

# Caracterización del diseño y desarrollo de productos en Colombia. Una referencia para industria y academia

Characterization of design and development of products in Colombia. A reference for industry and Academy

Carlos Andrés Pérez Trisancho, Nubia Edith Cárdenas Zabala

Ingeniería mecánica, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia

Correo-e: carlos.perez@escuelaing.edu.co

**Resumen**— El artículo presenta la caracterización del diseño y desarrollo de productos en algunos departamentos de ingeniería de empresas representativas de la industria Colombiana. La metodología incluyó revisión documental, diseño de un instrumento de información, validación por parte de expertos, prueba piloto, aplicación formal del instrumento, y el procesamiento y análisis de información. Los resultados muestran una caracterización referente para otras industrias e incluyen un análisis enfocado en la enseñanza del diseño, por lo que proporcionan información relevante para los procesos de renovación curricular, en la medida en que las recomendaciones propuestas sean consideradas y adoptadas en los currículos de ingeniería.

**Palabras clave**— Diseño en ingeniería, diseño en la industria, diseño y desarrollo de productos, enseñanza del diseño, metodologías de diseño, renovación curricular en ingeniería

**Abstract**— The article presents the characterization of the design and development of products in some departments of engineering of companies representative of the Colombian industry. The methodology included document review, design of an information instrument, validation by experts, pilot testing, formal application of the instrument, and the processing and analysis of information. The results show a reference characterization for other industries and include an analysis focused on the teaching of the design, so they provide information relevant to the processes of curricular renewal, to the extent that the proposed recommendations are considered and adopted in the engineering curricula.

**Key Word** — Engineering design, design in the industry, design and development of products, teaching of design, design methodologies, curricular renewal in engineering.

## I. INTRODUCCIÓN

En [1] se destacan las siguientes debilidades como las más frecuentemente percibidas en los recién egresados por parte de empleadores de ingenieros: arrogancia técnica, incompreensión de los procesos de manufactura, falta de capacidad o de creatividad para el diseño, ausencia de valoración al considerar alternativas, ausencia de apreciación por la valoración, déficit de análisis, pobre percepción de los procesos de ingeniería en el proyecto global, estrecha visión de la ingeniería y sus disciplinas asociadas, baja comprensión de los procesos de calidad, debilidad en las habilidades de comunicación y escasa capacidad o experiencia de trabajo en equipo. Como puede apreciarse, todas están muy relacionadas con la actividad que quizá exige el desempeño más integral de un ingeniero; y es el diseño y desarrollo de productos. El diseño resulta complejo, ya que es concebido según [2], como “*un proceso sistemático e inteligente, en el cual el diseñador genera, evalúa y especifica conceptos para dispositivos, sistemas o procesos, que funcionan de acuerdo con las necesidades del cliente, mientras que satisfacen un conjunto específico de restricciones*”; o de acuerdo con [3], vinculado con “*la concepción de sistemas, equipos, componentes o procesos con el fin de satisfacer una necesidad y concluye con la documentación que define la forma de dar solución a dicha necesidad, constituyéndose en un acto creativo dedicado a seleccionar, combinar, convertir restringir, modificar, manipular y conformar ideas, resultados científicos y leyes físicas en productos o procesos útiles*”; y además es considerado por [4] como “*una de las principales áreas de la ingeniería con dimensiones técnicas, económicas, humanas, sociológicas y psicológicas*”.

En la formación profesional y en especial en ingeniería, debe existir una conexión entre ciencia, tecnología y sociedad como lo manifiesta [5]; es decir, que debe haber una correspondencia entre lo que se enseña y aprende con lo que se aplica en la práctica, para que efectivamente según [6], la educación pueda convertirse en un motor de desarrollo para el País. El caso específico de la enseñanza del diseño en ingeniería no resulta

ajeno a esta realidad e indiscutiblemente necesita complementarse con elementos de su práctica a nivel industrial; condición que ya incluso ha generado propuestas de programas académicos específicos de “diseño de ingeniería en la industria”, como se reporta en [7]. En el contexto Colombiano, pese a reconocer la necesidad de acercamiento entre universidad y empresa, considerando clave entre varios aspectos, no solamente una marcada capacidad técnica, sino además una íntima relación con la industria dentro de la formación de ingenieros [1]; han hecho falta esfuerzos para lograr lo correspondiente al implementar estrategias de enseñanza-aprendizaje basadas en la práctica del diseño y desarrollo de productos al interior de las empresas, para que las nuevas generaciones de ingenieros puedan responder de manera más adecuada a las necesidades actuales de la ingeniería. En cualquier caso, se requiere salir del aula, explorar y conocer la manera como el diseño es llevado a cabo en la práctica profesional; razones por las que este artículo tiene como objetivo presentar una caracterización del diseño y desarrollo de productos en Colombia, como referente para la industria y acompañado de un análisis enfocado en la enseñanza del diseño, como aporte a los procesos de renovación curricular en ingeniería. Se muestran resultados de acuerdo con las recomendaciones de [8] acerca de las buenas prácticas de diseño en los departamentos de I&D en la industria.

## II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### A. Tipo de estudio.

Corresponde a un estudio de tipo exploratorio-descriptivo, en el que a través de la metodología cuantitativa, se realiza un diagnóstico situacional del diseño y desarrollo de productos en los departamentos de ingeniería de empresas manufactureras representativas de la industria Colombiana.

### B. Población de referencia y muestra.

La población de referencia son las empresas manufactureras representativas en Colombia que cuentan con procesos de diseño y desarrollo de productos. Se seleccionó una muestra no probabilística e intencional debido a que no se utilizaron procedimientos de selección por casualidad. Algunas empresas fueron escogidas por conocimiento directo gracias a la interacción a través de la experiencia profesional con las mismas, y otras por referenciación y *goodwill*. Inicialmente se propuso contar con una muestra total de 20 empresas, sin embargo por temas inherentes a presupuesto, tiempo, falta de receptividad y colaboración por parte de algunas empresas, se efectuó finalmente el estudio con 12 empresas grandes plenamente constituidas, con departamento de I&D, y proceso de diseño y desarrollo de productos dentro de un sistema de gestión integral.

### C. Instrumentos y técnicas de recolección de la información.

El instrumento empleado es la *Encuesta Empresarial-Departamentos de I&D* propuesta por [8], la cual está constituida por un total de 65 ítems dentro de 5 categorías de evaluación donde se incluyen los aspectos generales y

organizacionales de los departamentos de ingeniería, los recursos intelectuales y físicos de apoyo empleados en la práctica, las disciplinas y su participación en las diversas actividades del proceso, las habilidades y competencias requeridas en los profesionales, sugeridas por [1], según los criterios del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la tecnología en Estados Unidos – *ABET*), la documentación técnica asociada a esta práctica, y se ha reservado un espacio final para observaciones emergentes por parte de los jefes de I&D de las empresas durante la aplicación del instrumento.

### D. Procedimiento.

Una vez diseñada la encuesta, fue presentada a expertos para su validación y se realizó una aplicación piloto en una muestra de cuatro empresas que poseen formalmente un departamento de I&D y que incluyen dentro de sus procesos, el diseño y desarrollo de productos; lo anterior con el fin de evaluar la pertinencia de los ítems y su claridad durante la aplicación.

### E. Análisis de datos.

En la formulación de la *Encuesta Empresarial-Departamentos de I&D*, parte de las respuestas a los ítems permite evaluar la existencia o no de las categorías medidas; mientras que otras incluyen valores numéricos de frecuencias absolutas. Para el análisis de los datos no numéricos, estos fueron transformados a escala cuantitativa, asignándoles valores numéricos de 1 si hay presencia de la sub-categoría evaluada, o de 0 si no la hay. Para el análisis, se consolidaron los resultados en una base de datos de Excel, y se realizaron medidas de frecuencia para caracterizar la práctica de diseño y desarrollo de productos de los departamentos de ingeniería en las empresas de la muestra.

## III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### A. Características generales de los departamentos de I&D

1) *Sistemas de Gestión*. En el gráfico 1 se observa la gama de sistemas de gestión encontrada en las empresas encuestadas, así como el porcentaje de existencia en las mismas. Se observa que predominan los sistemas de gestión de la calidad (*ISO 9001*), ambiental (*ISO 14001*), de seguridad y salud ocupacional (*OHSAS 18001*) y de diseño y desarrollo, producción, instalación y servicio de productos del sector automotriz (*ISO/TS 16949*); sin embargo, vale la pena destacar que las organizaciones han incursionado en certificaciones de normas como la que establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración (*ISO 17025*) y la que especifica los requisitos para la implantación del sistema de gestión de la seguridad de la información (*ISO 27001*). Algunas empresas manifestaron la intención de querer en un futuro cercano acreditarse con *ISO 50001*, que es la norma que establece los principios para implantar un sistema de gestión de la energía.

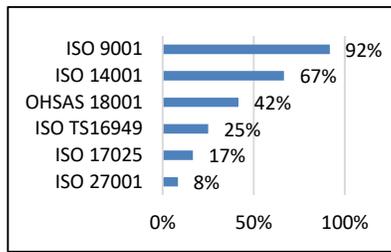


Gráfico 1. Presencia porcentual de sistemas de gestión

Se observa que el panorama de conocimiento en sistemas de gestión para el profesional es amplio y por lo tanto, deberá conocerlos, entenderlos y aplicarlos, ya sea a nivel de pregrado o postgrado, para poder desempeñarse con la dinámica de la industria global.

**2) Jefatura inmediata en los departamentos de I&D.** En el gráfico 2 se puede apreciar que en una gran proporción la persona que lidera al jefe del departamento de I&D es el gerente general de la compañía; siguiéndole el gerente o subgerente técnico, el jefe de producción, el vicepresidente de tecnología y operaciones o el ingeniero de proyectos. Aunque en casi todos los casos el cargo es ocupado por un ingeniero, se observa que no en todos es el gerente o subgerente técnico como se esperaba, indicando que probablemente actividades tan importantes como la innovación y desarrollo no estén teniendo la atención y dedicación exclusiva de un jefe experto en la parte técnica, cuyas funciones pueden ser un tanto diferentes de las que ejerce un gerente general.

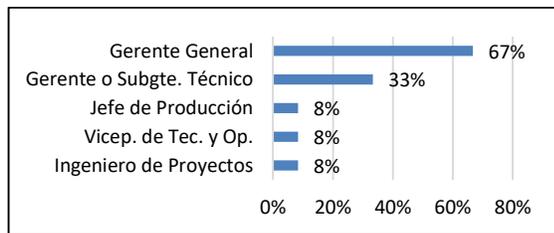


Gráfico 2. Presencia porcentual de jefaturas para los departamentos de I&D

**3) Presencia porcentual del uso de procedimientos en etapas de diseño y desarrollo.** En el gráfico 3 se presenta el porcentaje de existencia del uso de procedimientos, para las etapas de diseño y desarrollo al interior de los departamentos de I&D de las empresas encuestadas. Se destaca un alto porcentaje de uso de procedimientos para las etapas de definición de requisitos de diseño y diseño de producto, seguidas por las etapas diseño de proceso y selección del equipo del proyecto. Se observa que en un menor porcentaje se emplean procedimientos para los proyectos de innovación, lo que muestra que esta actividad aún no está tan afianzada y definida como las demás dentro de las compañías. Este hecho se corrobora con la observación de uno de los jefes de departamento de I&D entrevistados, al indicar según su percepción, que en las universidades se forma adecuadamente para el ejercicio del diseño, pero no para la innovación.

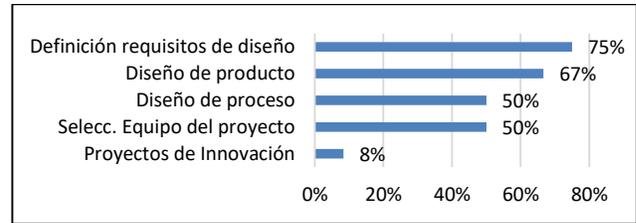


Gráfico 3. Presencia porcentual del uso de procedimientos en etapas de diseño y desarrollo

**4) Presencia porcentual de seguimiento formal a etapas del diseño y desarrollo.** En concordancia con el gráfico 1 acerca de la presencia de sistemas de gestión en las empresas consultadas (especialmente el de calidad ISO 9001), se observa en el gráfico 4 una alta presencia de seguimiento durante las etapas de revisión, verificación y validación. Estas imprescindibles etapas dentro del proceso de diseño y desarrollo de productos son de tal relevancia, que la *Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)*, organiza anualmente un simposio alrededor de la verificación y la validación [9]; por tanto, los ingenieros deben adquirir un pleno conocimiento, claridad y dominio de cada una de estas etapas dentro de su formación del diseño en ingeniería. Por su parte para la etapa de registro del conocimiento, en las empresas encuestadas no se ha encontrado una fuerte presencia de formalismos para su seguimiento, pudiendo ser una oportunidad de mejora, puesto que esta etapa es tanto o más importante que las demás, especialmente por temas como el *Know How* o la propiedad intelectual.

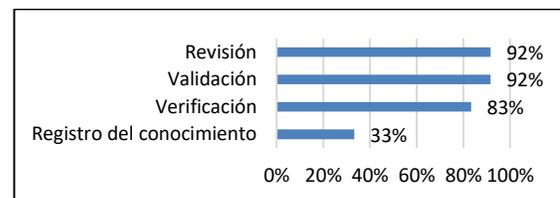


Gráfico 4. Presencia porcentual de seguimiento formal a etapas de diseño y desarrollo

**5) Origen de los nuevos proyectos de I&D.** En el gráfico 5 se observa que en las compañías, el origen de los proyectos de diseño y desarrollo se concentra en la solicitud directa del cliente y en las propuestas internas de I&D; también resultan importantes los estudios de mercado, y en menor proporción los tratados de transferencia de tecnología y las propuestas de desarrollo de proyectos por entidades asociadas. La baja presencia de los tres últimos indica una oportunidad de mejora a la hora de emprender un proyecto de I&D puesto que por ejemplo, sin un mercado asegurado a partir de un estudio de mercados, muchos de los proyectos pueden no llegar a tener rentabilidad, o sin la sinergia de entidades asociadas o a través de tratados de transferencia de tecnología, los productos pueden tener un alcance y desarrollo limitado para competir frente a otros productos de compañías que si logren la complementariedad. La academia deberá entonces considerar y

fortalecer la integralidad de estas posibilidades dentro de la formación de sus profesionales en el campo del diseño y desarrollo de productos.

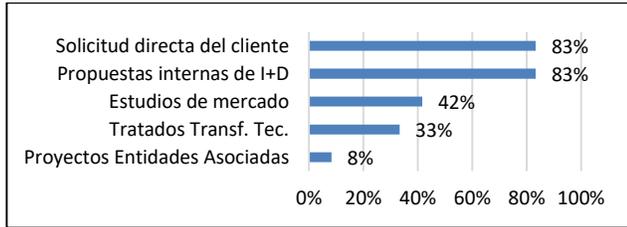


Gráfico 5. Presencia porcentual de origen de los nuevos proyectos de I&D

**6) Enfoques de la filosofía de diseño.** En las empresas encuestadas según se aprecia en el gráfico 6, la filosofía de diseño está principalmente enfocada a la manufactura y ensamble, con una importante presencia también del enfoque hacia las pruebas y el servicio; sin embargo la presencia del enfoque hacia el medio ambiente es relativamente baja. Lo anterior demuestra que el enfoque ambientalista del diseño no ha permeado lo suficiente en la metodología de diseño y desarrollo de productos de las compañías, convirtiéndose entonces en un aspecto a considerar y/o reforzar dentro de la enseñanza, dada la inherente responsabilidad social y ambiental del diseño en ingeniería.

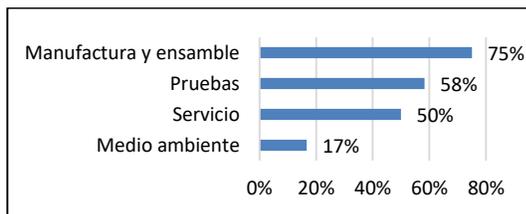


Gráfico 6. Presencia porcentual de enfoques de la filosofía de diseño

**7) Herramientas empleadas para determinar requisitos de diseño y desarrollo.** Para las empresas encuestadas y de acuerdo con el gráfico 7, la principal herramienta para determinar los requisitos de diseño y desarrollo lo constituyen sus propios formatos, siguiéndole en orden de importancia el despliegue de la función de calidad o *QFD* [10]. por otra parte, y pese a que las metodologías *5W+H* [11] ó *5W+2H* [12], o la de las *8D* [13], son herramientas enfocadas al análisis de problemas y no a la definición de requisitos de diseño y desarrollo; algunas empresas referenciaron su uso para el propósito de determinar requisitos de diseño y desarrollo dentro de sus proyectos. Contrario a lo que se esperaría, la reconocida metodología del *QFD* no es tan empleada para este propósito, y vale la pena mencionar aquí, que no se pudo conocer el detalle de los formatos propios de las compañías y por lo tanto, no se tiene un punto de comparación para emitir una opinión acerca de la pertinencia y/o conveniencia de las herramientas actualmente empleadas en las empresas para definir los requisitos de diseño y desarrollo de sus productos. En algunas empresas no se registró el empleo de herramienta alguna para este propósito. Se recomienda que en la enseñanza se considere

por lo menos la valiosa herramienta del *QFD*, la cual por experiencia propia, ha mostrado ser de gran ayuda a la hora de convertir las necesidades del cliente en requisitos de diseño y desarrollo.

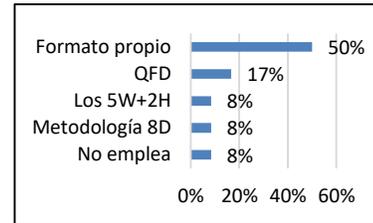


Gráfico 7. Presencia porcentual de herramientas para determinar requisitos de diseño

## B. Recursos de apoyo al diseño y desarrollo de productos

**1) Uso de ensayos destructivos.** Para apoyo a los proyectos de diseño y desarrollo de productos en las empresas encuestadas, se encontró de acuerdo con el gráfico 8, que los ensayos destructivos más usados son los que permiten una caracterización básica de materiales; es decir, los de tensión, dureza, fatiga y metalografía. Los ensayos de metalografía, junto con los de espectrometría que se encontraron en menor proporción, resultan específicos de industrias metalmeccánicas donde son imprescindibles para la determinación y/o verificación de propiedades metalúrgicas.

Estos resultados junto a lo que se pudo evidenciar en la visitas, sugieren que el conocimiento acerca de los ensayos destructivos, desde su naturaleza hasta la normatividad asociada, deben estar contemplados en los planes de enseñanza en ingeniería, porque son herramientas que el ingeniero de diseño y desarrollo de productos requiere para su desempeño.

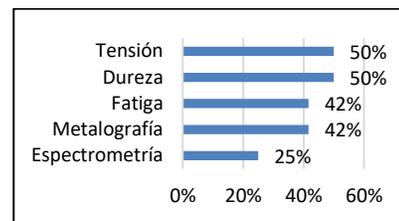


Gráfico 8. Presencia porcentual del uso de ensayos destructivos.

**2) Uso de ensayos no destructivos.** Para las empresas encuestadas según el gráfico 9, se encontró que los ensayos no destructivos más usados como apoyo a los proyectos de diseño y desarrollo de productos son: tintas penetrantes, rayos X y partículas magnéticas; entendiéndose que estos son los más comúnmente empleados para la identificación de defectos en componentes y quizá los menos costosos y más prácticos con excepción de los rayos X. Los ensayos de ultrasonido y de corrientes de Eddy, no menos importantes que los primeros, no son tan usados en parte por los costos de los equipos y la capacitación exigidos para su implementación.

Este panorama sugiere que el enfoque académico hacia los ensayos no destructivos, desde su naturaleza hasta la

normatividad asociada, también debe estar contemplado en los planes de enseñanza en ingeniería, porque son herramientas que van a estar involucradas en las etapas de pruebas y validación de prototipos y productos.

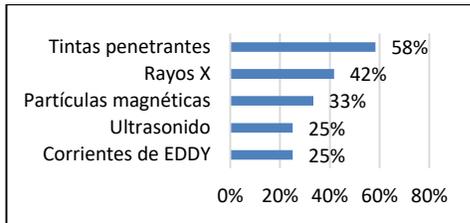


Gráfico 9. Presencia porcentual del uso de ensayos no destructivos.

**3) Uso de herramientas metroológicas.** Como se aprecia en el gráfico 10 y correspondiente con la presencia del sistema de gestión de calidad *ISO 9001* en las empresas encuestadas, la metrología es imprescindible en los procesos de diseño y desarrollo de productos. Se encontró que la gran mayoría de las empresas emplea herramientas metroológicas del tipo patrones y verificadores y sistemas de medición digitales y análogos. El proyector de perfiles y los equipos para medición por coordenadas tridimensionales, que son herramientas complementarias de un costo representativo, presentan menos frecuencia de uso; pero aun así, alrededor de la mitad de las empresas encuestadas los usan. La definición de tolerancias, los reportes de control dimensional de prototipos y su análisis, así como los planes de control dimensional que se definen en torno al desarrollo de un producto, deben ser manejados y considerados por el ingeniero de diseño; por lo tanto, estos aspectos inherentes a la metrología deben ser tenidos en cuenta durante la formación profesional del ingeniero.

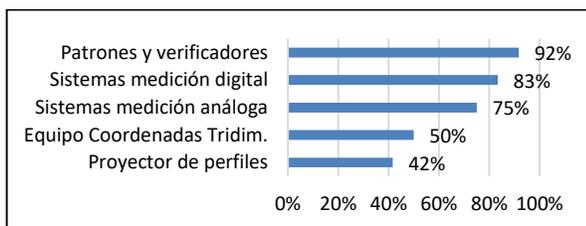


Gráfico 10. Presencia porcentual del uso de herramientas metroológicas

**4) Niveles inspección de calidad.** En el gráfico 11 se aprecia que el mayor porcentaje de inspecciones de calidad realizadas en las empresas encuestadas están a cargo de inspectores sin certificación, le siguen los inspectores nivel I y los metrologos. Las inspecciones realizadas por los inspectores nivel II y III se encontraron en menor frecuencia en estas empresas, y es en gran parte debido a que estas certificaciones demandan una formación especializada que solamente resulta imprescindible para la operación de cierto tipo de empresas. Por ejemplo, si se trata de una empresa dedicada al diseño y fabricación de componentes para aeronaves o estructuras soldadas, esta requerirá tener inspectores nivel II y III.

Para las nuevas generaciones de ingenieros se convierte en una fuente de oportunidades laborales, ya que sectores específicos de la industria están demandando cada vez más estos niveles de certificación en los profesionales que se desempeñan en los departamentos de calidad e ingeniería. En Colombia, entidades como *ACOSEND (Asociación Colombiana de Soldadura y Ensayos No Destructivos)*, ofrece el servicio de calificación y certificación de inspectores de calidad de ensayos no destructivos niveles I y II [14], pero resulta muy difícil en nuestro País contar con profesionales certificados en nivel III así como con entidades que los capaciten y los certifiquen.

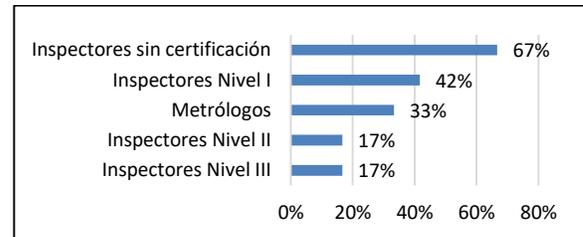


Gráfico 11. Presencia porcentual niveles inspección de calidad.

**5) Uso de herramientas CAD/CAM/CAE.** En el gráfico 12 se aprecia una gran variedad de herramientas CAD/CAM/CAE usadas en las empresas encuestadas; se destacan en su uso los softwares Inventor, SolidWorks y Ansys. Otras herramientas empleadas son: LabView, Adobe Illustrator, Mathlab, Mathcad, NX-CAM y los Scanner 3D. Con menor presencia se encontraron los softwares SolidEdge, MasterCAM, Molflow, Indesign, Photoshop y Aveva. Algunas empresas poseen un software propio dedicado al diseño, en función del tipo de producto que desarrollan.

La experiencia en la práctica de la ingeniería y la experiencia en la enseñanza de la misma junto con el panorama evidenciado en el trabajo de campo, corroboran el hecho de que hoy día no se concibe un profesional en ingeniería sin un adecuado manejo de herramientas CAD/CAM/CAE, especialmente si ha de desempeñarse en diseño y desarrollo de productos, porque la manufactura moderna así lo está exigiendo cada vez más.

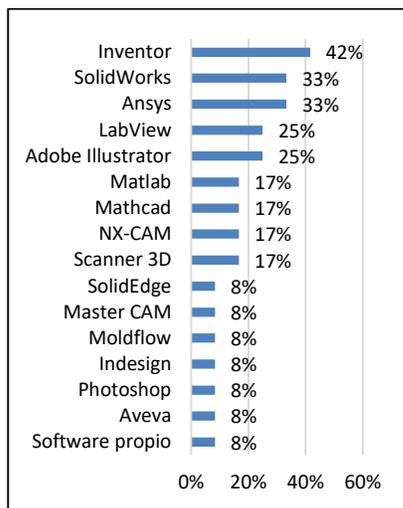


Gráfico 12. Presencia porcentual uso de herramientas CAD/CAM/CAE

**6) Uso de procesos de fabricación convencionales.** Se puede apreciar de acuerdo al gráfico 13, que un gran porcentaje de las empresas encuestadas cuenta con procesos convencionales de maquinado, troquelado, tratamientos superficiales y soldadura; también son empleados los procesos de fundición, procesamiento de polímeros, y en menor frecuencia de uso se encontraron los procesos de corte plasma. Estos resultados, que muestran un panorama acerca del uso de procesos de fabricación convencionalmente empleados en la industria, se complementan con los testimonios de algunos empresarios encuestados, quienes sugieren considerar en la formación de los ingenieros otra serie de procesos industriales que no tienen tanto que ver con chapas y metales; por ejemplo el esmaltado sobre metales, los procesos de pintura y acabado, y la inyección de espumas poliméricas rígidas y flexibles.

Por otra parte, según mencionó un ingeniero en una de las empresas encuestadas, las plantas de fundición en Colombia (también las de forja) han sido bastante golpeadas por las importaciones de este tipo de productos, especialmente desde China. Esto ha causado una fuerte disminución del número de plantas dedicadas a dichos procesos, con las consecuentes pérdidas de empleos y las posibilidades de desarrollo propio nacional en este campo. Le corresponde a la academia parte del reto, que consiste en desarrollar tecnologías y metodologías en procesos de fundición y forja, que sean óptimos y ambientalmente amigables para ser competitivos y poder tener participación en el mercado global.

En cuanto al corte plasma, el bajo uso reportado corresponde a que este proceso resulta casi exclusivo de la industria metalmecánica pesada del acero, que no es el caso de todas las empresas consultadas. Sin embargo, dada su aplicación, versatilidad, posibilidades de automatización y rendimiento (comparado con el oxicorte), se considera que el plasma es un proceso que debe ser tenido en cuenta dentro de la enseñanza del diseño y manufactura de los ingenieros.

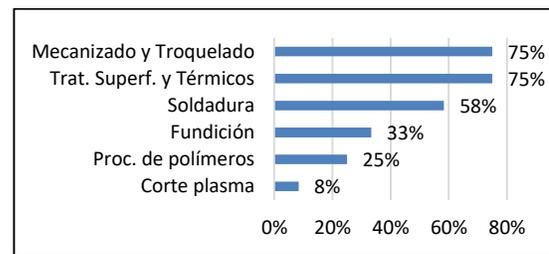


Gráfico 13. Presencia porcentual procesos de fabricación convencionales.

**7) Uso de procesos de fabricación avanzados.** De acuerdo con en el gráfico 14, en la gran mayoría de las empresas consultadas se realizan procesos de fabricación que emplean la tecnología CNC, y según se apreció en las visitas, especialmente se emplea para procesos de corte por remoción de material. Las demás tecnologías encontradas como el grabado y/o corte láser, la electroerosión, el corte por chorro y el prototipado rápido, pese a su relativa baja presencia como herramienta de apoyo al diseño y desarrollo de productos, indican que su uso está inmerso en la industria, en parte debido a los cada vez más exigentes requisitos de calidad de los productos, que hacen imprescindible su empleo. Estos procesos de fabricación representan una amplia gama de posibilidades por evidentes razones, y a nivel de formación, se considera que deberán estar contemplados dentro del plan de estudios de ingeniería en el área de manufactura, tanto de forma teórica como práctica, sin llegar a ser expertos en su operación, pero sí en el conocimiento de sus principios, limitaciones y ventajas, para que desde la ingeniería se puedan hacer propuestas de nuevos desarrollos en este campo.

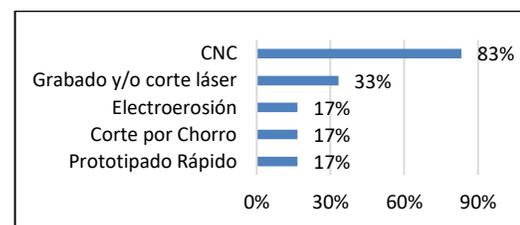


Gráfico 14. Presencia porcentual procesos de fabricación avanzados.

**8) Origen de utillajes y verificadores.** La experiencia nos ha enseñado que una de las primeras y principales tareas que ejecuta por ejemplo un ingeniero mecánico desempeñándose en un departamento de ingeniería, es el diseño y desarrollo de utillajes y verificadores; y así lo corrobora el gráfico 15 donde la mayor presencia porcentual del origen de estos elementos la representa el desarrollo total propio en las empresas. La adaptación de existentes y el desarrollo extranjero también representan un alto porcentaje de los casos en las empresas encuestadas. Algunas empresas prefieren contratar la fabricación local, nacional o extranjera, según la necesidad específica y también en parte porque son tareas para las que muchas veces “no hay tiempo” dentro de la organización o no se cuenta con la tecnología para su desarrollo.

La alta presencia de desarrollo extranjero de estos elementos nos hace pensar en la idea de ¿por qué no ha de poder hacerse

en el País?; ahora bien, podría explorarse esta potencial fuente de empleo para el ingeniero mecánico, representada en la constitución de empresas que provean este tipo de producto/servicio a la industria. A la academia le corresponde fortalecer las habilidades de los ingenieros para el diseño y desarrollo de máquinas, involucrando retos reales de la industria que requieran una solución a través del diseño y desarrollo; por ejemplo, de utillajes para montaje y maquinado de un determinado componente, o para verificar alguna característica de estos.

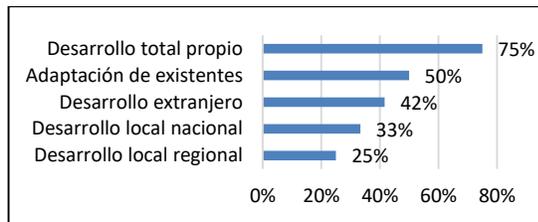


Gráfico 15. Presencia porcentual origen de utillajes y verificadores.

**9) Herramientas informáticas usadas en los departamentos de I&D.** De acuerdo al gráfico 16, en las empresas encuestadas las principales herramientas informáticas de apoyo para la gestión documental en los departamentos de I&D son Office, Project y e-mail gestor documental, así mismo varias empresas usan un software propio para este propósito, porque al parecer no todos los que se ofrecen en el mercado se adaptan bien a algunas necesidades particulares de algunas empresas.

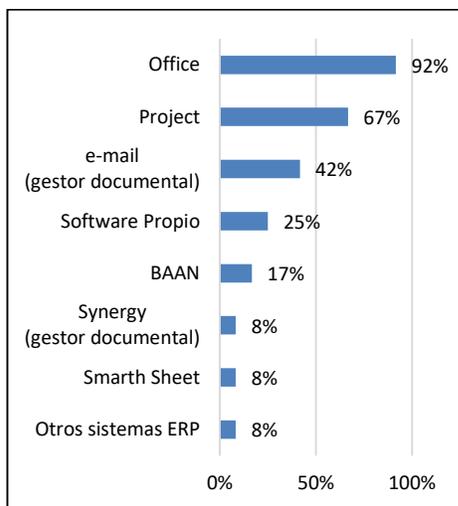


Gráfico 16. Presencia porcentual de herramientas informáticas para la gestión documental

En menor proporción se encontró el uso de sistemas como el BAAN [15], Synergy gestor documental [16], Smarthsheets [17], y otros planificadores de recursos empresariales o sistemas ERP [18].

El office como es bien sabido y era de esperarse, ya es un paquete informático cuyo uso se ha popularizado gracias a su universalidad y versatilidad, por lo tanto es prácticamente un

deber para todo profesional conocerlo y aplicarlo en un nivel medio-avanzado, al igual que Project que es un software empleado por excelencia para la planificación de actividades y recursos dentro de los proyectos de ingeniería.

**C. Disciplinas y su participación en I&D**

**Participación porcentual promedio disciplinas en I&D.** Como puede apreciarse en el gráfico 17 acerca de la participación porcentual promedio por disciplinas, dentro de las empresas encuestadas se encontró que las ingenierías en general están presentes en sus departamentos de I&D. Se destaca la participación de la ingeniería mecánica, y le siguen en importancia las ingenierías industrial, eléctrica, metalúrgica y mecatrónica. El dibujo técnico por obvias razones destaca su participación en las actividades de diseño y desarrollo de productos.

Otras disciplinas encontradas aunque con menor porcentaje de participación, resultan indispensables para algunas empresas dependiendo de su naturaleza; por ejemplo, disciplinas como el diseño gráfico e industrial, la administración, la publicidad y carreras tecnológicas en áreas afines. La disciplina de arquitectura naval, de manera especial está presente porque se consultaron empresas dedicadas al diseño y fabricación de este tipo de productos.

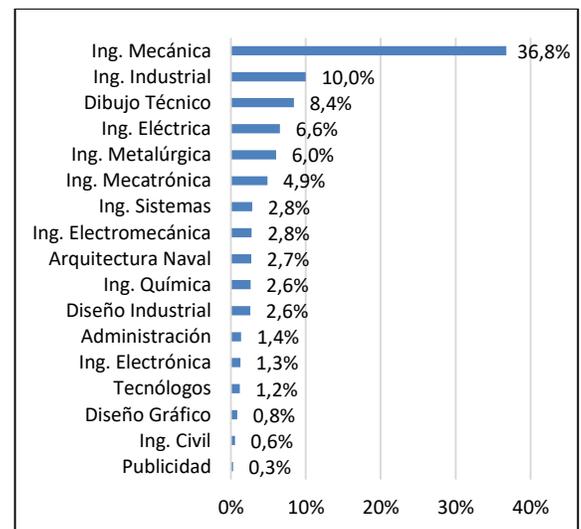


Gráfico 17. Participación porcentual promedio disciplinas en I&D

**1) Participación porcentual promedio disciplinas en diseño de producto.** En el gráfico 18 se presenta la participación porcentual promedio por disciplinas en la etapa de diseño de producto dentro de las empresas consultadas, se aprecia que está se encuentra liderada en gran proporción por la disciplina de ingeniería mecánica, seguida en porcentaje de participación por las disciplinas de dibujo técnico, ingeniería mecatrónica, ingeniería eléctrica, diseño industrial, ingeniería química e ingeniería electrónica. Otras disciplinas presentes en el diseño de producto son ingeniería de sistemas, industrial, civil, diseño gráfico, publicidad, ingeniería metalúrgica y arquitectura naval.

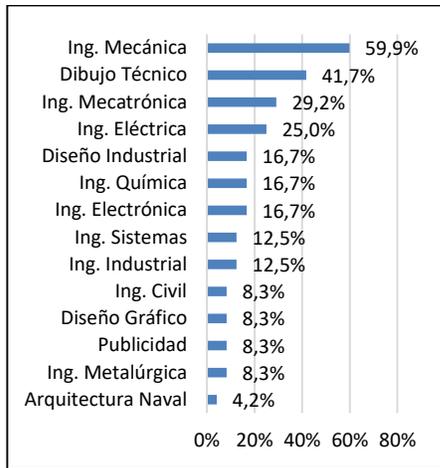


Gráfico 18. Participación porcentual promedio disciplinas-diseño de producto.

2) **Participación porcentual promedio disciplinas en diseño de proceso.** En el gráfico 19 se muestra la participación porcentual promedio por disciplinas en la etapa de diseño de proceso. Se aprecia que los departamentos de I&D de las empresas encuestadas, las ingenierías mecánica e industrial encabezan dicha participación.

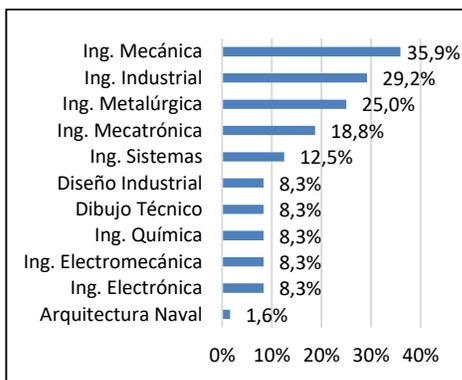


Gráfico 19. Participación porcentual promedio disciplinas-diseño de proceso.

Le siguen en porcentaje de participación las ingenierías: metalúrgica mecatrónica y de sistemas, y en menor proporción las ingenierías: electromecánica, química, electrónica; el dibujo técnico, el diseño industrial y la arquitectura naval.

3) **Participación porcentual promedio disciplinas en elaboración de presupuestos.** El gráfico 20 permite apreciar para las empresas encuestadas, la participación porcentual promedio por disciplinas en la etapa de elaboración de presupuestos dentro de los proyectos de diseño y desarrollo de productos. Acá nuevamente se ha encontrado que la profesión de ingeniería mecánica posee una significativa participación comparada con las demás disciplinas encontradas; le siguen la administración, el diseño industrial, y las ingenierías metalúrgica e industrial; finalmente con una menor

participación están las ingenierías mecatrónica, eléctrica y la arquitectura naval.

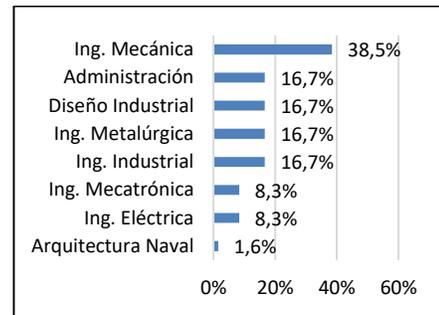


Gráfico 20. Participación porcentual promedio disciplinas- presupuestos.

4) **Participación porcentual promedio disciplinas en formulación, evaluación y seguimiento de proyectos.** La participación porcentual promedio por disciplinas en las etapas de formulación, evaluación y seguimiento de proyectos al interior de los departamentos de I&D de las empresas consultadas, nuevamente aparece liderada en este grupo de empresas por la profesión de ingeniería mecánica, siguiéndole de cerca la ingeniería industrial, como puede apreciarse en el gráfico 21. Con importante participación también se encuentran las ingenierías mecatrónica y metalúrgica, así como el diseño industrial. Con menor participación están las ingenierías: eléctrica, química, electrónica, y por último la ingeniería de sistemas y la arquitectura naval.

De acuerdo con los diferentes escenarios de desempeño anteriormente expuestos, se puede afirmar que el currículo de enseñanza del diseño en ingeniería deberá darles especial importancia dentro de la formación de los ingenieros, puesto que los profesionales los están aplicando de manera importante en su desempeño profesional como se pudo evidenciar en el trabajo de campo en las empresas consultadas.

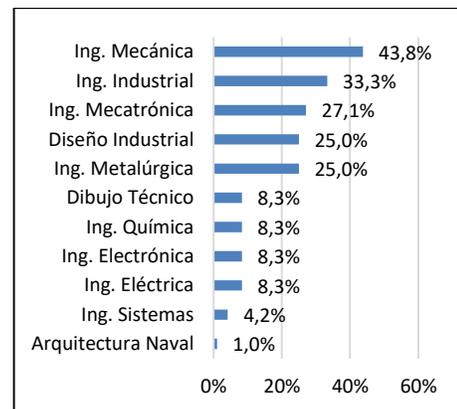


Gráfico 21. Participación porcentual promedio disciplinas en formulación, evaluación y seguimiento de proyectos.

D. **Importancia porcentual de capacidades requeridas para el desempeño en I&D.** Para la evaluación de este aspecto se tuvieron en cuenta las capacidades que debe poseer un ingeniero para su desempeño, sugeridas por [1], según los

critérios de *ABET*. En el gráfico 22 se observan las capacidades y el promedio porcentual de empresas que las consideran de importancia alta para desempeñarse en I&D. Esto muestra claramente que las consideraciones de entidades como *ABET* respecto del que hacer del ingeniero en su desempeño profesional son una realidad valorada y tenida en cuenta en el medio empresarial nacional, y con mucha mayor razón lo debe ser en el internacional; por lo tanto, a la academia le corresponde garantizar la formación y fortalecimiento de esas capacidades a los profesionales que se están formando.

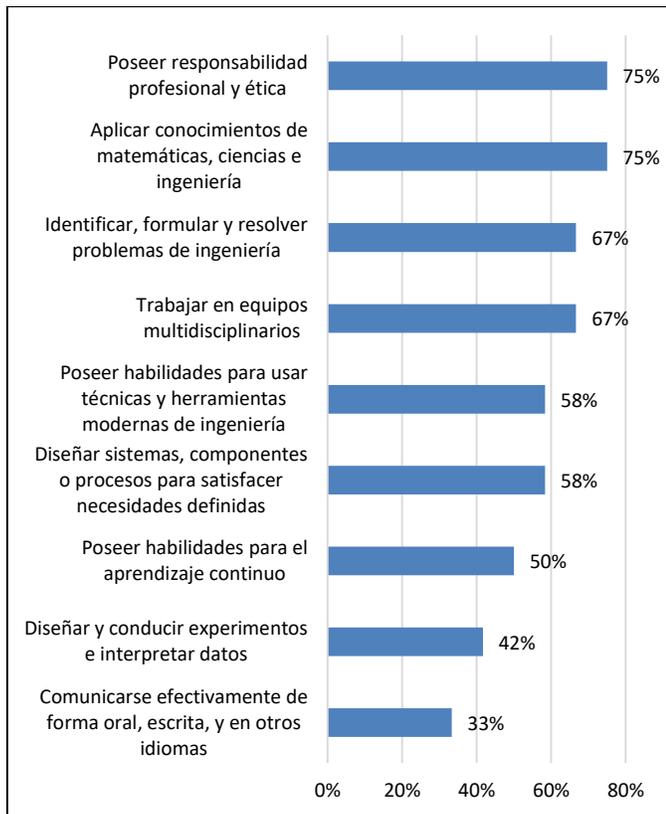


Gráfico 22. Capacidades y promedio porcentual de empresas que las consideran de importancia alta para desempeñarse en I&D.

**E. Presencia porcentual promedio de documentación técnica asociada a los procesos de diseño y desarrollo de productos.** Como se puede apreciar en el gráfico 23, el espectro encontrado en las empresas encuestadas es amplio e importante en este aspecto, indicándonos que los ingenieros hoy día se deben desempeñar en un mundo de información, normalización y estandarización que les obliga a conocer, proponer, elaborar y administrar documentos técnicos asociados a su ejercicio profesional, especialmente en el campo del diseño y desarrollo de productos.



Gráfico 23. Documentación técnica en I&D y promedio porcentual de uso.

#### IV. CONCLUSIONES

- Con la caracterización se logró tener un acercamiento a la práctica empresarial del diseño y desarrollo de productos en Colombia, y en esta se destaca la línea base resultante para el mejoramiento de las industrias, en la medida en que apropien las oportunidades de mejora que en análisis de resultados se plantean, y las que puedan identificar dentro de este estudio.

- A partir de la información recopilada y el análisis de resultados, se aprecia la complejidad de elementos que involucra el proceso de diseño y desarrollo de productos en la industria, destacándose como una actividad integradora de la ingeniería que aborda entre otros, temas técnicos, económicos, humanos, sociológicos; que además se encuentran inmersos en la dinámica de los sistemas de gestión de la economía globalizada.
- Se propone efectuar a futuro un estudio mucho más completo que involucre un mayor número de empresas con diversidad de sectores industriales; sin embargo, con este estudio básico se ponen de manifiesto importantes aspectos a ser considerados desde ahora, tanto en los procesos productivos como en los procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería.
- Se recomienda que estos resultados sean tenidos en cuenta por la academia y que esta alinee sus metodologías de enseñanza con la industria, para que las nuevas generaciones de ingenieros puedan responder de manera más adecuada a las necesidades actuales de la ingeniería.

- [13] Lean Solutions, «8D, Ocho Disciplinas,» s.f.. [En línea]. Available: <http://www.leansolutions.co/conceptos/8d/>. [Último acceso: 4 Mayo 2017].
- [14] ACOSEND, «Inspectores en ensayos no destructivos,» s.f.. [En línea]. Available: [http://www.acosend.org/images/docs/ICS/Requisitos\\_ICS.pdf](http://www.acosend.org/images/docs/ICS/Requisitos_ICS.pdf). [Último acceso: 22 Noviembre 2016].
- [15] J. Garcia, «Sistemas ERP y Sistemas BAAN,» 24 Octubre 2012. [En línea]. Available: <http://erpybaan.blogspot.com.co/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2016].
- [16] catalogodesoftware.com, «Synergy gestor documental,» s.f.. [En línea]. Available: <http://www.catalogodesoftware.com/software-gestion-documental-oficina-y-productividad-57/gestion-documental-archivo-electronico-de-documentos-software-141/synergy-gestion-documental-8807>. [Último acceso: 13 Diciembre 2016].
- [17] OBS, «Smartsheet,» [En línea]. Available: <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/diagramas-de-gantt/smartsheet-analisis-del-software>. [Último acceso: 15 Diciembre 2016].
- [18] Aner, «¿Qué es un ERP?,» s.f.. [En línea]. Available: <http://www.aner.com/que-es-un-erp.html>. [Último acceso: 14 Diciembre 2016].

## REFERENCIAS

- [1] J. Zambrano, R. Velásquez y F. Sáenz, «Tendencias de la Educación en Ingeniería,» *Avances Investigación e Ingeniería*, n° 2, pp. 4 - 16, 2005.
- [2] C. Dym, A. Agogino, O. Eris, D. Frey y L. Leifer, «Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning,» *Journal of Engineering Education*, pp. 103 - 120, January 2005.
- [3] E. Villamil y M. García, «Introducción al proyecto de ingeniería - Libro de materia,» Buenos Aires, 2003.
- [4] W. Eder, «Design engineering - not just applied science,» 2007.
- [5] G. Misas, La educación superior en Colombia. Análisis y estrategias para su desarrollo, Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2004, pp. 17 -21.
- [6] N. Cárdenas y C. Pérez, «Las metodologías de la enseñanza en diseño como motor de desarrollo,» de *Memorias del Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*, 2015.
- [7] D. Dunn-Rankin, J. Bobrow, K. Mease, J. McCarthy, «Engineering Design in Industry: Teaching Students and Faculty to Apply Engineering Science in Design,» *Journal of Engineering Education*, vol. 87, n° 3, pp. 219 - 222, 1998.
- [8] C. Pérez y N. Cárdenas, «Buenas prácticas de diseño en los departamentos de I&D en la industria,» de *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*, Cartagena de Indias, 2015.
- [9] ASME, «V&V Verification and Validation Symposium,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.asme.org/events/vandv>. [Último acceso: 28 Enero 2017].
- [10] Asociación Latinoamericana de QFD, «¿Qué es el QFD?,» s.f.. [En línea]. Available: [http://www.qfdlat.com/\\_Que\\_es\\_el\\_QFD-\\_que\\_es\\_el\\_qfd-.html](http://www.qfdlat.com/_Que_es_el_QFD-_que_es_el_qfd-.html). [Último acceso: 29 Marzo 2017].
- [11] M. Trías, P. González, S. Fajardo y L. Flores, «Las 5 W+H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos,» *INNOTEC Gestión*, n° 1, pp. 20 - 25, 2009.
- [12] M. Nakagawa, «5W2H-plano de ação para empreendedores,» s.f.. [En línea]. Available: [http://cms-empreenda.s3.amazonaws.com/empreenda/files\\_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf](http://cms-empreenda.s3.amazonaws.com/empreenda/files_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf). [Último acceso: 28 Abril 2017].