, pero se añade algún material de tipo abrasivo.
- USM (Ultrasonic Machining). Maquinado ultrasónico. Hace uso de diversos abrasivos compuestos en una pasta, posteriormente esta se usa junto con la herramienta de trabajo que vibra a altas frecuencias.

4.2. Procesos basados en métodos térmicos

En este tipo de procesos se hace uso de la energía térmica en una pequeña cantidad, para un área en específico donde se desea cortar o formar la pieza con la que se está trabajando. Las diferentes técnicas aplicadas en este método son, de acuerdo con Grover (2007):³⁵

- EBM (Electron Beam Machining) Maquinado por haz de electrones. Este proceso hace uso de una ráfaga a alta velocidad de electrones que se concentran en la superficie de la pieza de trabajo donde se desea remover el material mediante fusión y vaporización.
- EDM (Electro Discharge Machining). El maquinado por electro descargas de plasma realiza una remoción de material generando arcos eléctricos con altas temperaturas en lugares específicos que funden y evaporan el metal.
- LBM (Laser Beam Machining). Maquinado por Laser. Utiliza un haz de luz láser de alta energía para vaporizar las partículas del material en una zona puntual. El maquinado de

³⁵ Grover (2007), citado en Farfán G., B. (2018). *Interfaz Gráfica de Control e Instrumentación de un sistema mecánico de ejes coordenados aplicado en el proceso de pulido electroquímico*. Tesis de Licenciatura. UAEM: Campus Atlacomulco.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

piezas complejas se hace haciendo desplazarse el haz láser por determinadas trayectorias.

4.3. Procesos basados en métodos químicos

Se aplica donde los materiales son mayormente susceptibles a ciertas reacciones químicas. Algunos de estos procesos hacen uso de ácidos, bases, sales o alguna otra sustancia que permita remover material en una zona deseada. Por mencionar algunos de estos procesos se enlistan los siguientes:

- CHM (Chemical Milling). Perforación química. Hace uso de diversas composiciones químicas las cuales crean un conducto a través de la pieza de trabajo.
- ECM (Electrochemical Machining). Maquinado electroquímico. El cual usa el principio de disolución anódica que desprende material metálico entre dos electrodos con la ayuda de un electrolito.
- ECP (Electrochemical Polishing). Pulido electroquímico. Es un derivado de ECM el cual es utilizado principalmente para dar un mejor acabado a técnicas de maquinado convencional. También es empleado para limpieza de superficies.
- PCM (Photo Chemical Machining). Maquinado fotoquímico. La pieza de trabajo se cubre de un material foto-resistivo o fotosensible que se ataca con un proceso de revelado por iluminación.

Para saber más

Se recomienda revisar los siguientes casos de estudio para conocer más sobre este tema:

- Farfán González, B. *Interfaz Gráfica de Control e Instrumentación de un sistema mecánico de ejes coordenados aplicado en el proceso de pulido electroquímico*. Tesis de Licenciatura. UAEM, Campus Atlacomulco, 2018. Recuperado de: <https://bit.ly/3bSYyBP>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- Orona Hinojos, J. (2018). *Modelado electrotérmico del proceso de maquinado híbrido EDM+ECM pulsado para determinar la eficiencia y velocidad de remoción metálica en un acero HSLA*. Tesis de Doctorado. COMIMSA. Recuperado de: https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/235/1/Tesis%20doctorado_imo%20Final%20Mayo21_2018.pdf
- Escobar Márquez, A. (2019). *Análisis, modelado y simulación del proceso de maquinado por descarga eléctrica en Agua*. Tesis de Doctorado. UASLP: Facultad de Ingeniería. Recuperado de: <http://ciep.ing.uaslp.mx/tesis/tesisPDF/68201917320113505302.pdf>
- Fraunhofer Institute for Production Technology IPT. (2020). *Non-conventional manufacturing processes and technology integration*. Fraunhofer, Institute for Production Technology (IPT). Recuperado de: <https://bit.ly/36qCAf5>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Cierre de la unidad

Terminaste el estudio de la primera unidad de esta unidad didáctica, donde adquiriste conocimientos y habilidades con las que eres capaz de describir la importancia de la manufactura virtual, que permite el desarrollo de nuevos productos, analizar cuáles son las nuevas tecnologías de ensamble además de pruebas y mediciones de procesos de manufactura avanzada y revisaste cuáles son los procesos no convencionales de los sistemas de manufactura avanzada, elementos que te serán de gran utilidad en el ámbito laboral como Ingeniero en Gestión industrial.



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

Fuentes de consulta

- Arreola, Et al. (2018). *Material didáctico para la enseñanza del diseño para ensamble*. Tesis de Licenciatura UNAM. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14773/Material%20did%C3%A1ctico%20para%20la%20ense%C3%B1anza%20del%20dise%C3%B1o%20para%20ensamble.pdf?sequence=1>
- ABDI. Agenda brasileira para a Indústria 4.0. Recuperado de: www.industria40.gov.br
- Academic. Arena. (2020). Recuperado de: <https://www.arenasimulation.com/academic>
- Banco de México. *Producto Interno Bruto*. Recuperado de: <http://educa.banxico.org.mx/economia/crecimiento-pib.html>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad*. PTB, Instituto de Metrología de Alemania. Recuperado de: <https://bit.ly/2WUetCn>
- Castillero S., M. (2004). *Estado de arte de las tecnologías para la manufactura global de la industria automotriz en México*. Tesis profesional. Universidad de las Américas Puebla. Retomado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/castillero_s_m/
- Castillo, M. (2017). *El estado de la Manufactura Avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet Industrial*. CEPAL-Naciones Unidas. GIZ Agencia Internacional de Cooperación Alemana. Retomado de: <https://bit.ly/3giDD59>
- Centro de estudios de las finanzas públicas. (2018). *Evolución y perspectiva del Producto Interno Bruto (PIB) 2018 y 2019*. Recuperado de: <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/presentaciones/2018/precefp0032018.pdf>
- CIATEQ. (2020). *Manufactura virtual. Innovación que transforma los procesos de producción*. Recuperado de: <https://bit.ly/2yoWAC6>
- Deloitte. (2020). *Índice Global de Competitividad en Manufactura 2016*. Recuperado de: <https://bit.ly/3glL7VI>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- Dialnetplus. *Tutorial de simulación básica utilizando Quest*. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3707506>
- EMIA. Emerging Market Investors Association. *The Application and Advantages of Cluster Manufacturing*. Recuperado de: <http://www.emia.org/news/story/3368>
- Farfán G., B. (2018). *Interfaz Gráfica de Control e Instrumentación de un sistema mecánico de ejes coordenados aplicado en el proceso de pulido electroquímico*. Tesis de Licenciatura. UAEM. Campus Atlacomulco. Recuperado de: <https://bit.ly/3bSYybP>
- FlexSim. (2020). Recuperado de: <https://www.flexsim.com/es/manufacturing-simulation/>
- Gálvez M., A. (2018). *Manufactura virtual del proceso de resortes (263B187P001 de tensión y TRN 1307 de compresión) industriales de la empresa Tollan S.A. de C.V. REINGTEC*. Recuperado de: [http://reingtec.itsoeh.edu.mx/docs/vol1_2018reingtec/Galvez%20Mendoza%20\(2018\).pdf](http://reingtec.itsoeh.edu.mx/docs/vol1_2018reingtec/Galvez%20Mendoza%20(2018).pdf)
- Giraldo, J. (2013). *Aprendiendo sobre la Secuenciación de Trabajos en un Job Shop mediante el Uso de Simulación*. Scielo. Recuperado de: <https://bit.ly/3bW1eVW>
- Hexagon AB | Q-DAS (2020). Recuperado de: <https://www.q-das.com/en/>
- *Índice Global de Competitividad en Manufactura (IGCM)*. Recuperado de: <https://bit.ly/2A0OALy>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/default.html>
- Pérez Villanueva. (2007). *Integración de Sistemas Inteligentes a la Metodología Diseño para el Ensamble, en el desarrollo e innovación de productos*. Tesis Doctoral. COMIMSA. Recuperado de: <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/93/1/Tesis%20Pedro%20P%C3%A9rez%20con.pdf>



Unidad didáctica 7. Gestión Industrial

Unidad 1. Sistemas de manufactura avanzada

- Pérez R., R. (2014). Uso de DevC++® con Delmia Quest® para Optimizar Simulaciones en *Conciencia Tecnológica*. Redalyc. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94431297008.pdf>
- Platform Industrie 4.0 Recuperado de: <https://bit.ly/3bUVPOX>
- PTB. (2017). *Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad*. Recuperado de: <https://bit.ly/2LTmQYs>
- Rockwell Automation. (2020). *FactoryTalk Industrial Automation Software*. Recuperado de: <https://bit.ly/3cZDqlp>
- Sanzi, H. (2012). *Modelado y simulación de procesos*. Scielo. Recuperado de: <https://bit.ly/3eaEEdD>
- Valqui, A. (2019). *Metrología 4.0 Desafíos de la transformación digital para la metrología de América Latina y el caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://bit.ly/3bWdOo7>