

# Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana

Beatriz Elena López Vélez  
Juan Carlos Echeverri Álvarez  
Guillermo Echeverri Jiménez  
Mateo Muñetones Rico  
Mónica Uribe Ríos  
*Compiladores*



Universidad  
Pontificia  
Bolivariana

370

López Vélez, Beatriz Elena, autor  
Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana/ Beatriz Elena López Vélez y otros sesenta y nueve -- 1 edición -- Medellín: UPB. 2022 -- 462 páginas.

1. Formación docente 2. Educación Preescolar: transición (Colombia)  
3. Educación

CO-MdUPB / spa / RDA / SCDD 21 /

© Varios autores

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

Vigilada Mineducación

**Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana**

Primera edición, 2022

Dirección de Docencia

Laboratorio de Aprendizaje, Tecnologías e Innovación – UPB Lati

Grupo de Investigación Pedagogía y Didácticas de los Saberes

**Gran Canciller UPB y Obispo de Medellín:** Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:** Pbro. Magíster Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

**Vicerrector Académico:** Álvaro Gómez Fernández

**Coordinadora (e) Editorial:** Maricela Gómez Vargas

**Coordinación de Producción:** Ana Milena Gómez Correa

**Diagramación:** Geovany Snehider Serna Velásquez

**Corrección de Estilo:** Santiago Gallego

**Imagen portada:** Shutterstock - 734948962

**Dirección Editorial:**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2022

Correo electrónico: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

**Radicado:** 2239-28-10-22

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

## **6.7 Proyecto integrador para los cursos de diseño de aeronaves del programa de Ingeniería Aeronáutica**

**Programa en el que se desarrolla la práctica:**  
Ingeniería Aeronáutica

**Juan Pablo Alvarado Perilla**

*Ingeniero aeronáutico*

*Profesor de la Facultad de Ingeniería Aeronáutica*

*Coordinador del área de termofluidos*

**Juliana Andrea Niño Navia**

*Magíster en Ingeniería Aeronáutica y Mecánica*

**Germán Urrea Quiroga**

*Magíster en Administración*

**Jorge Iván García Sepúlveda**

*Magíster en Thermal Power, Gas Turbine Technology*

*(Cranfield University, UK-2007)*

*Miembro del equipo directivo de la Aeronáutica Civil (2020-2021)*

**Germán Alberto Barragán de los Ríos**

*Doctor en Ingeniería de Producción*

## Contexto en el que surgió la práctica

El programa de Ingeniería Aeronáutica fue creado en 2003 y cuenta actualmente con 456 egresados, alrededor de 450 estudiantes activos y 12 docentes internos. Los estudiantes del programa se desempeñarán, principalmente, en la industria aeronáutica, una de las más importantes e influyentes del mundo moderno (lo seguirá siendo en un futuro lejano). Es una de las pocas ciencias que reúne una amplia gama de saberes y tecnologías y que, además, impacta directamente en el producto interno bruto de un país.

Hoy en día, el diseño de aeronaves se encuentra enfocado en la integración de sistemas y tecnologías, lo que incluye estructuras, nuevos materiales, sistemas propulsivos y sistemas de navegación y control, entre otros, además de la integración de varias áreas de conocimiento para cumplir con los requerimientos de seguridad, eficiencia, sostenibilidad y responsabilidad ambiental exigidos por las diferentes autoridades aéreas y por los diferentes actores relacionados con la industria aeronáutica. Por tal razón, los programas de Ingeniería Aeronáutica cuentan comúnmente con cursos de diseño de aeronaves que son de vital importancia en el plan de estudios y en la formación del futuro profesional, debido a la necesidad de integrar los saberes adquiridos en los cursos previos y proponer el diseño de una aeronave que satisfaga los requerimientos exigidos por la norma.

Desde la concepción del programa se incluyó un curso de diseño cuyo nombre inicial fue “Diseño Conceptual de Aeronaves”, pero, debido al proceso de transformación curricular que finalizó en 2015 y entró en vigencia en el segundo semestre de 2016, y tras el análisis del estudio prospectivo realizado para la transformación, se evidenció la necesidad de incorporar un segundo curso para complementar la formación de los estudiantes en las competencias de diseño; de esta manera, el plan de estudios actual cuenta con dos cursos: Diseño de Aeronaves I y Diseño de Aeronaves II, que se cursan en el octavo y noveno semestre del programa.

## Historia de la práctica

En los cursos del ciclo profesional del programa de Ingeniería Aeronáutica se ha aplicado la iniciativa CDIO (concebir-diseñar-implementar-operar) y el diseño de los cursos refuerza este aprendizaje que pasa de la teoría a la práctica. Es necesario involucrar al estudiante en un ambiente real de trabajo que le permita desarrollar competencias cruciales para su desempeño como egresado, como lo son el trabajo en equipo, el autoaprendizaje, y el diseño y la resolución de problemas en un contexto cercano a la realidad.

Con el fin de evaluar de forma objetiva y en función de las competencias que se pretenden desarrollar, se diseña un curso centrado en la ejecución de un proyecto como solución a la necesidad puntual del mercado de aeronaves a nivel mundial. Lo anterior obedece a que las metodologías de evaluación tradicional, como los exámenes parciales, los talleres y los exámenes breves, entre otros, tienen una efectividad limitada para evidenciar la adquisición de las competencias relacionadas con el trabajo en equipo y con los procesos de diseño en los estudiantes (principalmente debido a la característica secuencial y multietapas que se requiere durante un proceso de diseño).

La construcción de esta práctica se ha venido gestando desde el inicio del programa. La primera experiencia de implementación se realizó en 2006, cuando se desarrolló un documento guía en el que se determinaban los requerimientos básicos del diseño; adicionalmente, este contenía los parámetros para la presentación de los reportes escritos y la presentación del proyecto al finalizar el curso. Estos primeros documentos planteaban el diseño de una aeronave para un uso específico, ya fuera de aspersión aérea, ambulancia, transporte o extinción de incendios, entre otras. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo estos requerimientos se fueron transformando y adaptando a los formatos de concursos internacionales como los propuestos por el American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). Hoy en día, los temas del proyecto de diseño propuestos para el curso se centran principalmente en los concursos nacionales e internacionales, los cuales se basan en necesidades actuales y futuras con relación al uso de aeronaves.

## Objetivos de la práctica

El objetivo principal de la práctica es la aplicación de los conceptos y las competencias adquiridos durante el ciclo profesional, integrándolos y consolidándolos con el fin de tener una mirada holística de los vehículos aéreos, su funcionamiento y su diseño. Todo lo anterior, mediante la propuesta de un diseño preliminar-semidetallado de una aeronave para una aplicación típica del mundo real, siguiendo una metodología específica y realizando estudios y optimizaciones que garanticen un producto seguro y confiable. A su vez, se busca proveer al estudiante de un entrenamiento en la filosofía de diseño de ingeniería aeroespacial, sus estándares y procedimientos, proporcionándole herramientas para resolver, de manera racional y ética, problemas relacionados con cualquier tipo de industria. El objetivo es constituir un pensamiento crítico y técnico-científico que conlleve la capacidad de plantear y aplicar la mejor solución posible a un problema.

Además de los objetivos planteados, se busca fortalecer habilidades en investigación, trabajo en equipo y comunicación.

## Estudiantes beneficiados con la práctica

Estudiantes del programa de Ingeniería Aeronáutica que cursan el octavo y noveno semestre.

## Testimonios

El estudiante Javier Herrera afirmó, acerca de los cursos de diseño y la metodología planteada:

La mejor manera de dejar volar la imaginación y aplicar todos los conceptos, teorías, formulas y demás principios vistos durante la carrera es diseñando;

esta es, quizás, la manera más pura de expresión de creatividad, ya que hay que mezclar una gran cantidad de conceptos complejos sobre resistencia de materiales compuestos, aerodinámica subsónica, propulsión de motores eléctricos y a combustión, entre otros. Buscando una sinergia de todas estas áreas, se busca cumplir con el gran reto para el cual nos preparamos los ingenieros, que es brindar soluciones a necesidades de cualquier sector. De ahí la importancia de todos los cursos y proyectos de diseño, ya que con estos se gana experiencia, se aplica lo aprendido y nos preparamos para cumplir con nuestra misión, diseñar, construir y mantener productos o servicios en pro de la sociedad.

En la figura 1, se presenta la aeronave diseñada por el estudiante Javier Herrera y su grupo de trabajo.

Figura 1. Aeronave



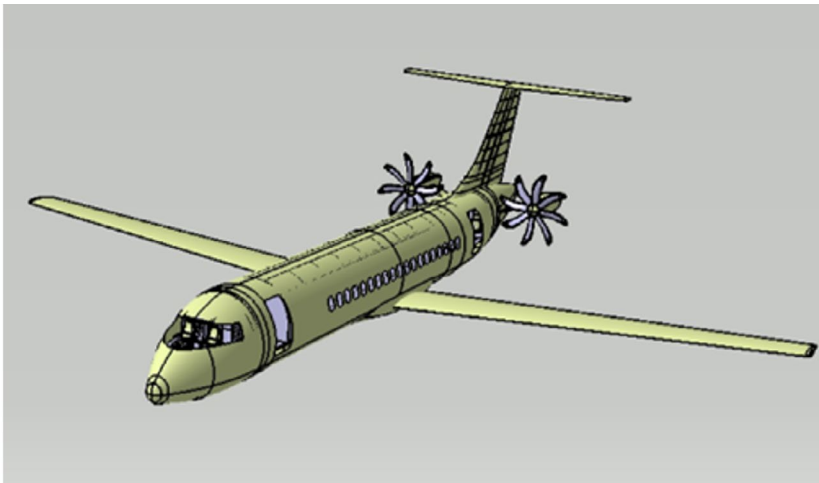
Fuente: diseño del estudiante Javier Herrera

Adicionalmente, el estudiante Alejandro Gutiérrez Santa, que cursa actualmente el noveno semestre, indicó:

Los cursos de diseño de aeronaves de la Facultad de Ingeniería Aeronáutica brindan el espacio para integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en torno al desarrollo de las habilidades requeridas para diseñar, desde cero, vehículos aéreos que respondan a determinadas necesidades del sector. Su importancia recae en el hecho de que se promueve un enfoque multidisciplinar dirigido hacia el diseño, lo cual implica el desarrollo de un trabajo en conjunto de diversas áreas de la aeronáutica y lograr que haya sinergia entre ellas, lo cual resulta valioso para estudiantes que estamos a puertas del comienzo de una vida profesional en el sector aeronáutico. Los conocimientos adquiridos en el curso de diseño pueden incluso verse aplicados durante la carrera por medio de los semilleros de investigación en los que se motiva a diseñar aeronaves que pueden responder a competencias internacionales de diseño o a problemáticas locales de transporte.

En la figura 2 se presenta la aeronave diseñada por el estudiante Alejandro Gutiérrez Santa y su grupo de trabajo.

**Figura 2.** Aeronave



Fuente: diseño del estudiante Alejandro Gutiérrez Santa



## Marco teórico

Con el desarrollo de la teoría a la par de la aplicación práctica, los estudiantes se apropian de los conceptos, desarrollan las competencias prácticas y pueden observar las limitaciones propias del aprendizaje basado en teoría. El ingeniero se encuentra inmerso en las diferentes etapas de desarrollo de un producto, proceso o ciclo de vida de un sistema. Es decir, lo concibe, lo diseña, lo implementa y lo pone en funcionamiento (concebir-diseñar-implementar-operar). A continuación, explicamos cada una de esas etapas.

- *Concebir un producto* incluye analizar las necesidades del cliente. Esta etapa tiene como objetivo definir el producto, en términos de tecnología, estrategia, regulaciones vigentes y factores económicos.
- El *diseño del producto, proceso o sistema* se concentra en la creación del mismo. En esta etapa se desarrollan modelos matemáticos que den como resultado final los diagramas, planos y demás elementos necesarios para la construcción o implementación del elemento objeto del diseño.
- La *implementación* hace referencia a la materialización del diseño en un producto, proceso o sistema, e incluye procesos de manufactura del *hardware*, codificación del *software*, integración, prueba y validación del elemento. Todo ello se realiza por medio de *software* que permite la simulación de este tipo de actividades.
- La *operación* consiste en poner en funcionamiento el producto, proceso o sistema mediante el uso de programas de cómputo que permitan la simulación del vuelo de la aeronave, generando una retroalimentación directa sobre parámetros de estabilidad, control, maniobrabilidad y confort, entre otros.

Los cursos de diseño de aeronaves del programa de Ingeniería Aeronáutica de la UPB hablan de capacidades humanas y competencias que se encuentran alineadas con los requerimientos expuestos en la metodología CDIO y que, además, están declaradas en el mapa de capacidades

humanas y competencias del programa, y se acogen al modelo pedagógico integrado UPB, tal como se aprecia a continuación.

Capacidades humanas:

- Pensamiento crítico.
- Pensamiento sistémico.
- Resiliencia.
- Competencias:
- Trabajo en equipo multidisciplinar.
- Diseño.
- Investigación.
- Mejoramiento continuo.
- Comunicación.
- Resolución de problemas.

Mediante la aplicación de esta estrategia se privilegia el aprendizaje autónomo, la interdisciplinariedad y la integración de múltiples competencias. Los métodos de aprendizaje autónomo involucran a los estudiantes en actividades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Hay menos énfasis en la transmisión pasiva de la información y se busca involucrar a los estudiantes en la aplicación, el análisis y la evaluación de ideas. Así, el docente se convierte en un mediador que favorece el desarrollo de las capacidades y competencias no solo específicas, sino humanas, que promueve la indagación, la investigación y el aprendizaje significativo mediante el uso de esta metodología.

## Descripción de la práctica

La experiencia se desarrolla a lo largo de dos semestres regulares, durante los cursos de Diseño de Aeronaves I y Diseño de Aeronaves II, y se potencia con el uso de la plataforma Moodle, así como de *software* especializado como CATIA, Advanced Aircraft Analysis y X-Plane, entre otros.

La experiencia inicia con la conformación de los grupos de trabajo. Normalmente, estos se conforman por 5 o 6 miembros, aunque el número puede variar dependiendo de los estudiantes inscritos para cada semestre; la conformación de los grupos se realiza de manera autónoma, sin la intervención directa del docente.

Una vez establecidos los grupos, se realiza la selección del tipo de aeronave que será diseñada durante los dos cursos. Esto se hace mediante la votación de los grupos con el siguiente proceso: 1) el docente encargado del curso presenta un banco de proyectos conformado por diecisiete tipos de aeronaves; 2) cada grupo debe seleccionar tres y pasan a la siguiente fase los tres proyectos con más votos; 3) una vez se pasa este primer filtro, cada estudiante debe seleccionar uno de ellos y el que más votos obtenga es el proyecto que se desarrollará en el transcurso de los cursos de diseño.

Una vez seleccionado el proyecto, el docente encargado del curso presenta lo que se conoce como RFP (*Request For Proposal*), documento que se elabora con el objetivo de solicitarles a diferentes proveedores –en este caso estudiantes– la mejor solución desde el punto de vista técnico, operacional, de seguridad, ambiental y financiero. Generalmente, este documento está compuesto por la introducción, los antecedentes, los requerimientos generales, los objetivos de diseño, las características, las consideraciones adicionales y la información relevante con relación a la necesidad o el problema que se desea resolver. En la figura 2 se presenta un ejemplo de documento RFP.

Figura 3. Ejemplo de RPF

## Request for Proposal

### Modern Regional Jet Family

#### Background

The smaller regional jet market currently has products that are based upon older designs that have their origins in the late 1980s and early 1990s. The 50 seat Canadian Regional Jet (CRJ) and Embraer 145 first flew in the early 1990s and make up most of the domestic regional jet fleet.

The industry analyses forecast as many as 2,000 new regional aircraft being needed in the next 20 years. This presents an opportunity to develop new regional aircraft to satisfy the 50-seat portion of the market that meets the US domestic "Scope Clause" that has significantly better fuel burn and economics than existing options. The overall goal is to be at least 20% better than existing 50-seat regional jets in 500 n mi block fuel per seat with a cost to build that is comparable to the existing aircraft.

An approximate 76-seat stretch derivative of the 50-seat airplane also needs to be designed as part of this regional jet airplane family. The 76-seat aircraft must meet the design weight limits within the US domestic airline "Scope Clause" agreements. This airplane should be designed to be competitive with the Embraer E170 and the Mitsubishi SpaceJet M100.

**Requirements: [R] = Mandatory Requirement [O] = Objective or Goal, Tradeable**

#### General Requirements

The requirements and objectives below are applicable to both aircraft within the family unless otherwise specified.

Después de la presentación del RPF, se presentan la rúbrica para la evaluación del documento final de diseño (reporte) y la presentación oral; este documento contiene los parámetros que deben considerar los grupos para la presentación del informe final, los informes escritos de avance y la presentación oral ante los docentes del programa de Ingeniería Aeronáutica. A continuación, en la tabla 1, se presenta la escala de evaluación.

**Tabla 1.** Escala de evaluación

Grade	Value	Explanation
<b>Unacceptable</b>	0-0,9	Do not present what the requirements demand. A lot of errors on the design process. Do not accomplish with the main objective of the class exercise.
<b>Deficient</b>	1-2,5	Less than expected. The final result does not accomplish with the design requirements. Have a lot of errors that could be corrected.
<b>Acceptable</b>	2,6-3,9	The student has accomplished just with the design requirements without any further advance on the project nothing new (it is not superior to the baseline –if apply).
<b>Good</b>	4-4,9	A superior expected design work development -
<b>Excellent</b>	5	Beyond the expectations.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se presenta la rúbrica de evaluación del reporte escrito.

**Tabla 2.** Evaluación del reporte escrito

Written Report Evaluation	Percentage	Grade	Total grade percentage
<b>1. Accomplishment of the objectives</b>	15 %		
<b>2. General content</b>	60 %		
<b>3. Overall presentation (in accordance with the final presentation reports parameters dictated by UPB's library)</b>	5 %		
<b>4. Redaction and orthography</b>	5 %		
<b>5. Innovation —correction of the previous advance reports</b>	15 %		
<b>Total evaluated aspects grade sum</b>	100 %		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se presenta la rúbrica de evaluación de la presentación oral.

**Tabla 3.** Evaluación de la presentación oral

Oral Presentation Evaluation	0-0,9 Unacceptable	1-2,5 Deficient	2,6-3,9 Acceptable	4-4,9 Good	5 Excellent	x. Do not apply
<b>1. ACADEMIC ASPECTS</b>						
1.1. Accomplishment of ALL the original project objectives						
1.2. Concepts, theme and procedures management						
1.3. Oral presentation redaction style, quality and orthography						
1.4. Overall oral presentation and theme knowledge						
1.5. Correlation between the exposed and the written document						
1.6. Management of answers to the questions from the jury or the public						
1.7. Use and management of resources for the oral presentation						
<b>2. OPTIONAL ASPECTS</b>						
2.1. Product novelty						
2.2. Other(s). Specify						
Total evaluated aspects grade sum (s)=						
Total quantity of the evaluated aspects (n)=		Mean grade (s/n) (p)=				

**Consolidated result from the mean grade (write on the selected box)**

Failed <b><math>P &lt; 2,6</math></b>	Reproved <b><math>2,6 \leq p &lt; 2,9</math></b>	Approved <b><math>p \geq 3,0</math></b>	Approved with excellence <b><math>(p \geq 4.4) \text{ y } (m \geq 3)</math></b>

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo del proyecto se hace a la par de las actividades teóricas del aula; en clase se presentan los contenidos teóricos y las herramientas necesarias para cada una de las etapas de diseño. De esta manera, los estudiantes van realizando avances del proyecto y realizando los ajustes necesarios de acuerdo con la retroalimentación brindada por el docente del curso a lo largo del semestre. Una vez finalizado el semestre, los estudiantes deben realizar la entrega del reporte final y la presentación oral.

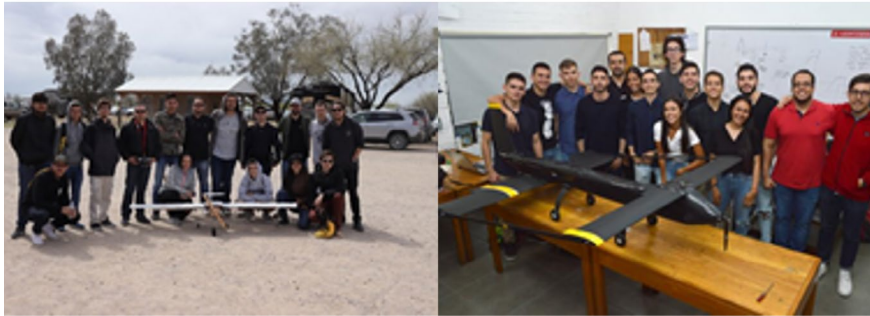
## **Justificación de la práctica**

Como se mencionó, la práctica descrita dejó de ser un plan evaluativo y se convirtió en una estrategia que busca integrar los saberes y potenciar diversas competencias en los estudiantes. De este modo, los cursos de diseño de aeronaves se convirtieron en cursos integradores y validadores del desarrollo de las competencias adquiridas a lo largo de la carrera, ya que evalúan competencias como trabajo en equipo, diseño, investigación, mejoramiento continuo, comunicación y resolución de problemas.

## **Evaluación de la práctica**

Cuantitativamente, durante dieciséis años se ha replicado la experiencia de manera ininterrumpida, lo que ha impactado aproximadamente a 570 estudiantes. De igual forma, se ha participado en concursos de diseño de aeronaves a nivel nacional e internacional como el DBF (Design, Build and Flight) (siete participaciones, figura 4) y se han publicado artículos en revistas especializadas (figura 5).

Figura 4. Grupos de estudiantes y docentes participantes en diferentes versiones del DBF



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Publicación de artículo en revista indexada



Fuente: Revista Ciencias y Poder Aéreo, vol. 16, no. 1. Disponible en: <https://publicaciones-fac.com/index.php/cienciaypoderaereo/article/view/693/969>



En términos cualitativos, se diseñó una estrategia que permitió la integración de los conocimientos adquiridos durante la carrera, lo que permitió que los cursos vistos en el plan de estudios no trataran temas aislados, sino que se convirtieran en herramientas para la solución de problemas específicos. Adicionalmente, los temas planteados para los proyectos se encuentran alineados con las necesidades actuales y futuras del sector aeronáutico, lo que les permite a los estudiantes estar actualizados respecto a las tendencias mundiales.

Una de las mayores dificultades presentadas en el desarrollo de la experiencia es la alta demanda de tiempo que requieren la planeación y evaluación, así como el tiempo adicional fuera del aula de clase que se necesita para el acompañamiento de cada uno de los grupos, no solo por parte del docente a cargo del curso, sino de los docentes del programa que acompañan el proceso.

## Análisis prospectivo

Se espera que la práctica aquí mencionada se convierta en el proyecto *capstone* del programa de Ingeniería Aeronáutica bajo el modelo de acreditación ABET. Para alcanzar este objetivo se deben alinear o establecer sus equivalentes en lo referente a los resultados de aprendizaje establecidos por ABET y las capacidades y competencias declaradas por el programa. También se espera involucrar a egresados que se desempeñan en organizaciones aeronáuticas que se relacionan específicamente con el proyecto a realizar, por medio de: 1) visitas técnicas que les permitan a los estudiantes contextualizar la necesidad o el problema a solucionar y 2) con su participación en la evaluación de propuesta final.

## Referencias

American Institute of Aeronautics and Astronautics AIAA (s. f.). “RFP modern regional jet family”. Disponible en <https://www.aiaa.org/docs/default-source/uploadedfiles/education-and-careers/university-students/design->

competitions/graduate-team-aircraft-design-competition/aiaa-2021-graduate-team-aircraft-design-rfp---modern-regional-jet-family-%281%29.pdf?sfvrsn=df07.

Crawley, E. *et al.* (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. Nueva York: Springer.

Morales Aguirre, E. *et al.* (2021). “Diseño de aeronave de combate no tripulada de quinta generación para el apoyo aéreo cercano”. *Ciencia y poder aéreo*, 16(1), pp. 55-74. Disponible en <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.693>.

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). “Aviation Benefits Report 2019”. Disponible en: <https://www.icao.int/sustainability/Pages/IHLG>.

Universidad Pontificia Bolivariana (2015). “Modelo Pedagógico Integrado”. Disponible en <https://www.upb.edu.co/es/documentos/doc-modelo-pedagogicoesn-lau-1464098892245.pdf>.