



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Vilanova i la Geltrú



Enginyeria Mecànica: tendències de futur i necessitats formatives

Enric Martín

Vilanova i la Geltrú, maig de 2019

1. Introducció.

En el moment de dissenyar els plans d'estudis de grau es va fer una anàlisi de les necessitats formatives de les titulacions, tan en continguts formatius específics com en habilitats i competències.

Des d'aquell moment ha passat un temps, i possiblement la realitat sigui diferent en aquest moment. En un món tan canviant, i de canvis tan ràpids, cal fer una revisió sistemàtica i periòdica de les necessitats de formació de les diferents titulacions universitàries, i adaptar-les a allò que la societat necessitarà en un futur immediat. Malgrat que en un sistema tan dinàmic és difícil preveure els canvis futurs, la Universitat ha de fer l'esforç d'adaptar-se al màxim a aquests possible canvis.

En el cas de l'Enginyeria Mecànica cal analitzar, des de la missió general d'aquesta titulació, com l'afectaran els canvis que ja s'estan produint, com ara la implantació del concepte d'Indústria 4.0 o l'Economia Digital.

Aquest informe s'ha realitzat per tal d'analitzar aquestes necessitats formatives. Posteriorment s'haurà d'analitzar la forma en que l'Escola les pot assumir i introduir en els seus plans d'estudi.

2. L'Enginyeria Mecànica.

El grau en Enginyeria Mecànica és un grau habilitador, que permet la inserció laboral del graduat i que li dona les atribucions recollides a la llei [1,2].

Per tal d'assolir les competències marcades a la legislació, el programa de formació ha de combinar una formació bàsica científica i tècnica amb una formació comuna en el sector industrial, i amb una forta especialització en el camp de l'enginyeria mecànica. Aquesta especialització és la que s'ha d'anar modulant en funció de les necessitats canviant de la societat i de la Indústria.

3. Situació actual.

Les necessitats canviants de la Indústria han suposat redefinir el paper o la missió de l'enginyer mecànic, ampliant les seves competències tradicionals a d'altres, com ara el desenvolupament de solucions d'enginyeria que fomentin un món més net, més saludable, més segur i sostenible, tal i com remarca la Societat Americana d'Enginyers Mecànics [3] i implicant aquests professionals en l'increment de la

competitivitat dels països, tal i com exposa l'Associació Alemanya de l'Enginyeria Mecànica [4], que defineix l'enginyeria mecànica com la columna vertebral de l'economia alemanya.

A més de les disciplines bàsiques de l'enginyeria (matemàtiques, física i química), la formació actual de l'enginyer mecànic té en general un tronc bàsic de coneixements formatius i una formació en habilitats i actituds. El tronc comú o bàsic no és gaire diferent entre els diferents països, sent el típic [5,6] el format per les matèries de:

- Mecànica de sòlids (estàtica, dinàmica i resistència de materials).
- Ciència dels materials.
- Mecànica de fluids.
- Termodinàmica.
- Processos de fabricació
- Electricitat i electrònica.
- Anàlisi i modelat per ordinador.

En els darrers temps s'han incorporat al currículum tecnologies emergents com ara [5,7]:

- Sistemes electromecànics (MEMS),
- Sistemes nanoelectromecànics (NEMS),
- Nanotecnologia,
- Biotecnologia,
- Sistemes intel·ligents,
- Materials avançats,
- CAD, CAE, CAM,
- Ciències del medi ambient....

I en quan a les habilitats i actituds cal remarcar la capacitat d'innovació, el treball en equip, capacitat de comunicació, pensament crític, emprenedoria, ètica i creativitat [3,4,7,8].

També es posen sobre la taula una sèrie d'evidències negatives, que no són alienes al nostre propi entorn, com que el percentatge de dones és dels més baixos en el camp de l'enginyeria [3] o que els centres de formació necessiten més recursos [9].

Un altre aspecte a tenir en compte és la realitat industrial més propera, que és la que ha de contractar majoritàriament els nostres titulats. Així, la Indústria mecànica, fonamentalment manufacturera, és la principal Indústria a Catalunya, i en el conjunt industrial de l'estat espanyol representa, de forma directa, més del 28% de l'ocupació, sent un sector on més del 78% de les empreses són exportadores [10]

4. Tendències de futur.

La necessitat de formar un enginyer mecànic contínuament adaptable a la realitat industrial és una preocupació generalitzada arreu del mon. En aquest sentit, però, no hi ha unanimitat entre el que demana la Indústria i les opinions al respecte dels acadèmics [8]. Així, mentre la Societat Americana d'Enginyers Mecànics recomana l'ampliació d'activitats pràctiques en el currículum, que ajudin a dissenyar, crear i experimentar, destacant també aspectes comunicatius [3], les institucions acadèmiques focalitzen els canvis en aspectes més formatius, com ara automatització, materials avançats, modelatge, dinàmica no lineal, ciència i enginyeria energètica, fabricació o nano/micro ciència i tecnologia [8,11,12,13,14].

La Indústria demana més aptituds i competències genèriques, mentre les universitats s'adrecen més als continguts formatius, en una aparent disjuntiva que no és tal. La Indústria en realitat també demana formació tècnica específica, i aquesta demanda és variable segons el sector industrial [15], però emfatitza la necessitat de l'adquisició d'habilitats [3,4,7,8].

La irrupció de nous contextos, com ara el de la Indústria 4.0, han suposat un replantejament de totes les titulacions, i no únicament la de l'enginyer mecànic [12,16], suposant noves oportunitats per als enginyers que hauran d'adaptar-se a les noves situacions [17,18].

També cal tenir present la modificació dels productes actuals, com ara l'evolució del cotxe elèctric en substitució dels vehicles amb motor de combustió actuals. Aquesta tessitura obligarà a redissenyar una gran quantitat de components (sistemes de transmissió, de refredament o calefacció, etc.) o de substituir d'actuals per altres, com ara motors de combustió per bateries i motors elèctrics [14]. Aquests nous paradigmes professionals també impliquen readaptar els temaris, ampliant coneixements en mecànica de fluids, en tribologia o en nous materials, per exemple, en detriment de contingut en altres com ara màquines tèrmiques [19].

Les estratègies industrials elaborades pels països també orienten quina ha de ser aquesta formació. Europa declara com a indústries estratègiques la salut i les indústries financeres, però també les indústries manufacturera, química i farmacèutica [20]. En totes elles l'enginyer mecànic desenvolupa un paper essencial, sovint emmascarat en l'apartat d'indústria de serveis (disseny, manteniment, etc.) [7].

En quan als aspectes de renovació cultural i estratègica, els principis de la Indústria 4.0 es fonamenten en [21]:

- Interoperabilitat (interconnexió)
- Virtualització
- Descentralització
- Capacitat d'operar i prendre decisions en temps real.
- Orientació al servei
- Modularitat.

Tots aquests principis involucren més conceptes de gestió de les activitats, a través de sistemes ciberfísics i adaptant-se a la realitat del Internet de les Coses (IoT), que no pas de necessitat de nous conceptes formatius tècnics. L'impacte d'aquests principis en la formació de l'enginyer mecànic és, doncs, més d'adquisició d'habilitats [12], però també involucren aprofundir en alguns aspectes de continguts, com ara fabricació additiva, realitat augmentada, simulació o internet industrial de les coses [21].

5. Formació curricular.

Amb tots aquests antecedents, la formació curricular ha de diferenciar l'adquisició d'habilitats de l'assoliment de coneixements tècnics.

Les habilitats i aptituds identificades com a claus per al titulat actual i de futur són [16], per ordre d'importància:

- Pensament analític i innovació
- Aprenentatge actives i estratègies d'aprenentatge
- Creativitat, originalitat i iniciativa
- Disseny i programació de tecnologia
- Pensament i anàlisi crítica
- Resolució complexa de problemes
- Lideratge i influència social
- Intel·ligència emocional
- Raonament, resolució de problemes i ideació
- Anàlisi i avaluació de sistemes

D'altres com el treball en equip, capacitat de comunicació o l'aprenentatge al llarg de la vida es consideren importants, però necessàriament assolides [22]. Cal insistir, però, en que cal preveure sistemes d'avaluació del seu assoliment [23]

Un dels inconvenients és que necessàriament el professorat també ha d'estar prèviament format per a desenvolupar aquestes habilitats, i que els governs haurien de millorar aquest aspecte invertint més en educació dels mateixos [20,24].

En quan als aspectes de continguts formatius tècnics, és important destacar la majoritària dedicació a la Indústria manufacturera dels titulats, seguida del manteniment industrial, i de l'impacte que tindrà en general el vehicle elèctric i el vehicle autònom. El nucli de coneixements tècnics es considera plenament vàlid [25], i únicament cal insistir en ampliar els continguts en matèries com [8,11,12,13,14,18,19,21]:

- Automatització,
- Simulació i modelatge,
- Dinàmica no lineal,
- Materials avançats,
- Mecànica de fluids,
- Tribologia,
- Ciència i enginyeria energètica,
- Fabricació additiva.
- Nano/micro ciència i tecnologia
- Internet de les coses

6. Referències.

- [1]. Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.
- [2]. Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.
- [3]. ASME. 2028 Vision for Mechanical Engineering. 2008.
- [4]. VDMA & McKinsey Study. The future of German mechanical engineering. Operating successfully in a dynamic environment. 2014.
- [5]. Delale, F. et al. *Infusion of Emerging Technologies and New Teaching Methods into The Mechanical Engineering Curriculum at The City College of New York*. Advances in Engineering Education (2011) 1-36.
- [6]. Kirkpatrick, Allan T. *AC 2011-2804: Vision 2030 creating the future of mechanical engineering education*. American Society for Engineering Education, 2011.
- [7]. WorldWideLearn. Mechanical Engineering Majors Guide. <https://www.worldwidelearn.com/online-education->

[guide/engineering/mechanical-engineering-major.htm](#).

Consultada el 24 d'abril de 2019.

- [8]. Siow, Y. et al. *A Critical Look at Mechanical Engineering Curriculum: Assessing the Need*. ASSE IL-IN Section Conference. Purdue University. 2019.
- [9]. VDMA demands better equipment for vocational schools. <https://www.vdma.org/en/v2viewer/-/v2article/render/31371669>. Consultada el 8 de maig de 2019.
- [10]. Ministerio de Indústria, Comercio y Turismo. Fichas sectoriales, marzo 2019.
- [11]. Ramakishna, S., Jose, R. *Materials 4.0: Materials big data enabled materials discovery*. Applied Materials Today 10 (2018), 127-132.
- [12]. Suarez Fernández-Miranda, S. et al. *The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering*. Procedia Manufacturing 13 (2017) 1229-1236.
- [13]. Department of Mechanical Engineering. Massachusetts Institute of Technology. <http://catalog.mit.edu/schools/engineering/mechanical-engineering/>. Consultada el 24 d'abril de 2019.
- [14]. The most promising industries for tomorrow's mechanical engineers. The University of California, Riverside. <https://engineeringonline.ucr.edu/mechanical-engineering/>. Consultada el 24 d'abril de 2019.
- [15]. Sukel, K., *Does Silicon Valley Have Enough Mechanical Engineers?*. Mechanical Engineering, January 2018, 31-37.
- [16]. World Economic Forum. The Future of Jobs Report. 2018.
- [17]. La Indústria 4.0 crearà 29.000 empleos en Catalunya hasta 2030 pero destruirà 16.000. Europa Press, 25 abril 2018.
- [18]. CaixaBank Research. *El futuro de la Indústria en España*. Dossier Indústria 4.0, novembre 2016, 38-39.
- [19]. Thornton, J. *The Dawn of Electric Vehicles*, ASME. <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/automotive-design/the-dawn-of-electric-vehicles>. Consultada el 20 d'abril de 2019.
- [20]. World Economic Forum & McKinsey Company. *Innovate Europe: Competing for Global Innovation Leadership*. January 2019.

- [21]. Hermann, M., Otto, B., Pentek, T., *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Technische Universität Dortmund & Audi. 2015.
- [22]. Dukhan, N., Rayess, N., *On teaching non-technical skills for the engineers of 2020*. QScience Proceedings 2014.
- [23]. Nørgaard, B., Guerra, A., *Engineering 2030: Conceptualization of Industry 4.0 and its implications for Engineering Education*. Proc. 7th International Research Symposium on PBL, pp 34-47. Aalborg, 2018.
- [24]. Corlu, M.S. et al., *Engineering Education in Higher Education in Europe*. Innovations in Science Education and Technology (24), Karen C. Cohen Editor. Springer 2018, 241-260.
- [25]. Zheng, Q.S., *On the mechanics curriculum for innovative engineering*. Proc. 7th International Research Symposium on PBL, pp 68-74. Aalborg, 2018.