

APROXIMACIÓN PROSPECTIVA PARA DETERMINAR LAS COMPETENCIAS DEL
INGENIERO AERONÁUTICO DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
PARA EL 2025

JOHANNA HENAO MONSALVE

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
INGENIERÍA AERONÁUTICA
MEDELLÍN
2018

APROXIMACIÓN PROSPECTIVA PARA DETERMINAR LAS COMPETENCIAS DEL
INGENIERO AERONÁUTICO DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
PARA EL 2025

JOHANNA HENAO MONSALVE

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Aeronáutico

Director:

GERMAN URREA QUIROGA
Magister en Administración

Asesora:

DANIELA HENAO MONSALVE
Especialista en Ingeniería Financiera

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
INGENIERÍA AERONÁUTICA
MEDELLÍN
2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma

Nombre

Jurado

Firma

Nombre

Jurado

MEDELLÍN, _____ DE 2018

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de grado principalmente a Dios y a mis padres, por haber permitido que mi sueño de ser Ingeniería se pudiera llevar a cabo y a mis hermanos y esposo, ya que fueron un gran apoyo a lo largo de mi formación, especialmente en los momentos de mayor dificultad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a mis padres, hermanos y esposo, por ser un gran apoyo en los momentos que más necesité a lo largo de mi carrera, por confiar en mí y en que podría alcanzar este logro.

Agradezco a mis docentes, por transmitir su conocimiento y experiencias, que me permitieron crecer tanto académica como personalmente.

Finalmente, quiero dar un agradecimiento especial a mi director German Urrea Quiroga, mi asesora Daniela Henao Monsalve y mi docente Juliana Niño Navia por su constante colaboración a lo largo del desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	12
JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS.....	13
OBJETIVOS	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	15
1.1 Universidades latinoamericanas que ofrecen el programa	15
1.1.1 Universidades Colombianas que ofrecen el programa	16
1.2 Estudios previos	17
1.2.1 Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. Urrea (2012)	17
1.2.2 Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. García, Urrea y Alvarado 2011	19
1.3 Crecimiento de la industria Aeronáutica en Colombia	21
2. METODOLOGÍA.....	24
2.1 Fases de desarrollo	24
• Primera fase: Estudio de antecedentes:	24
• Segunda fase: Formulación del problema:	25
• Tercera fase: Elección de expertos:	25
• Cuarta fase: Elaboración y aplicación de los cuestionarios:	25
• Quinta fase: Desarrollo práctico y exploración de resultados:	25
• Sexta fase: Propuesta de ajustes para el plan de estudios:	26
3. ESTUDIO	27
3.1 Universidades tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio	27
3.2 Selección de expertos	30
3.3 Encuesta primera ronda	32
3.3.1 Diseño	33
3.3.2 Gerencia	36
3.3.3 Mantenimiento	39

3.4 Encuesta segunda ronda	42
3.4.1 Diseño	43
3.4.2 Mantenimiento	45
3.5 Resultados segunda ronda	46
4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	50
4.1 Análisis de resultados	50
4.1.1 Participación de expertos	50
4.1.2 Encuestas	51
Referencias.....	59
ANEXOS	61
ANEXO 1: Artículo publicable	61
ANEXO 2: Plan de estudios de Universidades que ofrecen el programa Ingeniería Aeronáutica	83
ANEXO 3: Encuesta primera ronda “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería Aeronáutica UPB”	105
ANEXO 4: Resultados encuesta primera ronda área Diseño.....	113
ANEXO 5: Resultados encuesta primera ronda área Gerencia	119
ANEXO 6: Resultados encuesta primera ronda área Mantenimiento	123
ANEXO 7: Encuesta segunda ronda “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería Aeronáutica UPB”	129
ANEXO 8: Resultados encuesta segunda ronda área Diseño	135
ANEXO 9: Resultados encuesta segunda ronda área Gerencia.....	137
ANEXO 10: Resultados encuesta segunda ronda área Mantenimiento.....	140

RESUMEN

Debido a la constante evolución de la industria aeronáutica, surge la necesidad de realizar estudios prospectivos que permitan determinar las necesidades actuales y futuras de esta industria respecto a los conocimientos que deben poseer los futuros egresados. Para tal fin se realizarán encuestas a expertos en el tema, bajo los lineamientos del método Delphi, cuyos resultados conducirán a la propuesta de mejoras necesarias para el plan de estudios del programa.

PALABRAS CLAVE

Método Delphi, plan de estudios, Ingeniería Aeronáutica

ABSTRACT

According to the constant evolution of the aeronautical industry, we require to do prospective studies that allow to determine the future needs of the industry regarding the knowledge required from the coming graduates; for which I will perform surveys to experts in the field, under the guidelines of the Delphi method to apply the necessary adjustments to the curriculum of the program.

KEY WORDS

Delphi method, curriculum, Aeronautical Engineering

INTRODUCCIÓN

El programa de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial se ofrece a nivel internacional y cada vez se abre más paso en el ámbito académico, llegando así a diversas universidades en todos los continentes. Dada esta situación, se hace necesario realizar estudios prospectivos que permitan identificar, de manera anticipada, las necesidades que va presentando la industria y de esta manera proponer los correctivos necesarios en los planes de estudio, para así suplir dichas necesidades.

Para el desarrollo de este proyecto se realizará, mediante el método Delphi, un análisis prospectivo del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, ya que este tipo de estudio permite analizar información a futuro y de esta forma poder anticipar cuáles serán los requerimientos que se pueden presentar en la industria y así proponer un plan de estudios que contenga temas que conlleven a la formación de ingenieros íntegros.

La propuesta del nuevo plan de estudios se realizará con base en la opinión de expertos en diversos campos de la industria Aeronáutica, para lo cual se solicitó su concepto acerca de la relevancia sobre diferentes temas relacionados con las áreas de Diseño, Gerencia y Mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS

Con el desarrollo de este proyecto se pretende identificar los ajustes que deben ser aplicados al plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, con el fin de entregar a la industria ingenieros aeronáuticos capacitados acorde con las exigencias que, debido a la evolución de la industria, se van presentando.

Los beneficiados en mayor medida con el desarrollo de este estudio son los estudiantes de la facultad de Ingeniería Aeronáutica ya que con este se pretende, como ya se ha mencionado, realizar ajustes al plan de estudios que permitan brindarle a los estudiantes las competencias que requieren para ser altamente competitivos en la industria aeronáutica; todo esto enmarcado en las exigencias de dicha industria, que está en constante evolución.

Con este estudio también se ve beneficiada la Universidad Pontificia Bolivariana, puesto que a través del voz a voz tanto de estudiantes como de personas de la industria se puede preservar el buen nombre de este programa perteneciente a la universidad y de esta forma garantizar que el programa prevalezca.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los conocimientos y competencias que deben adquirir los futuros egresados de la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana hacia el año 2025.

Objetivos específicos

- Determinar los antecedentes provenientes de investigaciones previas, que permitan forjar bases sólidas para el desarrollo de este trabajo.
- Proponer una base de datos en la que se incluyan personas expertas en el área objeto de estudio.
- Analizar la información recolectada a lo largo de la investigación, con el fin de determinar los aspectos que deben ser actualizados dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica.
- Proponer los ajustes que deben ser aplicados al plan de estudio, con el fin de cumplir con las exigencias que presenta la industria.

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Debido a las exigencias y constantes cambios que presenta la industria aeronáutica, se debe garantizar que las universidades que ofrecen el programa estén en la capacidad de impartir un conocimiento de alta calidad.

Por lo anterior se deben realizar estudios que detecten las necesidades para actualizar el plan de estudios y cumplir con los estándares tanto nacionales como internacionales de esta industria.

1.1 Universidades latinoamericanas que ofrecen el programa

En la tabla 1, se presentan divididas por países las universidades que dictan el programa de Ingeniería Aeronáutica en Latinoamérica, los planes de estudios de estas universidades fueron tomados como referencia para el desarrollo del estudio realizado y pueden ser consultados en el anexo 2.

UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS QUE OFRECEN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
Argentina
Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Córdoba
Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería - La Plata
Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional Haedo- Haedo
Bolivia
Universidad Privada del Valle, Bolivia; Facultad de Tecnología –Cochabamba
Brasil
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - São José dos Campos
Universidad de São Paulo - São Paulo
Universidad de Taubaté - São Paulo

Chile
Universidad de Concepción – Concepción
Academia Politécnica Aeronáutica – Fuerza Aérea de Chile
Universidad Técnica Federico Santa María UTFSM – Campus Santiago Vitacura
Colombia
Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Aeronáutica - Medellín
Fundación Universitaria Los Libertadores, Facultad de Ingeniería Aeronáutica - Bogotá
Universidad San Buenaventura, Facultad de Ingeniería Aeronáutica - Bogotá
Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería Aeroespacial - Medellín
Escuela de Aviación del Ejército Nacional de Colombia – Bogotá
México
Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Ticomán
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería (UACH FING), Chihuahua
Perú
Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica, Aeronáutica, Automotriz y Software- Lima
Venezuela
Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana, Núcleo Maracay y Núcleo Caracas - Maracay y Caracas

Tabla 1 Universidades latinoamericanas que ofrecen el programa

1.1.1 Universidades Colombianas que ofrecen el programa

Hasta el 2015 Colombia contaba con tres entidades autorizadas para formar profesionales en Ingeniería Aeronáutica. En 1997 la Universidad de San Buenaventura – sede Bogotá crea la primera facultad de Ingeniería Aeronáutica del país, seguido por la Fundación Universitaria Los Libertadores – sede Bogotá en 1999, posteriormente el 12 de febrero de 2003 la

Universidad Pontificia Bolivariana la incluye dentro de sus programas, como respuesta a la necesidad de capacitar de manera idónea personas interesadas en desempeñarse en el sector aeronáutico, todo esto bajo el marco de un plan de estudios bien estructurado y acorde a las exigencias que presenta la industria tanto a nivel nacional como internacional.¹. Este listado ha ido creciendo, ya que en el 2016 la Escuela de Aviación del Ejército Nacional de Colombia comienza a ofrecer el programa de Ingeniería Aeronáutica como parte de su portafolio académico y para el segundo semestre de 2017, la Universidad de Antioquia inició actividades académicas con su nuevo pregrado de Ingeniería Aeroespacial.

1.2 Estudios previos

Los estudios realizados previamente por expertos en el tema servirán como referente para el desarrollo de este proyecto; por lo cual se considera de suma importancia el análisis de los mismos. Se expone a continuación una breve descripción de los principales hallazgos de cada estudio.

1.2.1 Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. Urrea (2012)

Este proyecto fue realizado con el fin de determinar los saberes que se consideraba debían ser incluidos dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, para lo cual se buscaron personas conocedoras del tema para responder una serie de encuestas aplicadas bajo los lineamientos del método Delphi. Para este estudio se contó inicialmente con la respuesta de 17 personas y para la ronda final con 12 personas, las cuales contaban con diferentes niveles de formación académica (pregrado y posgrado). A partir del análisis de los datos obtenidos durante las diferentes

¹ Urrea Quiroga, G. (2012). *Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi*. Medellín. Información consultada el 15 de agosto de 2015

rondas de encuestas se pudo determinar que los temas considerados de mayor prioridad para el plan de estudios son los que se presentan en la tabla 2.

ÁREA DISEÑO	
Número	Tema
1	Aerodinámica Subsónica
3	Estabilidad y Control
4	Rendimiento (Despegue, Ascenso, ...)
13	Nuevos Materiales
16	Procesos de Manufactura
17	Sistemas de Control automático
ÁREA DE GERENCIA	
23	Costos de Operación de las Aeronaves
24	Parámetros de Selección de Flota
25	Reducción de Costos
ÁREA DE MANTENIMIENTO	
41	Planeación y Control de Mantenimiento
45	Confiabilidad de Componentes
46	Confiabilidad de Sistemas
48	Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
49	FAR

Tabla 2 Temas prioritarios por área²

De la tabla 2 se puede concluir que es de vital importancia estructurar un plan de estudios integral, que comprenda tanto la gestión del mantenimiento como el diseño, con el fin de suplir la demanda de personal capacitado en la operación de aeronaves en el país, sin dejar

² Urrea Quiroga, G. (2012). *Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi*. Medellín. Información consultada el 15 de agosto de 2015

de lado la parte del diseño, ya que es un tema relevante en el exterior y está comenzando a tomar gran importancia en el país, lo que se debe en gran medida al desarrollo de los proyectos realizados por las fuerzas militares colombianas.

1.2.2 Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. *García, Urrea y Alvarado 2011*

En el 2011 tres docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana realizaron un estudio con el fin de determinar las prioridades en cuanto al conocimiento que debe ser impartido a los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica en los países latinoamericanos, para lo cual se tiene en cuenta no solo las necesidades que presenta la industria aeronáutica en América Latina, sino también las necesidades mundiales, ya que los egresados de universidades latinoamericanas no solo ejercerán como profesionales en países de esta región, sino a nivel mundial y en algunos casos estos egresados viajarán a países fuera de Latinoamérica para continuar con sus estudios de posgrado.

En este estudio, y como se puede observar en las figuras 1 y 2, se expone la amplia diferencia existente entre los países industrializados respecto a los latinoamericanos. Es decir, cada país tiene orientada su formación académica según su área de desempeño, por lo cual los países industrializados se centran más en el área de diseño, ya que son estos los que cuentan con una sólida industria dedicada al diseño y fabricación de aeronaves; mientras que los países latinoamericanos por el contrario se encuentran orientados hacia la gestión aeronáutica, pero sin dejar de lado el diseño.

Otra diferencia que resaltar radica en la duración del programa en países latinoamericanos e industrializados, puesto que en los primeros se tiene una duración de cinco años, debido a que estos países a parte de la formación técnica incluyen una formación humanística y los países industrializados centran su formación solo a la parte técnica.

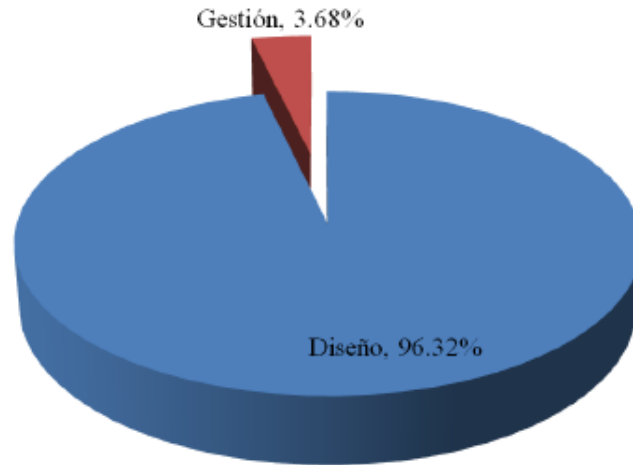


Figura 1 Relación entre el diseño y la gestión en países industrializados³

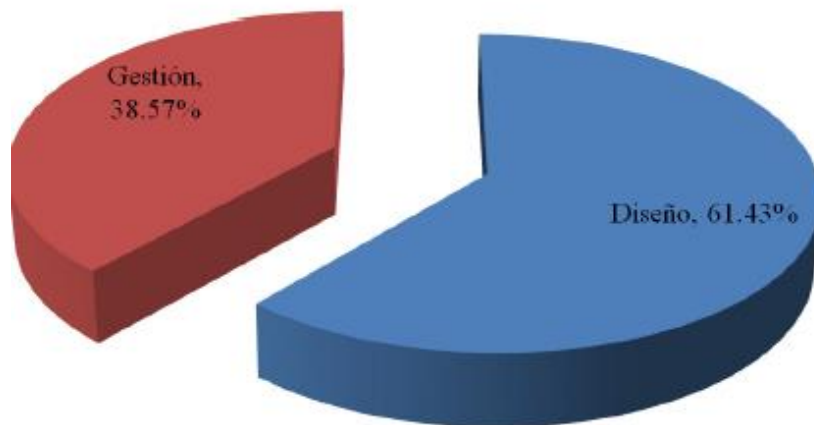


Figura 2 Relación entre el diseño y la gestión en países latinoamericanos⁴

³ García, Urrea y Alvarado (2011) *Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo*. Medellín Información consultada el 15 de agosto de 2015

⁴ García, Urrea y Alvarado (2011) *Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo*. Medellín Información consultada el 15 de agosto de 2015

1.3 Crecimiento de la industria Aeronáutica en Colombia

En los últimos 5 años, han llegado a Colombia nuevas aerolíneas y el MRO (Maintenance, Repair, and Overhaul) de Avianca, lo cual ha generado un aporte considerable al crecimiento de la industria aeronáutica del país y a su vez ha permitido generar nuevos empleos en el sector.

A continuación, se presenta una breve descripción del MRO y de las aerolíneas bajo costo que han llegado al país.

1.3.1 MRO Avianca ⁵

Con una inversión de aproximadamente 50 millones de dólares, el 28 de septiembre de 2016, se inauguró en una zona cercana al Aeropuerto Internacional José María Córdoba de Rionegro el centro aeronáutico de Avianca, MRO, el cual cuenta con un área total de 44.300 metros cuadrados. Este centro aeronáutico es considerado el más moderno de América Latina y permite ubicar a Colombia a la vanguardia en procesos de mantenimiento técnico especializado, convirtiéndose en una gran fuente de conocimiento técnico, abriendo las puertas a la innovación y el progreso para la industria aeronáutica del país y generando un impulso al crecimiento de la economía regional.

Actualmente el centro aeronáutico de Avianca tiene dentro de su personal aproximadamente 600 técnicos e ingenieros, los cuales cuentan con una amplia experiencia en la prestación de servicios para aeronaves A318, A319, A320, A321 y ATR72, adicionalmente se encuentran en proceso de acreditación para incluir la prestación de servicios de mantenimiento e ingeniería para aeronaves A330 y Boeing 787.

⁵ Portafolio. (28 de septiembre de 2016). <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centroaeronautico-en-antioquia-500639>. Recuperado el 9 de enero de 2017, de <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>

1.3.2 Llegada de aerolíneas de bajo costo a Colombia

Cinco años atrás en Colombia, mencionar una aerolínea bajo costo era hablar sobre algo desconocido para muchos, pero con la llegada de Vivacolombia y recientemente la de Wingo, se ha convertido en algo cotidiano y en la oportunidad de muchos colombianos para poderse transportar más rápidamente a un menor precio, hasta el punto de que en ocasiones resulta más económico desplazarse en avión que por medio terrestre.

A continuación, se expone una breve reseña de las aerolíneas de bajo costo presentes actualmente en Colombia

1.3.2.1 VivaColombia

Inició sus operaciones el 25 de mayo de 2012 como la primera aerolínea de bajo costo del país, cubriendo únicamente rutas dentro del territorio Colombiano, con una flota de 3 aeronaves Airbus A-320 que ha ido creciendo y al día de hoy ya cuenta con 11 de estas aeronaves. Con el pasar del tiempo Vivacolombia fue creciendo, llegando al punto de incluir nuevas rutas tanto nacionales como internacionales y en este momento se encuentra operando a países como: Estados Unidos, Ecuador, Panamá y Perú y tiene como proyecto llegar a más países.⁶

1.3.2.2 Wingo

Por su parte Wingo inició sus operaciones el 1° de diciembre de 2015 con una flota conformada por 4 aeronaves Boeing 737-700 con capacidad para 142 pasajeros, cubriendo

⁶ Viva Colombia. (s.f.). Viva Colombia. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos

rutas tanto nacionales como internacionales; entre sus destinos nacionales se encuentran: Bogotá, Cali, Cartagena, Medellín, San Andrés y Barranquilla.⁷

La llegada de este tipo de aerolíneas a nuestro país representa grandes oportunidades, como: el fortalecimiento de la industria aeronáutica, la generación de nuevos empleos, la posibilidad de viajar más rápidamente a un bajo costo para muchas personas, el crecimiento del turismo, entre otros.

⁷ Henao, H. D. (6 de noviembre de 2016). El País. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de El País.com.co: <http://www.elpais.com.co/economia/asi-se-volara-en-wingo-la-competencia-de-viva-colombia.html>

2. METODOLOGÍA

La metodología con la cual se desarrollará esta investigación se basa en el método Delphi, el cual hace parte de los métodos de prospectiva, es decir que permite realizar estudios a futuro de un tema en específico, para este caso en particular permitirá determinar de manera aproximada los saberes que el Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana debe poseer hacia el 2025.

El método Delphi es una técnica que busca generar consensos sobre temas específicos y permite realizar estudios prospectivos, con el fin de obtener información que por lo general es de tipo cualitativa. El desarrollo de este método consiste en crear un cuestionario sobre determinado tema, el cual es enviado a un grupo de expertos y a partir de las respuestas obtenidas y con base en el primer cuestionario se crea uno nuevo, que es enviado nuevamente a los expertos y las respuestas obtenidas en esta segunda encuesta son analizadas estadísticamente con el fin de llegar a un consenso en torno al tema de estudio.⁸

2.1 Fases de desarrollo

A continuación, se describen cada una de las seis fases que conforman la metodología aplicada.

- **Primera fase: Estudio de antecedentes:**

Previo a la aplicación del método Delphi se realizó un estudio detallado para conocer los antecedentes existentes, con el fin de crear bases sólidas que permitan tener un amplio conocimiento sobre el tema y de esta forma obtener resultados certeros durante el desarrollo de la investigación.

⁸ Astigarra, E. (s.f.). *El Método Delphi*. Universidad de Deusto.

- **Segunda fase: Formulación del problema:**

El desarrollo de este proyecto surgió por la necesidad de determinar cuáles son los requisitos del sector aeronáutico, en cuanto al conocimiento que deben presentar los futuros egresados de nuestra universidad, y de esta manera poder aplicar los ajustes y correctivos respectivos en concordancia con las exigencias que presenta la industria.

- **Tercera fase: Elección de expertos:**

La selección de expertos se realizará con la ayuda de los docentes de la Facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, ya que representan el enlace con contactos idóneos para el desarrollo de esta investigación, lo que permitirá obtener información confiable y veraz.

- **Cuarta fase: Elaboración y aplicación de los cuestionarios:**

Durante esta fase se elaborarán los cuestionarios en base a los temas que se considera son de interés para la formación de los futuros ingenieros aeronáuticos.

Los cuestionarios serán realizados a través de una plataforma web, mediante la cual cada encuestado podrá dar respuesta a las preguntas formuladas, según su punto de vista.

- **Quinta fase: Desarrollo práctico y exploración de resultados:**

Después de realizar las diferentes rondas de encuestas se solicitará la justificación de su respuesta a quienes no estén de acuerdo con el punto de vista del resto del grupo de encuestados, ya que para la realización de una prospectiva se puede considerar más relevante la opinión de quien difiere, que la de las personas que están en consenso.

Una vez desarrolladas cada una de las fases anteriores se procederá a realizar un análisis detallado de los datos obtenidos durante las encuestas, con el fin de determinar los aspectos a mejorar o corregir dentro del plan de estudios y de esta forma garantizar que los futuros ingenieros aeronáuticos de la Universidad Pontificia Bolivariana contarán con la formación idónea para desempeñarse satisfactoriamente dentro del campo laboral.

- **Sexta fase: Propuesta de ajustes para el plan de estudios:**

Finalmente, luego de analizar la información recolectada, se entregará una propuesta en la cual se presenten los ajustes potencialmente aplicables al plan de estudios en concordancia con las respuestas ofrecidas por los encuestados.

3. ESTUDIO

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una minuciosa investigación acerca de las universidades que ofrecen el curso de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial a nivel mundial, esto con el fin de conocer las asignaturas que conforman los diferentes planes de estudio y a partir de esto analizar cuáles son los temas que pueden ser considerados de mayor relevancia para crear las encuestas que finalmente indicarán que ajustes se deben aplicar al plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Para realizar la investigación se tomó como referente el ranking QS, el cual indica el posicionamiento de las mejores universidades a nivel mundial y ofrece la opción de ser divididas por continentes, es decir, permite analizar la posición de las universidades a nivel mundial, de Sur América y Colombia, respecto a la calidad de sus programas.⁹

3.1 Universidades tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

A continuación, en las tablas 3,4,5 y 6 se presentan divididas por continentes las universidades que fueron tenidas en cuenta para el desarrollo de este estudio. Cabe resaltar que dentro de la información consignada se encuentra la posición que ocupan las universidades en el Ranking QS y que ninguna de las universidades Colombianas se encuentra dentro de este Ranking, pero por tratarse del análisis del plan de estudios de una universidad Colombiana, fueron incluidas.

⁹ *QS TOP UNIVERSITIES*. (s.f.). Obtenido de <http://www.topuniversities.com/university-rankings>. Información consultada el 29 de julio de 2015

SURAMÉRICA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
Universidad Nacional de la Plata	501-550	Argentina	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad Nacional de Córdoba	551-600	Argentina	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de Sao Paulo	112	Brasil	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad Técnica Federico Santa María	352	Chile	Ingeniería en aviación comercial	5
Universidad de Concepción	601-650	Chile	Ingeniería Civil Aeroespacial	6
Universidad Pontificia Bolivariana	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de San Buenaventura	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Fundación Universitaria Los Libertadores	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de Antioquia	NA	Colombia	Ingeniería Aeroespacial	5

Tabla 3 Universidades de Suramérica incluidas en el estudio

NORTEAMÉRICA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
Stanford University	2	Estados Unidos	Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica	4
University of Michigan	5	Estados Unidos	Ingeniería Aeroespacial	4
Purdue University	13	Estados Unidos	Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica	4
Pennsylvania State University	38	Estados Unidos	Ingeniería Aeroespacial	4

Tabla 4 Universidades de Norteamérica incluidas en el estudio

EUROPA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
University of Manchester	41	Inglaterra	Ingeniería aeroespacial	4

Tabla 5 Universidad de Europa incluidas en el estudio

OCEANÍA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
University of Sydney	33	Australia	Ingeniería aeronáutica	4
University of New South Wales	37	Australia	Ingeniería aeroespacial	4
Monash University	29	Australia	Ingeniería aeroespacial	4

Tabla 6 Universidades de Oceanía incluidas en el estudio

A continuación, en la figura 3 se presentan los porcentajes correspondientes a las Universidades de cada continente que fueron tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

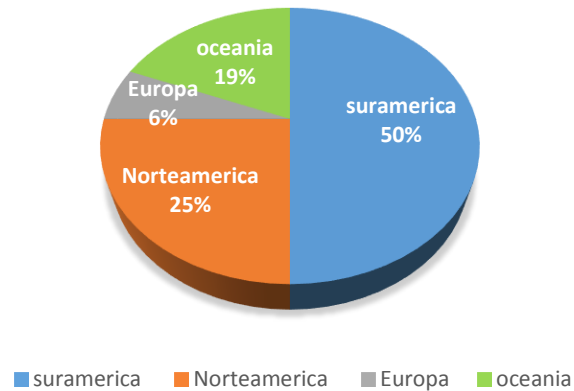


Figura 3 Porcentaje de universidades, por continente, tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

Cabe resaltar que de Suramérica se tomó una cantidad de universidades considerable, sin tener en cuenta el posicionamiento de estas dentro del ranking QS, y de Colombia se tomaron

todas las universidades que ofrecen el programa; lo anterior debido a que el estudio se está realizando para la Universidad Pontificia Bolivariana, la cual se encuentra dentro de este continente y país.

Adicionalmente, se puede evidenciar que Norteamérica es el continente que cuenta con las universidades mejor posicionadas dentro de este ranking, por lo cual se debe prestar especial atención a los planes de estudio ofrecidos por las universidades de este continente, ya que esto puede dar indicios sobre las mejoras que deben ser implementadas dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

De acuerdo con el análisis realizado a cada uno de los planes de estudio (Anexo 2) se puede concluir que el área de mayor profundización a nivel mundial es el de diseño, seguido por el de gerencia y finalmente el de mantenimiento.

3.2 Selección de expertos

Para el desarrollo del estudio se creó una base de datos conformada por 53 personas inmersas en la industria aeronáutica, a fin de conocer la opinión de estos expertos acerca de los temas que deben estar incluidos a futuro en el plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana. La base de datos se conformó teniendo en cuenta personas pertenecientes a los sectores público, privado y gubernamental y con diferente nivel de formación académica; esto con el fin de obtener opiniones desde diversos puntos de vista y con base en las necesidades que presenta cada uno de los sectores en los que hace presencia esta industria.

Debido a la ubicación geográfica del grupo de expertos la implementación del método Delphi resulta apropiada, puesto que este permite que las personas den su opinión mediante encuestas que pueden ser enviadas a través de plataformas web, para este caso específico se empleó Google Forms para la recolección de las respuestas dadas por los expertos.

Para la primera ronda de encuestas, se obtuvo respuesta de 33 expertos de los 53 contactados. En las figuras 4,5 y 6 se presenta una breve caracterización de los encuestados, donde se evidencia su idoneidad para ser considerados como expertos. Para esto se tuvo en cuenta

características como el sector en el que se desempeñan, su formación académica, años de experiencia y su cargo.

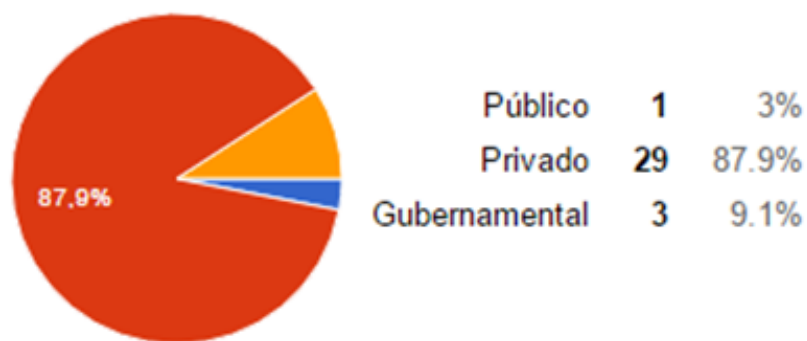


Figura 4 Sector

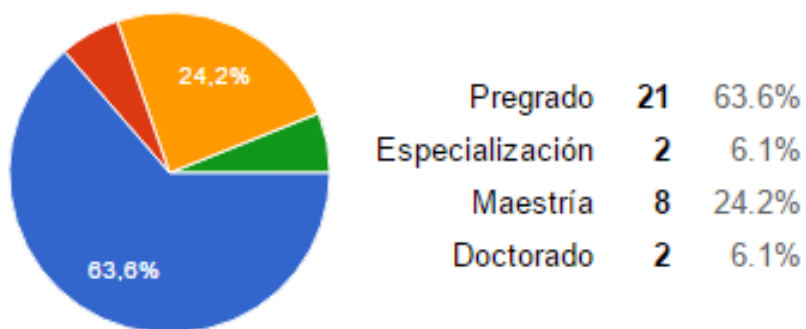


Figura 5 Formación Académica

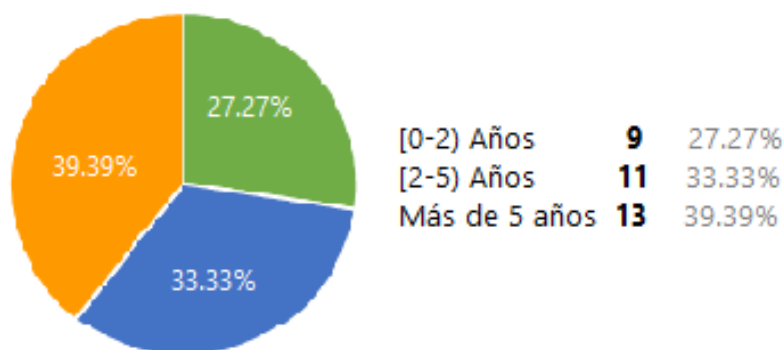


Figura 6 Tiempo de experiencia

Cabe mencionar que los expertos participantes cuentan en su mayoría con estudios de pregrado y una experiencia no superior a los 5 años, lo cual se debe al corto tiempo que lleva el programa en nuestro país, adicionalmente la mayoría de Ingenieros Aeronáuticos de nuestro país se desempeñan en el medio de operaciones, donde no se presenta una gran necesidad de contar con estudios de especialización, maestría o doctorado.

3.3 Encuesta primera ronda

Con base en la información recolectada de los planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial se creó la encuesta “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería Aeronáutica UPB” (Anexo 3), donde los temas que conforman diferentes planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial se encuentran divididos en tres áreas principales: Diseño, Gerencia y Mantenimiento

Para el desarrollo de la primera ronda, se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que estos representan, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 es moderadamente importante, 3 es importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

3.3.1 Diseño

En la figura 7 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Diseño durante la primera ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Diseño, pueden ser visualizados en el anexo 4

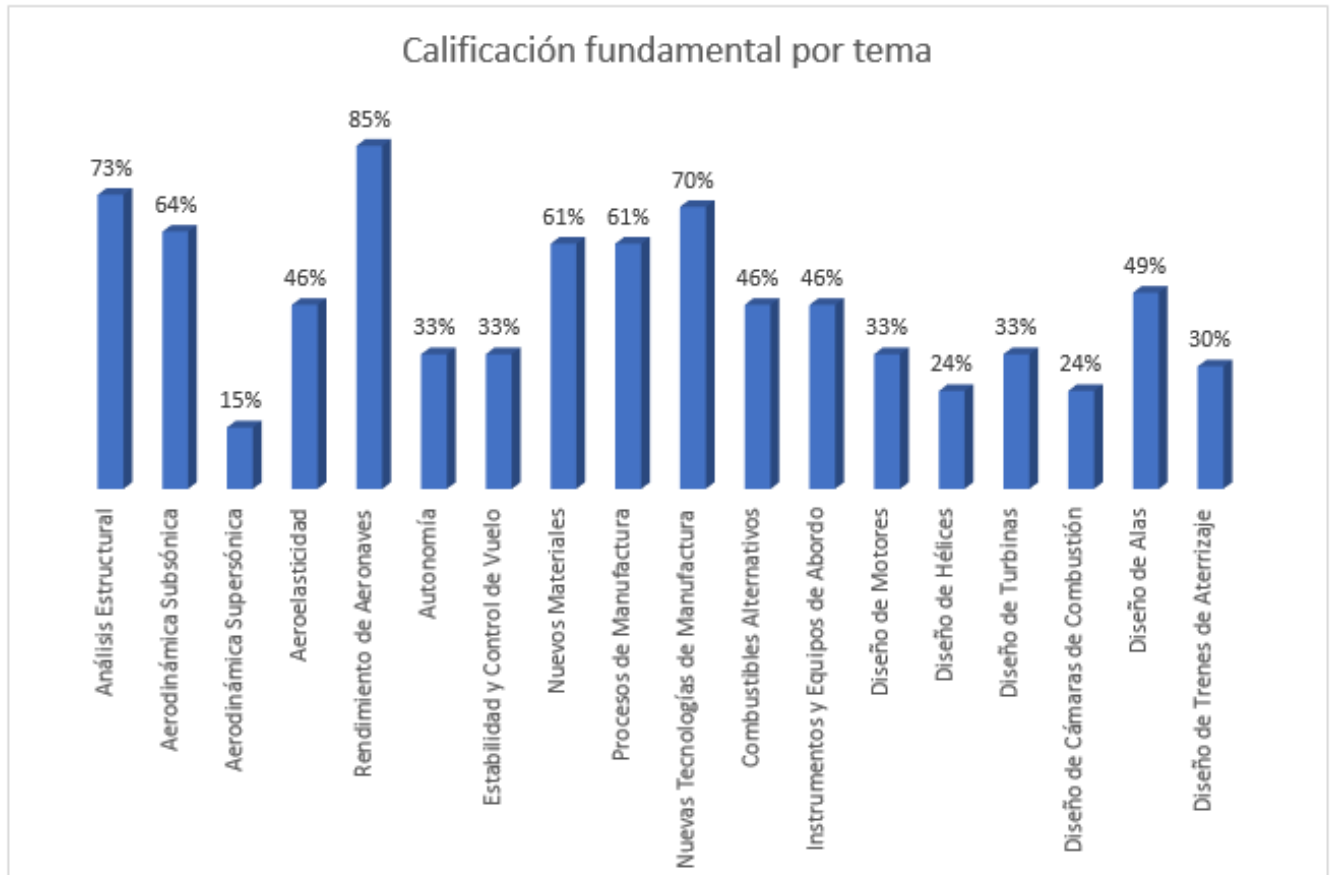


Figura 7 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

A continuación, se presentan en la tabla 7 y la figura 8 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Diseño.

Tema	Moda	Media
Rendimiento de aeronaves	4	3,72
Análisis estructural	4	3,54
Nuevas tecnologías de manufactura	4	3,50
Nuevos materiales	4	3,45
Aerodinámica Subsónica	4	3,35
Procesos de manufactura	4	3,21
Diseño de alas	4	3,01
Instrumentos y equipos de abordó	4	3,0
Combustibles alternativos	4	2,97
Aeroelasticidad	4	2,95
Estabilidad y control de vuelo	3	2,94
Autonomía	3	2,80
Diseño de turbinas	3	2,68
Diseño de motores	3	2,65
Diseño de trenes de aterrizaje	3	2,58
Diseño de hélices	2	2,46
Aerodinámica Supersónica	3	2,32
Diseño de cámaras de combustión	2	2,26

Tabla 7 Resultados estadísticos área de Diseño, primera ronda

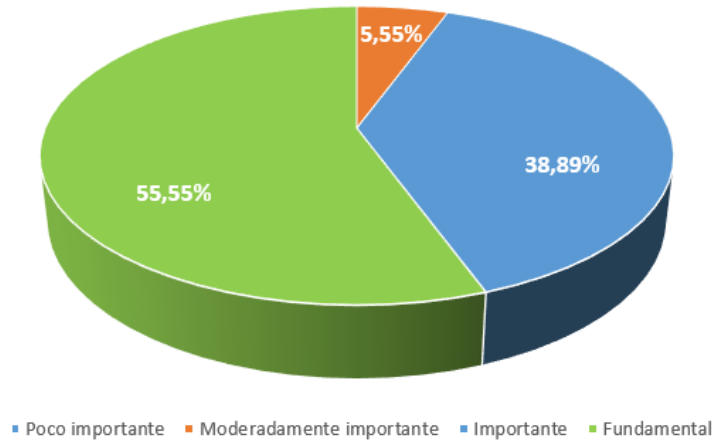


Figura 8 Porcentaje de moda de los temas de Diseño, primera ronda

Como se puede observar en la tabla 7 y en la figura 8, para un 55% de los temas incluidos dentro del área de diseño se obtuvo una moda de 4 y una media superior a 3, lo cual representa un porcentaje considerable de los temas analizados durante la primera ronda y serán tenidos en cuenta en la segunda ronda. Como se puede evidenciar en la figura 7, dentro del 55% de temas que los expertos consideran fundamentales para el área de Diseño, el rendimiento de aeronaves, el análisis estructural y las nuevas tecnologías de manufacturas son calificados como los temas mas importantes de esta área.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Sistemas de las aeronaves (hidráulico, eléctrico, mecánico... etc)
- Diseño de cohetes
- Operación de UAVs
- Diseño de mecanismos
- Documentación técnica y normativa para certificar cualquier diseño
- Perfiles de misión

Además, en la tabla 7 y la figura 8 se puede observar que, los encuestados consideran que es fundamental incluir la mayoría de los temas y que consideran que solo un 5,55% son moderadamente importantes dentro del plan de estudios para los futuros Ingenieros Aeronáuticos.

3.3.2 Gerencia

En la figura 9 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la primera ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Gerencia, pueden ser visualizados en el anexo 5.

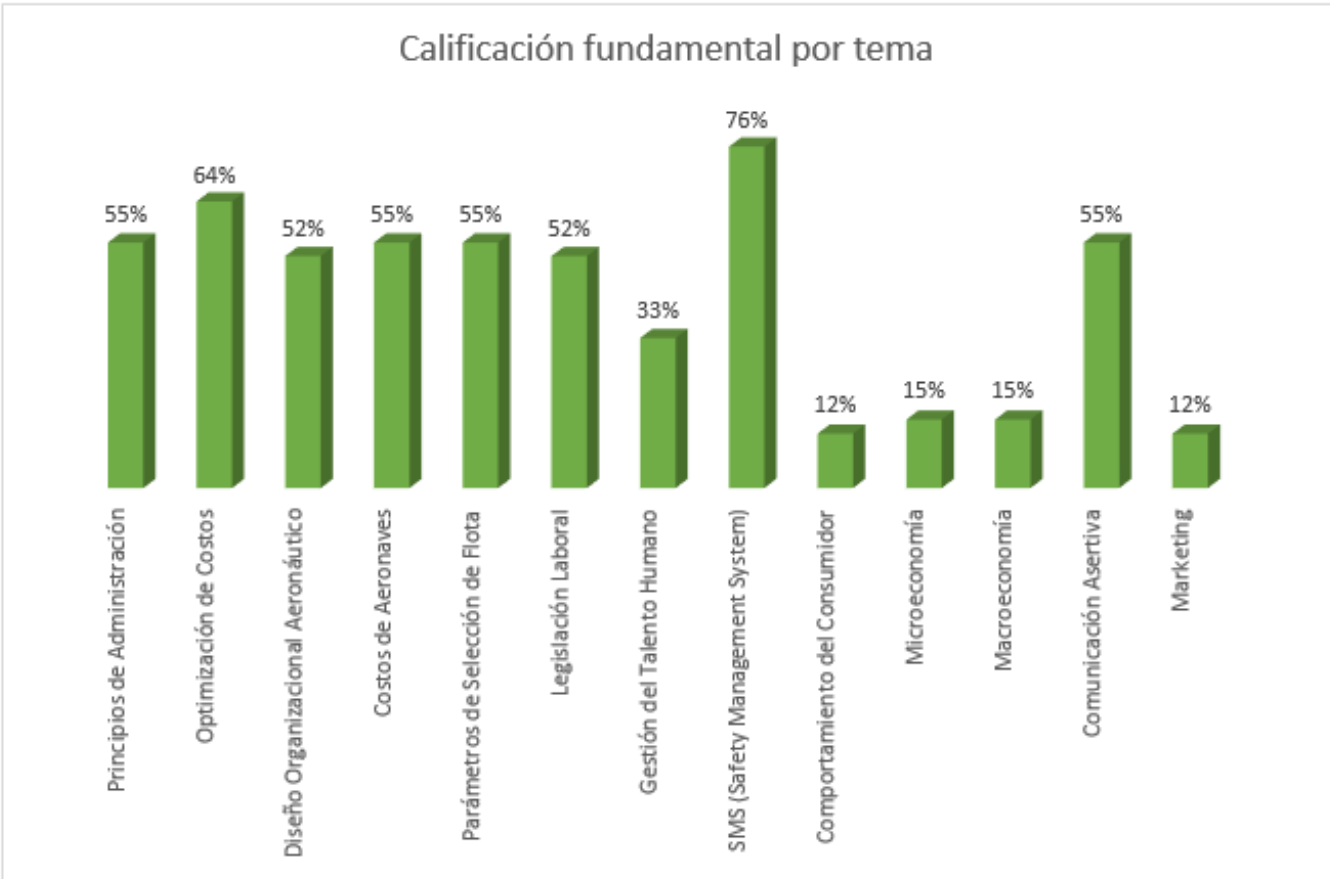


Figura 9 Calificación fundamental por tema para el área de gerencia

Como se puede observar en la figura 9, los temas de SMS y optimización de costos son considerados como los mas relevantes en el área de gerencia de acuerdo con la opinión de los expertos encuestados. Para el caso del tema de SMS cabe resaltar que es un tema relativamente nuevo en la industria aeronáutica y que está tomando una gran fuerza, gracias a los aportes que puede brindar en cuanto a la seguridad de las compañías.

A continuación, se presentan en la tabla 8 y la figura 10 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Gerencia.

Tema	Moda	Media
Optimización de costos	4	3,50
SMS (Safety Management System)	4	3,62
Parámetros de selección de flota	4	3,32
Principios de administración	4	3,31
Diseño organizacional aeronáutico	4	3,30
Legislación laboral	4	3,19
Costos de aeronaves	4	3,17
Comunicación asertiva	4	3,10
Gestión de talento humano	3	2,87
Marketing	3	2,42
Macroeconomía	3	2,26
Microeconomía	2	2,25
Comportamiento del consumidor	2	2,23

Tabla 8 Resultados estadísticos área de Gerencia, primera ronda

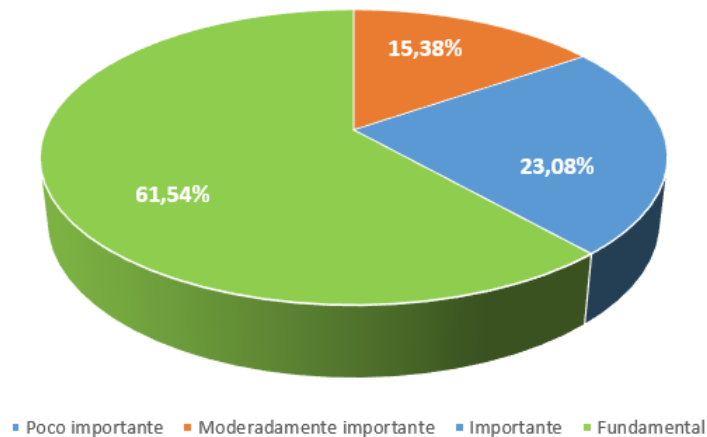


Figura 10 Porcentaje de moda de los temas de Gerencia, primera ronda

En la tabla 8 y la figura 10 se puede observar que la mayoría de los encuestados considera que los temas del área de Gerencia son de gran relevancia y que por ende deben estar contenidos en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica, esto se concluye al obtener que el 61,54% de los temas fueron considerados fundamentales y el 31% importantes.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta, para el área de Gerencia existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Legislación Aeronáutica
- Diseño y operación de Aeropuertos.
- Formación de un ingeniero para tomar cargos administrativos.
- Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves.
- Principios de contabilidad.
- Gestión de Proyectos.
- Calidad y Toma de decisiones.
- Operaciones.
- Liderazgo y dirección de personas.

En la tabla 8 y la figura 10 se puede observar que la mayoría de los encuestados considera que los temas del área de Gerencia son de gran relevancia y que por ende deben estar contenidos en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica, esto se concluye al obtener que el 62% de los temas fueron considerados fundamentales y el 31% importantes.

3.3.3 Mantenimiento

En la figura 11 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la primera ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Gerencia, pueden ser visualizados en el anexo 6

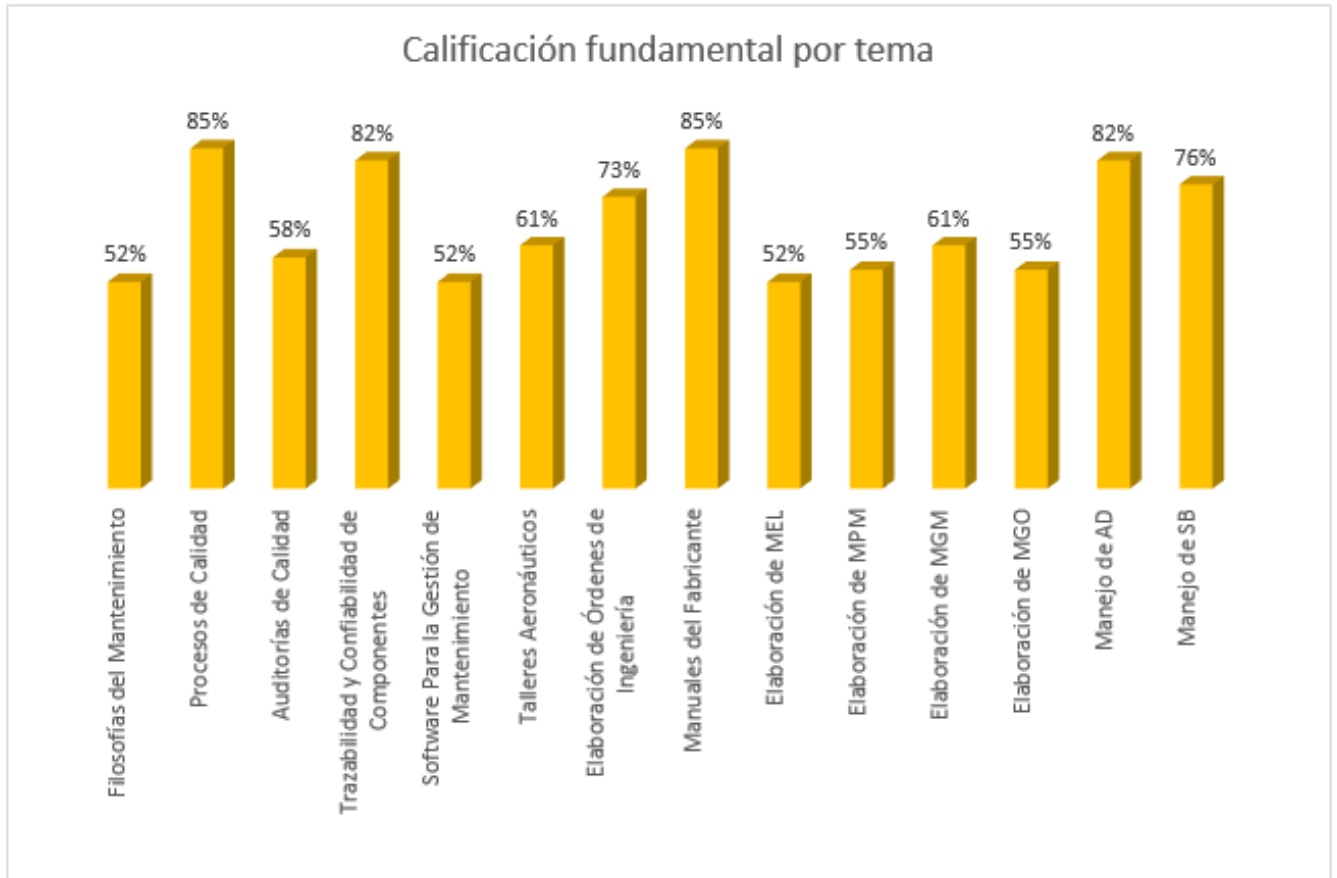


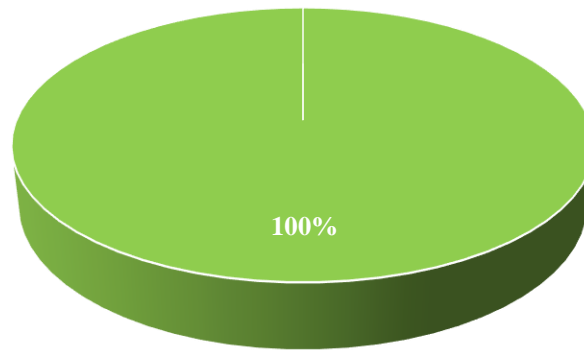
Figura 11 Calificación fundamental por tema para el área de mantenimiento

A continuación, se presentan en la tabla 9 y la figura 12 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Mantenimiento.

Tema	Moda	Media
Procesos de calidad	4	3,72
Manejo de AD	4	3,67
Manejo de SB	4	3,65
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	4	3,59
Manejo de manuales del fabricante	4	3,56
Filosofías de mantenimiento	4	3,47
Elaboración de MGM	4	3,35

Auditorías de calidad	4	3,33
Elaboración de órdenes de ingeniería	4	3,33
Talleres aeronáuticos	4	3,29
Software para la gestión de mantenimiento	4	3,27
Elaboración de MGO	4	3,10
Elaboración de MEL	4	3,08
Elaboración de MPM	4	3,06

Tabla 9 Resultados estadísticos área de Mantenimiento, primera ronda



■ Poco importante ■ Moderadamente importante ■ Importante ■ Fundamental

Figura 12 Porcentaje de moda de los temas de Mantenimiento, primera ronda

Como se puede observar en la tabla 9 y en la figura 12, para todos los temas incluidos dentro del área de mantenimiento se obtuvo una moda de 4 y una media superior a 3, lo cual muestra la relevancia que tiene para los expertos la implementación de temas relacionados con el mantenimiento aeronáutico en el plan de estudios de la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana con miras al 2025. Estos resultados tienen gran relación con la actualidad de la industria en nuestro país, ya que actualmente el crecimiento de la industria está asociado principalmente con el área de mantenimiento. Por lo cual es necesario que los futuros Ingenieros cuenten con amplios conocimientos en esta área.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta, para el área de mantenimiento existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Interpretación de manuales
- Confiabilidad
- Planeación y Control de Mantenimiento
- Ingles técnico aeronáutico
- Procesos de Certificación
- NDT

De acuerdo con los resultados presentados en los numerales 3.3.1, 3.3.2 y 3.3.3

3.4 Encuesta segunda ronda

Con base en los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas, se creó la encuesta para la segunda ronda, Anexo 7, en la cual se incluyeron los temas que se encuentran en la tabla 10 y que fueron seleccionados por contar con una moda de 4 y una media igual o superior a 3,3 en los resultados de la primera ronda.

Diseño	Resultados primera ronda	
	Moda	Media
Análisis Estructural	4	3,54
Aerodinámica Subsónica	4	3,35
Rendimiento de Aeronaves	4	3,72
Nuevos Materiales	4	3,45
Nuevas Tecnologías de Manufactura	4	3,5
Gerencia	Moda	Media
Principios de Administración	4	3,31
Optimización de Costos	4	3,50
Diseño organizacional aeronáutico	4	3,30

Parámetros de Selección de Flota	4	3,32
SMS	4	3,62
Mantenimiento	Moda	Media
Filosofías de Mantenimiento	4	3,47
Procesos de Calidad	4	3,72
Auditorías de Calidad	4	3,33
Trazabilidad y Confiabilidad de Componentes	4	3,59
Elaboración de Órdenes de Ingeniería	4	3,33
Manejo de Manuales del Fabricante	4	3,56
Elaboración del MGM	4	3,35
Manejo de AD	4	3,67
Manejo de SB	4	3,65

Tabla 10 Temas seleccionados para la segunda ronda de encuestas

La segunda ronda de encuestas contó con la misma dinámica de la primera, en donde se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que representan cada uno de los temas propuestos, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 es moderadamente importante, 3 es importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

3.4.1 Diseño

En la figura 13 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Gerencia, pueden ser visualizados en el anexo 8

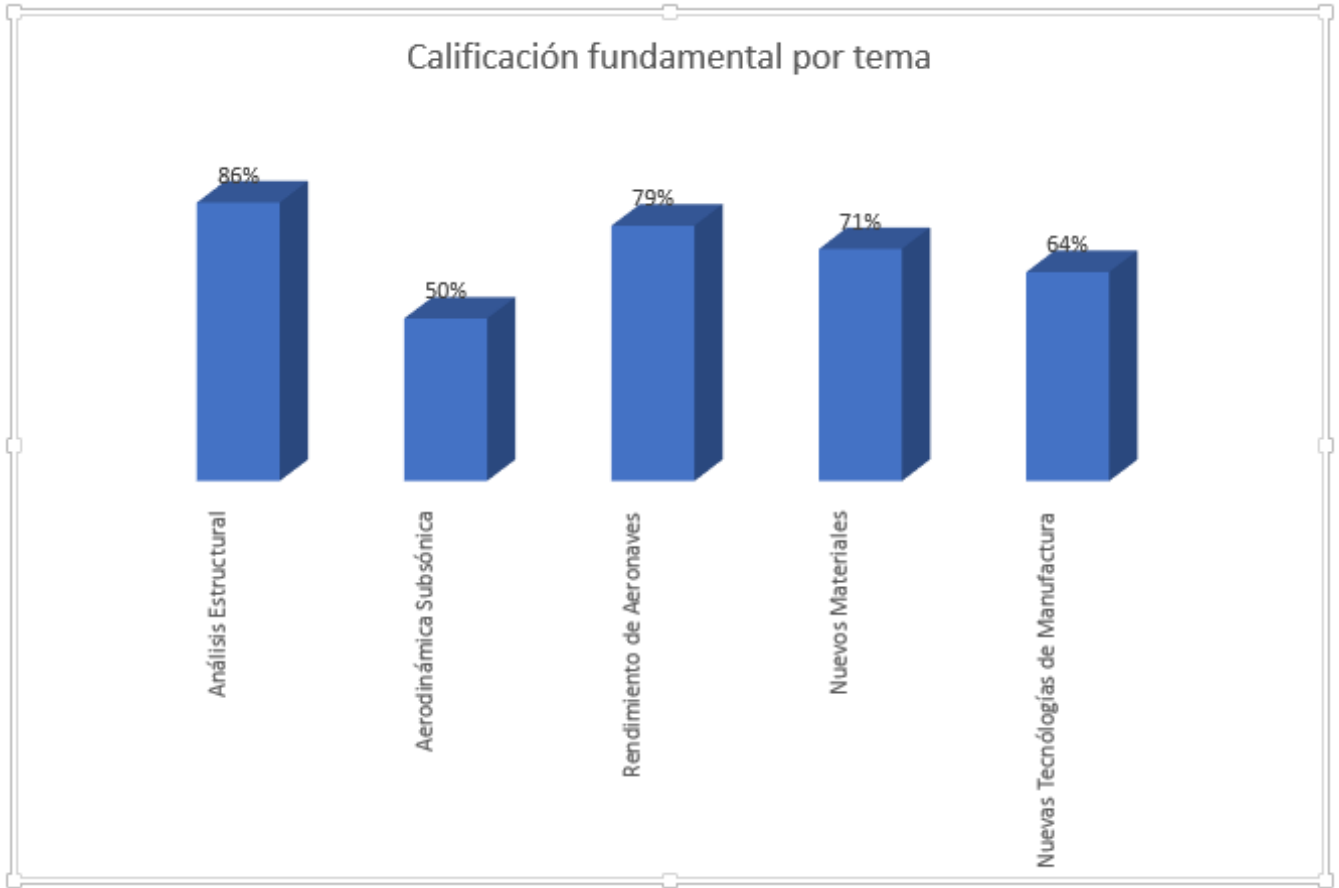


Figura 13 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

En esta figura se puede observar que los expertos encuestados consideran que para el área de diseño, de 18 temas analizados a lo largo de la investigación es fundamental incluir dentro del plan de estudios 5 temas, lo cual corresponde a un 27.7% e indica que es el área que obtuvo menor aprobación porcentual por parte de los expertos.

3.4.2 Gerencia

En la figura 14 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Gerencia, pueden ser visualizados en el anexo 9

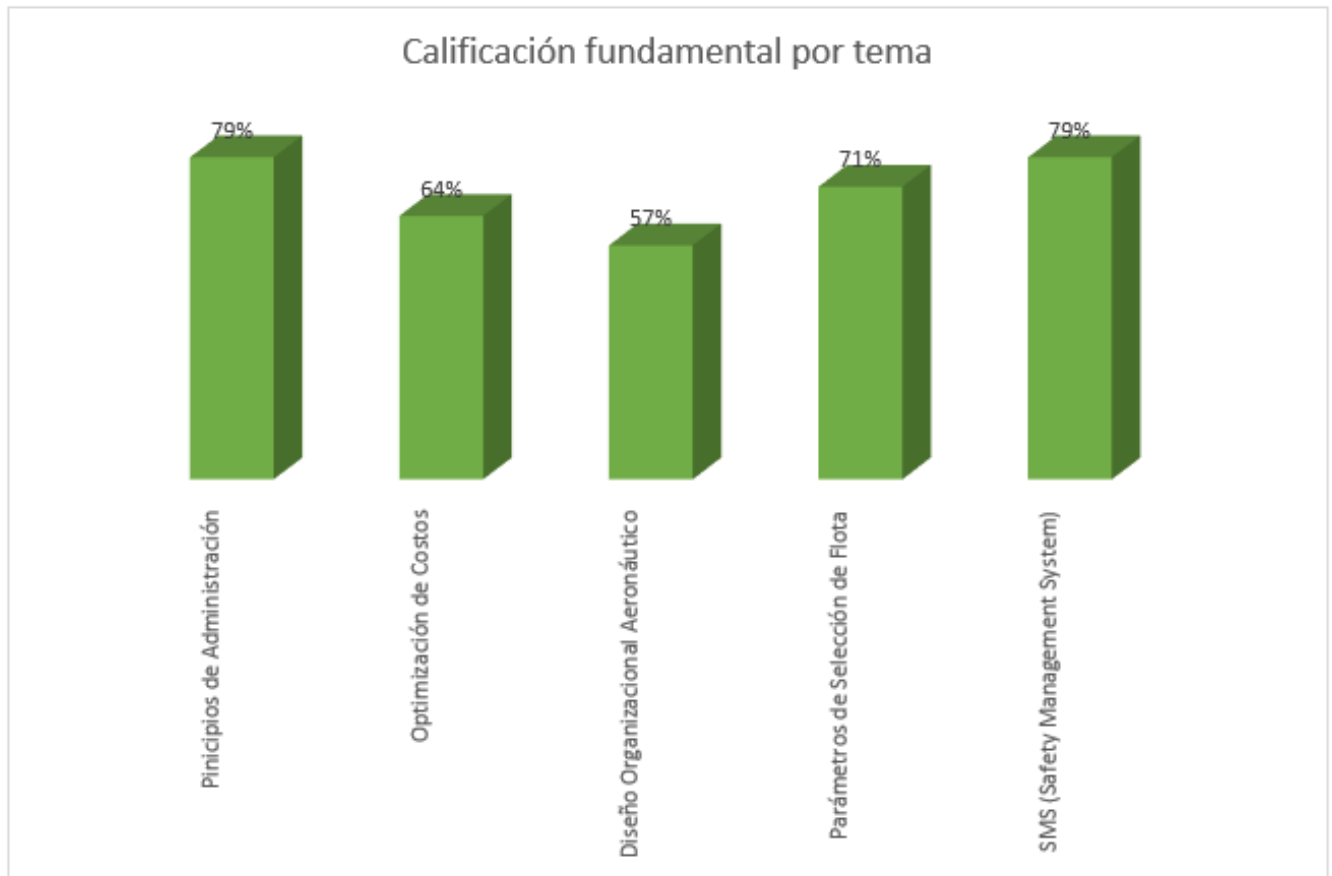


Figura 14 Calificación fundamental por tema para el área de gerencia

Para el área de Gerencia, de los 13 temas que fueron analizados desde la primera ronda de encuestas, los expertos consideran que 5 temas son fundamentales para la formación que se está impartiendo a los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica de nuestro país. Estos resultados indican que

3.4.3 Mantenimiento

En la figura 15 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

Los resultados totales de calificación de cada uno de los temas del área de Gerencia, pueden ser visualizados en el anexo 10.

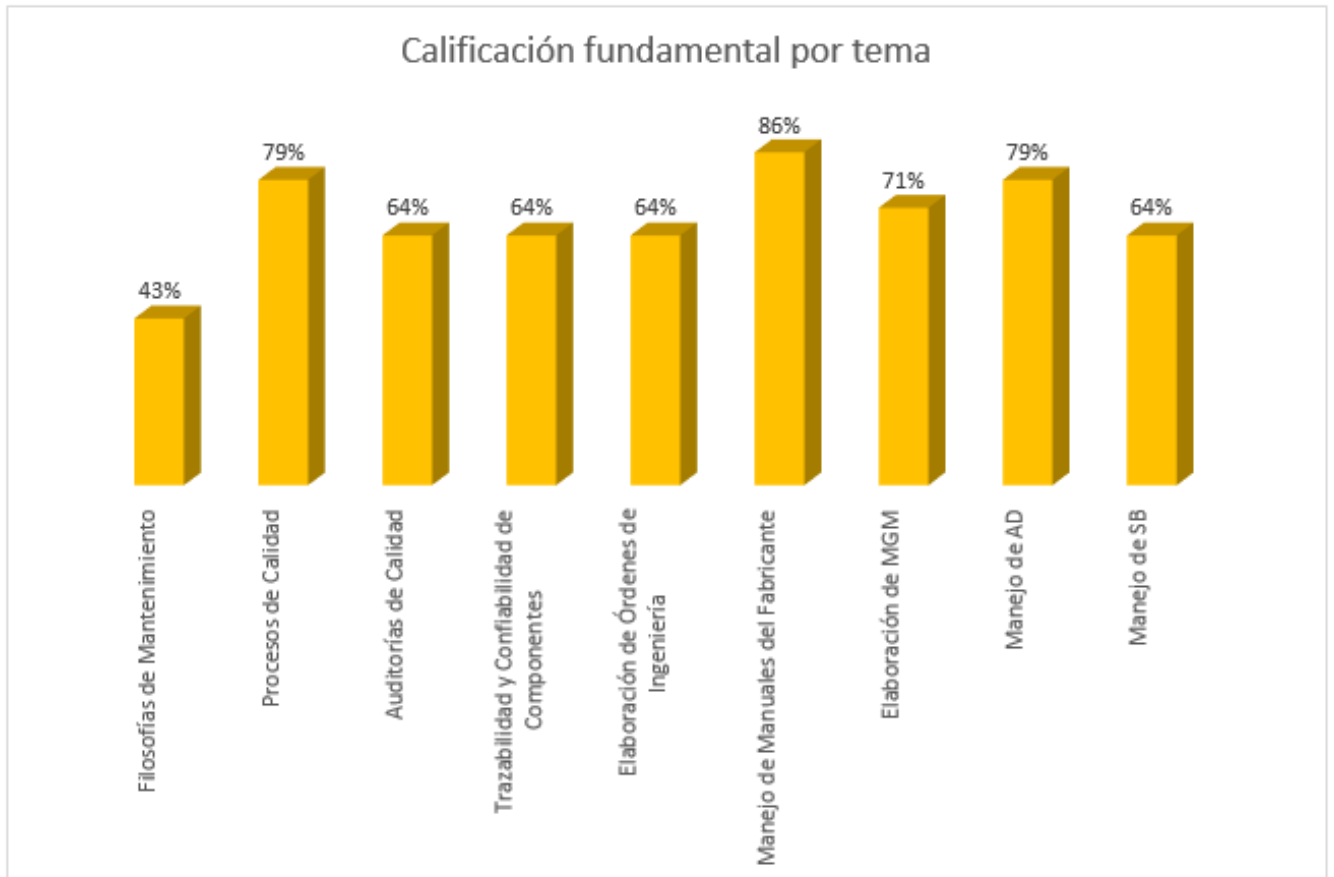


Figura 15 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

Según los resultados obtenidos, los expertos encuestados consideran que el área de Mantenimiento es la que requiere mayor inclusión de temas, ya que de 14 temas que fueron evaluados desde el inicio de la investigación, ellos consideran que 9 son importantes dentro del plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica.

3.5 Resultados segunda ronda

En la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos en la segunda ronda, donde se indica el valor de la moda y la media para cada uno de los temas evaluados:

Diseño	Resultados segunda ronda	
	Moda	Media
Análisis estructural	3,8	4
Aerodinámica Subsónica	3,2	4
Rendimiento de aeronaves	3,6	4
Nuevos materiales	3,7	4
Nuevas tecnologías de manufactura	3,5	4
Gerencia	Moda	Media
Principios de administración	3,8	4
Optimización de costos	3,4	4
Diseño organizacional aeronáutico	3,4	4
Parámetros de selección de flota	3,5	4
SMS (Safety Management System)	3,5	4
Mantenimiento	Moda	Media
Filosofías de mantenimiento	3,3	4
Procesos de calidad	3,8	4
Auditorías de calidad	3,6	4
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	3,4	4
Elaboración de órdenes de ingeniería	3,6	4
Manejo de manuales del fabricante	3,8	4
Elaboración de MGM	3,5	4
Manejo de AD	3,7	4
Manejo de SB	3,6	4

Tabla 11 Temas evaluados en la segunda ronda de encuestas

De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda ronda de encuestas, se seleccionaron al igual que en la primera ronda, los temas que obtuvieron una moda de 4 y una media igual o superior a 3,5 para ser tomados como temas fundamentales para el plan de estudios de

Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana y son presentados en la tabla 12, donde se puede observar que los expertos consideran que es fundamental incluir o reforzar 4 temas correspondientes al área de diseño, 3 de Gerencia y 7 de Mantenimiento.

Diseño
Análisis estructural
Rendimiento de aeronaves
Nuevos materiales
Nuevas tecnologías de manufactura
Gerencia
Principios de administración
Parámetros de selección de flota
SMS (Safety Management System)
Mantenimiento
Procesos de calidad
Auditorías de calidad
Elaboración de órdenes de ingeniería
Manejo de manuales del fabricante
Elaboración de MGM
Manejo de AD
Manejo de SB

Tabla 12 Temas fundamentales para el plan de estudios de la Universidad Pontificia Bolivariana, según los resultados del estudio realizado

Los resultados obtenidos en el estudio, pueden tener su razón de ser en que Colombia pese a que lleva más de 100 años en la industria aeronáutica sigue presentando grandes falencias y atrasos en cuanto a la fabricación de piezas y aeronaves como tal. Una clara evidencia de esto es que actualmente Colombia cuenta con una baja cantidad de empresas dedicadas a la fabricación de componentes aeronáuticos, lo cual se encuentra ligado a la falta de recursos,

el escaso apoyo del gobierno para sacar adelante diferentes proyectos y la gran cantidad de tiempo que se requiere para certificar un proceso.¹⁰ Teniendo en cuenta lo anterior se debe proponer una formación que permita brindar herramientas que incrementen el conocimiento de los futuros ingenieros aeronáuticos y sus capacidades en cuanto al área de diseño tanto de piezas aeronáuticas como de aeronaves, con el fin de aspirar a contar con mayor apoyo dentro del país para el desarrollo de futuros proyectos y que de esta manera se pueda ir fortaleciendo el área de diseño aeronáutico. También se debe tener en cuenta que no todos los estudiantes deciden continuar sus estudios o iniciar su vida laboral en Colombia, por lo cual se hace necesario formar futuros ingenieros que cuenten con los conocimientos que exigen países que se han fortalecido en el campo del diseño aeronáutico.

¹⁰ Cárdenas Beltran, J (2013) *La historia no lo es todo, Colombia y su necesidad de un equipo interdisciplinario para la fabricación de componentes y aeronaves*. Bogotá

4. ANÁLISIS

4.1 Análisis de resultados

A lo largo de este estudio es posible apreciar la importancia de realizar análisis prospectivos, ya que las necesidades de la industria aeronáutica se encuentran en constante cambio y se debe analizar qué mejoras deben ser aplicadas a los planes de estudio que ofrecen las diferentes universidades, esto con el fin de formar profesionales que cumplan con las exigencias del sector. Es por esta razón que se ha realizado este estudio prospectivo bajo los lineamientos del método Delphi, con el fin de identificar las necesidades actuales y futuras de la industria aeronáutica y con base en los resultados obtenidos identificar las mejoras que deben ser aplicadas al plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, con miras al 2025.

4.1.1 Participación de expertos

Como se puede observar en la figura 16, inicialmente se contactaron 53 expertos, a los cuales se les solicitó dar respuesta a la primera encuesta. De estos 53 expertos se obtuvo el apoyo de 33, lo cual corresponde al 62,2% de los contactados. Posteriormente, se envió la segunda encuesta y en esta ocasión participaron 14 personas, lo cual corresponde al 42,4% de las personas que participaron en la primera ronda y a un 26,4% de los contactados inicialmente.

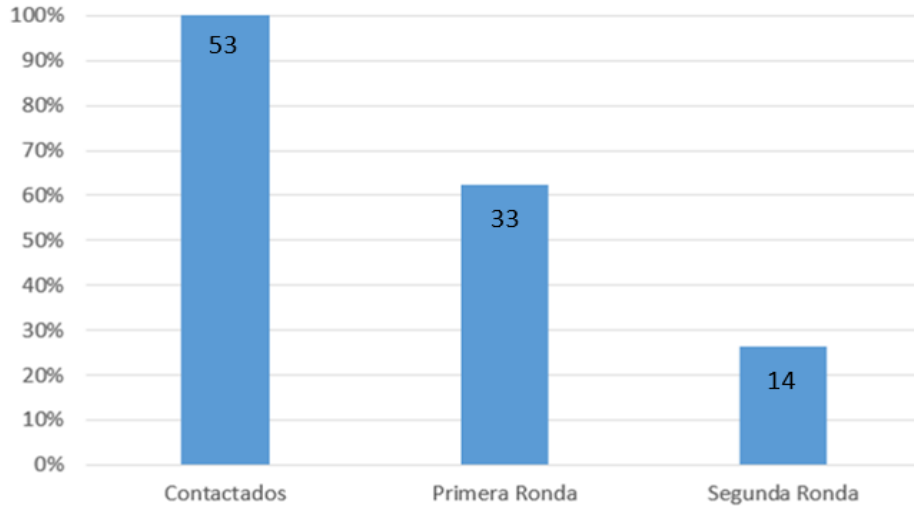


Figura 16 Porcentaje de participación de expertos

4.1.2 Encuestas

Para el desarrollo de cada una de las rondas de encuestas, se tuvieron en cuenta temas de las áreas de diseño, gerencia y mantenimiento con base en los planes de estudios nacionales e internacionales (Anexo 2) de universidades que se encuentran incluidas en el Ranking QS. En la figura 17, se presenta la cantidad de temas incluidos en cada una de las rondas de encuestas y la cantidad temas seleccionados al final del estudio para cada una de las áreas analizadas.

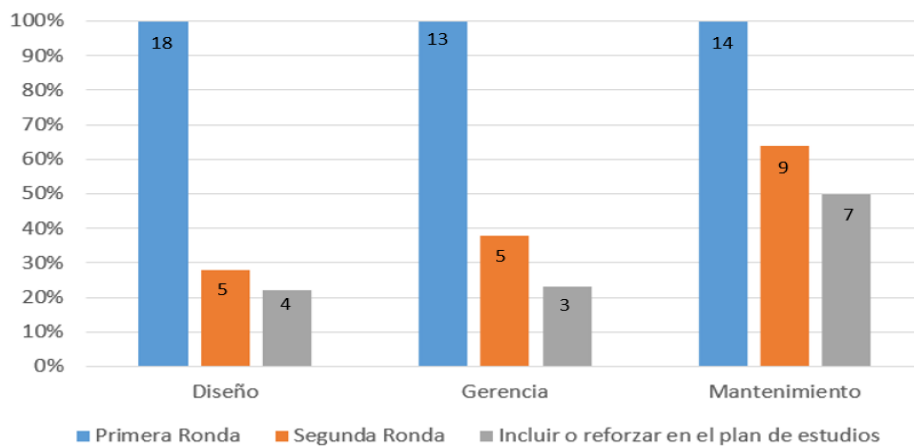


Figura 17 Porcentajes de temas incluidos en cada ronda

Como se puede observar en la figura 17, para la primera ronda de encuestas se incluyeron 18 temas del área de diseño, 13 de gerencia y 14 de mantenimiento. Posteriormente, con base en las opiniones suministradas por los expertos en la primera ronda, se seleccionaron los temas más relevantes para ser incluidos en la segunda ronda de encuestas, finalmente se seleccionaron los temas que los expertos consideran deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios.

En las tablas 13, 14 y 15 se muestra para las áreas de diseño, gerencia y mantenimiento respectivamente la información consolidada de los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda de encuestas y posteriormente la sugerencia de incluir o reforzar cada uno de los temas. Es decir, en la primera columna se indican cada uno de los temas tenidos en cuenta en el estudio; en la segunda y tercera columna se relacionan los temas considerados fundamentales por los expertos de acuerdo a la media y moda de los resultados en la primera y segunda ronda respectivamente, donde \checkmark indica que el tema fue considerado fundamental y x no fundamental. Finalmente, la cuarta y quinta columna hacen referencia a los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda, teniendo en cuenta que si el tema fue considerado fundamental en ambas rondas y ya se encuentra incluido en el plan de estudios, la sugerencia es reforzarlo y si el tema aún no está incluido, la sugerencia es incluirlo

Tema (Diseño)	Incluido en la Primera ronda	Incluido en la segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Análisis estructural	\checkmark	\checkmark	\checkmark	X
Aerodinámica Subsónica	\checkmark	X	X	X
Aerodinámica Supersónica	X	X	X	X
Aeroelasticidad	X	X	X	X
Rendimiento de aeronaves	\checkmark	\checkmark	\checkmark	X
Autonomía	X	X	X	X
Estabilidad y control de vuelo	X	X	X	X
Nuevos materiales	\checkmark	\checkmark	X	\checkmark

Procesos de manufactura	X	X	X	X
Nuevas tecnologías de manufactura	✓	✓	X	✓
Combustibles alternativos	X	X	X	X
Instrumentos y equipos de abordó	X	X	X	X
Diseño de motores	X	X	X	X
Diseño de hélices	X	X	X	X
Diseño de turbinas	X	X	X	X
Diseño de cámaras de combustión	X	X	X	X
Diseño de alas	X	X	X	X
Diseño de trenes de aterrizaje	X	X	X	X

Tabla 13 Temas analizados área diseño

Tema (Gerencia)	Primera ronda	Segunda Ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Principios de administración	✓	✓	X	✓
Optimización de costos	✓	X	X	X
Diseño organizacional aeronáutico	✓	X	X	X
Costos de aeronaves	X	X	X	X
Parámetros de selección de flota	✓	✓	✓	X
Legislación laboral	X	X	X	X
Gestión de talento humano	X	X	X	X
SMS (Safety Management System)	✓	✓	✓	X
Comportamiento del consumidor	X	X	X	X
Microeconomía	X	X	X	X
Macroeconomía	X	X	X	X
Comunicación asertiva	X	X	X	X
Marketing	X	X	X	X

Tabla 14 Temas analizados área gerencia

Tema (Mantenimiento)	Primera ronda	Segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento	✓	X	X	X
Procesos de calidad	✓	✓	X	✓
Auditorías de calidad	✓	✓	X	✓
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	✓	X	X	X
Software para la gestión de mantenimiento	X	X	X	X
Talleres aeronáuticos	X	X	X	X
Elaboración de órdenes de ingeniería	✓	✓	X	✓
Manejo de manuales del fabricante	✓	✓	✓	X
Elaboración de MEL	X	X	X	X
Elaboración de MPM	X	X	X	X
Elaboración de MGM	✓	✓	X	✓
Elaboración de MGO	X	X	X	X
Manejo de AD	✓	✓	✓	X
Manejo de SB	✓	✓	✓	X

Tabla 15 Temas analizados área mantenimiento

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio se concluyó que los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana son los presentados en la tabla 16:

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Análisis estructural.		✓
Rendimiento de aeronaves.		✓
Nuevos materiales.	✓	
Nuevas tecnologías de manufactura.	✓	
Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Principios de administración.		✓
Parámetros de selección de flota.	✓	
SMS (Safety Management System).		✓
Optimización de costos	✓	
Diseño organizacional aeronáutico	✓	
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento		✓
Procesos de calidad.	✓	
Auditorías de calidad.	✓	
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	✓	
Elaboración de órdenes de ingeniería.		✓
Manejo de manuales del fabricante.		✓
Elaboración de MGM.	✓	
Manejo de AD.		✓
Manejo de SB.		✓

Tabla 16 Temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana

Adicional a los temas que fueron analizados en el estudio, los expertos sugieren que los temas que se registran en la tabla 17 sean incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica.

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Sistemas de las aeronaves		✓
Diseño de cohetes		✓
Perfiles de misión		✓

Documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños	✓	
Diseño de mecanismos	✓	
Operación de UAV's	✓	
Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Legislación Aeronáutica		✓
Diseño y operación de Aeropuertos		✓
Formación de un ingeniero para tomar cargos administrativos	✓	
Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves	✓	
Principios de contabilidad	✓	
Gestión de Proyectos		✓
Calidad y Toma de decisiones	✓	
Operaciones	✓	
Liderazgo y dirección de personas		✓
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Interpretación de manuales		✓
Confiabilidad	✓	
Planeación y control de mantenimiento		✓
Ingles técnico aeronáutico	✓	
Procesos de Certificación	✓	
NDT		✓

Tabla 17 Temas sugeridos por los expertos para ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que los expertos consideran que los planes de estudio de Ingeniería Aeronáutica ofrecidos en el país deben contar con un mayor enfoque en el área de mantenimiento, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. Se puede considerar que los resultados obtenidos se encuentran relacionados con la opinión que tienen los expertos sobre las necesidades actuales de la industria aeronáutica en el país, ya que actualmente el crecimiento de la industria está relacionado principalmente con el área de mantenimiento. La evidencia más clara es la llegada del MRO de Avianca a Rionegro, que requiere aproximadamente 3.000 empleados y que se encuentra atrayendo algunos empleados de otras empresas del sector.

El área de Gerencia obtuvo resultados para ubicarse en el segundo lugar; se debe tener en cuenta que esta área es de suma importancia para el sector aeronáutico de cualquier país, ya que en todos se cuenta con aerolíneas que requieren de personal con conocimiento en esta área, que puedan desarrollar y fortalecer los procesos de planificación y administración de los proyectos desarrollados en el sector aeronáutico, mediante propuestas innovadoras que conlleven al crecimiento y sostenimiento de la industria.

Los temas del área de Diseño obtuvieron la prioridad más baja en el estudio, pero se debe considerar que dichos temas no deben ser excluidos de los planes de estudio, teniendo en cuenta que a pesar de que Colombia no es fuerte en el tema de diseño de aeronaves, existen estudiantes pertenecientes a las diferentes universidades del país que aspiran a desempeñarse profesionalmente en el exterior, donde en algunas ocasiones el Diseño es el área predominante, ya que se dedican al diseño y fabricación de aeronaves y componentes aeronáuticos. Adicionalmente, el contar con ingenieros con amplios conocimientos en el área de diseño, permite pensar en impulsar la industria Aeronáutica en cuanto al diseño en nuestro país. Para pensar en este crecimiento de la industria es necesario, que inicialmente en Colombia se realicen estudios sobre los avances que ha tenido el sector aeronáutico en países de Latinoamérica e identificar la forma de adoptar ideas innovadoras de estos países y posteriormente buscar apoyo económico que permita el desarrollo de nuevas propuestas para el sector aeronáutico en cuanto al diseño. Adicionalmente, se deben buscar alternativas que permitan realizar convenios con otros países que se encuentran más desarrollados en cuanto al diseño de aeronaves y/o componentes. Esto induce a contemplar la posibilidad de que Colombia crezca en esta área y que en un futuro se cuente con mayor apoyo económico para el desarrollo de proyectos propios del país, contando con personal formado en nuestras universidades.

El análisis de esta investigación fue realizado con base en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana que estuvo vigente hasta finalizar el primer semestre del 2016 (ver anexo 2). De acuerdo con el análisis de las encuestas realizadas, el área de Mantenimiento obtuvo resultados para ser considerada el área que requiere mayor énfasis, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. A

continuación se presenta un comparativo para cada una de estas áreas de acuerdo a los resultados de la investigación y el nuevo plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica:

- **Mantenimiento:** de los cuatro temas que fueron considerados relevantes por los expertos, el tema relacionado con Procesos de Certificación ya se encuentra incluido en el plan de estudios vigente.
- **Gerencia:** para esta área, los expertos recomendaron adicionar gestión de proyectos y operaciones, los cuales ya se encuentran incluidos en el nuevo plan de estudios.
- **Diseño:** Algunos de los expertos sugirieron incluir en el plan de estudios el tema de documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños, el cual ya se encuentra en el plan de estudios vigente.

Cabe resaltar que aún se encuentra temas pendientes por ser incluidos en el plan de estudios, de acuerdo con las opiniones de los expertos, esto con el fin de propender por un plan de estudios que permita formar profesionales que cumplan con las exigencias actuales de la industria Aeronáutica.

Referencias

- Astigarra, E. (s.f.). *El Método Delphi*. Universidad de Deusto.
- Cárdenas Beltran, J. (2013). *La historia no lo es todo, Colombia y su necesidad de un equipo interdisciplinario para la fabricación de componentes y aeronaves*.
- Cárdenas Beltrán, J. (s.f.). *La historia no lo es todo, Colombia y su necesidad de un equipo interdisciplinario para la fabricación de componentes y aeronaves*.
- Henaó, H. D. (6 de noviembre de 2016). *El País*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de El País.com.co: <http://www.elpais.com.co/economia/asi-se-volara-en-wingo-la-competencia-de-viva-colombia.html>
- https://issuu.com/davidalejandropinedavargas/docs/curr__culo_ing._aeroespacial_udea?reader3=1. (12 de 02 de 2017). Obtenido de https://issuu.com/davidalejandropinedavargas/docs/curr__culo_ing._aeroespacial_udea?reader3=1
- Plan de estudios Fundación Universitaria Los Libertadores*. (s.f.). Obtenido de http://www.ulibertadores.edu.co/images/03-programas/pregrado/facultad_ingenieria/doc/brochure_programa_ing_aeronautica.pdf
- Plan de estudios Georgia Institute of Technology*. (s.f.). Obtenido de http://www.ae.gatech.edu/pdfs/New_Curriculum/FlowChart.pdf
- Plan de estudios Monash University*. (s.f.). Obtenido de <http://www.study.monash/courses/find-a-course/2016/engineering-e3001?domestic=true#course-structure-3>
- Plan de estudios Monash University*. (s.f.). Obtenido de <http://www.study.monash/courses/find-a-course/2016/engineering-e3001?domestic=true#course-structure-3>
- Plan de estudios Pennsylvania State University*. (s.f.). Obtenido de http://www.aero.psu.edu/ugradstud/Ugrad_Curr_Guide.pdf
- Plan de estudios Purdue University*. (s.f.). Obtenido de https://engineering.purdue.edu/AAE/Academics/Undergrad/pos/2015_AAE_Degree_Map.pdf
- Plan de estudios Stanford University*. (s.f.). Obtenido de <http://web.mit.edu/aeroastro/academics/undergraddocs/16-1-2-pathways-fallsoph.pdf>
- Plan de estudios Universidad de Concepción*. (s.f.). Obtenido de <http://admision.udec.cl/themes/garland/mallas/concep/mallaingaeroespacial.pdf>
- Plan de estudios Universidad de Michigan*. (s.f.). Obtenido de <http://www.engin.umich.edu/aero/academics/undergrad/program/requirements>

- Plan de estudios Universidad de San Buenaventura* . (s.f.). Obtenido de <http://www.usbbog.edu.co/facultad-ciencias-basicas-ingenieria/ingenieria-aeronautica/plan-de-estudios-aeronautica>
- Plan de estudios Universidad de Sao Paulo*. (s.f.). Obtenido de <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=18&codcur=18070&codhab=0&tipo=N>
- Plan de estudios Universidad Federico Santa María*. (s.f.). Obtenido de <http://www.usm.cl/admision/carreras/vitacura/ingenieria-en-aviacion-comercial/>
- Plan de estudios Universidad Nacional de Cordoba*. (s.f.). Obtenido de http://www.efn.uncor.edu/archivos/carreras/ing_aeronautica.pdf
- Plan de estudios Universidad Nacional de la Plata*. (s.f.). Obtenido de http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/plan_estudios.php
- Plan de estudios Universidad Pontificia Bolivariana*. (2016). Obtenido de http://www.upb.edu.co/pls/portal/docs/PAGE/GPV2_UPB_MEDELLIN/PGV2_M030_PREGRADOS/PGV2_M030070010_AERONAUTICA/PLAN-ESTUDIOS-INGENIERIA-AERONAUTICA.PDF
- Plan de estudios University of Manchester*. (s.f.). Obtenido de <http://www.mace.manchester.ac.uk/study/undergraduate/courses/aerospace-engineering/meng-aerospace-engineering-4years/factfile/>
- Plan de estudios University of New South Wales*. (s.f.). Obtenido de <http://www.handbook.unsw.edu.au/undergraduate/plans/2016/AEROAH3707.html>
- Plan de estudios University of Sydney*. (s.f.). Obtenido de <http://web.aeromech.usyd.edu.au/units-of-study.php>
- Portafolio. (28 de septiembre de 2016). <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>. Recuperado el 9 de enero de 2017, de <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>
- QS TOP UNIVERSITIES*. (s.f.). Obtenido de <http://www.topuniversities.com/university-rankings>
- Urrea Quiroga, G. (2012). Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. . Medellín, Colombia.
- Urrea Quiroga, G., Garcia Sepulveda, J. I., & Alvarado Perilla, J. P. (2011). Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. Medellín, Colombia.
- Viva Colombia. (s.f.). *Viva Colombia*. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos.

ANEXOS

ANEXO 1: Artículo publicable

APROXIMACIÓN PROSPECTIVA PARA DETERMINAR LAS COMPETENCIAS DEL INGENIERO AERONÁUTICO DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA PARA EL 2025

Johanna Henao Monsalve

Facultad de Ingeniería Aeronáutica

Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín

Fecha de realización: , Entregado:

RESUMEN

Con la constante evolución de la industria aeronáutica se requiere realizar estudios prospectivos, que permitan determinar las necesidades actuales y futuras de esta industria respecto a los conocimientos que deben poseer los próximos egresados; para lo cual se realizarán encuestas a expertos en el tema, bajo los lineamientos del método Delphi, con el fin de aplicar los ajustes necesarios al plan de estudios del programa.

PALABRAS CLAVE: Método Delphi, plan de estudios, Ingeniería Aeronáutica

ABSTRACT

Due to the constant evolution of the aeronautical industry, we require to do prospective studies that allow to determine the future needs of the industry regarding the knowledge required from the coming graduates; for which I will perform surveys to experts in the field, under the guidelines of the Delphi method to apply the necessary adjustments to the curriculum of the program.

KEY WORDS: *Delphi method, curriculum, Aeronautical Engineering*

INTRODUCCIÓN

El programa de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial es ofrecido a nivel internacional y cada vez se abre más paso, llegando así a más universidades en todos los continentes; y es por esto que se hace necesario realizar estudios prospectivos que permitan identificar las necesidades que va presentando la industria y de esta manera proponer los correctivos necesarios en los planes de estudio para así suplir las necesidades de la industria.

Para el desarrollo de este proyecto se realizará, mediante el método Delphi, un análisis prospectivo del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, ya que este tipo de estudio permite analizar información a futuro y de esta forma poder anticipar cuáles serán los requerimientos que se pueden presentar en la industria y así proponer un plan de estudios que contenga temas que conlleven a la formación de ingenieros íntegros.

JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS

Con el desarrollo de este proyecto se pretende identificar los ajustes que deben ser aplicados al plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, con el fin de entregar a la industria ingenieros aeronáuticos capacitados acorde con las exigencias que, debido a la evolución de la industria, se van presentando.

Los beneficiados en mayor medida con el desarrollo de este estudio son los estudiantes de la facultad de Ingeniería Aeronáutica ya que con este se pretende, como ya se ha mencionado, realizar ajustes al plan de estudios que permitan

brindarle a los estudiantes las competencias que requieren para ser altamente competitivos en la industria aeronáutica; todo esto enmarcado en las exigencias de dicha industria, que está en constante evolución.

Con este estudio también se ve beneficiada la Universidad Pontificia Bolivariana, puesto que a través del voz a voz tanto de estudiantes como de personas de la industria se puede preservar el buen nombre de este programa perteneciente a la universidad y de esta forma garantizar que el programa prevalezca.

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Debido a las exigencias y constantes cambios que presenta la industria aeronáutica, se debe garantizar que las universidades que ofrecen el programa estén en la capacidad de impartir un conocimiento de alta calidad

Por lo anterior se deben realizar estudios que detecten las necesidades para actualizar el plan de estudios y cumplir con los estándares tanto nacionales como internacionales de esta industria.

1.1 Universidades latinoamericanas que ofrecen el programa

En la tabla 1, se presentan divididas por países las universidades que dictan el programa de Ingeniería Aeronáutica en Latinoamérica, los planes de estudios de estas universidades fueron tomados como referencia para el desarrollo del estudio realizado.

UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS QUE OFRECEN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
Argentina
Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Córdoba
Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería - La Plata
Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional Haedo- Haedo
Bolivia
Universidad Privada del Valle, Bolivia; Facultad de Tecnología –Cochabamba
Brasil
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - São José dos Campos
Universidad de São Paulo - São Paulo
Universidad de Taubaté - São Paulo
Chile
Universidad de Concepción – Concepción
Academia Politécnica Aeronáutica – Fuerza Aérea de Chile
Universidad Técnica Federico Santa María UTFSM – Campus Santiago Vitacura
Colombia
Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Aeronáutica – Medellín
Fundación Universitaria Los Libertadores, Facultad de Ingeniería Aeronáutica – Bogotá
Universidad San Buenaventura, Facultad de Ingeniería Aeronáutica – Bogotá
Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería Aeroespacial – Medellín
Escuela de Aviación del Ejército Nacional de Colombia – Bogotá
México
Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Ticomán
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería (UACH FING), Chihuahua
Perú
Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica, Aeronáutica, Automotriz y Software- Lima
Venezuela
Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana, Núcleo Maracay y Núcleo Caracas - Maracay y Caracas

Tabla 18 Universidades latinoamericanas que ofrecen el programa

¹ Urrea Quiroga, G. (2012). *Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una*

1.1.1 Universidades Colombianas que ofrecen el programa

Hasta el 2015 Colombia contaba con tres entidades autorizadas para formar profesionales en Ingeniería Aeronáutica. En 1997 la Universidad de San Buenaventura – sede Bogotá crea la primera facultad de Ingeniería Aeronáutica del país, seguido por la Fundación Universitaria Los Libertadores – sede Bogotá en 1999, posteriormente el 12 de febrero de 2003 la Universidad Pontificia Bolivariana la incluye dentro de sus programas, como respuesta a la necesidad de capacitar de manera idónea personas interesadas en desempeñarse en el sector aeronáutico, todo esto bajo el marco de un plan de estudios bien estructurado y acorde a las exigencias que presenta la industria tanto a nivel nacional como internacional.¹ Este listado ha ido creciendo, ya que en el 2016 la Escuela de Aviación del Ejército Nacional de Colombia comienza a ofrecer el programa de Ingeniería Aeronáutica como parte de su portafolio académico y para el segundo semestre de 2017, la Universidad de Antioquia inició actividades académicas con su nuevo pregrado de Ingeniería Aeroespacial.

1.1.2 Ingeniería Aeronáutica en la Universidad Pontificia Bolivariana

El programa de Ingeniería Aeronáutica surgió en la Universidad Pontificia Bolivariana - sede Medellín el 12 de Febrero de 2003, como respuesta a la necesidad de capacitar de manera idónea personas interesadas en desempeñarse en el sector aeronáutico, todo esto bajo el marco de un plan de estudios bien estructurado y acorde a las exigencias que

aproximación prospectiva con el método Delphi. Medellín. Información consultada el 15 de agosto de 2015

presenta la industria tanto a nivel nacional como internacional.

1.2 Estudios previos

Los estudios realizados previamente sobre el tema servirán como referente para el desarrollo de este proyecto, por lo cual se considera de suma importancia el análisis de los mismos.

1.2.1 Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. Urrea (2012)

Este proyecto fue realizado con el fin de determinar los saberes que se consideraba debían ser incluidos dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, para lo cual se buscaron personas conocedoras del tema para responder una serie de encuestas aplicadas bajo los lineamientos del método Delphi. Para este estudio se contó inicialmente con la respuesta de 17 personas y para la ronda final con 12 personas, las cuales contaban con diferentes niveles de formación académica (pregrado y posgrado). A partir del análisis de los datos obtenidos durante las diferentes rondas de encuestas se pudo determinar que los temas considerados de mayor prioridad para el plan de estudios son los que se presentan en la siguiente tabla.

ÁREA DISEÑO	
Número	Tema
1	Aerodinámica Subsónica
3	Estabilidad y Control
4	Rendimiento (Despegue, Ascenso, ...)
13	Nuevos Materiales
16	Procesos de Manufactura
17	Sistemas de Control automático
ÁREA DE GERENCIA	
23	Costos de Operación de las Aeronaves
24	Parámetros de Selección de Flota
25	Reducción de Costos
ÁREA DE MANTENIMIENTO	
41	Planeación y Control de Mantenimiento
45	Confiabilidad de Componentes
46	Confiabilidad de Sistemas
48	Reglamentos Aeronáuticos de Colombia
49	FAR

Tabla 19 Temas prioritarios por área²

De la tabla 2 se puede concluir que es de vital importancia estructurar un plan de estudios integral, que comprenda tanto la gestión del mantenimiento como el diseño, con el fin de suplir la demanda de personal capacitado en la operación de aeronaves en el país, sin dejar de lado la parte del diseño, ya que es un tema relevante en el exterior y está comenzando a tomar gran importancia en el país, lo que se debe en gran medida al desarrollo de los proyectos realizados por las fuerzas militares colombianas.

² Urrea Quiroga, G. (2012). *Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi*.

Medellín. Información consultada el 15 de agosto de 2015

1.2.2 Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. *García, Urrea y Alvarado 2011.*

En el 2011 tres docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana realizaron un estudio con el fin de determinar las prioridades en cuanto al conocimiento que debe ser impartido a los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica en los países latinoamericanos, para lo cual se tiene en cuenta no solo las necesidades que presenta la industria aeronáutica en América Latina, sino también las necesidades mundiales, ya que los egresados de universidades latinoamericanas no solo ejercerán como profesionales en países de esta región, sino a nivel mundial y en algunos casos estos egresados viajarán a países fuera de Latinoamérica para continuar con sus estudios de posgrado.

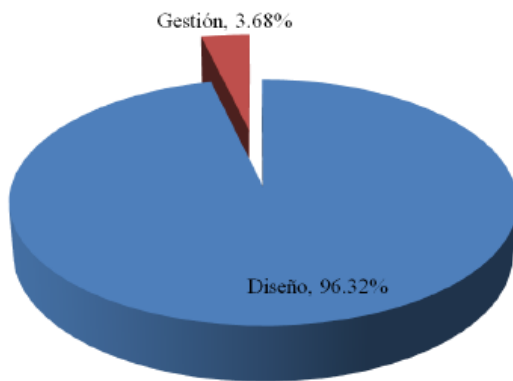


Figura 1 Relación entre el diseño y la gestión en países industrializados³

³ García, Urrea y Alvarado (2011) *Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo.* Medellín

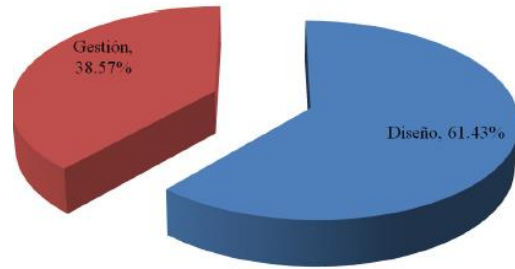


Figura 2 Relación entre el diseño y la gestión en países latinoamericanos⁴

En este estudio, y como se puede observar en las figuras 1 y 2, se expone la amplia diferencia existente entre los países industrializados respecto a los latinoamericanos. Es decir, cada país tiene orientada su formación académica según su área de desempeño, por lo cual los países industrializados se centran más en el área de diseño, ya que son estos los que cuentan con una sólida industria dedicada al diseño y fabricación de aeronaves; mientras que los países latinoamericanos por el contrario se encuentran orientados hacia la gestión aeronáutica, pero sin dejar de lado el diseño.

Otra diferencia a resaltar radica en la duración del programa en países latinoamericanos e industrializados, puesto que en los primeros se tiene una duración de cinco años, debido a que estos países a parte de la formación técnica incluyen una formación humanística y los países industrializados centran su formación solo a la parte técnica.

⁴ García, Urrea y Alvarado (2011) *Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo.* Medellín

1.3 Crecimiento de la industria Aeronáutica en Colombia

En los últimos 5 años, han llegado a Colombia nuevas aerolíneas y el MRO (Maintenance, Repair, and Overhaul) de Avianca, lo cual ha generado un aporte considerable al crecimiento de la industria aeronáutica del país y a su vez ha permitido generar nuevos empleos en el sector.

A continuación, se presenta una breve descripción del MRO y de las aerolíneas bajo costo que han llegado al país.

1.3.1 MRO Avianca⁵

Con una inversión de aproximadamente 50 millones de dólares, el 28 de septiembre de 2016, se inauguró en una zona cercana al Aeropuerto Internacional José María Córdoba de Rionegro el centro aeronáutico de Avianca, MRO, el cual cuenta con un área total de 44.300 metros cuadrados. Este centro aeronáutico es considerado el más moderno de América Latina y permite ubicar a Colombia a la vanguardia en procesos de mantenimiento técnico especializado, convirtiéndose en una gran fuente de conocimiento técnico, abriendo las puertas a la innovación y el progreso para la industria aeronáutica del país y generando un impulso al crecimiento de la economía regional.

Actualmente el centro aeronáutico de Avianca tiene dentro de su personal aproximadamente 600 técnicos e ingenieros, los cuales cuentan con una amplia experiencia en la prestación de

servicios para aeronaves A318, A319, A320, A321 y ATR72, adicionalmente se encuentran en proceso de acreditación para incluir la prestación de servicios de mantenimiento e ingeniería para aeronaves A330 y Boeing 787.

1.3.2 Llegada de aerolíneas de bajo costo a Colombia

Cinco años atrás en Colombia, mencionar una aerolínea bajo costo era hablar sobre algo desconocido para muchos, pero con la llegada de Vivacolombia y recientemente la de Wingo, se ha convertido en algo cotidiano y en la oportunidad de muchos colombianos para poderse transportar más rápidamente a un menor precio, hasta el punto de que en ocasiones resulta más económico desplazarse en avión -que por medio terrestre.

A continuación, se expone una breve reseña de las aerolíneas de bajo costo presentes actualmente en Colombia

1.3.2.1 VivaColombia

Inició sus operaciones el 25 de mayo de 2012 como la primera aerolínea de bajo costo del país, cubriendo únicamente rutas dentro del territorio Colombiano, con una flota de 3 aeronaves Airbus A-320 que ha ido creciendo y al día de hoy ya cuenta con 11 de estas aeronaves. Con el pasar del tiempo VivaColombia fue creciendo y con su crecimiento se incluyeron nuevas rutas tanto nacionales como internacionales y en este momento se encuentra operando a países como: Estados Unidos, Ecuador,

⁵ Portafolio. (28 de septiembre de 2016). <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centroaeronautico-en-antioquia-500639>. Recuperado el 9 de enero de 2017, de

<http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>

Panamá y Perú y tiene como proyecto llegar a más países.⁶

1.3.2.2 Wingo

Por su parte Wingo inició sus operaciones el 1° de diciembre de 2015 con una flota conformada por 4 aeronaves Boeing 737-700 con capacidad para 142 pasajeros, cubriendo rutas tanto nacionales como internacionales; entre sus destinos nacionales se encuentran: Bogotá, Cali, Cartagena, Medellín, San Andrés y Barranquilla.⁷

La llegada de este tipo de aerolíneas a nuestro país representa grandes oportunidades, como: el fortalecimiento de la industria aeronáutica, la generación de nuevos empleos, la posibilidad de viajar más rápidamente a un bajo costo para muchas personas, el crecimiento del turismo, entre otros.

2. ESTUDIO

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una minuciosa investigación acerca de las universidades que ofrecen el curso de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial a nivel mundial, esto con el fin de conocer las asignaturas que conforman los diferentes planes de estudio y a partir de esto analizar cuáles son los temas que pueden ser considerados de mayor relevancia para crear las encuestas que finalmente indicarán que ajustes se

deben aplicar al plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Para realizar la investigación se tomó como referente el ranking QS, el cual indica el posicionamiento de las mejores universidades a nivel mundial y ofrece la opción de ser divididas por continentes, es decir, permite analizar la posición de las universidades a nivel mundial, de Sur América y Colombia, respecto a la calidad de sus programas.⁸

2.1 Universidades tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

A continuación, en las tablas 3,4,5 y 6 se presentan divididas por continentes las universidades que fueron tenidas en cuenta para el desarrollo de este estudio. Cabe resaltar que dentro de la información consignada se encuentra la posición que ocupan las universidades en el Ranking QS y que ninguna de las universidades Colombianas se encuentra dentro de este Ranking, pero por tratarse del análisis del plan de estudios de una universidad Colombiana, fueron incluidas.

SURAMÉRICA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
Universidad Nacional de la Plata	501-550	Argentina	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad Nacional de Córdoba	551-600	Argentina	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de Sao Paulo	112	Brasil	Ingeniería Aeronáutica	5

⁶ Viva Colombia. (s.f.). Viva Colombia. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos

⁷ Henao, H. D. (6 de noviembre de 2016). El País. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de [El País.com.co](http://ElPaís.com.co):

<http://www.elpais.com.co/economia/asi-se-volara-en-wingo-la-competencia-de-viva-colombia.html>

⁸ QS TOP UNIVERSITIES. (s.f.). Obtenido de <http://www.topuniversities.com/university-rankings>

Universidad Técnica Federico Santa María	352	Chile	Ingeniería en aviación comercial	5
Universidad de Concepción	601-650	Chile	Ingeniería Civil Aeroespacial	6
Universidad Pontificia Bolivariana	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de San Buenaventura	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Fundación Universitaria Los Libertadores	NA	Colombia	Ingeniería Aeronáutica	5
Universidad de Antioquia	NA	Colombia	Ingeniería Aeroespacial	5

Tabla 20 Universidades de Suramérica incluidas en el estudio

NORTEAMÉRICA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
Stanford University	2	Estados Unidos	Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica	4
University of Michigan	5	Estados Unidos	Ingeniería Aeroespacial	4
Purdue University	13	Estados Unidos	Ingeniería Aeronáutica y Astronáutica	4
Pennsylvania State University	38	Estados Unidos	Ingeniería Aeroespacial	4

Tabla 21 Universidades de Norteamérica incluidas en el estudio

EUROPA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
University of Manchester	41	Inglaterra	Ingeniería aeroespacial	4

Tabla 22 Universidad de Europa incluidas en el estudio

OCEANÍA				
Universidad	# Ranking QS	País	Nombre del programa	Años
University of Sydney	33	Australia	Ingeniería aeronáutica	4
University of New South Wales	37	Australia	Ingeniería aeroespacial	4
Monash University	29	Australia	Ingeniería aeroespacial	4

Tabla 23 Universidades de Oceanía incluidas en el estudio

En la siguiente gráfica se presentan los porcentajes correspondientes a las Universidades de cada continente que fueron tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

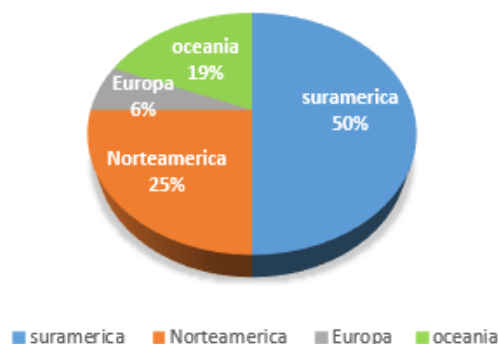


Figura 3 Porcentaje de universidades, por continente, tenidas en cuenta para el desarrollo del estudio.

Cabe resaltar que de Suramérica se tomó una cantidad de universidades considerable, sin tener en cuenta el posicionamiento de estas dentro del ranking QS, y de Colombia se tomaron todas las universidades que ofrecen el programa; lo anterior debido a que el estudio se está realizando para la Universidad Pontificia Bolivariana, la cual se encuentra dentro de este continente y país.

Adicionalmente, se puede evidenciar que Norteamérica es el continente que cuenta con las universidades mejor posicionadas dentro de este ranking, por lo cual se debe prestar especial atención a los planes de estudio ofrecidos por las universidades de este continente, ya que esto puede dar indicios sobre las mejoras que deben ser implementadas dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

De acuerdo con el análisis realizado a cada uno de los planes de estudio, se puede

concluir que el área de mayor profundización a nivel mundial es el de diseño, seguido por el de gerencia y finalmente el de mantenimiento.

2.2 Selección de expertos

Para el desarrollo del estudio se creó una base de datos conformada por 53 personas inmersas en la industria aeronáutica, a fin de conocer la opinión de estos expertos acerca de los temas que deben estar incluidos a futuro en el plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana. La base de datos se conformó teniendo en cuenta personas pertenecientes a los sectores público, privado y gubernamental y con diferente nivel de formación académica; esto con el fin de obtener opiniones desde diversos puntos de vista y con base en las necesidades que presenta cada uno de los sectores en los que hace presencia esta industria.

Debido a la ubicación geográfica del grupo de expertos la implementación del método Delphi resulta apropiada, puesto que este permite que las personas den su opinión mediante encuestas que pueden ser enviadas a través de plataformas web, para este caso específico se empleó Google Forms para la recolección de las respuestas dadas por los expertos.

Para la primera ronda de encuestas, se obtuvo respuesta de 33 expertos de los 53 contactados. En las figuras 3,4 y 5 se presenta una breve caracterización de los encuestados, donde se evidencia su idoneidad para ser considerados como expertos. Para esto se tuvo en cuenta características como el sector en el que se desempeñan, su formación académica, años de experiencia y su cargo.

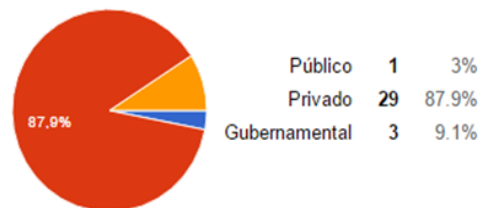


Figura 4 Sector

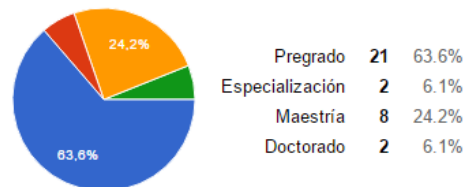


Figura 5 Formación Académica

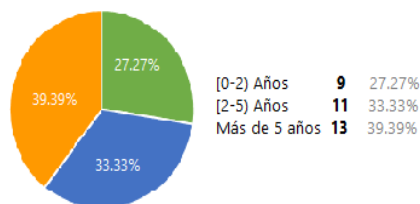


Figura 618 Tiempo de experiencia

Cabe mencionar que los expertos participantes cuentan en su mayoría con estudios de pregrado y una experiencia no superior a los 5 años, lo cual se debe al corto tiempo que lleva el programa en nuestro país, adicionalmente la mayoría de Ingenieros Aeronáuticos de nuestro país se desempeñan en el medio de operaciones, donde no se presenta una gran necesidad de contar con estudios de especialización, maestría o doctorado.

2.3 Encuesta primera ronda

Con base en la información recolectada de los planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial se creó la encuesta “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería

Aeronáutica UPB” donde los temas que conforman diferentes planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial fueron divididos en tres áreas principales: Diseño, Gerencia y Mantenimiento; en las tablas 7,8 y 9 se presentan los temas que fueron tenidos en cuenta para cada una de las áreas en la primera ronda.

Diseño
Análisis Estructural
Aerodinámica Subsónica
Aerodinámica Supersónica
Aeroelasticidad
Rendimiento de Aeronaves
Autonomía
Estabilidad y Control de Vuelo
Nuevos Materiales
Procesos de Manufactura
Nuevas Tecnologías de Manufactura
Combustibles Alternativos
Instrumentos y Equipos de Abordo
Diseño de Motores
Diseño de Hélices
Diseño de Turbinas
Diseño de Cámaras de Combustión
Diseño de Alas
Diseño de Trenes de Aterrizaje

Tabla 7 Temas del área de Diseño incluidos en la primera ronda de encuestas.

Gerencia
Principios de Administración
Optimización de Costos
Diseño Organizacional Aeronáutico
Costos de Aeronaves
Parámetros de Selección de Flota
Legislación Laboral
Gestión de Talento Humano
SMS (Safety Management System)
Comportamiento del consumidor
Microeconomía
Macroeconomía
Comunicación Asertiva
Marketing

Tabla 8 Temas del área de Gerencia incluidos en la primera ronda de encuestas

Mantenimiento
Filosofías de Mantenimiento
Procesos de Calidad
Auditorías de Calidad
Trazabilidad y confiabilidad de Componentes
Software Para la Gestión de Mantenimiento
Talleres Aeronáuticos
Elaboración de Órdenes de Ingeniería
Manejo de Manuales del Fabricante
Elaboración de MEL
Elaboración de MPM
Elaboración de MGM
Elaboración de MGO
Manejo de AD
Manejo de SB

Tabla 9 Temas del área de Gerencia incluidos en la primera ronda de encuestas

Para el desarrollo de la primera ronda, se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que estos representan, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 es moderadamente importante, 3 es importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

2.3.1 Diseño

En la figura 7 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Diseño durante la primera ronda de encuestas.

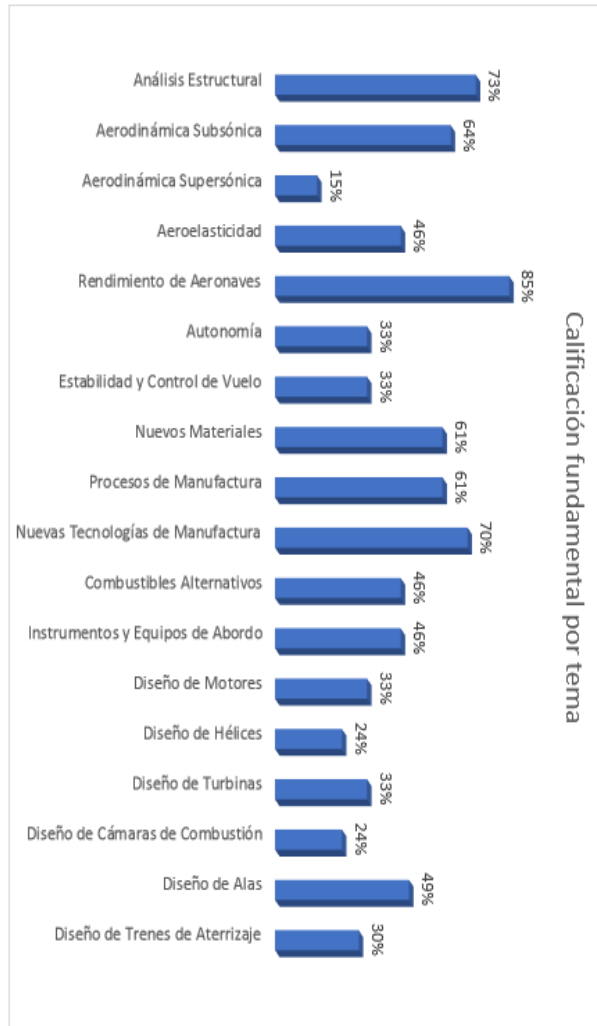


Figura 719 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

A continuación, se presentan en la tabla 10 y la figura 8 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Diseño.

Tema	Moda	Media
Rendimiento de aeronaves	4	3,72
Análisis estructural	4	3,54
Nuevas tecnologías de manufactura	4	3,50
Nuevos materiales	4	3,45
Aerodinámica Subsónica	4	3,35

Procesos de manufactura	4	3,21
Diseño de alas	4	3,01
Instrumentos y equipos de abordo	4	3,0
Combustibles alternativos	4	2,97
Aeroelasticidad	4	2,95
Estabilidad y control de vuelo	3	2,94
Autonomía	3	2,80
Diseño de turbinas	3	2,68
Diseño de motores	3	2,65
Diseño de trenes de aterrizaje	3	2,58
Diseño de hélices	2	2,46
Aerodinámica Supersónica	3	2,32
Diseño de cámaras de combustión	2	2,26

Tabla 10 Resultados estadísticos área de Diseño, primera ronda

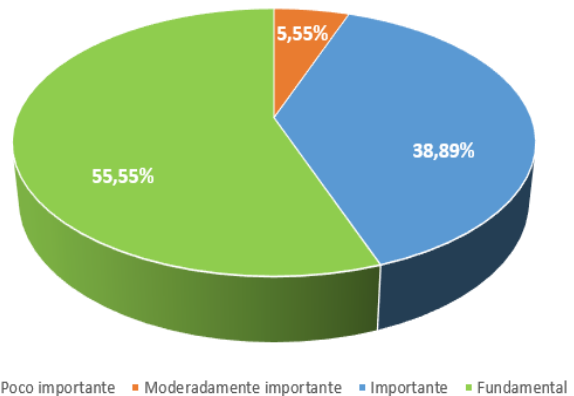


Figura 8 Porcentaje de moda de los temas de Diseño, primera ronda

Como se puede observar en la tabla 10 y en la figura 8, para un 55% de los temas incluidos dentro del área de diseño se obtuvo una moda de 4 y una media

superior a 3, lo cual representa un porcentaje considerable de los temas analizados durante la primera ronda y serán tenidos en cuenta en la segunda ronda.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Sistemas de las aeronaves (hidráulico, eléctrico, mecánico... etc)
- Diseño de cohetes
- Operación de UAVs
- Diseño de mecanismos
- Documentación técnica y normativa para certificar cualquier diseño
- Perfiles de misión

Además, en la tabla 9 y la figura 8 se puede observar que, los encuestados consideran que es fundamental incluir la mayoría de los temas y que consideran que solo un 5,55% son moderadamente importantes dentro del plan de estudios para los futuros Ingenieros Aeronáuticos.

2.3.2 Gerencia

En la figura 9 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la primera ronda de encuestas.

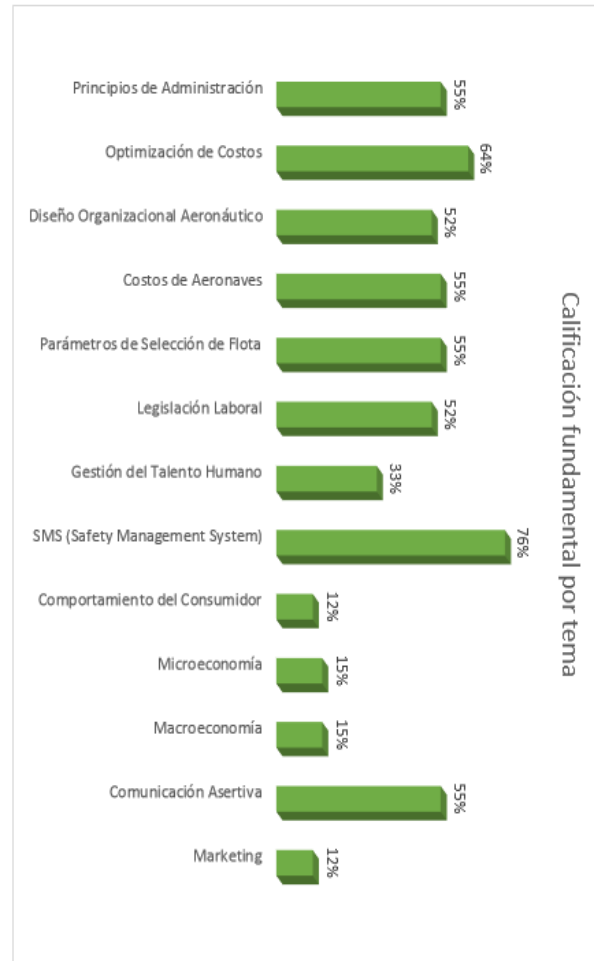


Figura 9 20 Calificación fundamental por tema para el área de gerencia

A continuación, se presentan en la tabla 11 y la figura 10 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Gerencia.

Tema	Moda	Media
Optimización de costos	4	3,50
SMS (Safety Management System)	4	3,62
Parámetros de selección de flota	4	3,32
Principios de administración	4	3,31
Diseño organizacional aeronáutico	4	3,30
Legislación laboral	4	3,19
Costos de aeronaves	4	3,17
Comunicación asertiva	4	3,10

Gestión de talento humano	3	2,87
Marketing	3	2,42
Macroeconomía	3	2,26
Microeconomía	2	2,25
Comportamiento del consumidor	2	2,23

Tabla 11 Resultados estadísticos área de Gerencia, primera ronda

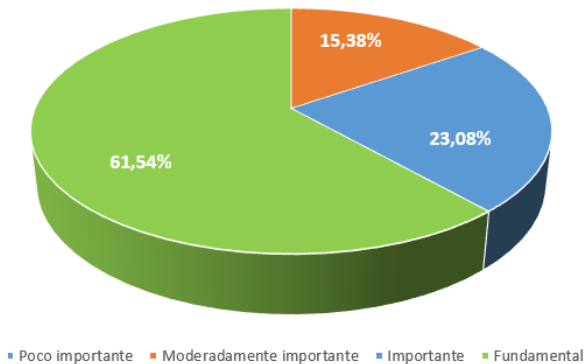


Figura 10 Porcentaje de moda de los temas de Gerencia, primera ronda

En la tabla 11 y la figura 10 se puede observar que la mayoría de los encuestados considera que los temas del área de Gerencia son de gran relevancia y que por ende deben estar contenidos en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica, esto se concluye al obtener que el 61,54% de los temas fueron considerados fundamentales y el 31% importantes.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta, para el área de Gerencia existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Legislación Aeronáutica
- Diseño y operación de Aeropuertos.
- Formación de un ingeniero para tomar cargos administrativos.
- Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves.
- Principios de contabilidad.
- Gestión de Proyectos.
- Calidad y Toma de decisiones.
- Operaciones.
- Liderazgo y dirección de personas.

En la tabla 11 y la figura 10 se puede observar que la mayoría de los encuestados considera que los temas del área de Gerencia son de gran relevancia y que por ende deben estar contenidos en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica, esto se concluye al obtener que el 62% de los temas fueron considerados fundamentales y el 31% importantes.

2.3.3 Mantenimiento

En la figura 11 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la primera ronda de encuestas.

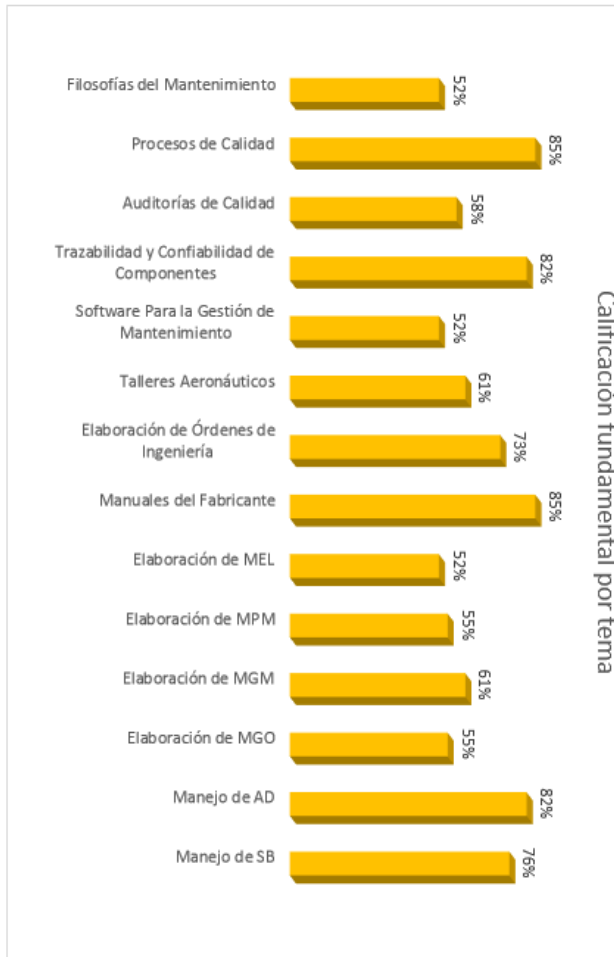


Figura 1121 Calificación fundamental por tema para el área de mantenimiento

A continuación, se presentan en la tabla 12 y la figura 12 un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Mantenimiento.

Tema	Moda	Media
Procesos de calidad	4	3,72
Manejo de AD	4	3,67
Manejo de SB	4	3,65
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	4	3,59
Manejo de manuales del fabricante	4	3,56
Filosofías de mantenimiento	4	3,47
Elaboración de MGM	4	3,35

Auditorías de calidad	4	3,33
Elaboración de órdenes de ingeniería	4	3,33
Talleres aeronáuticos	4	3,29
Software para la gestión de mantenimiento	4	3,27
Elaboración de MGO	4	3,10
Elaboración de MEL	4	3,08
Elaboración de MPM	4	3,06

Tabla 12 Resultados estadísticos área de Mantenimiento, primera ronda

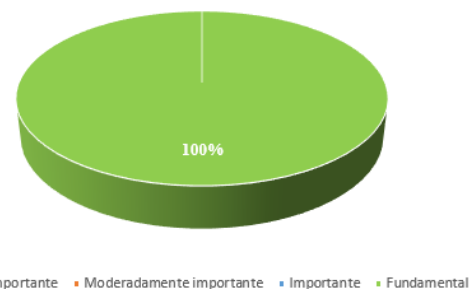


Figura 12 Porcentaje de moda de los temas de Mantenimiento, primera ronda

Como se puede observar en la tabla 12 y en la figura 12, para todos los temas incluidos dentro del área de mantenimiento se obtuvo una moda de 4 y una media superior a 3, lo cual muestra la relevancia que tiene para los expertos la implementación de temas relacionados con el mantenimiento aeronáutico en el plan de estudios de la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana con miras al 2025.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta, para el área de mantenimiento existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Interpretación de manuales
- Confiabilidad

- Planeación y Control de Mantenimiento
- Inglés técnico aeronáutico
- Procesos de Certificación
- NDT

2.4 Encuesta segunda ronda

Con base en los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas, se creó la encuesta para la segunda ronda, en la cual se incluyeron los temas que se encuentran en la tabla 13 y que fueron seleccionados por contar con una moda de 4 y una media igual o superior a 3,3 en los resultados de la primera ronda.

Diseño	Resultados primera ronda	
	Moda	Media
Análisis Estructural	4	3,54
Aerodinámica Subsónica	4	3,35
Rendimiento de Aeronaves	4	3,72
Nuevos Materiales	4	3,45
Nuevas Tecnologías de Manufactura	4	3,5
Gerencia	Moda	Media
Principios de Administración	4	3,31
Optimización de Costos	4	3,50
Diseño organizacional aeronáutico	4	3,30
Parámetros de Selección de Flota	4	3,32
SMS	4	3,62
Mantenimiento	Moda	Media
Filosofías de Mantenimiento	4	3,47
Procesos de Calidad	4	3,72
Auditorías de Calidad	4	3,33
Trazabilidad y Confiabilidad de Componentes	4	3,59
Elaboración de Órdenes de Ingeniería	4	3,33
Manejo de Manuales del Fabricante	4	3,56
Elaboración del MGM	4	3,35
Manejo de AD	4	3,67
Manejo de SB	4	3,65

Tabla 13 Temas seleccionados para la segunda ronda de encuestas

La segunda ronda de encuestas contó con la misma dinámica de la primera, en donde se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que representan cada uno de los temas propuestos, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 es moderadamente importante, 3 es importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

2.4.1 Diseño

En la figura 13 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

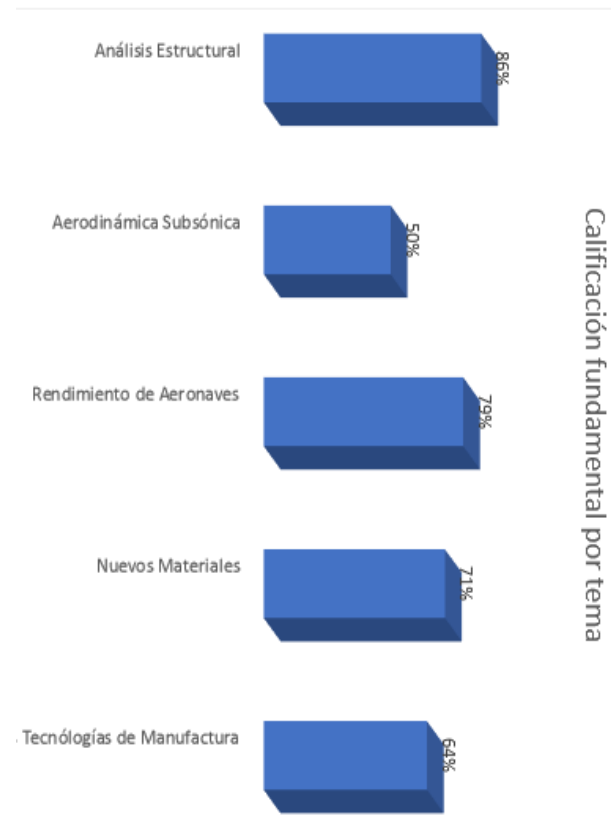


Figura 13 22 Calificación fundamental por tema para el área de diseño.

2.4.2 Gerencia

En la figura 14 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

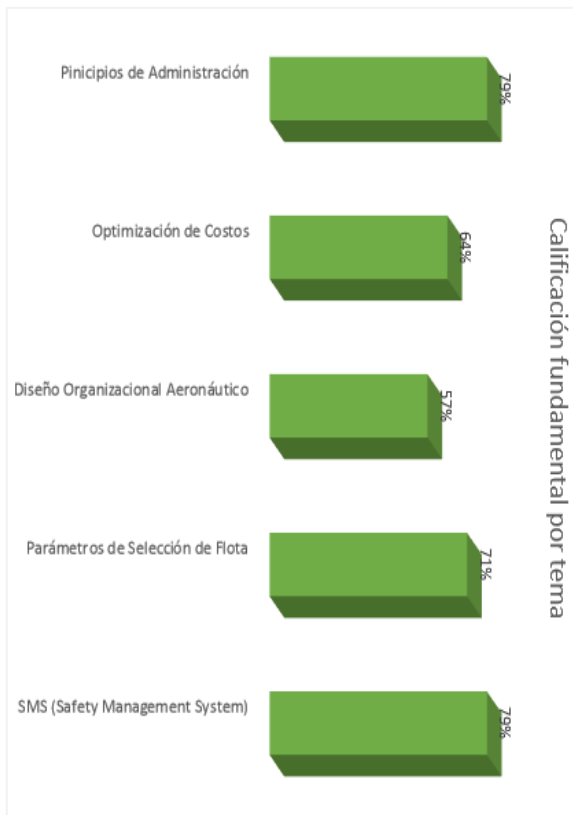


Figura 1423 Calificación fundamental por tema para el área de gerencia.

2.4.3 Mantenimiento

En la figura 15 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

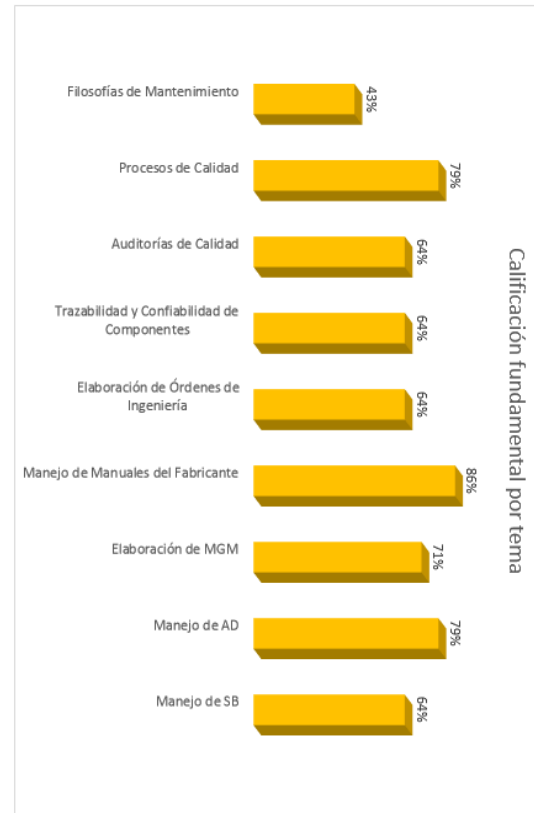


Figura 1524 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

2.5 Resultados segunda ronda

En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos en la segunda ronda, donde se indica el valor de la moda y la media para cada uno de los temas evaluados:

Diseño	Resultados segunda ronda	
	Moda	Media
Análisis estructural	3,8	4
Aerodinámica Subsónica	3,2	4
Rendimiento de aeronaves	3,6	4
Nuevos materiales	3,7	4
Nuevas tecnologías de manufactura	3,5	4
Gerencia	Moda	Media
Principios de administración	3,8	4
Optimización de costos	3,4	4

Diseño organizacional aeronáutico	3,4	4
Parámetros de selección de flota	3,5	4
SMS (Safety Management System)	3,5	4
Mantenimiento	Moda	Media
Filosofías de mantenimiento	3,3	4
Procesos de calidad	3,8	4
Auditorías de calidad	3,6	4
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	3,4	4
Elaboración de órdenes de ingeniería	3,6	4
Manejo de manuales del fabricante	3,8	4
Elaboración de MGM	3,5	4
Manejo de AD	3,7	4
Manejo de SB	3,6	4

Tabla 244 Temas evaluados en la segunda ronda de encuestas

De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda ronda de encuestas, se seleccionaron al igual que en la primera ronda, los temas que obtuvieron una moda de 4 y una media igual o superior a 3,5 para ser tomados como temas fundamentales para el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana y son presentados en la tabla 15, donde se puede observar que los expertos consideran que es fundamental incluir o reforzar 4 temas correspondientes al área de diseño, 3 de Gerencia y 7 de Mantenimiento.

Diseño
Análisis estructural
Rendimiento de aeronaves
Nuevos materiales
Nuevas tecnologías de manufactura
Gerencia
Principios de administración
Parámetros de selección de flota

⁹ Cárdenas Beltran, J (2013) *La historia no lo es todo, Colombia y su necesidad de un equipo*

SMS (Safety Management System)
Mantenimiento
Procesos de calidad
Auditorías de calidad
Elaboración de órdenes de ingeniería
Manejo de manuales del fabricante
Elaboración de MGM
Manejo de AD
Manejo de SB

Tabla 255 Temas fundamentales para el plan de estudios de la Universidad Pontificia Bolivariana, según los resultados del estudio realizado

Los resultados obtenidos en el estudio, pueden tener su razón de ser en que Colombia pese a que lleva más de 100 años en la industria aeronáutica sigue presentando grandes falencias y atrasos en cuanto a la fabricación de piezas y aeronaves como tal. Una clara evidencia de esto es que actualmente Colombia cuenta con una baja cantidad de empresas dedicadas a la fabricación de componentes aeronáuticos, lo cual se encuentra ligado a la falta de recursos, el escaso apoyo del gobierno para sacar adelante diferentes proyectos y la gran cantidad de tiempo que se requiere para certificar un proceso.⁹ Teniendo en cuenta lo anterior se debe proponer una formación que permita brindar herramientas que incrementen el conocimiento de los futuros ingenieros aeronáuticos y sus capacidades en cuanto al área de diseño tanto de piezas aeronáuticas como de aeronaves, con el fin de aspirar a contar con mayor apoyo dentro del país para el desarrollo de futuros proyectos y que de esta manera se pueda ir fortaleciendo el área de diseño aeronáutico. También se debe tener en cuenta que no todos los estudiantes deciden continuar sus estudios o iniciar su vida laboral en Colombia, por lo cual se hace necesario formar futuros ingenieros

interdisciplinario para la fabricación de componentes y aeronaves. Bogotá

que cuenten con los conocimientos que exigen países que se han fortalecido en el campo del diseño aeronáutico.

3. ANÁLISIS

3.1 Análisis de resultados

A lo largo de este estudio es posible apreciar la importancia de realizar análisis prospectivos, ya que las necesidades de la industria aeronáutica se encuentran en constante cambio y se debe analizar qué mejoras deben ser aplicadas a los planes de estudio que ofrecen las diferentes universidades, esto con el fin de formar profesionales que cumplan con las exigencias del sector. Es por esta razón que se ha realizado este estudio prospectivo bajo los lineamientos del método Delphi, con el fin de identificar las necesidades actuales y futuras de la industria aeronáutica y con base en los resultados obtenidos identificar las mejoras que deben ser aplicadas al plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, con miras al 2025.

3.1.1 Participación de expertos

Como se puede observar en la figura 16, inicialmente se contactaron 53 expertos, a los cuales se les solicitó dar respuesta a la primera encuesta. De estos 53 expertos se obtuvo el apoyo de 33, lo cual corresponde al 62,2% de los contactados. Posteriormente, se envió la segunda encuesta y en esta ocasión participaron 14 personas, lo cual corresponde al 42,4% de las personas que participaron en la primera ronda y a un 26,4% de los contactados inicialmente.

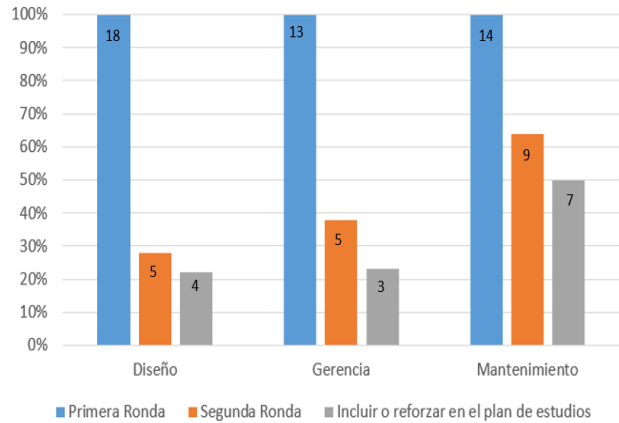


Figura 16 Porcentaje de participación de expertos

3.1.2 Encuestas

Para el desarrollo de cada una de las rondas de encuestas, se tuvieron en cuenta temas de las áreas de diseño, gerencia y mantenimiento con base en los planes de estudios nacionales e internacionales de universidades que se encuentran incluidas en el Ranking QS. En la figura 17, se presenta la cantidad de temas incluidos en cada una de las rondas de encuestas y la cantidad temas seleccionados al final del estudio para cada una de las áreas analizadas.

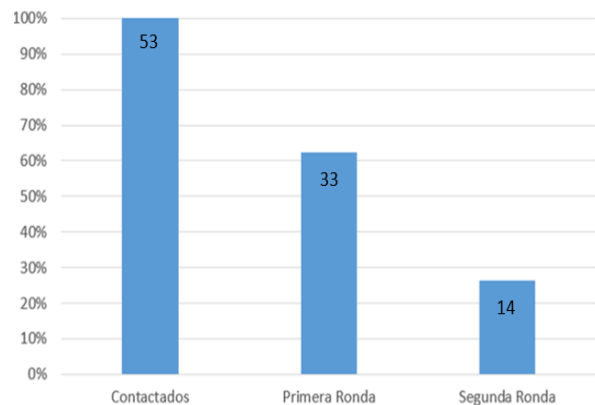


Figura 17 Porcentajes de temas incluidos en cada ronda.

Como se puede observar en la figura 17, para la primera ronda de encuestas se incluyeron 18 temas del área de diseño, 13 de gerencia y 14 de mantenimiento. Posteriormente, con base en las opiniones suministradas por los expertos en la primera ronda, se seleccionaron los temas más relevantes para ser incluidos en la segunda ronda de encuestas, finalmente se seleccionaron los temas que los expertos consideran deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios.

En las tablas 16, 17 y 18 se muestra para las áreas de diseño, gerencia y mantenimiento respectivamente la información consolidada de los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda de encuestas y posteriormente la sugerencia de incluir o reforzar cada uno de los temas. Es decir, en la primera columna se indican cada uno de los temas tenidos en cuenta en el estudio; en la segunda y tercera columna se relacionan los temas considerados fundamentales por los expertos de acuerdo a la media y moda de los resultados en la primera y segunda ronda respectivamente, donde ✓ indica que el tema fue considerado fundamental y x no fundamental. Finalmente, la cuarta y quinta columna hacen referencia a los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda, teniendo en cuenta que si el tema fue considerado fundamental en ambas rondas y ya se encuentra incluido en el plan de estudios, la sugerencia es reforzarlo y si el tema aún no está incluido, la sugerencia es incluirlo

Tema (Diseño)	Incluido en la Primera ronda	Incluido en la segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Análisis estructural	✓	✓	✓	X
Aerodinámica Subsónica	✓	X	X	X
Aerodinámica Supersónica	X	X	X	X
Aeroelasticidad	X	X	X	X
Rendimiento de aeronaves	✓	✓	✓	X
Autonomía	X	X	X	X
Estabilidad y control de vuelo	X	X	X	X
Nuevos materiales	✓	✓	X	✓
Procesos de manufactura	X	X	X	X
Nuevas tecnologías de manufactura	✓	✓	X	✓
Combustibles alternativos	X	X	X	X
Instrumentos y equipos de abordaje	X	X	X	X
Diseño de motores	X	X	X	X
Diseño de hélices	X	X	X	X
Diseño de turbinas	X	X	X	X
Diseño de cámaras de combustión	X	X	X	X
Diseño de alas	X	X	X	X
Diseño de trenes de aterrizaje	X	X	X	X

Tabla 16 Temas analizados área diseño

Tema (Gerencia)	Primera ronda	Segunda Ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Principios de administración	✓	✓	X	✓
Optimización de costos	✓	X	X	X
Diseño organizacional aeronáutico	✓	X	X	X
Costos de aeronaves	X	X	X	X
Parámetros de selección de flota	✓	✓	✓	X
Legislación laboral	X	X	X	X

Gestión de talento humano	X	X	X	X
SMS (Safety Management System)	✓	✓	✓	X
Comportamiento del consumidor	X	X	X	X
Microeconomía	X	X	X	X
Macroeconomía	X	X	X	X
Comunicación asertiva	X	X	X	X
Marketing	X	X	X	X

Tabla 267 Temas analizados área gerencia

Tema (Mantenimiento)	Primera ronda	Segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento	✓	X	X	X
Procesos de calidad	✓	✓	X	✓
Auditorías de calidad	✓	✓	X	✓
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	✓	X	X	X
Software para la gestión de mantenimiento	X	X	X	X
Talleres aeronáuticos	X	X	X	X
Elaboración de órdenes de ingeniería	✓	✓	X	✓
Manejo de manuales del fabricante	✓	✓	✓	X
Elaboración de MEL	X	X	X	X
Elaboración de MPM	X	X	X	X
Elaboración de MGM	✓	✓	X	✓
Elaboración de MGO	X	X	X	X
Manejo de AD	✓	✓	✓	X
Manejo de SB	✓	✓	✓	X

Tabla 278 Temas analizados área mantenimiento

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio se concluyó que los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana son:

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Análisis estructural.		✓
Rendimiento de aeronaves.		✓
Nuevos materiales.	✓	
Nuevas tecnologías de manufactura.	✓	
Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Principios de administración.		✓
Parámetros de selección de flota.	✓	
SMS (Safety Management System).		✓
Optimización de costos	✓	
Diseño organizacional aeronáutico	✓	
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento		✓
Procesos de calidad.	✓	
Auditorías de calidad.	✓	
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	✓	
Elaboración de órdenes de ingeniería.		✓
Manejo de manuales del fabricante.		✓
Elaboración de MGM.	✓	
Manejo de AD.		✓
Manejo de SB.		✓

Tabla 289 Temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana

Adicional a los temas que fueron analizados en el estudio, los expertos sugieren que los temas que se registran en la tabla 20 sean incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica.

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Sistemas de las aeronaves		✓
Diseño de cohetes		✓
Perfiles de misión		✓
Documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños	✓	
Diseño de mecanismos	✓	
Operación de UAV's	✓	

Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Legislación Aeronáutica		✓
Diseño y operación de Aeropuertos		✓
Formación de un ingeniero para tomar cargos administrativos	✓	
Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves	✓	
Principios de contabilidad	✓	
Gestión de Proyectos		✓
Calidad y Toma de decisiones	✓	
Operaciones	✓	
Liderazgo y dirección de personas		✓
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Interpretación de manuales		✓
Confiabilidad	✓	
Planeación y control de mantenimiento		✓
Ingles técnico aeronáutico	✓	
Procesos de Certificación	✓	
NDT		✓

Tabla 20 Temas sugeridos por los expertos para ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que los expertos consideran que los planes de estudio de Ingeniería Aeronáutica ofrecidos en el país deben contar con un mayor enfoque en el área de mantenimiento, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. Se puede considerar que los resultados obtenidos se encuentran relacionados con la opinión que tienen los expertos sobre las necesidades actuales de la industria aeronáutica en el país, ya que actualmente el crecimiento de la industria está relacionado principalmente con el área de mantenimiento. La evidencia más clara es la llegada del MRO de Avianca a Rionegro, que requiere aproximadamente 3.000 empleados y que se encuentra

atrayendo algunos empleados de otras empresas del sector.

El área de Gerencia obtuvo resultados para ubicarse en el segundo lugar; se debe tener en cuenta que esta área es de suma importancia para el sector aeronáutico de cualquier país, ya que en todos se cuenta con aerolíneas que requieren de personal con conocimiento en esta área, que puedan desarrollar y fortalecer los procesos de planificación y administración de los proyectos desarrollados en el sector aeronáutico, mediante propuestas innovadoras que conlleven al crecimiento y sostenimiento de la industria.

Los temas del área de Diseño obtuvieron la prioridad más baja en el estudio, pero se debe considerar que dichos temas no deben ser excluidos de los planes de estudio, teniendo en cuenta que a pesar de que Colombia no es fuerte en el tema de diseño de aeronaves, existen estudiantes pertenecientes a las diferentes universidades del país que aspiran a desempeñarse profesionalmente en el exterior, donde en algunas ocasiones el Diseño es el área predominante, ya que se dedican al diseño y fabricación de aeronaves y componentes aeronáuticos. Adicionalmente, el contar con ingenieros con amplios conocimientos en el área de diseño, permite pensar en impulsar la industria Aeronáutica en cuanto al diseño en nuestro país. Para pensar en este crecimiento de la industria es necesario, que inicialmente en Colombia se realicen estudios sobre los avances que ha tenido el sector aeronáutico en países de Latinoamérica e identificar la forma de adoptar ideas innovadoras de estos países y posteriormente buscar apoyo económico que permita el desarrollo de nuevas propuestas para el sector aeronáutico en

cuanto al diseño. Adicionalmente, se debe buscar alternativas que permitan realizar convenios con otros países que se encuentran más desarrollados en cuanto al diseño de aeronaves y/o componentes. Esto induce a contemplar la posibilidad de que Colombia crezca en esta área y que en un futuro se cuente con mayor apoyo económico para el desarrollo de proyectos propios del país, contando con personal formado en nuestras universidades.

El análisis de esta investigación fue realizado con base en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana que estuvo vigente hasta finalizar el primer semestre del 2016. De acuerdo con el análisis de las encuestas realizadas, el área de Mantenimiento obtuvo resultados para ser considerada el área que requiere mayor énfasis, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. A continuación, se presenta un comparativo para cada una de estas áreas de acuerdo con los resultados de la investigación y el nuevo plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica:

- **Mantenimiento:** de los cuatro temas que fueron considerados relevantes

por los expertos, el tema relacionado con Procesos de Certificación ya se encuentra incluido en el plan de estudios vigente.

- **Gerencia:** para esta área, los expertos recomendaron adicionar gestión de proyectos y operaciones, los cuales ya se encuentran incluidos en el nuevo plan de estudios.
- **Diseño:** Algunos de los expertos sugirieron incluir en el plan de estudios el tema de documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños, el cual ya se encuentra en el plan de estudios vigente.

Cabe resaltar que aún se encuentra temas pendientes por ser incluidos en el plan de estudios, de acuerdo con las opiniones de los expertos, esto con el fin de propender por un plan de estudios que permita formar profesionales que cumplan con las exigencias actuales de la industria Aeronáutica.

**ANEXO 2: Plan de estudios de Universidades que ofrecen el programa Ingeniería
Aeronáutica**

Plan de estudios Universidad Nacional de la Plata ²⁰

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Matemática A	Matemática C	Materiales Aeronáuticos	Estructuras V	Motores Alternativos
Gráfica para Ingeniería	Física II	Ensayos no Destructivos	Mecánica de Fluidos II	Aerodinámica General II
Introducción a la Ingeniería	Estructuras I	Termodinámica	Economía y Organización Industrial	Mediciones e Instrumentos de Aeronaves
Taller Aeronáutico	Probabilidades	Estructuras III	Mecanismos y Sistemas de Aeronaves	Aeropuertos y Operaciones de Vuelo
Matemática B	Matemática D	Mecánica Racional	Higiene y Seguridad en el Trabajo	Control Guiado
Física I	Física III	Electrotecnia y Sistemas Eléctricos de Aeronaves	Motores a Reacción	Talleres y Mantenimiento Aeronáutico
Química	Estadística	Mecánica de Fluidos I	Aerodinámica General I	Sistemas y Equipos de Aeronaves
	Estructuras II	Vibraciones	Procesos de Fabricación	Optativa
	Materiales	Estructuras IV	Ingeniería Legal	
			Electiva Humanística	

²⁰ Plan de estudios Universidad Nacional de la Plata.

Recuperado de: http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/plan_estudios.php el 29 de julio de 2015

Plan de estudios Universidad Nacional de Córdoba ²¹

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Álgebra	Análisis Matemático II	Materiales II	Cálculo Estructural I	Sistemas y Equipos del Avión
Introducción al Análisis Matemático	Probabilidad y Estadística	Mecánica Racional	Dinámica de los Gases	Economía y Producción Industrial
Informática	Física II	Electrotecnia y Máquinas Eléctricas	Aerodinámica I	Legislación y Ética Profesional
Representación Gráfica I	Representación Asistida (CAD)	Métodos Numéricos	Tecnología Mecánica II	Seguridad Industrial y Ambiental e Higiene
Análisis Matemático I	Estática de las Estructuras	Tecnología Mecánica I	Seminario de Aeronáutica	Materias Selectivas
Álgebra Lineal	Materiales I	Aeronáutica General	Propulsión	
Física I	Análisis Matemático III	Mecánica de los Fluidos	Teoría de Control I	
Química Aplicada	Termodinámica	Mecanismo y Elementos de Máquinas	Cálculo Estructural II	
Representación Gráfica II	Mecánica de las Estructuras	Examen de Inglés	Mecánica del Vuelo I	

²¹ Plan de estudios Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: http://www.efn.uncor.edu/archivos/carreras/ing_aeronautica.pdf el 29 de julio de 2015

Plan de estudios Universidad de Sao Paulo²²

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Física I	Iniciación a la Ingeniería Aeronáutica	Aerodinámica I	Aeroelasticidad	Mantenimiento de Aeronaves II
Laboratorio de Física I	Electricidad y Magnetismo	Introducción a los Sistemas Dinámicos de Aeronaves	Principios de Aviónica y Navegación	Prácticas de Mantenimiento de Aeronaves
Aeronaves	Dinámica Aplicada a las Máquinas	Tecnología Digital	Sistemas de Control de Aeronaves I	Prácticas en Ingeniería Aeronáutica
Geometría Analítica	Dibujo Técnico Mecánico I	Elementos de Máquinas I	Dinámica de Vuelo II	Aerodinámica Computacional
Cálculo I	Mecánica de Sólidos I	Termodinámica para Ingeniería Aeronáutica	Aerodinámica de Flujos Compresibles	Proyecto de Aeronaves I
Química General y Experimental	Cálculo III	Mecánica de Estructuras Aeronáuticas I	Proyecto de Elementos Estructurales de Aeronaves I	Gestión de Proyectos
Física II	Métodos Numéricos II	Materiales de Construcción Aeronáutica I	Procesos de Fabricación Mecánica	Proyecto de Aeronaves II
Laboratorio de Física II	Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	Aerodinámica II	Fatiga y Fractura de Materiales	Trabajo de Grado

²² Plan de estudios Universidad de Sao Paulo. Recuperado de: <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=18&codcur=18070&codhab=0&tipo=N> el 29 de julio de 2015

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Humanidades y Ciencias Sociales	Electrónica	Dinámica de Vuelo I	Mantenimiento de Aeronaves I	Gestión y Organización
Conferencias y Seminarios en Ingeniería Aeronáutica	Principios de Metrología Industrial	Telecomunicaciones	Propulsión I	Gestión Ambiental para Ingenieros
Estática Aplicada a las Máquinas	Dibujo Técnico Mecánico II	Elementos de Máquinas II	Legislación Aeronáutica	
Algebra Lineal	Principios de Economía	Dinámica Estructural	Sistemas de Control de Aeronaves II	
Cálculo II	Mecánica de Sólidos II	Mecánica de Estructuras Aeronáuticas II	Métodos Experimentales en Aerodinámica	
Métodos Numéricos I	Mecánica de Fluidos	Transferencia de calor	Proyecto de Elementos Estructurales de Aeronaves II	
	Estadística I	Materiales de Construcción Aeronáutica II	Nuevas Tecnologías de Manufactura	
			Procesos para la Industria Aeronáutica	

Plan de estudios Universidad Técnica Federico Santa María ²³

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Introducción a la Industria Aeronáutica	Física Básica II	Información y Control Financiero	Gestión y Operación de Aeropuertos	Gestión de Espacio Aéreo
Programación	Inglés Medio II	Probabilidades y Estadísticas	Propulsión	Electivo ACA I
Introducción a la Física	Matemática III	Introducción a la Mecánica de fluidos y Calor	Macroeconomía	Gestión de Calidad de Servicios
Educación Física I	Humanista I	Inglés Avanzado I	Legislación Aeronáutica	Electivo Libre II
Matemática I	Deporte	Microeconomía	Marketing	Electivo Libre I
Inglés Básico I	Introducción a la Termodinámica	Humanista III	Legislación Empresarial	Taller de Título
Física Básica I	Física Básica III	Aerodinámica y Mecánica de Vuelo	Comercio Internacional Aeronáutico	Seguridad Operacional I
Inglés Medio I	Aeronaves, Estructuras y Sistemas	Meteorología	Gestión Operacional de Empresas Aeronáuticas	Memoria
Matemática II	Matemática IV	Ingeniería Económica	Evaluación de Proyectos	Electivo ACA II

²³ Plan de estudio Universidad Federico Santa María. Recuperado de: <http://www.usm.cl/admision/carreras/vitacura/ingenieria-en-aviacion-comercial/> el 29 de julio de 2015

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Educación Física II	Humanista II	Recursos Humanos	Planificación y Diseño de Aeropuertos	Gestión Estratégica
Química y Sociedad	Administración de Empresas	Investigación de Operaciones	Finanzas	Gestión de Mantenimiento de Flota
	Inglés Avanzado I	Inglés Conversación		

Plan de estudios Universidad de Concepción ²⁴

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año	Sexto año
Introducción a la Matemática Universitaria	Cálculo III	Electromagnetismo	Análisis de Sistemas Dinámicos	Procesos de Fabricación	Relaciones Humanas
Introducción a la Física Universitaria	Ecuaciones Diferenciales	Ciencia de Materiales	Termodinámica Aplicada	Propulsión	Proyecto de Ingeniería
Introducción a la Química Universitaria	Comunicación Gráfica	Dinámica	Transferencia de Calor	Diseño de Aeronaves	Asignatura Electiva
Álgebra I	Lenguaje de Programación Mecánica	Mecánica de Sólidos I	Diseño Mecánico I	Formulación y Evaluación de Proyectos	Asignatura Electiva
Cálculo I	Introducción a las Ciencias Ambientales	Asignatura Complementaria	Asignatura Complementaria	Astronáutica	Asignatura Electiva
Física I	Cálculo Numérico	Electrónica Industrial	Sistemas de Control	Procesos de Fabricación II	Memoria de Título
Química General I	Mediciones	Mecánica de Fluidos	Elementos Finitos	Gestión de Empresas	
Álgebra II	Termodinámica	Sistemas Mecánicos	Elementos de Máquinas	Asignatura Electiva	
Cálculo II	Estática	Estructuras Aeroespaciales	Economía	Asignatura Electiva	
Física II	Asignatura Complementaria	Mecánica del Vuelo	Aerodinámica	Asignatura Electiva	
Química General II					

²⁴ Plan de estudios Universidad de Concepción. Recuperado de: <http://admisión.udc.cl/themes/garland/mallas/concep/mallaingeroespacial.pdf> el 29 de julio de 2015

Plan de estudios Universidad Pontificia Bolivariana (Anterior) ²⁵

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Humanismo, cultura y valores	Línea de Formación I	Ética General	Mentalidad Emprendedora	Ética Profesional
Lengua y Cultura	Cálculo Integral	Estadística Básica	Aerodinámica Supersónica	Control Automático de Vuelo
Matemática Básica	Algebra Lineal	Introducción a la Aerodinámica y Laboratorio	Dinámica de Vuelo	Aeronavegabilidad y Mantenimiento
Geometría y Trigonometría	Mecánica Vectorial Estática	Transferencia de Calor y Laboratorio	Sistemas de Propulsión II	Aviónica
Química Básica	Fundamentos de Programación	Materiales Aeroespaciales	Sistemas Eléctricos de Aeronaves	Electiva I
Optativa CBD	Materiales Metálicos	Mecánica de Materiales II	Línea de Formación III	Optativa II
Dibujo de Ingeniería	Métodos Numéricos	Línea de Formación II	Diseño Conceptual de Aeronaves	Gerencia del Mantenimiento Aeronáutico
Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Ecuaciones Diferenciales	Aerodinámica Subsónica y Laboratorio	Gerencia y Costos de Aeronaves	Trabajo de Grado II
Cristología	Cálculo Vectorial	Procesos de Manufactura y Laboratorio	Trabajo de Grado I	Factores Humanos
Calculo Diferencial	Mecánica Vectorial Dinámica	Sistemas de Propulsión I	Pruebas No Destructivas (NDT)	Electiva II

²⁵ Plan de estudios Universidad Pontificia Bolivariana vigente hasta finalizar el primer semestre del 2016. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/203906717/Pensum-Aeronuatica-2010-UPBel> 22 de febrero de 2017

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Geometría Vectorial	Termodinámica y Laboratorio	Ingeniería de Cohetes y Satélites	Optativa I	Optativa III
Fundamentos de mecánica	Mecánica de Materiales I	Estructuras Aeronáuticas		
Dibujo de Elementos de Máquina		Legislación Aérea y Regulaciones		
Sistemas de Aeronaves				

Plan de estudios Universidad Pontificia Bolivariana (Vigente) ²⁶

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Ética General	Cristología	Línea de Formación III	Aeronavegabilidad y Mantenimiento	Gerencia y Costos de Aeronaves
Lenguaje y Cultura	Línea de Formación I	Transferencia de Calor Aplicada	Ingeniería de Cohetes y Satélites	Factores Humanos en Aviación
Geometría Analítica	Estadística y Diseño de Experimentos	Laboratorio Transferencia de Calor Aplicada	Estructuras Aeronáuticas	Gestión del Mantenimiento Aeronáutico
Cálculo Diferencial	Cálculo Vectorial	Materiales Aeroespaciales	Dinámica de Vuelo	Diseño de Aeronaves II
Fundamentos de Química	Mecánica Vectorial Dinámica	Laboratorio Materiales Aeroespaciales	Aviónica	Pruebas no Destructivas (NDT)
Optativa CBD	Sistemas de Aeronaves II	Fundamentos Aerodinámica	Gestión de Proyectos	Laboratorio Pruebas no Destructivas
Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Mecánica de Materiales	Diseño de Máquinas	Contexto Profesional	Optativa III
Humanismo y Cultura Ciudad	Laboratorio de Mecánica de Materiales	Legislación Aérea y Regulaciones	Optativa I	Optativa IV
Álgebra Lineal	Ética Profesional	Electiva I	Certificación de Empresas y Productos Aeronáuticos	Optativa V
Cálculo Integral	Línea de Formación II	Emprenderismo Responsabilidad Social	Diseño de Aeronaves I	

²⁶ Plan de estudios Universidad Pontificia Bolivariana vigente a partir del 2017. Recuperado de: http://www.upb.edu.co/pls/portal/docs/PAGE/GPV2_UPB_MEDELLIN/PGV2_M030_PREGRADOS/PGV2_M03070010_AERONAUTICA/PLAN-ESTUDIOS-INGENIERIA-AERONAUTICA.PDF el 22 de febrero de 2017

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Mecánica Vectorial Estática	Métodos Numéricos	Propulsión I	Rendimiento y operaciones Aéreas
Sistemas de Aeronaves I	Ecuaciones Diferenciales	Laboratorio Propulsión I	Laboratorio Rendimiento y operaciones Aéreas
Diseño Asistido Por Computador	Electricidad y Magnetismo	Manufactura de Aeronaves	Control automático de Vuelo
Programación	Métodos Experimentales en Física	Laboratorio Manufactura de Aeronaves	Propulsión II
	Termodinámica Aplicada	Aerodinámica	Metodología de la Investigación
	Laboratorio Termodinámica	Laboratorio Aerodinámica	Electiva II
		Sistemas Eléctricos de Aeronaves	Optativa II
		Laboratorio Sistemas Eléctricos de Aeronaves	

Plan de estudios Universidad de San Buenaventura ²⁷

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Física Conceptual	Electricidad y Magnetismo	Ecuaciones Diferenciales	Probabilidad y Estadística	Instrumentos y Equipos de Abordo
Matemáticas Básicas	Cálculo Integral	Partes de Máquinas	Principios de Electrónica	Electiva II
Álgebra Lineal	CAD	Resistencia de Materiales	Sistemas de Aeronaves	Proyecto
Dibujo de Ingeniería	Dinámica	Aerodinámica	Análisis Estructural	Práctica Profesional
Introducción a la Ingeniería	Química de Combustibles	Motores a Reacción I	Dinámica de Vuelo	Electiva III
Comunicación Oral y Escrita	Termodinámica	Electiva Humanística	Construcción de Motores I	Certificación de Aeronaves
Proyecto de Vida	Cultura Ecológica	Análisis de Señales y Sistemas	Construcción de Motores II	Electiva Humanística IV- Ética Profesional
Identidad Institucional	Física Moderna	Hidráulica	Electiva I	Seminario de Gestión Empresarial
Física Mecánica	Cálculo Multivariado	Electrotecnia	Mantenimiento de Aeronaves	
Cálculo Diferencial	Mecanismos	Diseño Estructural	Anteproyecto	
Algoritmos y Programación	Fluidos	Seminario de Gestión Empresarial	Seminario de Gestión Empresarial	
Estática	Tecnología de los Materiales	Motores a Reacción II		
Geometría Descriptiva	Motores a Pistón	Rendimiento		
Legislación Aeronáutica	Electiva Humanística II			
Fundamentos de Investigación				
Constitución y democracia				

²⁷ Plan de estudios Universidad de San Buenaventura. Recuperado de: <http://www.usbbog.edu.co/facultad-ciencias-basicas-ingenieria/ingenieria-aeronautica/plan-de-estudios-aeronautica> el 2 de agosto de 2015

Plan de estudios Fundación Universitaria Los Libertadores ²⁸

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Cálculo Diferencial	Cálculo en Varias Variables	Matemáticas Especiales	Análisis de Circuitos	Aviónica
Química	Electricidad y Magnetismo	Procesos de Manufactura	Sistemas de Propulsión II	Aeroelasticidad
Pensamiento Algorítmico	Materiales de Ingeniería	Transferencia de Calor	Aerodinámica Supersónica	Estabilidad y Dinámica de Vuelo
Expresión Gráfica	Estática	Fluidos	Ingeniería de Mantenimiento	Diseño Aeronáutico
Introducción a la Ingeniería Aeronáutica	Emprendimiento	Diseño Mecánico	Análisis de Estructuras Aeronáuticas I	Electiva Profesional II
Cátedra Libertadora	Inglés III	Resistencia de Materiales	Proyecto I	Electiva Profesional III
Inglés I	Ecuaciones Diferenciales	Estadística y Probabilidad	Electrónica	Sistemas de Control de Vuelo
Cálculo Integral	Oscilaciones y Ondas	Métodos Numéricos	Aerodinámica Computacional	Reglamentación y Legislación Aeronáutica
Física Mecánica	Termodinámica	Sistemas de Propulsión I	Análisis de Estructuras Aeronáuticas II	Práctica Profesional
Álgebra Lineal	Mecanismos y Dinámica	Aerodinámica Subsónica	Gerencia de la Industria Aeronáutica	Electiva Profesional IV
Herramientas de Modelamiento Aeronáutico	Introducción a Proyectos de Investigación	Sistemas de Aeronaves	Electiva Profesional I	Electiva Profesional V
Lenguaje y Comunicación	Inglés IV	Dilemas Éticos y Responsabilidad Social	Electiva Institucional	Proyecto II
Inglés II				

²⁸ Plan de estudios Fundación Universitaria Los Libertadores. Recuperado de: http://www.ulibertadores.edu.co/images/03-programas/pregrado/facultad_ingenieria/doc/brochure_programa_ing_aeronautica.pdf el 2 de agosto de 2015

Plan de estudios Universidad de Antioquia ²⁹

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año	Quinto año
Cálculo Diferencial	Cálculo Vectorial	Matemáticas Espaciales	Propulsión II (Rocket)	Electiva
Álgebra y Trigonometría	Física de Campos	Métodos Numéricos	Dinámica de Vuelo	Percepción Remota II
Geometría Vectorial y Analítica	Estadística y Diseño de Experimentos	Laboratorio Integrado de Física	Formación Ciudadana y Constitucional	Gestión Aeroespacial
Descubriendo la Física	Materiales Aeroespaciales	Termodinámica y Flujo Compresible	Control de Vuelo	Diseño de Sistemas Aeroespaciales II
Química General	Procesos de Manufactura	Estructuras Aeroespaciales	Medición e Instrumentación	Profundización IV
Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Diseño Conceptual de Aeronaves	Sistemas de Aeronaves	Profundización I	Sociohumanística II
Vivamos la Universidad	Inglés III	Electricidad Básica	Legislación y Regulaciones Aéreas	Práctica Académica
Inglés I	Estática	Inglés V	Electiva	
Cálculo Integral	Ecuaciones Diferenciales	Propulsión I (Jet)	Percepción Remota I	
Álgebra Lineal	Física de Ondas y Moderna	Dinámica del Vuelo Espacial	Diseño de Sistemas Aeroespaciales I	
Física Mecánica	Dinámica	Aerodinámica de Baja Velocidad y Lab.	Laboratorio Sistemas de Navegación	
Ciencia de los Materiales	Mecánica de Sólidos y Lab.	Gestión del Mantenimiento Aeronáutico	Profundización II	
Expresión Gráfica	Programación y Ciencia Computacional	Análisis de Sistemas Lineales	Profundización III	
Lectoescritura	Inglés IV	Electrónica Básica	Sociohumanística I	
Inglés II		Inglés V		

²⁹ Plan de estudios Fundación Universitaria de Antioquia. Recuperado de: https://issuu.com/davidalejandropinedavargas/docs/curr_culo_ing_aeroespacial_udea?reader3=1 el 12 de febrero de 2017

Plan de estudios Stanford University³⁰

Por qué ir al Espacio?	Métodos Numéricos para Flujos Compresibles	Vibraciones mecánicas	Dinámica avanzada y Control de naves espaciales
Introducción a la Aeronáutica y Astronáutica	Numérica Cálculo de Flujo viscoso	Introducción al diseño de aeronaves	Sistemas de Posicionamiento Global
Sistema de Posicionamiento Global: ¿Dónde estamos en la tierra? ¿Qué hora es?	Métodos Numéricos para Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Diseño, construcción y pruebas de aeronaves	Sistemas integrados de navegación
Automóviles eléctricos y aeronaves	Dinámica de Fluidos Computacional avanzada	Introducción a la optimización Multidisciplinaria de Diseño	Mecánica Espacial
Aerodinámica aplicada	Introducción al Análisis Simétrico	Nanomateriales para ingeniería Aeroespacial	Mecánica Espacial Avanzada
Aeroacústica	Dinámica Clásica	Introducción al entorno espacial	Estructuras Inteligentes
Flujo Hipersónico	Toma de decisiones en condiciones de incertidumbre	Técnicas de Análisis de Fallas	Propulsión de cohetes y aeronaves
Introducción al Control Óptimo y Optimización Dinámica	Temas Avanzados en la toma de decisiones	Mecánica de Materiales Compuestos	Laboratorio de diseño de sistemas de propulsión
Bio-Aerodinámica	Laboratorio de Diseño de naves espaciales	Diseño de Estructuras Compuestas	Propulsión de cohetes avanzada
Dinámica y aerodinámica de Aeronaves	Diseño de Aeronaves espaciales	Aviación Sostenible	Casos de Estudio en Diseño de aeronaves
Fundamentos de flujo compresible	Análisis de Estructuras	Distribución de Sistemas Espaciales	Materiales y estructuras aeroespaciales
		Dinámica y Control de aeronaves y naves espaciales	Seminario guiado de navegación y control

³⁰ Plan de estudios Stanford University. Recuperado de: <http://web.mit.edu/aeroastro/academics/undergraddocs/16-1-2-pathways-fallsoph.pdf> el 4 de agosto de 2015

Plan de estudios Universidad de Michigan ³¹

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Matemática I	Matemática III	Estructuras de Aeronaves y Naves Espaciales	Amplitud Intelectual
Introducción a la Ingeniería	Física y Laboratorio	Propulsión de Aeronaves y Naves Espaciales	Introducción a los Materiales
Matemática II	Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Mecánica de Vuelo Espacial	Laboratorio de Ingeniería Aeroespacial II
Introducción a la Informática	Seminario Ingeniería Aeronáutica	Aerodinámica	Electivas Técnicas
Física y Laboratorio	Matemática IV	Dinámica y Control de Aeronaves	Amplitud Intelectual
Amplitud Intelectual	Introducción a la Dinámica y Vibraciones	Laboratorio de Ingeniería Aeroespacial I	Diseño de Aeronaves o Diseño de Sistemas Espaciales
	Introducción a la Mecánica de Sólidos y Estructuras Aeroespaciales	Electivas Generales	Electivas Técnicas
	Introducción a la Dinámica de Gases		Electivas Generales

³¹ Plan de estudios Universidad de Michigan. Recuperado de: <http://www.engin.umich.edu/aero/academics/undergrad/program/requirements> el 4 de agosto de 2015

Plan de estudios Purdue University ³²

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Geometría Analítica y Cálculo I	Aeromecánica I	Mecánica de Fluidos	Dinámica y Control de Vuelo
Química General I	Introducción al Diseño Aeroespacial	Laboratorio de Mecánica de Fluidos	Procesos de Materiales y Diseño
Inglés	Cálculo de Varias Variables	Análisis Estructural I	Electiva V
Ideas de Innovación I	Electiva I	Ecuaciones Diferenciales y Análisis de Sistemas no Lineales para Ingeniería	Seminario de Pregrado III
Comunicación Gráfica y Análisis Espacial	Algebra Lineal	Análisis de Señales de Ingeniería Aeroespacial	Dinámica Espacial
Geometría Analítica y Cálculo II	Seminario de Pregrado I	Seminario de Pregrado II	Diseño de Aeronaves
Mecánica Moderna	Aeromecánica II	Electiva III	Electiva VI
Programación Para Ingenieros	Laboratorio de Aeromecánica II	Aerodinámica	
Ideas de Innovación II	Electricidad y Óptica	Laboratorio de Aerodinámica o Laboratorio de Análisis Estructural	
Fundamentos de Comunicación Oral	Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	Dinámica y Vibraciones	
	Termodinámica I	Análisis de Sistemas de Control	
	Electiva II	Ciencias Térmicas o Propulsión Aeroespacial	
		Electiva IV	

³² Plan de estudios Purdue University. Recuperado de: https://engineering.purdue.edu/AAE/Academics/Undergrad/pos/2015_AAE_Degree_Map.pdf el 4 de agosto de 2015

Plan de estudios Pennsylvania State University ³³

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Química Básica	Cálculo y Análisis Vectorial	Estructuras Aeroespaciales I	Diseño de Sistemas de Aeronaves I
Cálculo I	Matrices	Astronáutica	Propulsión Aeroespacial
Mecánica	Estática de Materiales	Aerodinámica I	Dinámica de Vuelo
Inglés	Programación	Análisis Aeroespacial	Electiva
Electiva (Economía)	Ecuaciones Diferenciales	Técnicas de Escritura	Electiva
Cálculo II	Termodinámica	Dinámica y Control	Diseño de Sistemas de Aeronaves II
Electricidad y Magnetismo	Dinámica	Aeronáutica	Software de Ingeniería
Introducción al Diseño de Ingeniería	Respuesta Mecánica de Materiales	Aerodinámica II	Electiva
		Ondas	Electiva

³³ Plan de estudios Pennsylvania State University. Recuperado de: http://www.aero.psu.edu/ugradstud/Ugrad_Curr_Guide.pdf el 4 de agosto de 2015

Plan de estudios University of Manchester ³⁴

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Termodinámica	Termodinámica Aplicada	Modelamiento y Simulación III	Modelamiento y Simulación Avanzados
Diseño I	Mecánica de Fluidos II	Transferencia de Calor	Sistemas de Cohetes
Fluidos para Ingenieros	Vuelo de Cohetes	Administración de Operaciones	Mantenimiento
Estructuras I	Estructuras II	Aerodinámica de Aeronaves	Aerodinámica Avanzada
Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Gestión de Proyectos	Diseño III	Compuestos
Herramientas para Ingenieros	Matemática II M1	Ingeniería de Control	Dinámica de Fluidos Computacional Avanzada
Matemática I M1	Métodos Numéricos	Vibraciones	Vibraciones Avanzadas
Suministro de Energía Eléctrica y Circuitos	Modelamiento y Simulación II	Propulsión Aeroespacial	Legislación
Manufactura para Ingeniería I	Dinámica	Estructuras III	Ingeniería de Impacto y Explosión
Mecánica	Diseño II	Dinámica de Vuelo	Ingeniería Prospectiva
Materiales I	Adquisición de Datos y Métodos Experimentales	Proyecto Individual	Aeroacústica
Matemática I M2	Curso de Pruebas de Vuelo		Diseño Aeroespacial Avanzado
Taller Práctico			

³⁴ Plan de estudios University of Manchester. Recuperado de: <http://www.mace.manchester.ac.uk/study/undergraduate/courses/aerospace-engineering/meng-aerospace-engineering-4years/factfile/> el 4 de agosto de 2015

Plan de estudios University of Sydney ³⁵

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Materiales I	Rendimiento y Operaciones Aeroespaciales	Aerodinámica I	Helicópteros
Introducción al Diseño y Fabricación de Aeronaves	Ingeniería Espacial I	Propulsión de Aeronaves	Aerodinámica II
Introducción a la Ingeniería Aeroespacial	Termodinámica y Fluidos	Estructuras I	Estructuras Aeroespaciales
Introducción a la Ingeniería Mecánica	Mecánica de Sólidos	Diseño Aeroespacial I	Diseño Aeroespacial II
	Dinámica	Tecnología Aeroespacial	Mecánica de Vuelo II
	Instrumentación	Mecánica de Vuelo I	Ingeniería Espacial III
	Diseño Mecánico I	Gestión Aeroespacial	Trabajo de Grado
		Ingeniería Espacial II	Ingeniería de Proyectos

³⁵ Plan de estudios University of Sydney. Recuperado de: <http://web.aeromech.usyd.edu.au/units-of-study.php> el 6 de agosto de 2015

Plan de estudios University of New South Wales ³⁶

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Matemática IA	Diseño y Manufactura	Estructuras Aeroespaciales	Tesis I
Matemática IB	Mecánica de Sólidos I	Rendimiento de Vuelo y Propulsión	Proyecto de Diseño Aeroespacial I
Física I	Termodinámica	Sistemas Lineales y de Control	Dinámica y Sistemas de Vehículos Aeroespaciales
Diseño de Ingeniería e Innovación	Ingeniería Matemática	Métodos Numéricos y Estadística	Tesis II
Informática para Ingenieros	Ingeniería Eléctrica y de Telecomunicaciones	Diseño Aeroespacial	Proyecto de Diseño Aeroespacial II
Electiva	Diseño de Ingeniería II	Aerodinámica	Educación General
Diseño y Manufactura	Ingeniería Mecánica II	Ingeniería Profesional y Comunicación	Electiva
Ingeniería Mecánica	Mecánica de Fluidos	Educación General	

³⁶ Plan de estudios University of New South Wales. Recuperado de:
<http://www.handbook.unsw.edu.au/undergraduate/plans/2016/AEROAH3707.html> el 6 de agosto de 2015

Plan de estudios Monash University ³⁷

Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Diseño de Ingeniería I	Estructuras de Aeronaves I	Aerodinámica II	Diseño de Aeronaves
Matemática	Dinámica I	Dinámica de Vuelo	Mecánica Computacional Aeroespacial
Diseño de Ingeniería II	Matemática Avanzada y Estadística	Estructuras de Aeronaves II	Proyecto de Grado I
Aplicaciones Móviles para Ingeniería	Termodinámica y Transferencia de Calor	Propulsión	Diseño de Alas
Informática para Ingenieros	Aerodinámica I	Control Aeroespacial	Aeronavegabilidad
Electiva	Rendimiento de Aeronaves	Diseño Asistido por Computador	Proyecto de Grado II
	Electiva	Electiva	Electiva

³⁷ Plan de estudios Monash University. Recuperado de: <http://www.study.monash/courses/find-a-course/2016/engineering-e3001?domestic=true#course-structure-3> el 6 de agosto de 2015

ANEXO 3: Encuesta primera ronda “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería Aeronáutica UPB”

En la siguiente encuesta se encuentran divididos por áreas (diseño, gerencia y mantenimiento) los temas que conforman diferentes planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial.

Se solicita que para cada materia indique, según sus conocimientos, el grado de importancia que estas representan, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 moderadamente importante, 3 importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

*Obligatorio

Nombre completo *

País de residencia *

Correo electrónico *

Formación académica *

Sector *

Empresa donde labora *

Cargo *

Tiempo de experiencia (Años) *

DISEÑO

Análisis estructural *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Aerodinámica Subsónica *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Aerodinámica Supersónica *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Aeroelasticidad *

Interacción entre las fuerzas inerciales, elásticas y aerodinámicas

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Rendimiento de aeronaves *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Autonomía *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Estabilidad y control de vuelo *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Nuevos materiales *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Procesos de manufactura *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Nuevas tecnologías de manufactura *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Combustibles alternativos *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Instrumentos y equipos de abordó *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de motores *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de hélices *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de turbinas *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de cámaras de combustión *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de alas *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño de trenes de aterrizaje *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Otra, ¿Cuál? *

GERENCIA

Principios de administración *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Optimización de costos *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Diseño organizacional aeronáutico *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Costos de aeronaves *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Parámetros de selección de flota *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Legislación laboral *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Gestión de talento humano *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

SMS (Safety Management System) *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Comportamiento del consumidor *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Microeconomía *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Macroeconomía *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Comunicación asertiva *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Marketing *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Otra, ¿Cuál? *

MANTENIMIENTO

Filosofías de mantenimiento *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Procesos de calidad *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Auditorías de calidad *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Trazabilidad y confiabilidad de componentes *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Software para la gestión de mantenimiento *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Talleres aeronáuticos *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Elaboración de órdenes de ingeniería *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Manejo de manuales del fabricante *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Elaboración de MEL *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Elaboración de MPM *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Elaboración de MGM *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Elaboración de MGO *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Manejo de AD *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Manejo de SB *

1 2 3 4

Poco importante Fundamental

Otra, ¿Cuál? *

Muchas gracias!

ANEXO 4: Resultados encuesta primera ronda área Diseño

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de diseño durante la primera ronda de encuestas

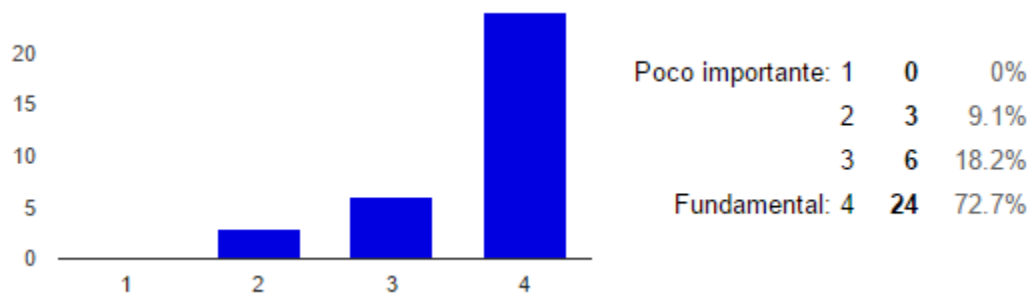


Figura 1 Análisis Estructural

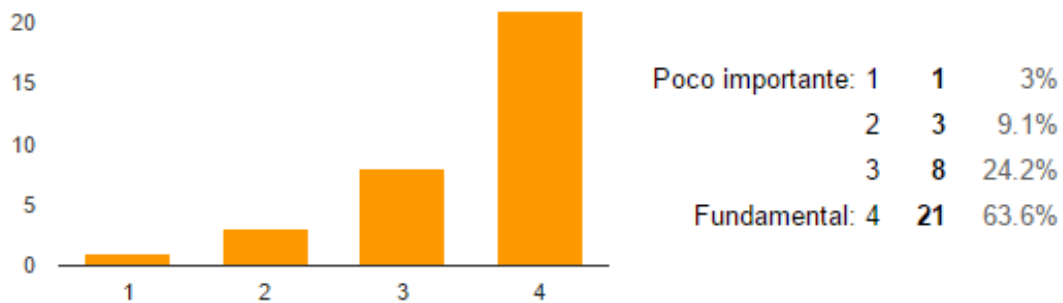


Figura 2 Aerodinámica Subsónica

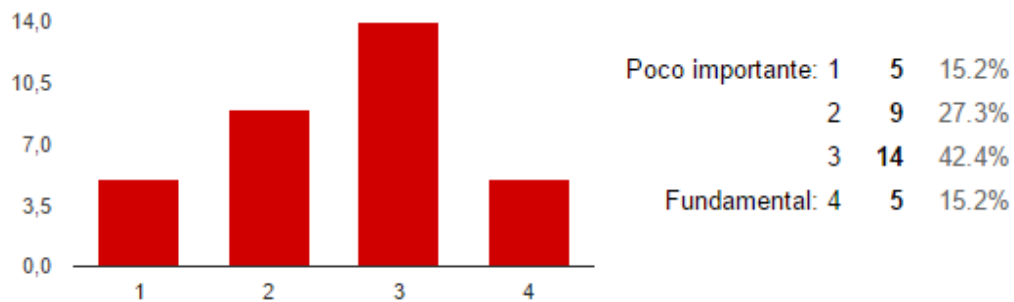


Figura 3 Aerodinámica Supersónica

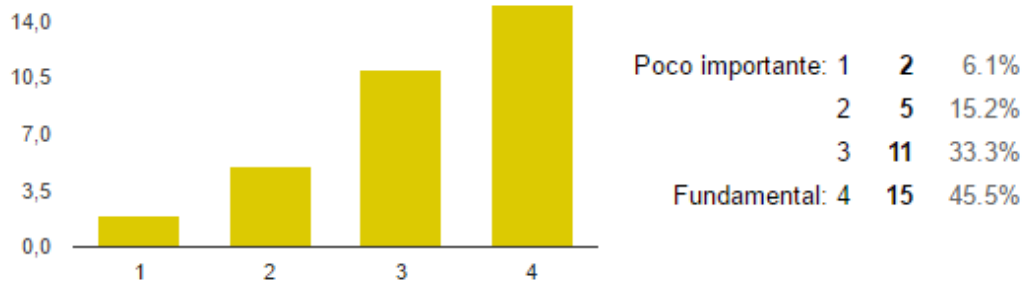


Figura 4 Aeroelasticidad

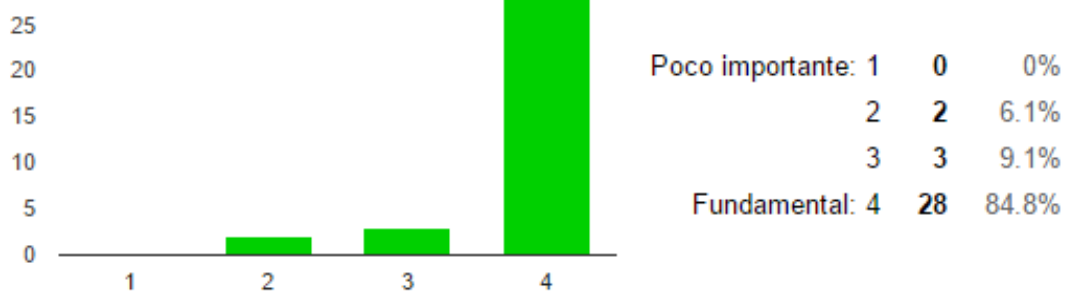


Figura 5 Rendimiento de Aeronaves

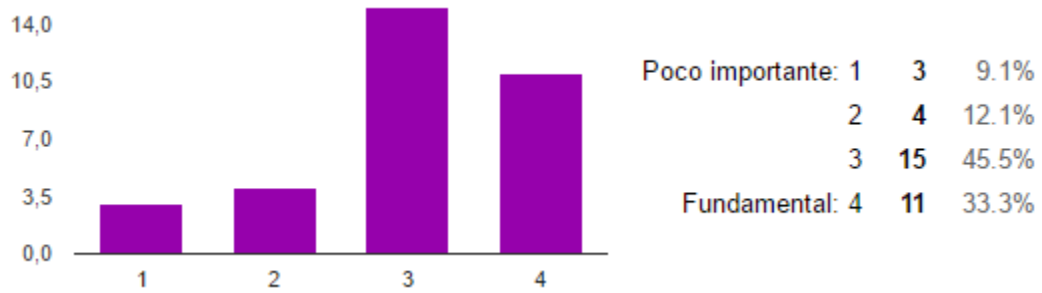


Figura 6 Autonomía

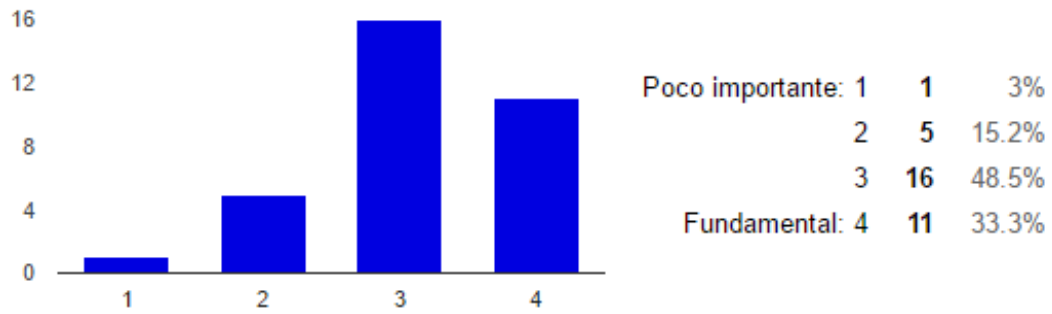


Figura 7 Estabilidad y Control de Vuelo

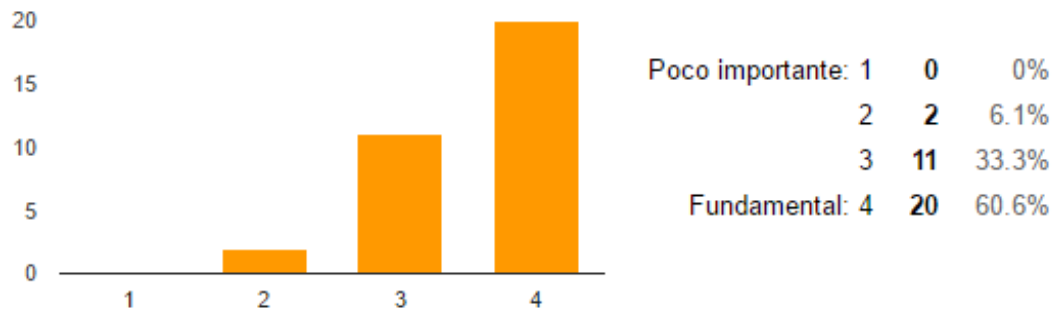


Figura 8 Nuevos Materiales

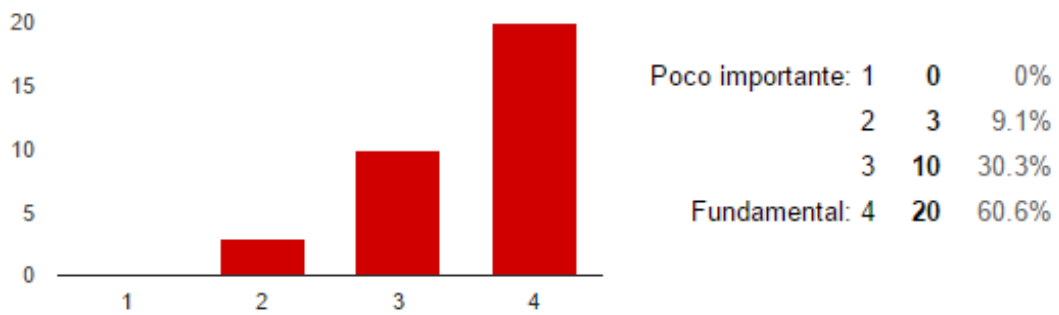


Figura 9 Procesos de Manufactura

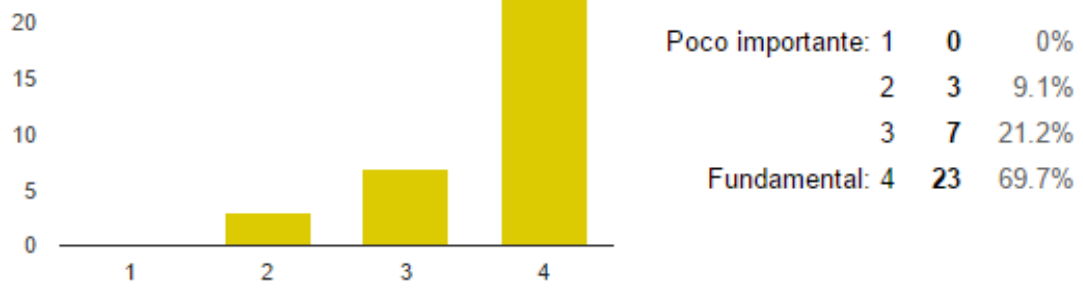


Figura 10 Nuevas Tecnologías de Manufactura

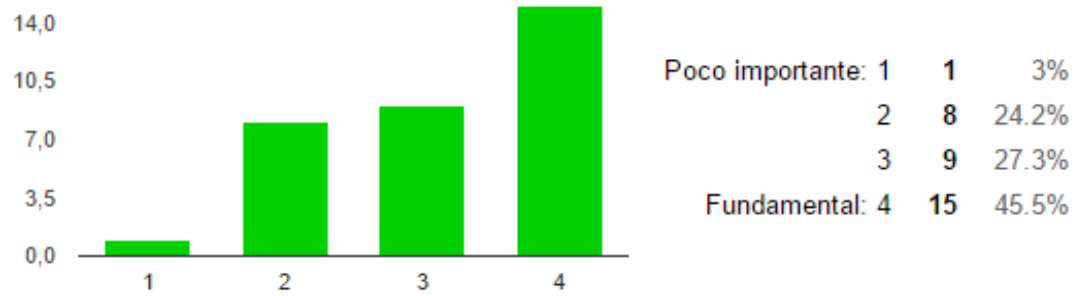


Figura 11 Combustibles Alternativos

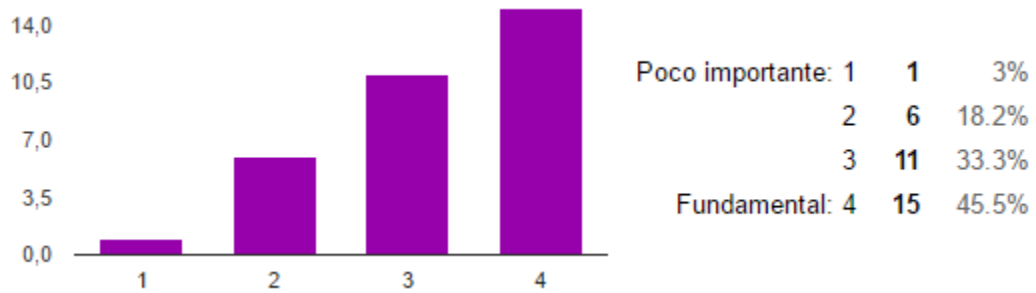


Figura 12 Instrumentos y Equipos de Abordo

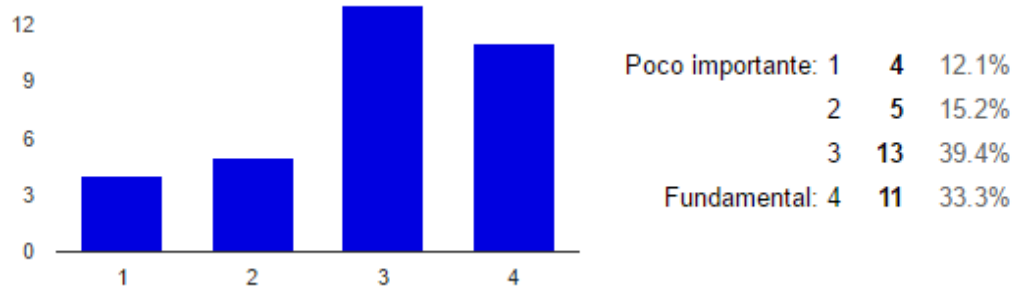


Figura 13 Diseño de Motores

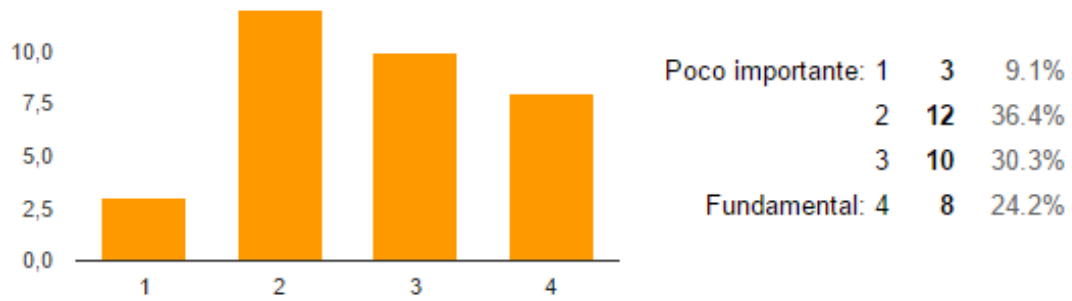


Figura 14 Diseño de Hélices

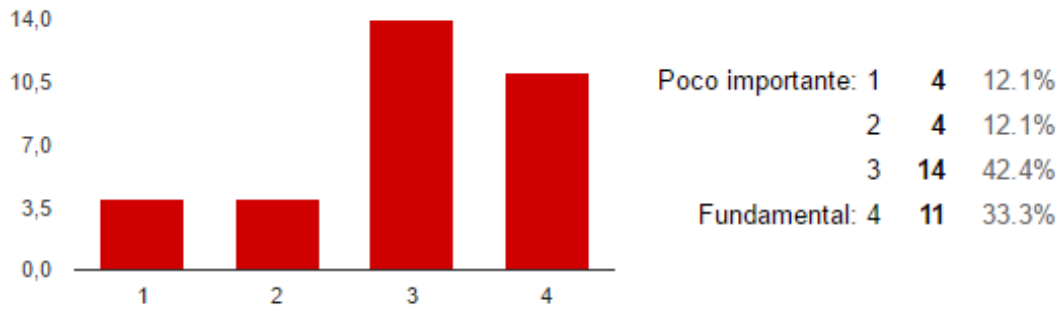


Figura 15 Diseño de Turbinas

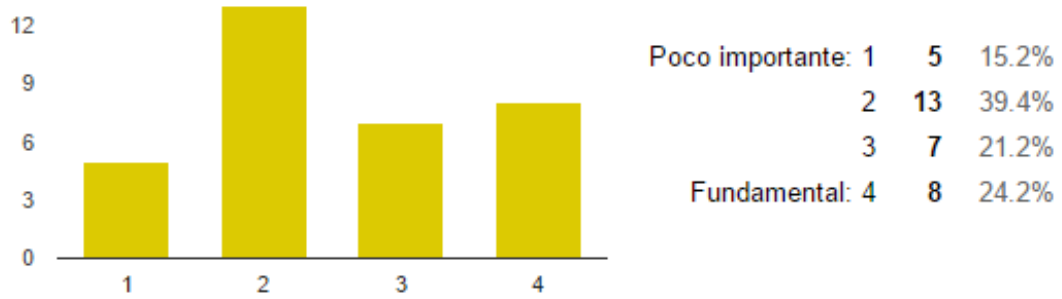


Figura 16 Diseño de Cámaras de Combustión

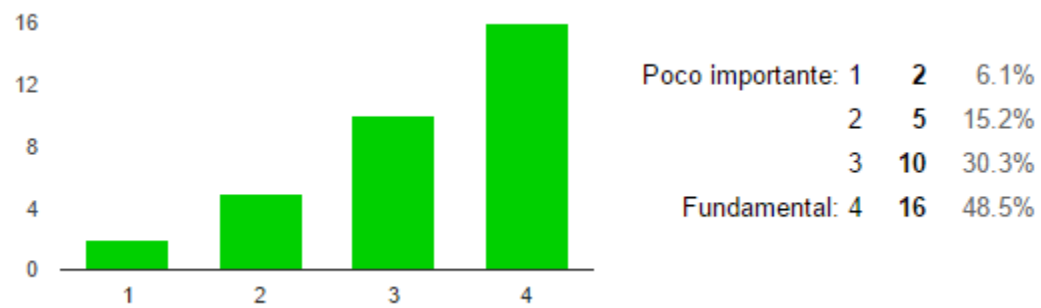


Figura 17 Diseño de Alas

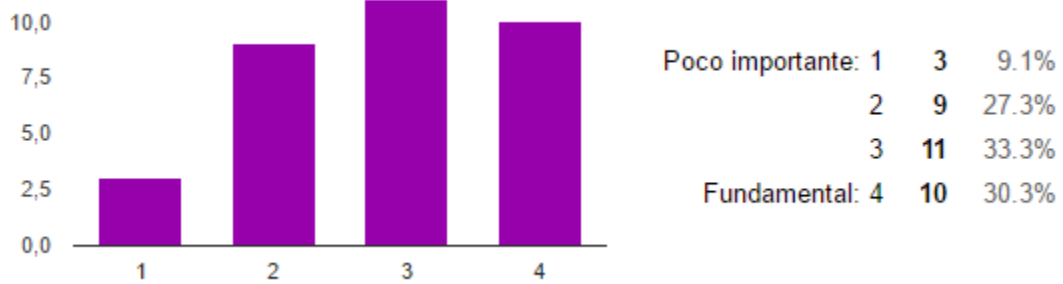


Figura 18 Diseño de Trenes de Aterrizaje

ANEXO 5: Resultados encuesta primera ronda área Gerencia

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de gerencia durante la primera ronda de encuestas

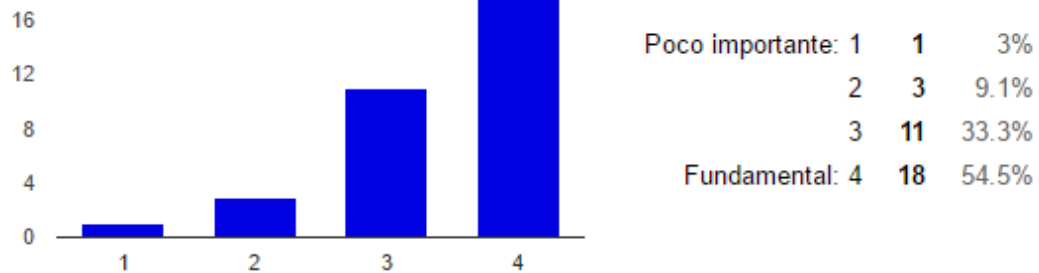


Figura 19 Principios de Administración

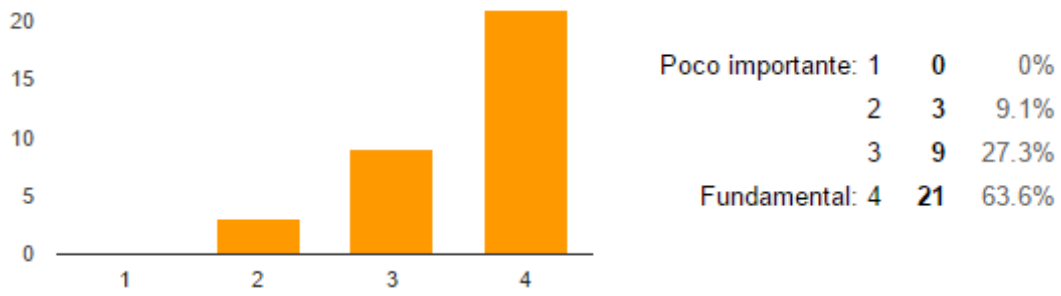


Figura 20 Optimización de Costos

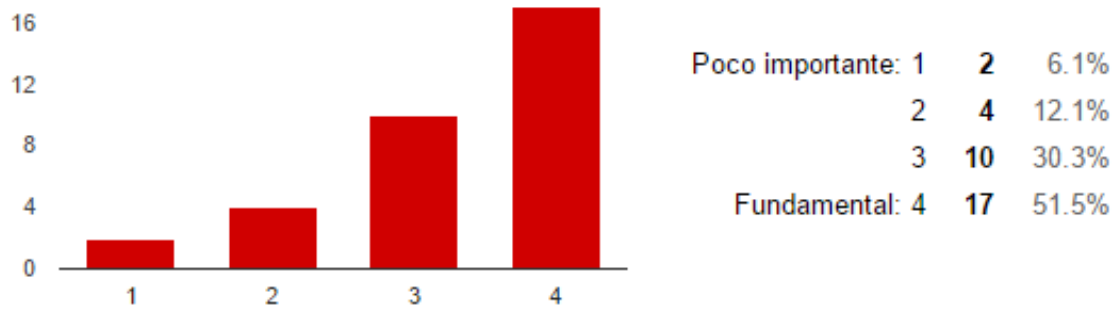


Figura 21 Diseño Organizacional Aeronáutico

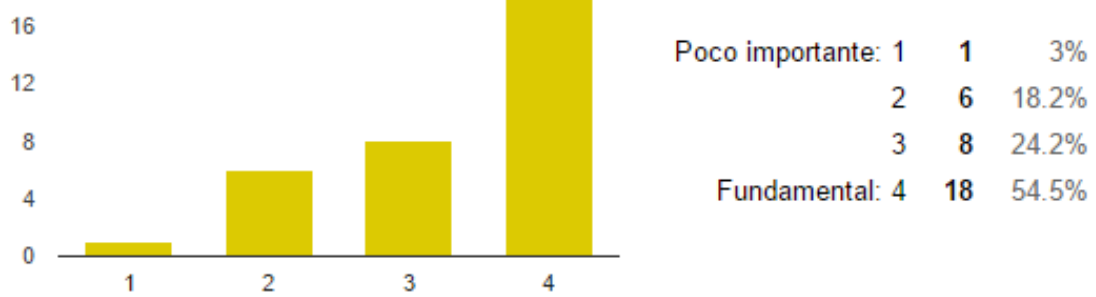


Figura 22 Costos de Aeronaves

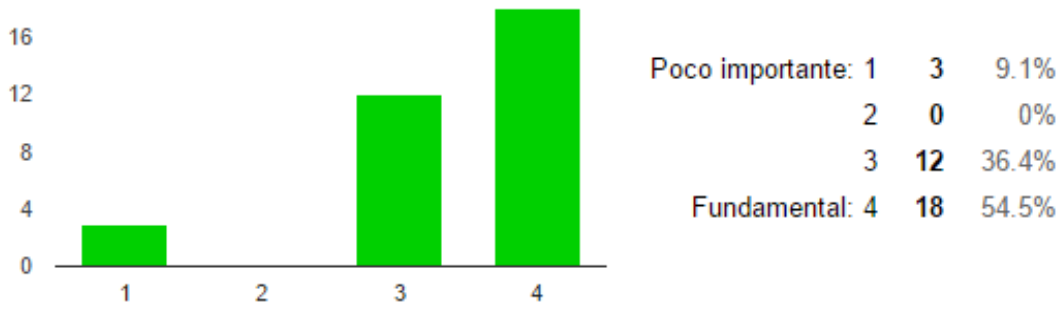


Figura 23 Parámetros de Selección de Flota

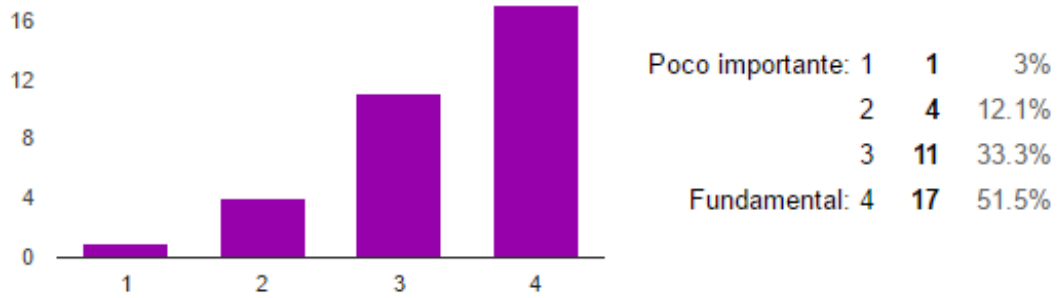


Figura 24 Legislación Laboral

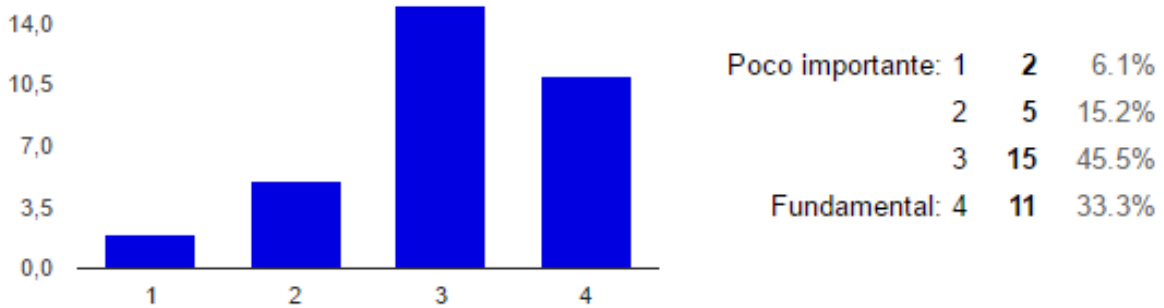


Figura 25 Gestión del Talento Humano

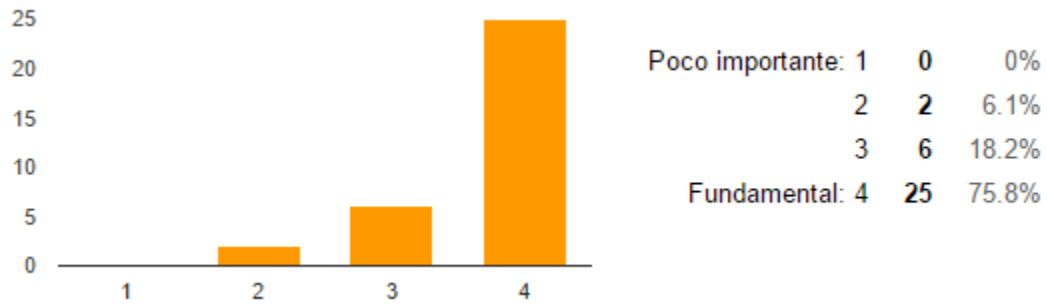


Figura 26 SMS (Safety Management System)

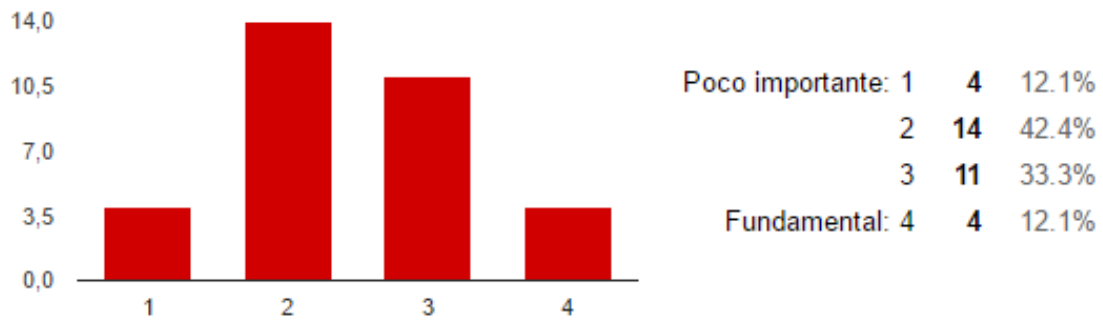


Figura 27 Comportamiento del Consumidor

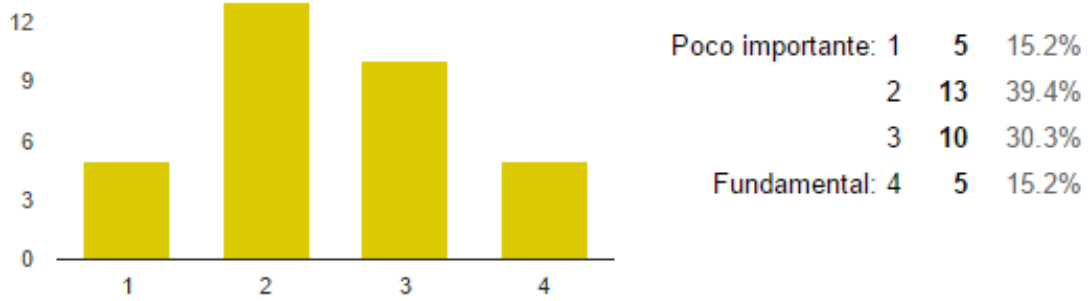


Figura 28 Microeconomía

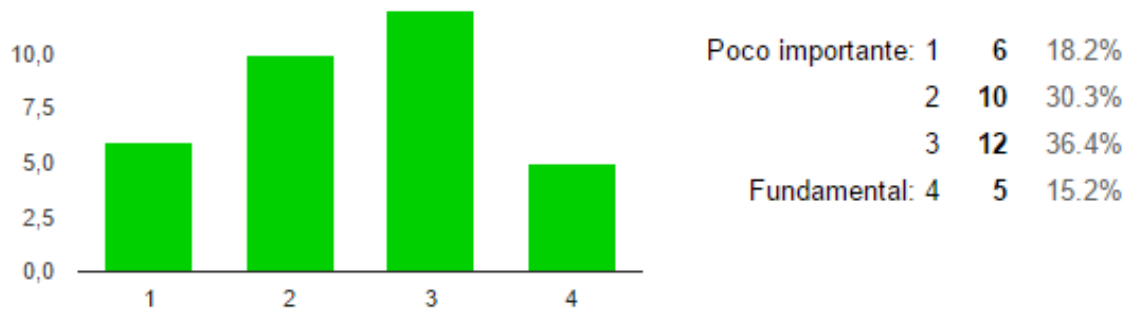


Figura 29 Macroeconomía

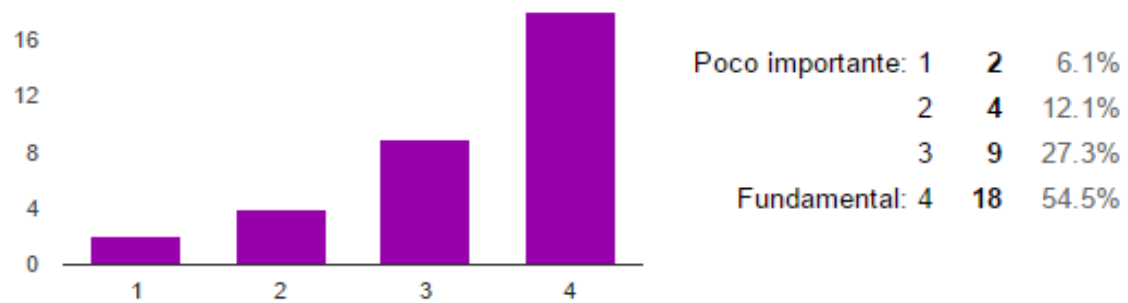


Figura 30 Comunicación Asertiva

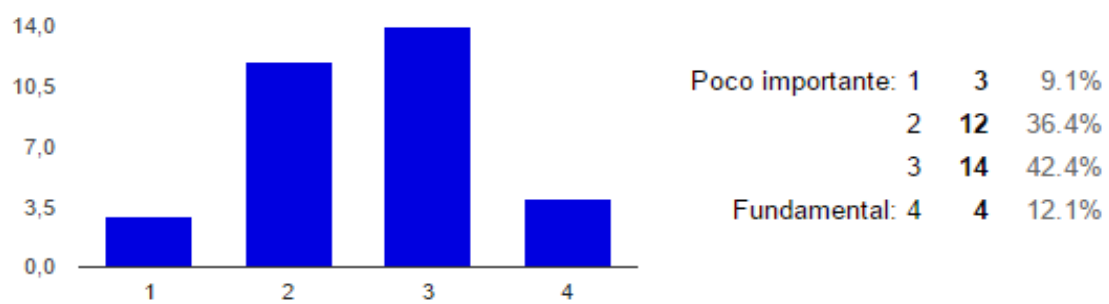


Figura 31 Marketing

ANEXO 6: Resultados encuesta primera ronda área Mantenimiento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de mantenimiento durante la primera ronda de encuestas

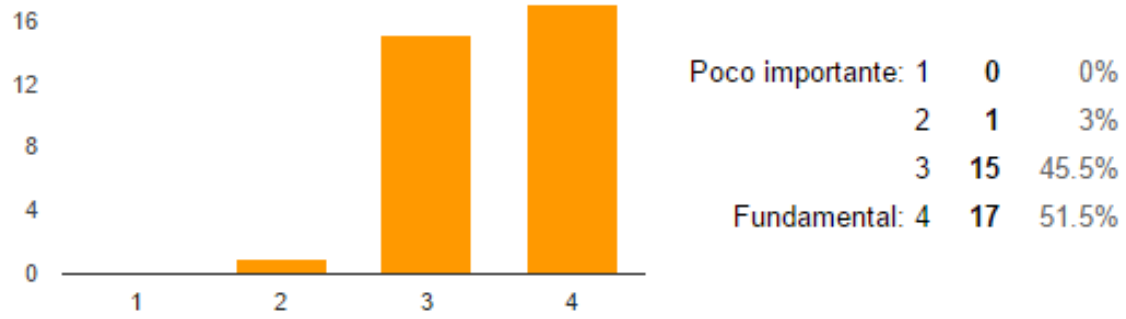


Figura 32 Filosofías de Mantenimiento

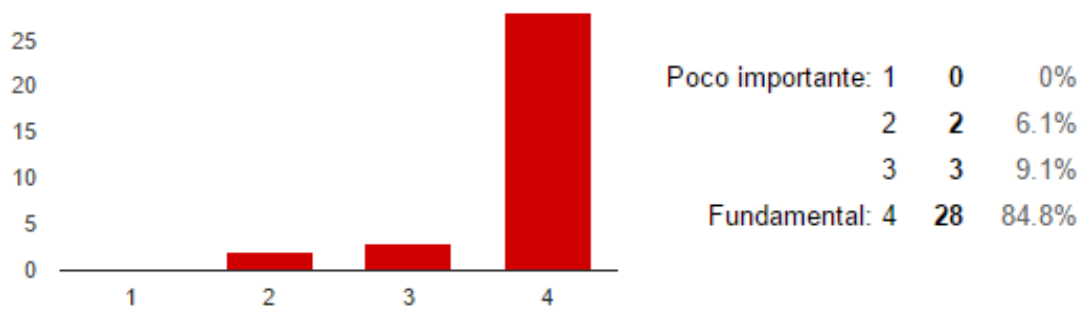


Figura 33 Procesos de Calidad

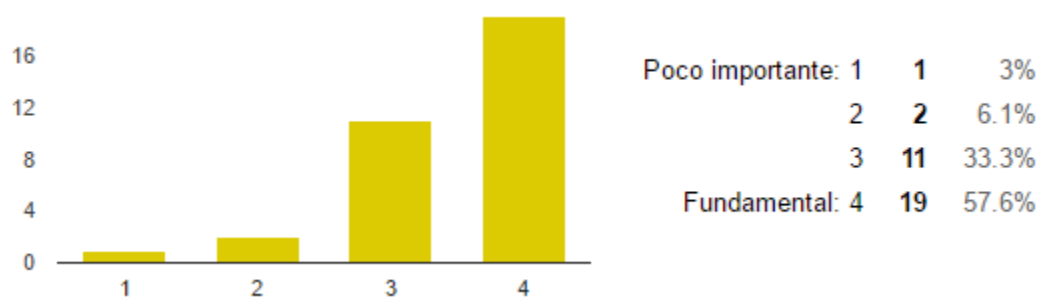


Figura 34 Auditorías de Calidad

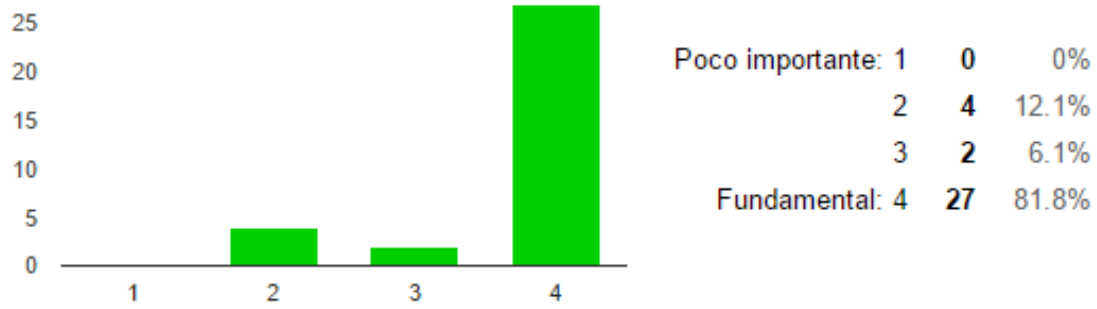


Figura 35 Trazabilidad y Confiabilidad de Componentes

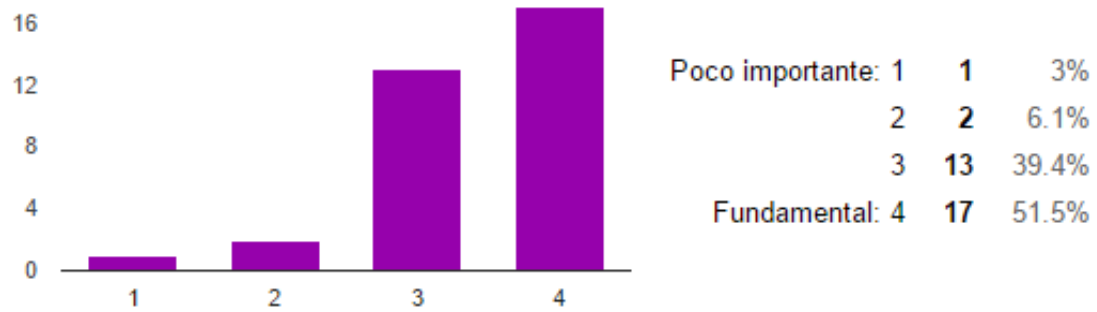


Figura 36 Software Para la Gestión de Mantenimiento

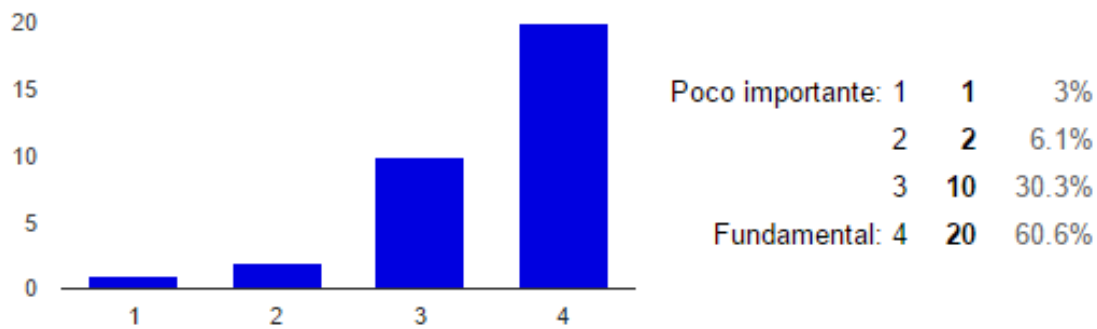


Figura 37 Talleres Aeronáuticos

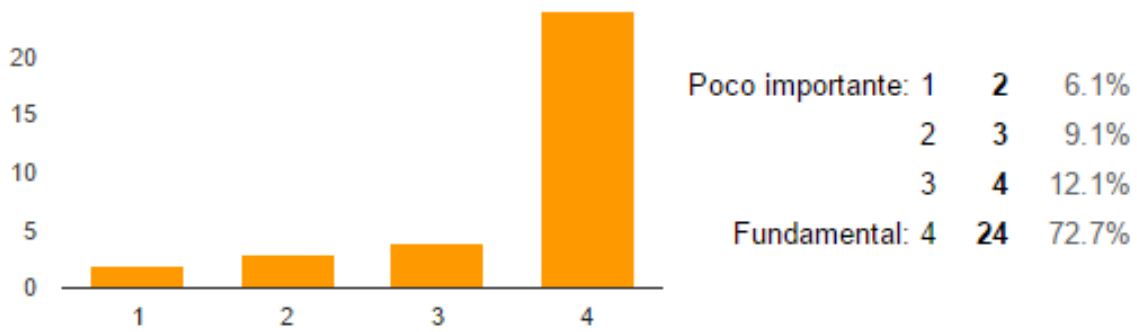


Figura 38 Elaboración de Órdenes de Ingeniería

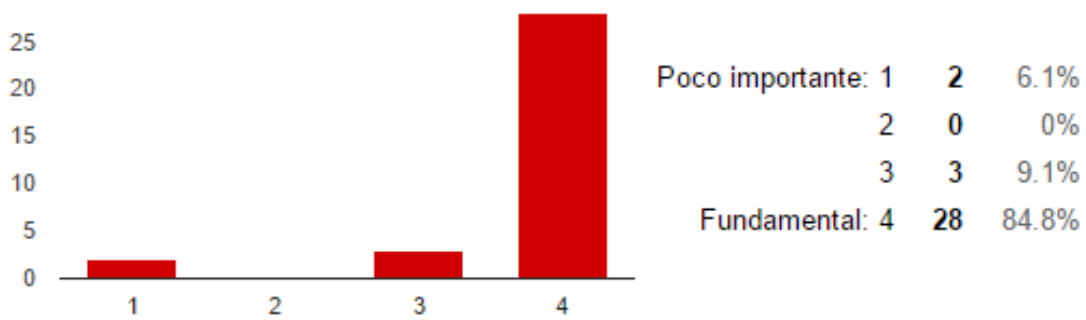


Figura 39 Manejo de Manuales del Fabricante

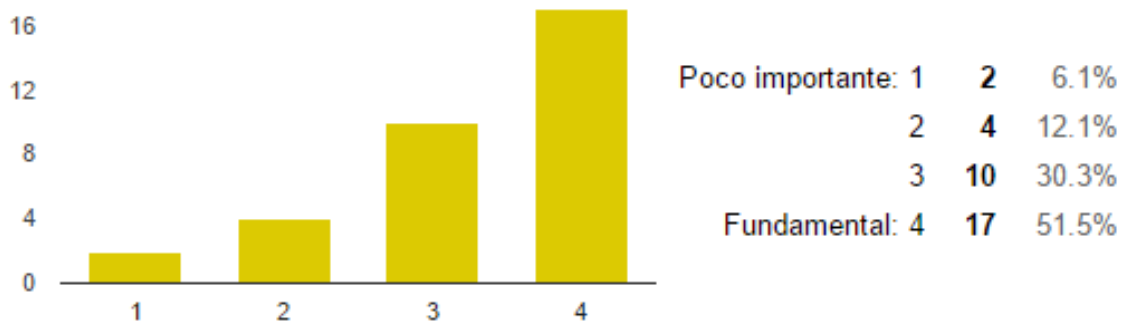


Figura 40 Elaboración de MEL

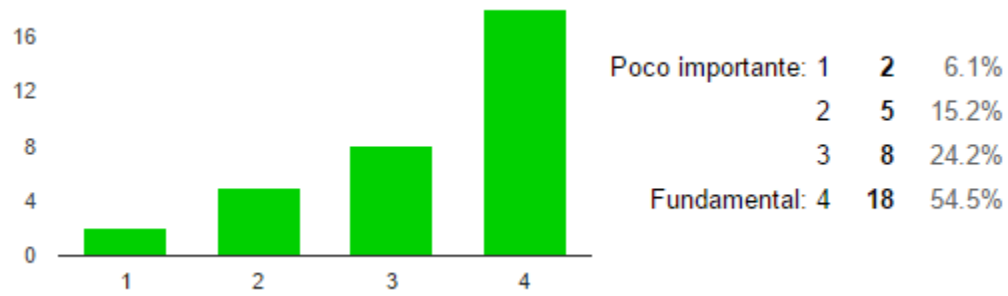


Figura 41 Elaboración de MPM

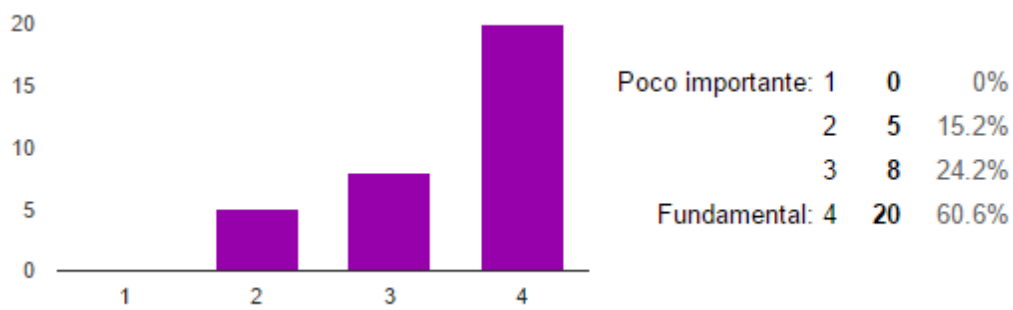


Figura 42 Elaboración de MGM

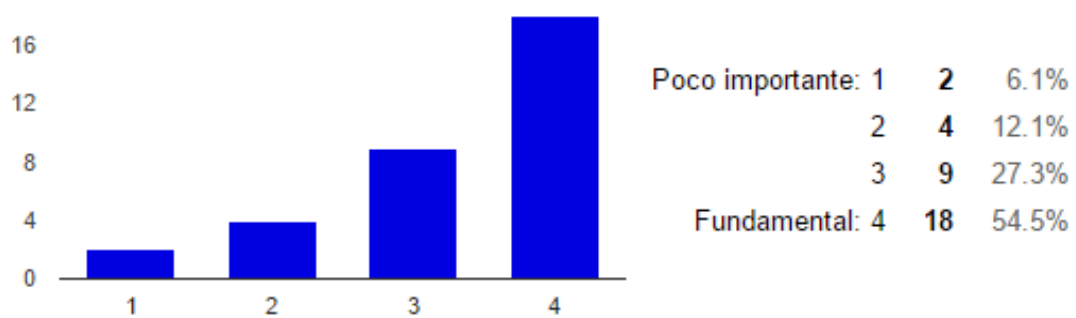


Figura 43 Elaboración de MGO

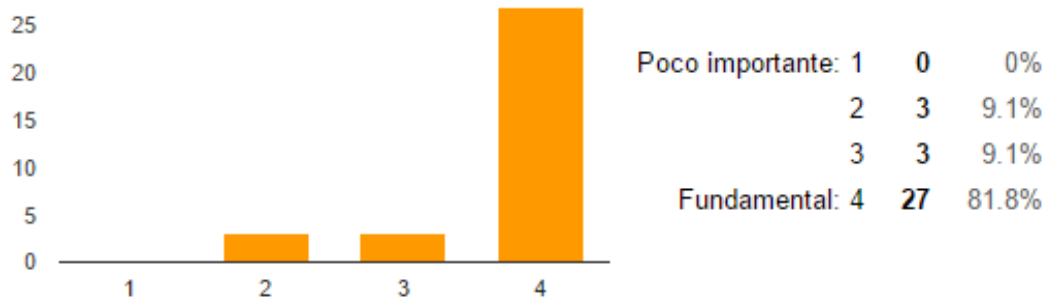


Figura 44 Manejo de AD

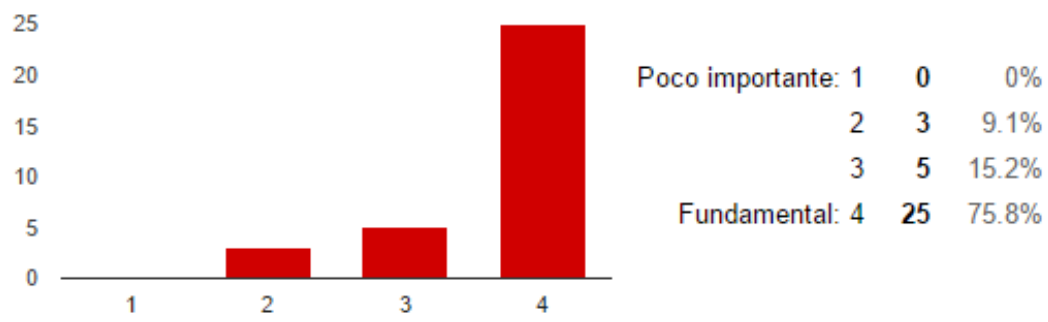


Figura 45 Manejo de SB

ANEXO 7: Encuesta segunda ronda “Aproximación prospectiva plan de estudios

Ingeniería Aeronáutica UPB”

APROXIMACIÓN PROSPECTIVA INGENIERÍA AERONÁUTICA UPB - SEGUNDA FASE

Con base en los resultados obtenidos durante la primera ronda se creó una segunda encuesta, donde se pretende obtener el punto de vista de los expertos en cuanto a la importancia de los temas mas relevantes de la primera ronda. Esto con el objetivo de definir cuales, según la perspectiva de los encuestados, son los temas que deben estar incluidos en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica hacia el 2025.

Nombre Completo *

Texto de respuesta corta

Diseño

Descripción (opcional)

Análisis estructural *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Aerodinámica Subsónica *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Rendimiento de aeronaves *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Nuevos materiales *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Nuevas tecnologías de manufactura *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Otra, ¿Cuál?

Texto de respuesta corta

Gerencia

Descripción (opcional)

Principios de administración *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Optimización de costos *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Diseño organizacional aeronáutico *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Parámetros de selección de flota *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

SMS (Safety Management System) *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Otra, ¿Cuál?

Texto de respuesta corta

Mantenimiento

Descripción (opcional)

Filosofías de mantenimiento *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Procesos de calidad *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Auditorías de calidad *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Trazabilidad y confiabilidad de componentes *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Elaboración de órdenes de ingeniería *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Manejo de manuales del fabricante *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Elaboración de MGM *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Manejo de AD *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Manejo de SB *

	1	2	3	4	
Poco Importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fundamental

Otra, ¿Cuál?

Texto de respuesta corta
.....

Gracias por su colaboración!

ANEXO 8: Resultados encuesta segunda ronda área Diseño

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de diseño durante la segunda ronda de encuestas

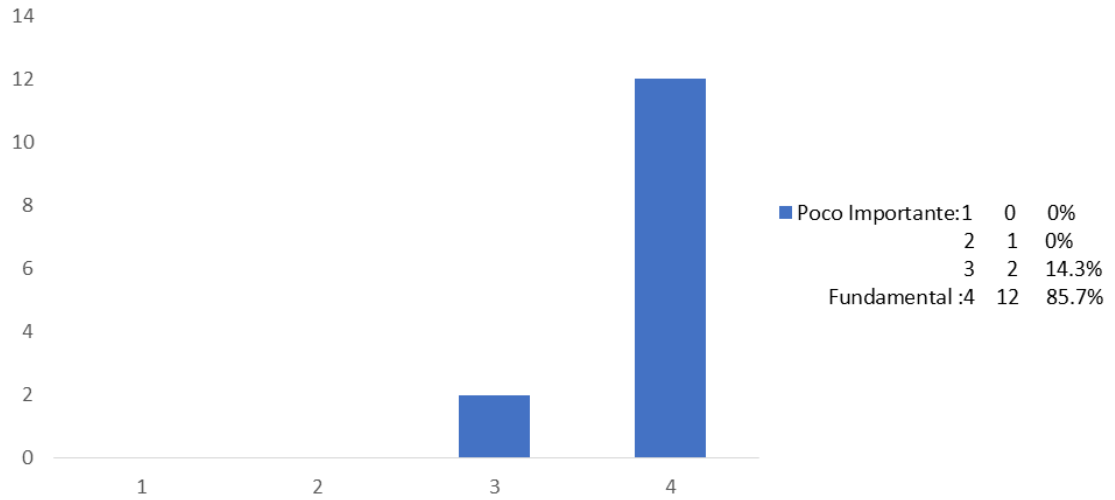


Figura 46 Análisis estructural

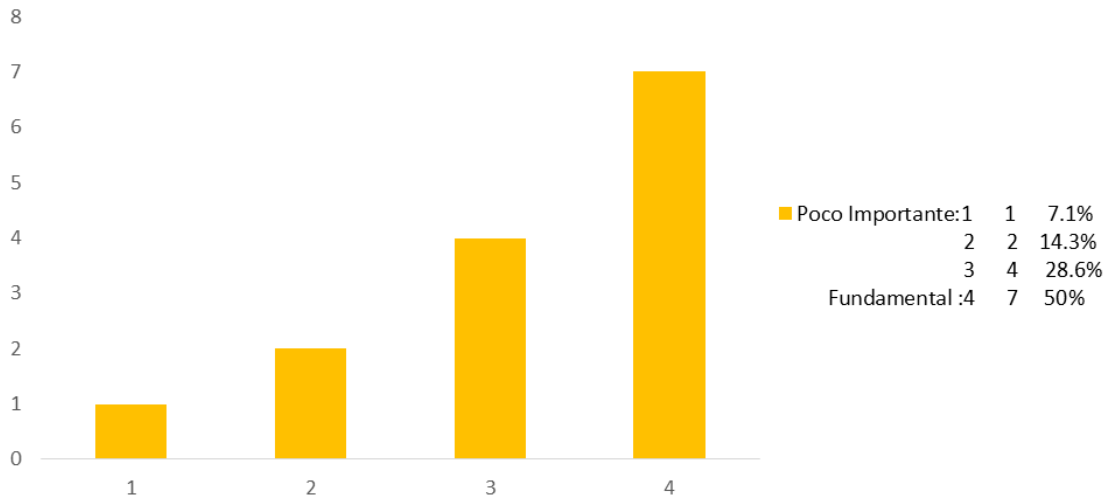


Figura 47 Aerodinámica Subsónica

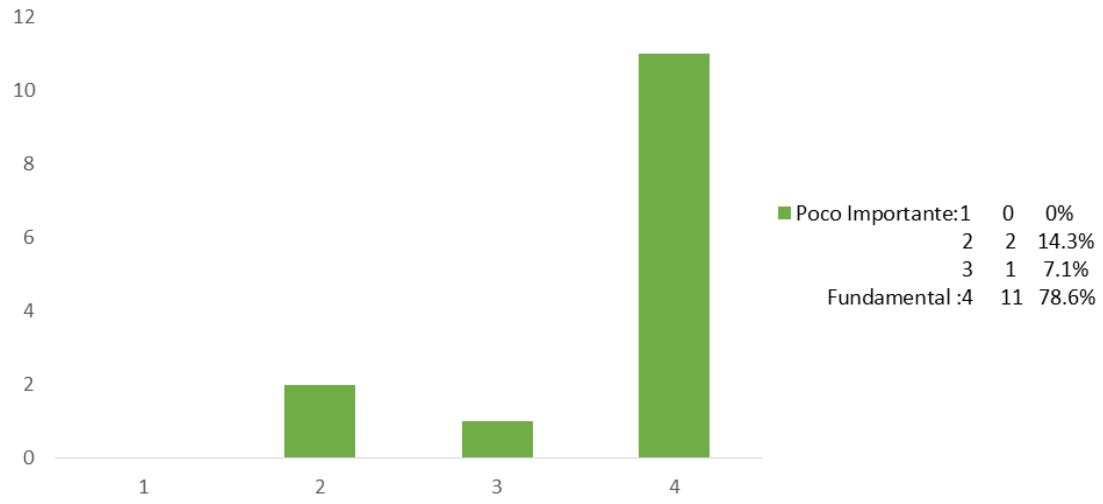


Figura48 Rendimiento de Aeronaves

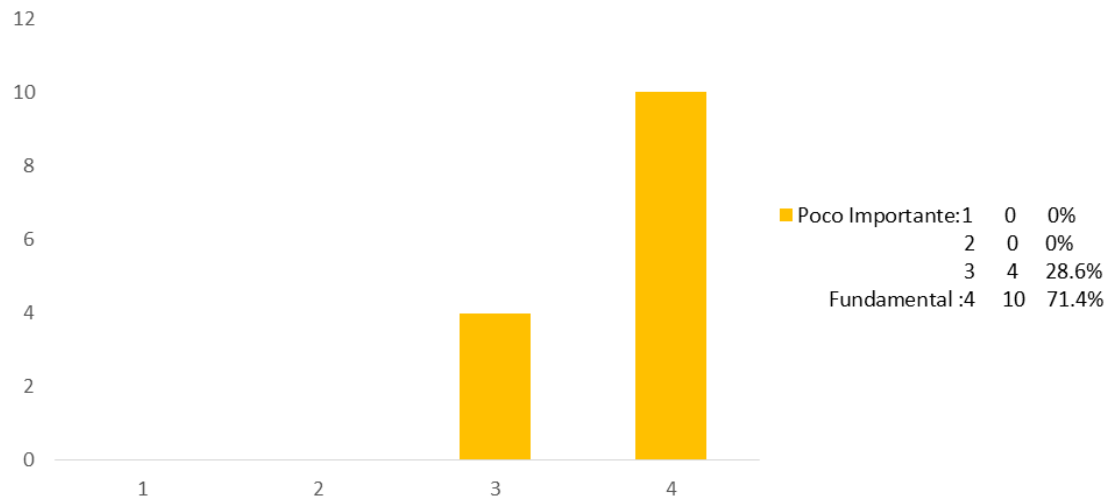


Figura 49 Nuevos Materiales

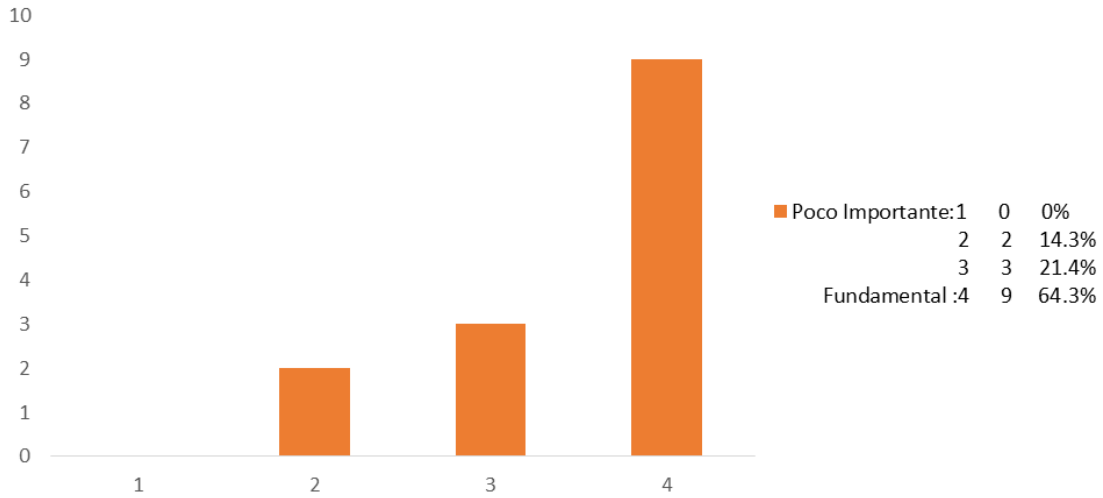


Figura 50 Nuevas Tecnologías de Manufactura

ANEXO 9: Resultados encuesta segunda ronda área Gerencia

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de gerencia durante la segunda ronda de encuestas

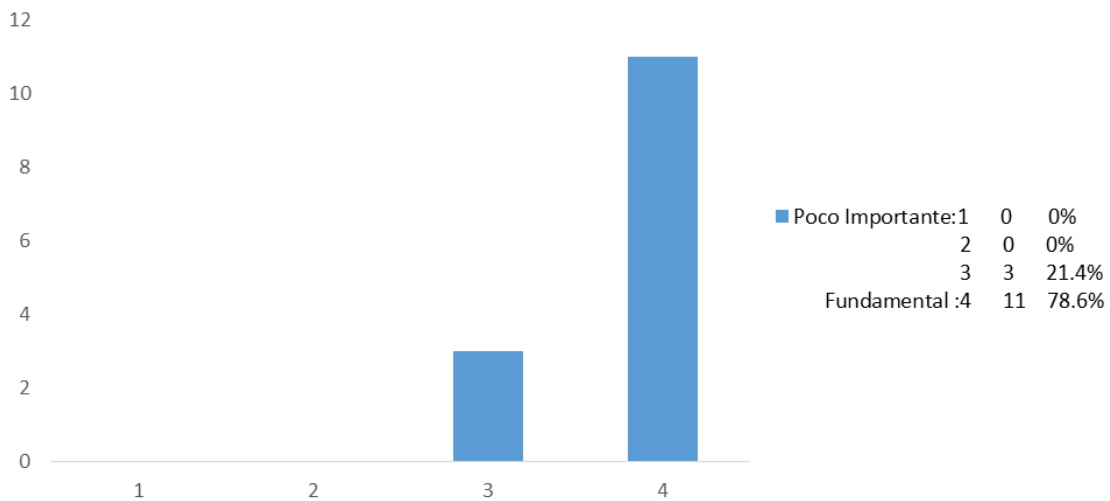


Figura 51 Principios de Administración

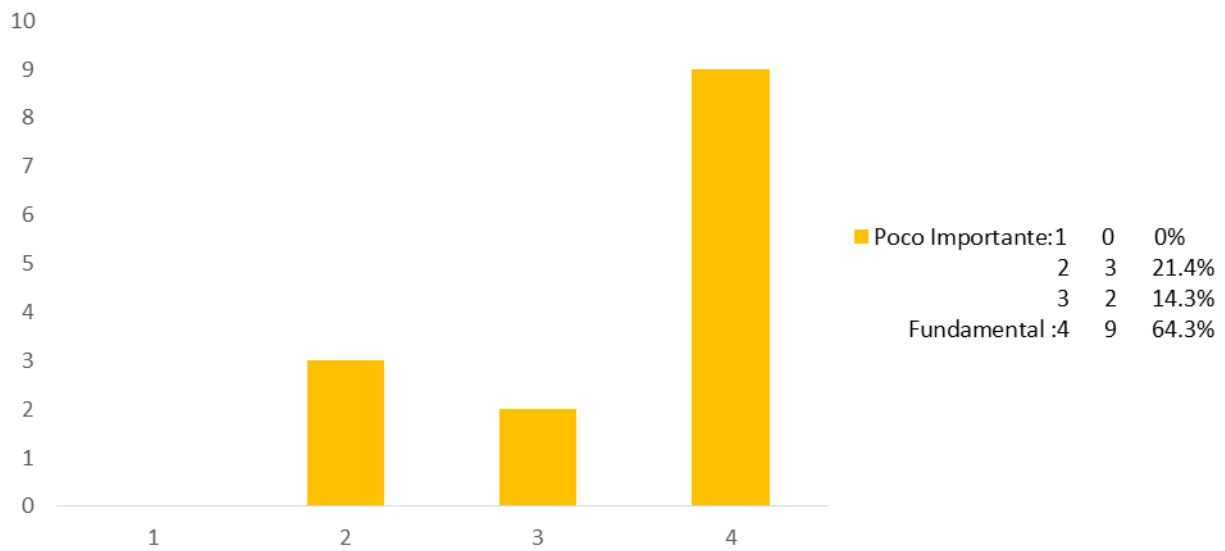


Figura 52 Optimización de Costos

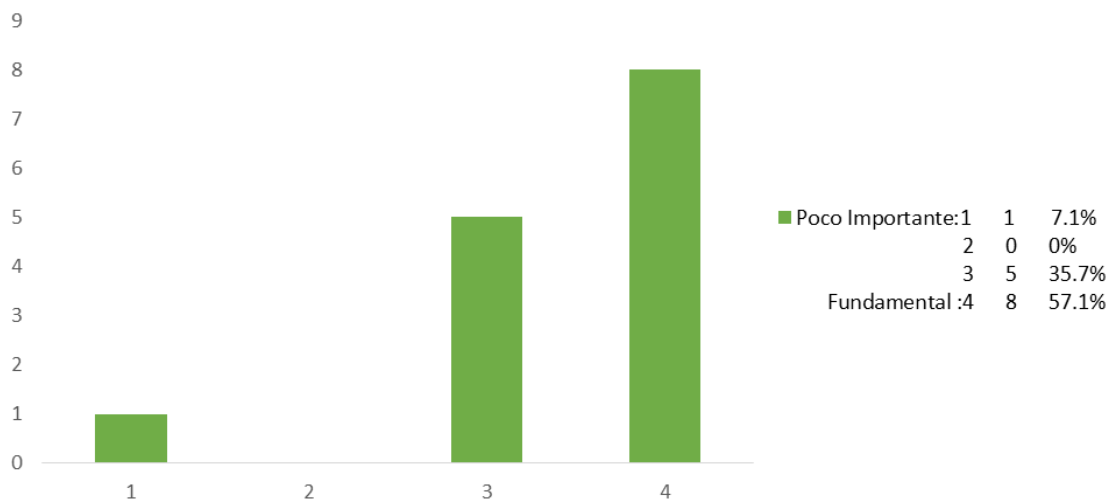


Figura 53 Diseño Organizacional Aeronáutico

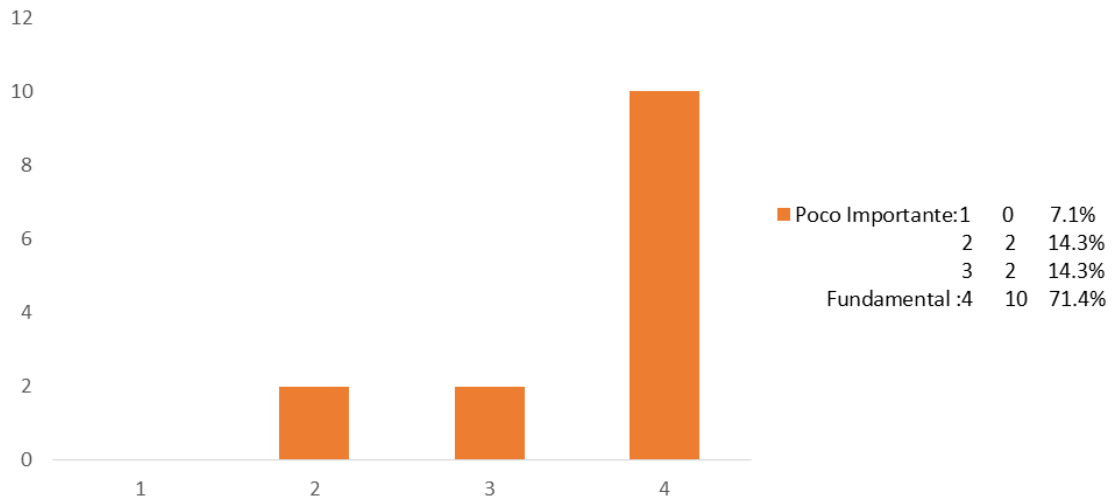


Figura 54 Parámetros de Selección de Flota

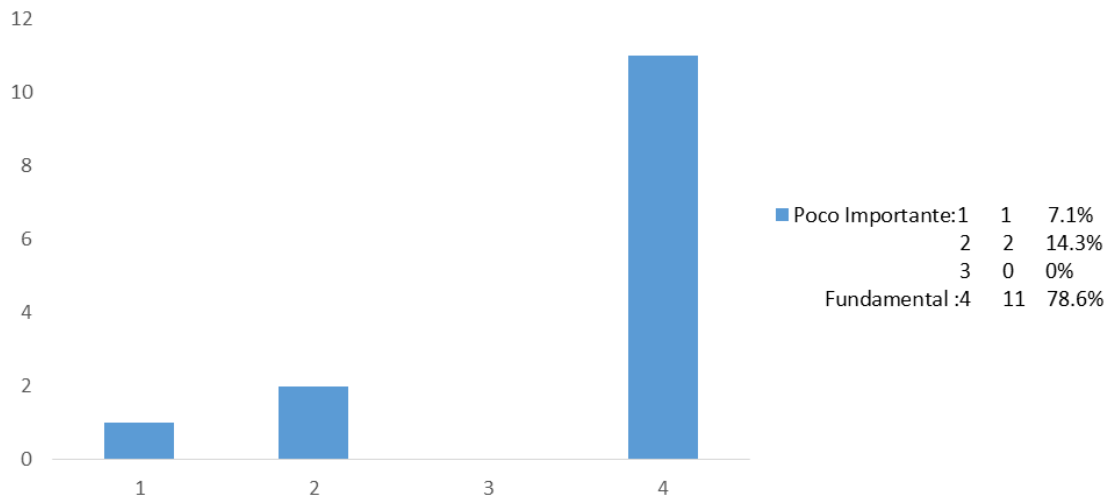


Figura 55 SMS (Safety Management System)

ANEXO 10: Resultados encuesta segunda ronda área Mantenimiento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el área de mantenimiento durante la segunda ronda de encuestas

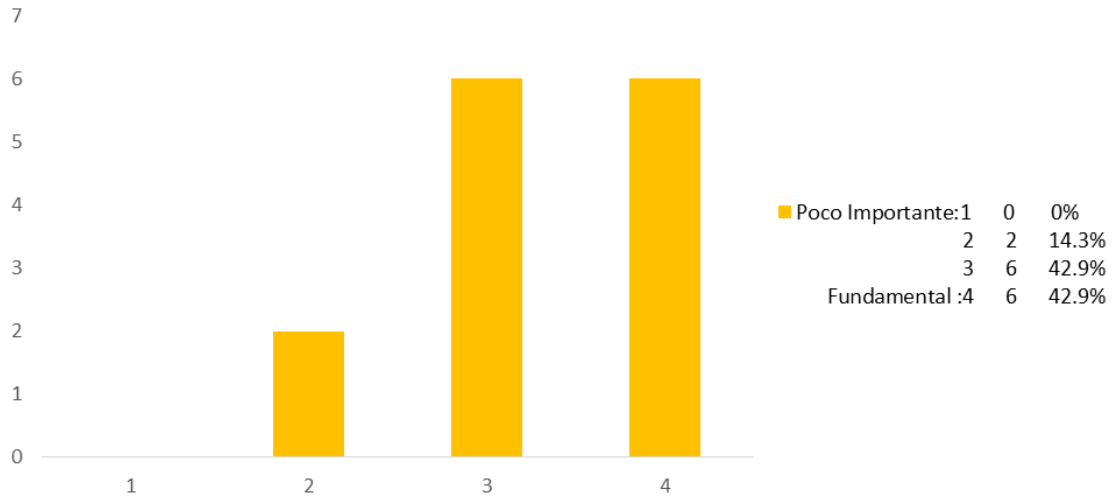


Figura 56 Filosofías de Mantenimiento

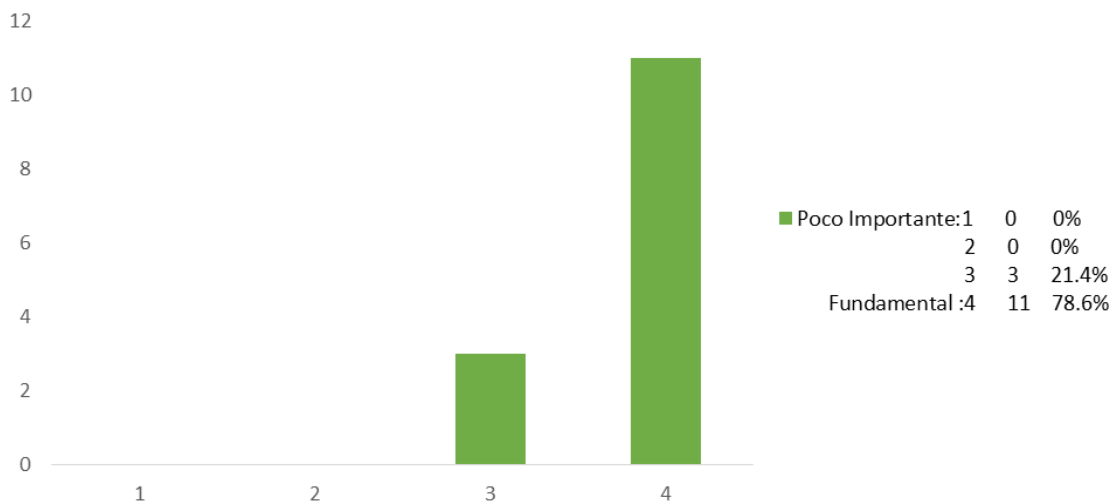


Figura 57 Procesos de Calidad

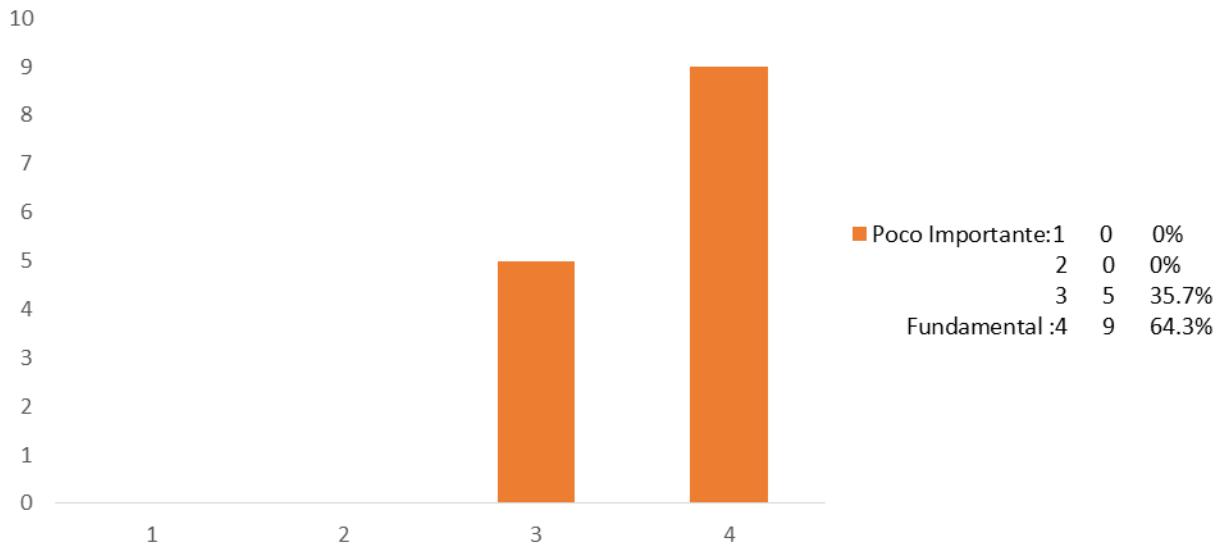


Figura 58 Auditorías de Calidad

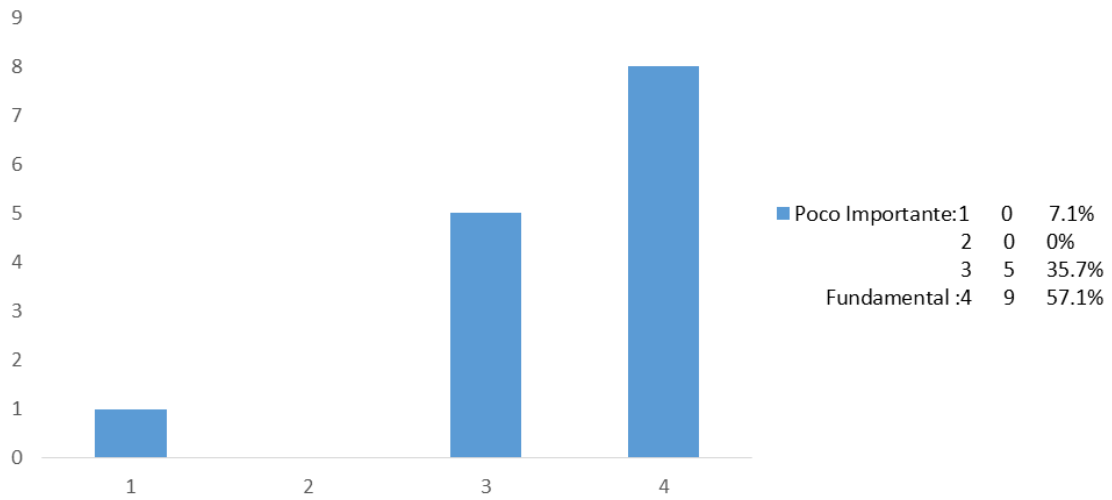


Figura 59 Trazabilidad y Confiabilidad de Componentes

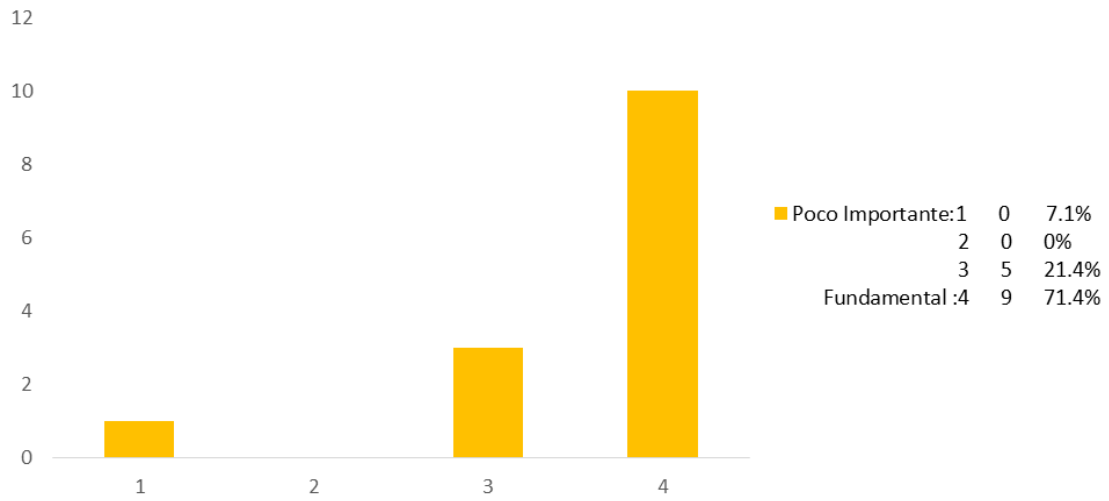


Figura 60 Elaboración de Órdenes de Ingeniería

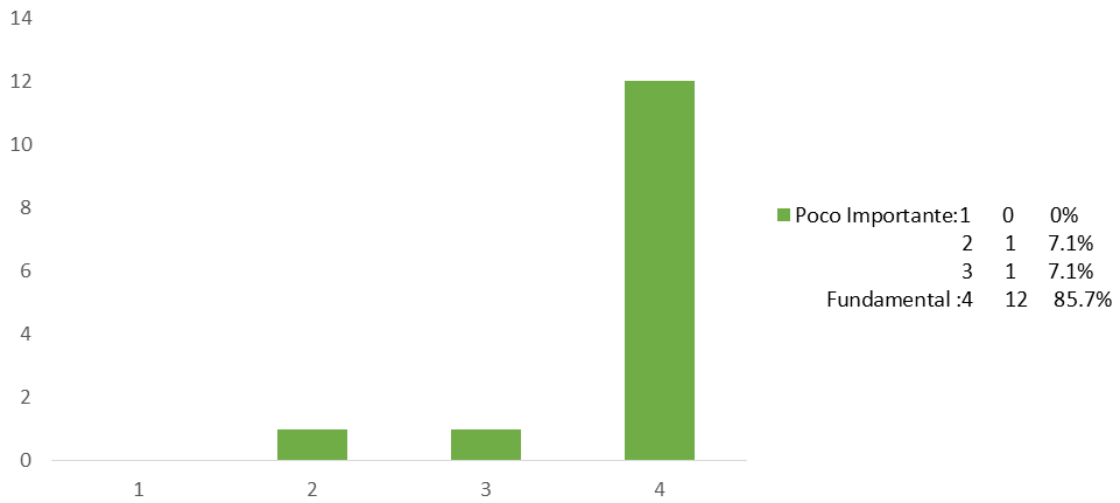


Figura 61 Manejo de Manuales del Fabricante

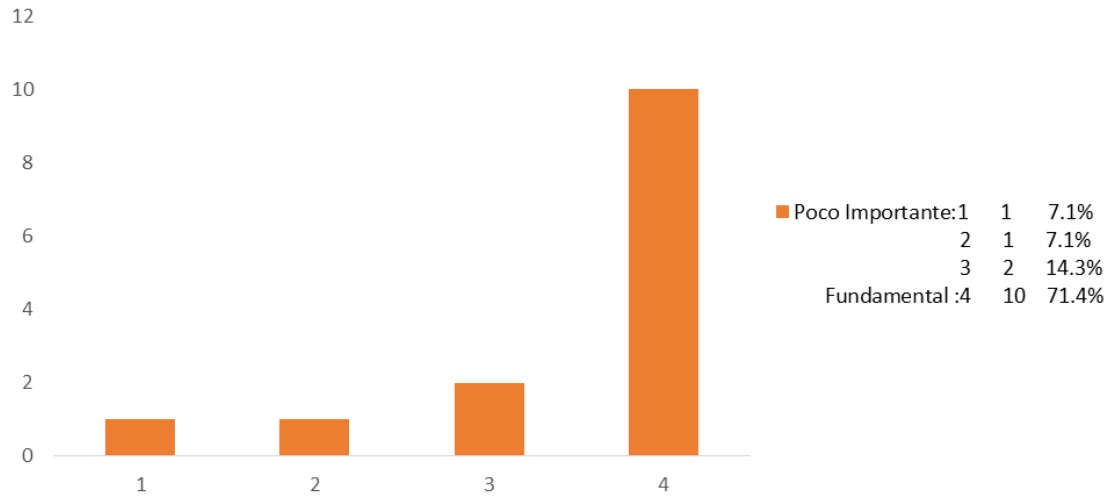


Figura 62 Elaboración de MGM

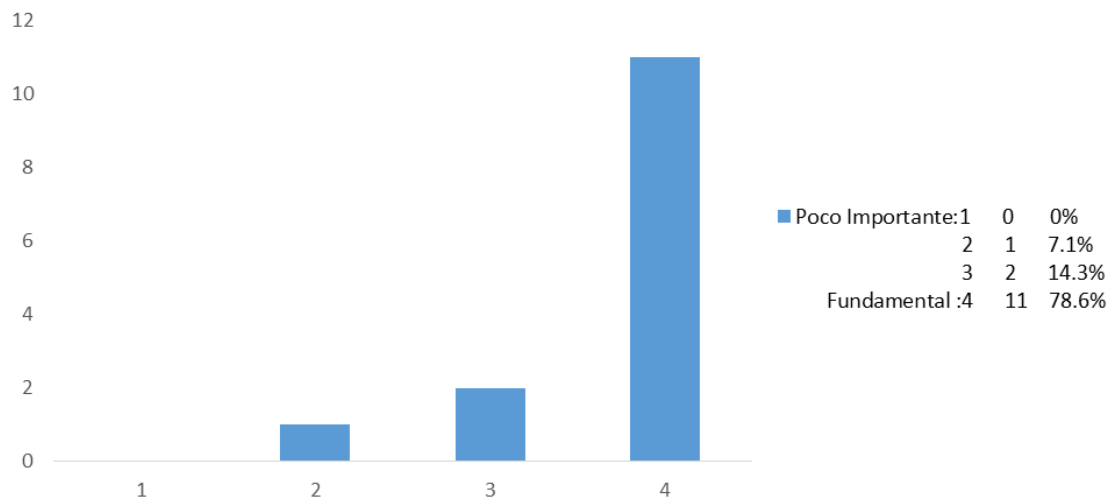


Figura 63 Manejo de AD

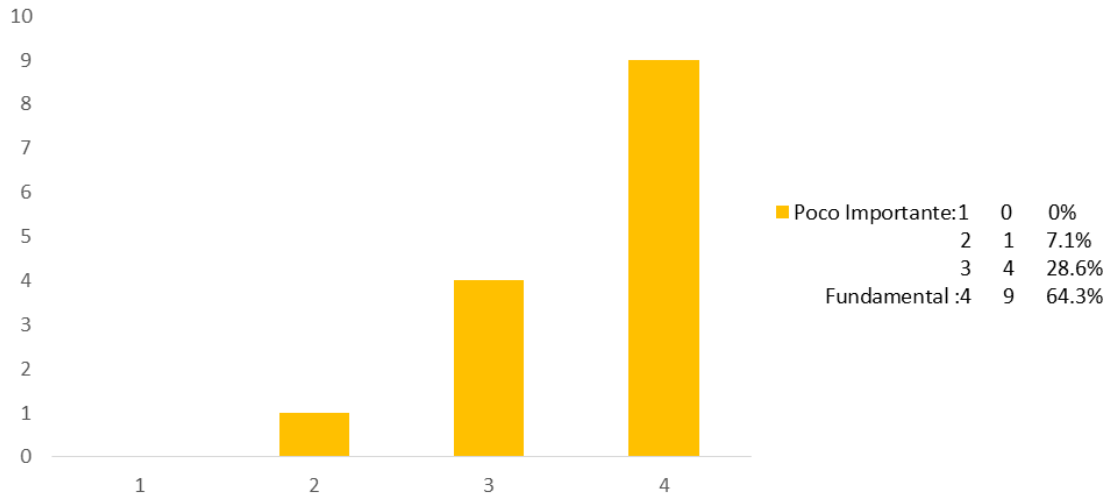


Figura 64 Manejo de SB