

MANUFACTURA DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS INALÁMBRICOS COMO EJEMPLO DE MENTEFACTURA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS

WIRELESS ELECTROMECHANICAL SYSTEMS MANUFACTURE AS AN EXAMPLE OF MINDFACTURE IN MECHANICAL ENGINEERS EDUCATION

A. R. Mendoza Vázquez¹
S. M. Varela López²
U. O. Padilla Pérez³
E. S. Reyes Galván⁴

RESUMEN

El Departamento de Ciencias Básicas del Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Puebla (Instituto Tecnológico de Puebla [ITP]) participó a través de docentes (asesores) y estudiantes para participar en el 6to Concurso Nacional de Pico-Satélites Educativos CANSAT, donde a través del proceso de Mentefactura, estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica reunieron todos sus conocimientos, habilidades y desarrollaron nuevas metodologías de diseño para la realización de la manufactura del sistema electromecánico inalámbrico (manufactura de la estructura mecánica) de un CANSAT. La aplicación del proceso de Mentefactura sumado al ambiente de competición generó en los estudiantes de Ingeniería Mecánica una agradable experiencia práctica, potencializando sus competencias-habilidades-talento-liderazgo fortaleciendo su perfil de egreso. La aplicación del proceso de Mentefactura en la formación de estudiantes de Ingeniería Mecánica fue desarrollada exitosamente al obtener el segundo lugar en la competición lo que les permitirá en un futuro resolver problemas de la vida real en la industria o proyectos de investigación aplicada.

ABSTRACT

The Department of Basic Sciences of the Tecnológico Nacional de México "TecNM" Campus Puebla (Instituto Tecnológico de Puebla "ITP") participated through teachers (advisors) and students to participate in the 6th National Contest of Educational Pico-Satellites CANSAT, where through the mindfacture process, students from the Mechanical Engineering major gathered all their knowledge, skills and developed new design methodologies for manufacturing the wireless electromechanical system (manufacturing of mechanical structure) of a CANSAT. The application of the mindfacture process added to the competition environment generated a pleasant practical experience in Mechanical Engineering students, enhancing their competencies-abilities-talent-leadership, strengthening their graduation profile. The application of the mindfacture process in the training of mechanical engineers was successfully developed by obtaining second place in the competition, which will allow them to solve real-life problems in the industry or applied research projects in the future.

ANTECEDENTES

Como lo indica González (2007):

En la actualidad, ya no solo hay que hablar de manufactura, hay que hablar de Mentefactura y la formación del capital intelectual y, particularmente, la innovación y el desarrollo tecnológico para que las economías puedan avanzar. Aquellas sociedades que no logren entender que estos factores son los que están propiciando

¹ Docente del Depto. de Ciencias Básicas. Instituto Tecnológico de Puebla. antonioraymundo.mendoza@puebla.tecnm.mx

² Jefe del Depto. de Ciencias Básicas. Instituto Tecnológico de Puebla. sebastian.varela@puebla.tecnm.mx

³ Alumno de Ingeniería Mecánica. Instituto Tecnológico de Puebla. i19221239.05@puebla.tecnm.mx

⁴ Alumno de Ingeniería Mecánica. Instituto Tecnológico de Puebla. i19222599.05@puebla.tecnm.mx

las transformaciones más formidables del mundo no van a poder transitar con éxito en la economía globalizada.

Se debe cambiar la perspectiva de ver la economía y desarrollo como una fuerza de trabajo, y ahora ver estos aspectos en términos de una fuerza intelectual.

La Mentefactura hará adaptar las necesidades de la *industria 4.0* en necesidades de la ingeniería, este concepto no debe confundirse con la manufactura, la manufactura es un proceso que convierte recursos materiales en productos específicos, mientras que, la Mentefactura es un concepto similar, pero, con un enfoque diferente. Podría decirse que la manufactura es un proceso derivado de la Mentefactura.

La Mentefactura es una analogía de la manufactura, en la cual la materia prima son el conocimiento y la experiencia, mientras que, el producto final son las soluciones y estrategias por seguir. Una manufactura eficiente es la que lleva un adecuado proceso de Mentefactura previo.

Como Goñi (2012) lo explica en su libro, debe haber un traslado del trabajo como tarea física predeterminada al trabajo como logro inteligente de resultados en espacios más abiertos y diversos.

La idea de la Mentefactura ha venido de la mano con la globalización y la *industria 4.0*, y también es una idea que se ha instalado y hasta institucionalizado en varias regiones del país, como por ejemplo en Guanajuato, México. Según Arista (2020), el gobernador afirma que, la Mentefactura es la apuesta de Guanajuato en los próximos 30 años para generar riqueza a partir del conocimiento. Esta apuesta puede incentivar a otros estados del país a realizar iniciativas y campañas para involucrarse con la Mentefactura.

En este marco donde los gobiernos apuestan por el capital humano en lugar del capital material, la pregunta es: ¿Qué puede hacer el docente para implantar el concepto de Mentefactura en las actividades del futuro Ingeniero Mecánico?

Antes de ahondar en la pregunta anterior, resulta conveniente entender el significado del concepto que figura en el título “Sistema Electromecánico Inalámbrico”.

Un Sistema Electromecánico Inalámbrico es el conjunto de estructuras mecánicas operativas y circuitos electrónicos cuyo objetivo es realizar determinadas actividades como el monitoreo y control, y su intercambio de información se realiza por un medio que no requiera cableado entre circuitos emisor y receptor principales.

El Departamento de Ciencias Básicas del TecNM, Campus Puebla, consciente de que el campus albergaría el 6to Concurso Nacional de Pico-Satélites Educativos CANSAT (CONCYTEP, 2022), se enlistó en la tarea de convocar un equipo de estudiantes el cual realizara la manufactura de un pico-satélite mediante las técnicas y pensamientos referentes a la Mentefactura, con el objetivo de instaurar la filosofía de la Mentefactura en estudiantes de la región y obtener un buen desempeño en el concurso.

Se espera que la información en este artículo sea una referencia en cuanto a la migración del pensamiento de manufactura a Mentefactura de una manera paciente, intuitiva y didáctica para la formación del futuro ingeniero mecánico.

A pesar del fortalecimiento del concepto de Mentefactura, conforme se avance en el texto, el lector se dará cuenta que el proceso de la Mentefactura siempre ha estado presente en el pensamiento del ingeniero de manera intuitiva y tácita, pero que por mucho tiempo no se estudió a fondo.

METODOLOGÍA

Según Goñi (2012), la definición de Mentefactura es “la consideración de la innovación como una transformación de lo intelectual y del conocimiento, para estructurarse de forma central en la vida de la empresa”.

De acuerdo con el Programa Espacial Universitario (PEU, 2017), un **satélite enlatado**, o **CANSAT**: *es un dispositivo electromecánico cuyo principal objetivo es simular los componentes de un satélite real, sus elementos están integrados dentro de un volumen y una geometría de dimensiones aproximadas a las de una lata de refresco*. Esta definición coincide con el concepto de **Pico-Satélite**, el cual es referente a “satélite de pequeño tamaño”.

Un **CANSAT** es también: *un sistema electromecánico inalámbrico debido a que se compone de estructuras mecánicas operativas y circuitos electrónicos cuyas tareas están orientadas al monitoreo y control y el intercambio de la información se realiza sin cables de por medio entre circuitos emisores y receptores*.

Puede verse el CANSAT en el aire, como el circuito emisor principal y la estación en tierra como el circuito receptor principal, independientemente de que en cada dispositivo emisor y receptor pueden existir conexiones cableadas de información.

Se tiene registro de un equipo del Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca, el cual documenta su participación en el mismo concurso en 2018 y 2019, Mancilla et al. (2019) comentan que, el hecho de que los estudiantes participen en este tipo de eventos fortalece su perfil profesional y talento, gestión de factor humano y liderazgo, en un ambiente real de competencia.

Se recomienda leer el artículo de Mancilla et al. (2019), “Diseño y construcción de un Pico-Satélite CANSAT como herramienta para la formación de ingenieros”, citado anteriormente para entrar en el contexto de la competencia.

En este texto no se profundizará en las reglas del concurso debido a que, nuestro objetivo es aplicar el proceso, metodología y filosofía de la Mentefactura en la manufactura de sistemas electromecánicos inalámbricos, aprovechando la realización del concurso para comprobar nuestros resultados a nivel académico, viendo cada parte del proceso desde la visión de Mentefactura y las aportaciones al perfil del ingeniero mecánico.

De acuerdo con Mancilla et al. (2018), la participación de los estudiantes en estos concursos hace que se fortalezcan sus perfiles profesionales, adquiriendo y desarrollando características

de líderes para aplicarlas en su futuro como ingenieros y desarrollar proyectos que mejoren el entorno donde se desempeñen. Al agregar el proceso de Mentefactura en la formación del ingeniero, este le permite mejorar la forma de hacer ingeniería.

Se analizará cada parte del proceso desde la perspectiva de la Mentefactura pasando por las etapas de:

- I. Integración de capital humano.
- II. Proceso de Mentefactura.
- III. Proceso de manufactura.

Integración del capital humano

I.- Integración del capital humano

En la Mentefactura, el capital humano es el inicio del proceso, por lo cual se conformó un equipo multidisciplinario donde los integrantes pertenecieran a las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica.

El equipo quedó conformado por los siguientes estudiantes:

- Osvaldo Valencia Poblano, estudiante de 5o semestre (Ingeniería Electrónica).
- Yeidinn Molina Alonso, estudiante de 7o semestre (Ingeniería Electrónica).
- Uriel Obed Padilla Pérez, estudiante de 7o semestre (Ingeniería Mecánica).
- Erick Salvador Reyes Galván, estudiante de 7o semestre (Ingeniería Mecánica).

La organización y funciones de cada integrante del equipo se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Organización del equipo de estudiantes



La finalidad de reclutar estudiantes de semestres avanzados y de las carreras mencionadas se determinó por los conocimientos y experiencia en los sistemas mecatrónicos con el objetivo principal de obtener los primeros lugares en el concurso.

De la misma forma en el sector laboral busca obtener y retener el mejor capital humano, en el Departamento de Ciencias Básicas del TecNM, Campus Puebla se reclutaron y seleccionaron a los mejores elementos y se les brindó los recursos técnicos y materiales necesarios para que su desempeño fuera óptimo y sin complicaciones.

A cada estudiante se le asignaron sus respectivas responsabilidades asignando las fechas de revisiones siguientes:

- ✓ Revisión del informe del CANSAT: 7 de noviembre 2022.
- ✓ Revisión de estructuras: 14 de noviembre de 2022.
- ✓ Pruebas preliminares del dispositivo: 4 de noviembre de 2022.
- ✓ Pruebas de distancia: 11 de noviembre de 2022.

II.- Proceso de Mentefactura

Los estudiantes acordaron participar en las dos categorías del concurso:

- 1) La categoría de “Telemetría” en la cual exclusivamente se lanza el CANSAT y se monitorea desde tierra durante su descenso;
- 2) La categoría “Comeback” en la cual se lanza un vehículo tipo ROVER, parecido al robot *Curiosity*, el cual también envía datos de telemetría y una vez que aterriza debe de redirigirse hacia su punto de partida.

De acuerdo con Granados (2020), se puede analizar la transformación del conocimiento como un proceso de **Mentefactura**, *donde la entrada del proceso es el conocimiento, el resultado del proceso son las soluciones generadas a través de innovación, donde la innovación requiere de la imaginación y creatividad para ser desarrollada.*

Análogamente, para nuestro proceso de **Mentefactura**, *las entradas son los conocimientos y experiencia de los estudiantes, los conocimientos se componen de las asignaturas (materias) que los estudiantes han cursado; y su desempeño-desarrollo en estas les ha dado la confianza para enlistarse al proyecto.*

La **experiencia** se basa en sus prácticas de laboratorio previas y experiencia académica, estos desafíos previos les dan la madurez para enfrentar un concurso donde se medirán a estudiantes de otras carreras cuya especialidad está orientada y es más afin a este tipo de concursos.

En cuanto a **innovación**, Gaynor (2009) define que, la innovación *es una invención que se puede implementar o comerciar.* El sentido de la palabra innovación no necesariamente requiere de cosas tangibles o de ideas de negocio, en sí, la innovación es toda idea que se puede llevar a la práctica.

Aunque nuestros estudiantes no llevan una asignatura puntual sobre innovación, imaginación o creatividad, estos elementos están implícitamente involucrados en las competencias secundarias de sus asignaturas formativas y concursos internos en los cuales los estudiantes han participado. *Los estudiantes requieren aplicar sus conocimientos y experiencias, donde auxiliados por su imaginación y creatividad logren generar nuevas ideas y metodologías que conlleven a la manufactura de un CANSAT.*

En la Figura 2, se puede ver el proceso de Mentefactura como una serie de pasos en los cuales, inicialmente, se requieren ciertos conocimientos base para la problemática que se busca resolver; después aplicar metodologías que fomenten la imaginación y creatividad, tales como la lluvia de ideas o una mesa de discusión; una vez que esas ideas son viables para la implementación entonces ya se puede hablar de innovación, estas nuevas ideas viables

ahora pueden ser denominadas como metodologías; finalmente a través de esas metodologías se obtienen soluciones concisas para la problemática a resolver.

Figura 2. *Proceso general de Mentefactura*



En la Figura 3 se puede observar el proceso general de Mentefactura para la manufactura de un CANSAT que los estudiantes siguieron: requieren de conocimientos base y su propia experiencia académica, a través de metodologías de imaginación y creatividad fomentarán nuevas ideas y una vez que éstas puedan ser viables para la implementación se habrán generado nuevas metodologías y se podrá iniciar la manufactura del CANSAT.

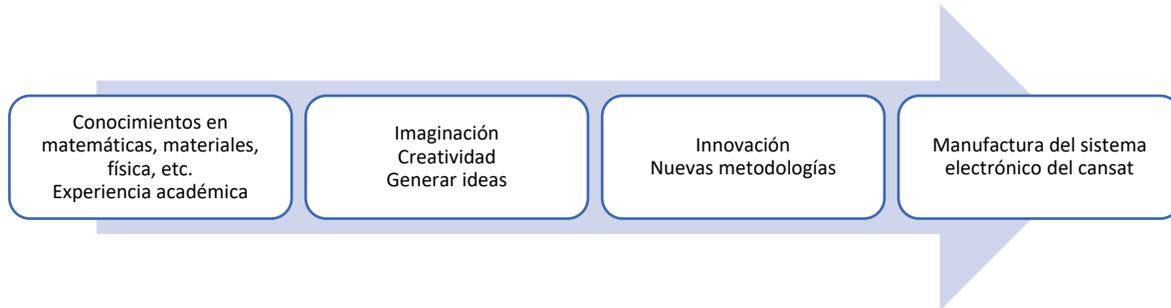
Figura 3. *Proceso general de Mentefactura para la manufactura de un CANSAT*



El proceso puede ser más específico de acuerdo con las carreras involucradas, ya que cada carrera ahonda en ciertos temas, estos conocimientos al ser compartidos y discutidos en las reuniones del equipo ayudan a generar ideas más nutridas y precisas.

La Figura 4 muestra el proceso de Mentefactura para el ingeniero mecánico en la manufactura de un CANSAT, requiere de conocimientos de Matemáticas, Física, dibujo mecánico y mecánica de materiales, aplica sus metodologías de imaginación y creatividad para crear nuevas metodologías de manufactura, una vez que sus ideas son viables se procede a la manufactura de la estructura del CANSAT.

Figura 4. *Proceso general de Mentefactura para el ingeniero mecánico en la manufactura de la estructura de un CANSAT*



III.- Proceso general de manufactura de un CANSAT para ingenieros mecánicos

A pesar de que se realiza de manera inconsciente, la ingeniería lleva implícitamente un proceso de Mentefactura, solo que no se denomina “Mentefactura” como tal, la Mentefactura siempre ha estado ahí cuando surgen ideas y metodologías nuevas, pero no se ha llevado la Mentefactura como un manual, a diferencia de otras metodologías.

Los estudiantes de Ingeniería Mecánica se dieron a la tarea de realizar una estructura la cual entrará adecuadamente en la lata, además del paracaídas que devolverá el dispositivo a tierra.

La manufactura de la carcasa es una tarea de gran importancia, debido a que su resistencia es primordial para que el dispositivo pueda completar su tarea.

Se realizaron diseños preliminares en software de diseño mecánico e industrial para realizar las pruebas destructivas, la prueba primordial es colocar un huevo dentro del prototipo y arrojarlo desde cierta altura, si el huevo queda intacto, se elige ese prototipo.

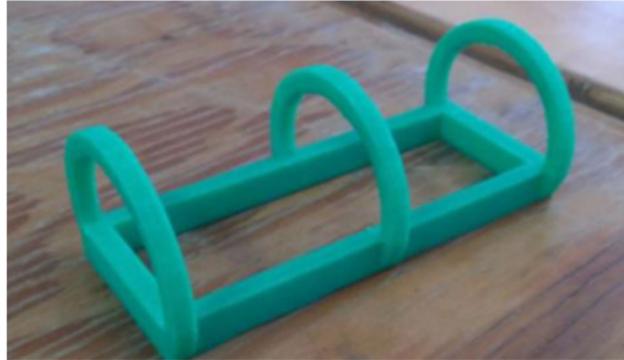
El proceso de Mentefactura requiere aplicar los conceptos matemáticos adquiridos en estática y dinámica, además de la ingeniería de mecánica de materiales, donde a través de la imaginación y creatividad se dé origen a una propuesta nueva que no necesariamente siga las metodologías establecidas en cuanto a manufactura de CANSAT, sino en una metodología concreta que brinde la solución adecuada para mantener operativo al sistema electrónico durante su descenso.

De forma implícita, los estudiantes realizaron un proceso de Mentefactura para la adecuada manufactura de una estructura denominada *RIBS* (costilla en inglés) la cual deberá cumplir con la tarea de proteger el sistema electrónico del CANSAT cuando esté dentro de la lata en movimiento.

El diseño de la estructura *RIBS* permite introducir y extraer el módulo electrónico de la lata. Esta particularidad permite adaptar el CANSAT para participar ambas categorías: Telemetría y Rover donde el CANSAT es adaptable para ser transportado en un vehículo que debe regresar al punto de partida.

La idea de la estructura *RIBS*, que se puede observar en la Figura 5, es un claro ejemplo de Mentefactura por su enfoque innovador en este tipo de concursos donde cada escuela hace exclusivamente un dispositivo para cada categoría, los estudiantes al buscar una solución que permitiera economizar manufacturando un solo sistema electrónico pero que pudiese participar en ambas categorías.

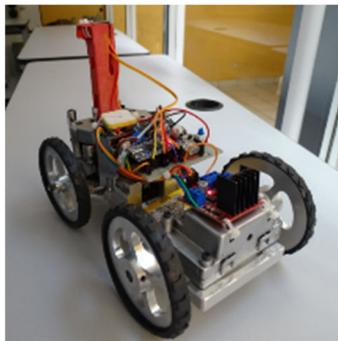
Figura 5. Estructura *RIBS* (costilla en inglés) del *CANSAT*



Para la manufactura del paracaídas la solución a buscar es que el paracaídas logre reducir la velocidad del *CANSAT* cuando este descienda a gran altura. Se realizaron los análisis matemáticos, donde se involucró la función de la fuerza de arrastre, dependiente de factores como la densidad del aire, el área del paracaídas, la velocidad de descenso, entre otros. El hecho de realizar este análisis matemático permitió que los estudiantes lograran trazar especificaciones adecuadas para la manufactura del paracaídas, es decir, trasladarse de la teoría a la práctica.

Para el vehículo *ROVER* se optó por un diseño convencional de cuatro ruedas, el cual integrara en su estructura fácilmente el *CANSAT* en su estructura como se puede observar en la Figura 6.

Figura 6. Vehículo *ROVER* para categoría “Comeback”



RESULTADOS

Los estudiantes de Ingeniería Mecánica lograron realizar el proceso de Mentefactura de una forma satisfactoria al completar exitosamente las pruebas del *CANSAT* en cuanto a la parte mecánica, las cuales permitieron obtener los siguientes resultados como se muestra la Tabla 1.

Tabla 1. *Tabla de pruebas del CANSAT para ingenieros mecánicos*

Prueba	Observaciones
Prueba destructiva de la estructura RIBS	Superada con éxito, la forma de la estructura es resistente.
Prueba de aterrizaje de CANSAT	Superada con éxito, el paracaídas se abre de forma inmediata y el descenso del CANSAT es lento. En ocasiones se desvía del punto de aterrizaje
Prueba de aterrizaje del vehículo ROVER.	Superada con éxito, en ocasiones el ROVER aterriza de lado.

En cuanto a la participación en el 6to Concurso Nacional de Pico-Satélites Educativos CANSAT (CONCYTEP, 2022), los resultados generales fueron los mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. *Resultados en el 6to Concurso Nacional de Pico-Satélites*

Categoría	Observaciones
Telemetría - CANSAT	El dispositivo aterrizó alejado de la zona de aterrizaje y se perdió momentáneamente la comunicación, el software LabVIEW se interrumpió dejando todos los datos almacenados en memoria, pero sin pasarlos a la interfaz gráfica.
Comeback - ROVER	El dispositivo aterrizó exitosamente cerca de la zona de aterrizaje, como se puede ver en la figura 7, la comunicación fue exitosa, el software LabVIEW graficó los datos sin problemas, pero el vehículo no logró salir de su capsula de aterrizaje debido al tipo de terreno en que cayó.

Figura 7. *Aterrizaje del ROVER*



El equipo de estudiantes recibió el segundo lugar en la categoría ROVER, tal como se puede ver en la Figura 8, gracias a que la telemetría funcionó adecuadamente, logró un aterrizaje exitoso y a pesar de que el terreno ya no permitió su desplazamiento logró completar la mayoría de las pruebas del concurso.

Figura 8. *Equipo participante durante la premiación*



CONCLUSIONES

La Mentefactura es un concepto nuevo, el cual permite a los docentes instaurar nuevas ideas y metodologías en la formación de estudiantes de Ingenieros Mecánica, a la vez, la Mentefactura es un concepto transversal que se puede aplicar en cualquier área.

El proceso de la Mentefactura fue primordial al permitir a los estudiantes de mecánica aplicar sus conocimientos y experiencia a través de sus competencias previas de creatividad e imaginación para proponer nuevas ideas y metodologías que dieran solución a las múltiples problemáticas que conlleva la manufactura de un CANSAT.

Al referirse al CANSAT como un sistema electromecánico inalámbrico se da apertura a que el proceso de la Mentefactura que realizaron los estudiantes pueda realizarse en proyectos similares a menor o mayor escala potencializando sus competencias-habilidades-talento-liderazgo fortaleciendo su perfil de egreso.

Incorporar el proceso de Mentefactura a los estudiantes les garantiza desarrollar las respectivas competencias de sus asignaturas y tener mejor preparación ante futuros retos y la posterior vida laboral.

Durante la fase final de la competencia, los estudiantes pudieron conversar con estudiantes de otras instituciones, intercambiando experiencias y metodologías, con los cuales se retroalimenta su proceso de Mentefactura en la parte inicial de conocimientos base.

El trabajo futuro sería implementar la retroalimentación en el proceso de Mentefactura y las diversas metodologías de retroalimentación, como los cinco porqués o un análisis FODA, que se podrían aplicar para crear un proceso de Mentefactura más eficaz y amplio. *No toda solución es eterna, siempre existen las mejoras continuas y cambios de paradigmas.*

BIBLIOGRAFÍA

Arista, L. (24 de noviembre de 2022). Guanajuato apuesta por pasar de la manufactura a la "mentefactura". *Expansión Política*.
<https://politica.expansion.mx/estados/2022/11/24/guanajuato-apuesta-por-pasar-de-la-manufactura-a-la-mentefactura>

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla [CONCYTEP](15-17 de noviembre de 2022). *6° Concurso Nacional de Pico-Satélites CanSat*. <https://concytep.gob.mx/convocatorias-cerradas/convocatoria-6-concurso-nacional-de-pico-satelites>

Gaynor, G. (2009). *Doing innovation: creating economic value*. IEEE-USA- Books

González, J. (2007). La mentefactura: factor fundamental para las economías. *RAP-Revista de Administración Pública*, (114), pp. 61-74. <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/rev-administracion-publica/article/view/19389/17454>

Goñi, J. (2012). *Mentefactura. El cambio de modelo productivo, Innovar sobre los intangibles del trabajo y de la empresa*. Ediciones Díaz de Santos

Granados, G. (10 de Agosto de 2020). Mentefactura: Transformando el conocimiento. *Visión Industrial*. <https://visionindustrial.com.mx/industria/desarrollo-industrial-3020/mentefactura-transformando-el-conocimiento>

Mancilla, J., Palacios, A., García, L. y Vázquez, N. (2019). Diseño y construcción de un Pico-Satélite CanSat como herramienta para la formación de ingenieros. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, vol. 6(11). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/580>

Mancilla, J., Sombrerero, J., Báez, M. y Serrano, M. (2018). Creando futuros líderes de la industria aeroespacial mexicana, construyendo Pico-Satélites educativos CanSat. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, vol. 4(8). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/issue/view/13>

Programa Espacial Universitario [PEU] (2017). *¿Qué es un Cansat?* Universidad Nacional Autónoma de México. <http://peu.unam.mx/descripcionCANSAT.html>