



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:  
UN COMPROMISO PARA EL  
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18  
DE SEPTIEMBRE

20  
20

[www.acofi.edu.co/eiei2020](http://www.acofi.edu.co/eiei2020)

# ESTUDIO PROSPECTIVO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

**Carlos A. Builes R., Diego A. Flórez L., Juan A. Ramírez M., Jhon Wilder Zartha S.**

**Universidad Pontificia Bolivariana  
Medellín, Colombia**

## Resumen

La facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, desde hace más de 20 años hace uso del ejercicio prospectivo para orientar sus estrategias en los campos de la docencia, la investigación y la extensión. En ese sentido, en el año 2000 se presentó un estudio prospectivo que daba línea sobre las prioridades investigativas en ingeniería mecánica para Antioquia; en el año 2010, se presentó un estudio que, aparte de hacer una exploración sobre las temáticas de mayor relevancia para la disciplina, construyó escenarios posibles para orientar estratégicamente la consolidación del programa.

Actualmente, se ha terminado un estudio prospectivo, en el que se construyeron escenarios que tienen en cuenta el papel de las tecnologías emergentes, el auge de la llamada cuarta revolución industrial y las diferentes interacciones entre actores relevantes en la triada Universidad-Empresa-Estado. Estos escenarios buscan visualizar elementos significativos para identificar opciones de desempeño laboral para los ingenieros mecánicos, con un horizonte de tiempo al año 2030. Con estos resultados se pretende tener un insumo de alto valor para la toma de decisiones sobre las orientaciones académicas y la diversificación del programa, propendiendo por maximizar el impacto de los egresados en la sociedad para la década que inicia y las venideras.

**Palabras clave:** prospectiva; ingeniería mecánica; educación en ingeniería

## Abstract

*For more than 20 years, the Faculty of Mechanical Engineering of the Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, has been using prospective analyses to guide its strategies for teaching,*

*research, and extension. Consequently, in the year 2000, a prospective study was presented to outline research priorities in mechanical engineering for Antioquia. Later, in 2010, another study was presented, but this time it made an exploration of the most relevant topics for the discipline and built possible scenarios to strategically guide the consolidation of the program.*

*Currently, a third prospective study has been completed, in which the scenarios took into account the role of emerging technologies, the rise of the so-called fourth industrial revolution, and the different interactions between relevant actors in the university-company-state triad. These scenarios aim at visualizing significant elements to identify job performance options for mechanical engineers, with a 2030 horizon.*

*These results are intended to have a high-value input for decision-making on academic orientations and program diversification, looking forward to maximizing the impact of graduates on society for the decade that begins and those to come.*

**Keywords:** *prospective; mechanical engineering; engineering education*

## 1. Introducción

La formación de las futuras generaciones de ingenieros es un proceso que debe ser riguroso y adecuadamente orientado, dado que allí se sientan las bases de quienes darán soporte a la estructura productiva y tecnológica de la sociedad. En ese sentido, las facultades de ingeniería deben estar en permanente reflexión, de tal manera que su oferta se articule con las demandas de lo que comúnmente llamamos “el mundo real”. Una herramienta de reflexión debe estar soportada por metodologías ordenadas que den significado y rigor a los resultados. En ese sentido, el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, realiza su tercer estudio prospectivo; esta vez con un horizonte de tiempo al año 2030.

En los últimos años, ha venido disminuyendo la cantidad de estudiantes interesados en estudiar ingeniería. A esto se le puede sumar un considerable aumento de la oferta de cursos en-línea, los cuales están disponibles en múltiples plataformas. Estos cursos presentan alternativas de educación que, si bien no son de educación formal, sí permiten el desarrollo de unas competencias que ofrecen acceso más expedito al mundo laboral. Sin embargo, se puede afirmar que ofrecen menores posibilidades de profundizar en el entorno estratégico de las organizaciones.

Por otro lado, el campo laboral de las carreras clásicas se ve afectado por las tecnologías emergentes que demandan una mano de obra capacitada en el uso de herramientas específicas, con una visión menos holística, que a la postre va generando dependencia tecnológica y poco crecimiento profesional. Por todo lo anterior, surgen interrogantes sobre cómo es el contexto laboral que les espera a las generaciones de ingenieros que están en formación y cómo debe ser la formación que reciban en su pregrado para que puedan no solamente adaptarse a dicho contexto, sino también sobresalir en él.

Una parte de dicho análisis consistió en la construcción de escenarios posibles mediante métodos de análisis estructural que permiten la reflexión colectiva. Para ello, se definieron unas variables que condicionan e influyen sobre el programa de ingeniería mecánica (90+), con un grupo de expertos interno. Asimismo, se realizó un análisis de cómo eran las relaciones de influencia y dependencia entre dichas variables, estableciendo las variables clave en función de su alta influencia sobre las demás y su posibilidad de ser intervenidas (alta dependencia).

Las variables clave sirvieron como insumo para la formulación de seis hipótesis y, con otro grupo de expertos internos y externos, se estableció la probabilidad de ocurrencia condicionada de dichas hipótesis. La combinación de ocurrencia o no de estas hipótesis configura 64 escenarios posibles, cada uno con su probabilidad de ocurrencia.

## **2. Análisis de variables clave con MIC-MAC**

Mediante la metodología MIC-MAC se pueden encontrar las variables más influyentes y las más dependientes del sistema que se está estructurando. El método ha sido trabajado desde hace muchos años por Michel Godet.

La primera fase del método consiste en generar un listado de variables suficientemente grande, de tal forma que se recorran los aspectos más importantes del sistema que se está estructurando. La segunda fase busca encontrar las relaciones entre las variables, para ello se llena una matriz de impacto cruzado que dé cuenta de la influencia de cada variable sobre las demás. Las calificaciones de esta matriz son las siguientes: débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (4). La construcción de esta matriz es una construcción colectiva que, aparte de sistematizar las calificaciones de los expertos, genera un ambiente de reflexión y autocrítica.

La matriz es introducida en el software MIC-MAC, el cual jerarquiza las variables desde tres panoramas: influencias directas, influencias indirectas e influencias potenciales. Cada uno de estos panoramas genera un plano de influencia-dependencia en el que se ubican las variables. Las variables que están en el cuadrante superior derecho son las más dependientes y las más influyentes, es decir, son las variables con mayor motricidad (la alta dependencia significa que pueden ser intervenidas y la alta influencia significa que su intervención jalonará otras variables). De esta forma, se pueden seleccionar las variables clave para el sistema que se está estructurando.

Para el presente ejercicio, se trabajó sobre 95 variables. Sin embargo, tras el análisis ya descrito se encontró que las variables clave son: Desarrollo Social del País (Desarrollo en general); Individualidad-Diversidad-Democracia; Motivación de los estudiantes; Líneas de Formación y de énfasis; Docentes: formadores, investigadores y personal técnico; Dotación y uso de laboratorios; Trabajo interdisciplinario con otras áreas o escuelas; Acreditación nacional e internacional; La Familia; Ética; Relacionamiento con empresas, instituciones y gremios; Imagen de la facultad y del programa en la sociedad; Imagen de la UPB en la sociedad; Demanda del Programa; Mercados laborales; Tendencias (nacionales y mundiales) en ingeniería mecánica, en la Ciencia y la Técnica.

### 3. Construcción de Hipótesis

Con los resultados de las variables críticas y la reflexión de la comunidad docente se formularon seis hipótesis independientes con un escenario de tiempo al año 2030. Estas hipótesis se agruparon en seis categorías (Estado-Gobierno; Factores institucionales internos UPB; Factores institucionales externos UPB-Relación con los Stakeholders; Relacionamiento; Mercado Competitividad y Sectores económicos CTi); las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Hipótesis para la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UPB al año 2030.

N°	Título de la Hipótesis	Descripción
1	Estado Gobierno	En el año 2030, el país invertirá el 2% del PIB en actividades de ciencia, tecnología e innovación. Asimismo, contará con un programa atractivo de becas para estudiantes de buen rendimiento académico, bajos recursos y orígenes diversos, permitiendo su integración. Para contribuir a estas metas de país, la facultad articula al menos 10 programas o proyectos orientados al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Estos proyectos durarán más de dos años y los estudiantes participarán activamente en ellos. El programa de IM (Ingeniería Mecánica) cuenta con una comunidad de diversos orígenes (regiones, países, estratos socioeconómicos). En este entorno, cada integrante puede ejercer un rol productivo, ya que todos los espacios académicos se diseñarán para la inclusión de personas con capacidades diversas.
2	Factores Institucionales internos (UPB)	Para el año 2030, la FIM (Facultad de Ingeniería Mecánica) mediante la formación basada en proyectos (ABP) logrará en sus estudiantes y docentes los máximos niveles de excelencia, pues las herramientas metodológicas e informáticas habilitan la apetencia por la investigación. Así, los estudiantes tendrán participación en semilleros, desarrollarán actividades investigativas propias de su nivel de formación y generarán nuevos productos académicos, investigativos y de transferencia. Esto disminuirá la deserción y aumentará el ingreso de nuevos estudiantes. Los docentes incrementarán sus actividades investigativas y se fortalecerán nuevos negocios que se desprendan de dichas actividades. Ello deberá dar pie a la reestructuración de las líneas de formación del programa y acorde con las pertinencias temáticas de Colciencias y los intereses del medio: Sector productivo, gremios y sociedad en general. Todo lo anterior direccionará los procesos de innovación para ser pertinentes con las necesidades reales.
3	Factores institucionales externos-Relación con los Stakeholders	En el 2030, la FIM realizará 2 experiencias interdisciplinarias por año, con participación de diferentes áreas de conocimiento y al menos dos escuelas. El trabajo interdisciplinario es rutina en el programa y se tiene un número igual o superior a 6 créditos. Adicionalmente, se brindará la posibilidad de vincular organizaciones públicas y/o privadas que patrocinen estos proyectos. El programa de Ing. Mecánica mantiene su acreditación nacional y obtendrá la acreditación internacional. En los próximos 10 años la familia apoya la formación de los estudiantes vinculándose de diversas maneras en la ejecución de los proyectos estudiantiles. En la UPB los docentes y empleados, encuentran estabilidad laboral y garantías para un desarrollo integral, social, afectivo, familiar y personal. Por otra parte, La ética se integrará

		como sujeto de estudio propio de la ingeniería, generando en el egresado un sentido ético que se constituye en elemento diferenciador del egresado. Por último, la política de gestión de la UPB establecerá mecanismos para un crecimiento medido en infraestructura para la investigación (espacios de experimentación) y la gestión de recursos, sin verticalidad en los esquemas organizacionales, superando de esta manera la burocracia académica.
4	Relacionamiento	En el 2030, Ing. Mecánica de la UPB será vista como un referente nacional e internacional para el desarrollo de proyectos que articulan la relación Universidad/Empresa/Estado y la Sociedad. En este periodo de diez años, se han logrado afianzar e incrementar los convenios y participación en asociaciones (gremios y redes) en un 50%; intercambios con universidades del 30% y proyectos de I+D+i en un 100%, con el apoyo de los estudiantes, docentes y egresados.
5	Mercado Competitividad	En el 2030, el programa de IM de la UPB estará entre los cinco mejores del país. Esto se logrará manteniendo la acreditación de alta calidad otorgada por el MEN (Ministerio de Educación Nacional) y alcanzando la acreditación internacional (por ejemplo, con ABET). Lo anterior, permitirá obtener una satisfacción de los egresados superior al 90%. Se necesita además la consolidación de las relaciones Universidad- Empresa-Estado y Sociedad a través de diversos mecanismos.
6	Sectores Económicos CTi	En el 2030, el programa estará altamente articulado con el conocimiento y contexto mundial a fin de disminuir brechas. Incluye una profunda articulación entre todo tipo de tecnologías y su relación con el ser humano. Presenta diversificación y flexibilidad en los campos formativos, investigativos y de proyección profesional, fomentando la generación de industrias sostenibles. Por otro lado, se continuará realizando ejercicios críticos y reflexivos que fortalezcan la relación de la facultad con sectores económicos y productivos.

#### 4. Escenarios probables

Un escenario se puede definir como la combinación de ocurrencia o no de las hipótesis formuladas. De esta forma, al tener seis hipótesis en juego, se generan  $2^6$  (dos a la seis) escenarios, es decir, 64 escenarios.

La probabilidad de ocurrencia de las hipótesis, tanto de manera directa como condicionada (esto es: la probabilidad de la hipótesis A dada la ocurrencia de la hipótesis B y la probabilidad de la hipótesis A dada la no ocurrencia de la hipótesis B) es asignada por expertos, tanto internos como externos al programa. Se seleccionaron expertos con roles específicos pertenecientes a una de las siguientes tipologías: Estudiantes, Docentes y/o Investigadores, IES-Directivas Universitarias, Instituciones gubernamentales, Empresas-emprendedores y/o empresarios, Asociaciones Profesionales, Sociedad-Ciudadanos, Enfoque político, Inversionistas, Padres de familia y Gremios.

Para encontrar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los escenarios se usa el software Smic-Prob Expert, que evalúa los impactos probabilísticos cruzados. Estas probabilidades fueron evaluadas por expertos internos y externos al programa con los roles ya mencionados. Al cargar

la información de los expertos al software se obtienen los resultados que se pueden ver en la Figura 1.

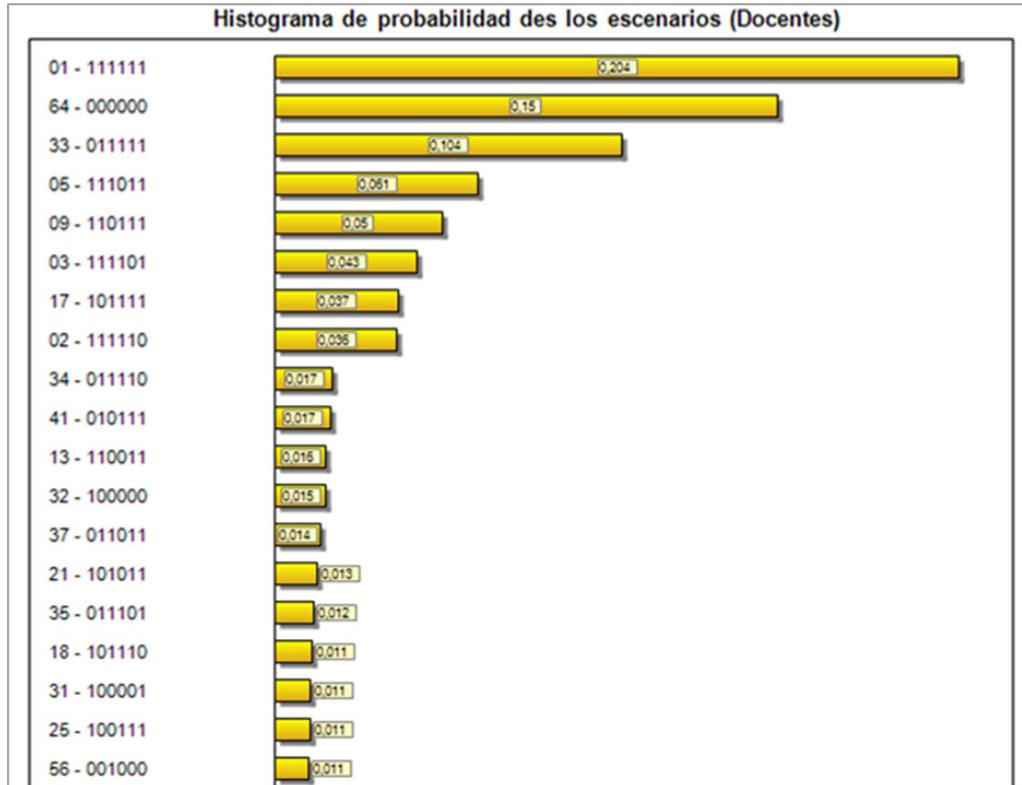


Figura 1. Escenarios de mayor probabilidad de ocurrencia.

Los 19 escenarios que se muestran agrupan cerca del 70% de la probabilidad de ocurrencia. El escenario más probable es el 111111 que significa que las seis hipótesis se cumplen, a su vez ese es el escenario más optimista de todos, tiene una probabilidad del 20,4%. El siguiente escenario más probable es el 000000, que significa que ninguna de las hipótesis se cumple, este es el escenario más pesimista con una probabilidad del 15%. El hecho de que estos escenarios sean los más probables, muestra la sinergia que hay entre las variables seleccionadas.

Teniendo clara la probabilidad de ocurrencia de los escenarios y sabiendo que el futuro se construye, es importante definir cuál será el escenario que se buscará alcanzar, a este escenario se le llamará escenario apuesta.

## 5. Escenario apuesta

El escenario apuesta es aquel en el que todas las hipótesis se cumplen, debido a que es el mejor escenario en el que podríamos estar y es el que mayores probabilidades de ocurrencia tiene. En extenso, se podría describir de la siguiente manera:

*“En el año 2030, el país invierte el 2% del PIB en actividades de ciencia, tecnología e innovación. Asimismo, cuenta con un programa atractivo de becas para estudiantes de buen rendimiento académico, bajos recursos y orígenes diversos, permitiendo su integración. Para contribuir a estas metas de país, la facultad articula al menos 10 programas o proyectos orientados al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Estos proyectos duran más de dos años y los estudiantes participan activamente en ellos. El programa de IM cuenta con una comunidad de diversos orígenes (regiones, países, estratos socioeconómicos). En este entorno, cada integrante puede ejercer un rol productivo, ya que todos los espacios académicos se diseñan para la inclusión de personas con capacidades diversas.*

*Por otro lado, la FIM mediante la formación basada en proyectos (ABP) logra en sus estudiantes y docentes los máximos niveles de excelencia, pues las herramientas metodológicas e informáticas habilitan la apetencia por la investigación. Así, los estudiantes participan en semilleros, desarrollan actividades investigativas propias de su nivel de formación y generan nuevos productos académicos, investigativos y de transferencia. Esto disminuye la deserción y aumenta el ingreso de nuevos estudiantes.*

*Al mismo tiempo, los docentes incrementan sus actividades investigativas y fortalecen nuevos negocios que se desprenden de dichas actividades. Ello deberá dar pie a la reestructuración de las líneas de formación del programa y acorde con las pertinencias temáticas de Colciencias y los intereses del medio: sector productivo, gremios y sociedad en general. Todo lo anterior direcciona los procesos de innovación para ser pertinentes con las necesidades reales.*

*De igual manera, la FIM realiza dos experiencias interdisciplinarias por año, con participación de diferentes áreas de conocimiento y al menos dos escuelas. El trabajo interdisciplinario es rutina en el programa y se tiene un número igual o superior a 6 créditos. Adicionalmente, se brinda la posibilidad de vincular organizaciones públicas y/o privadas que patrocinen estos proyectos. El programa de Ing. Mecánica mantiene su acreditación nacional y obtiene la acreditación internacional.*

*Con relación al rol que cumple la familia de los estudiantes en el programa, ésta apoya la formación de los estudiantes vinculándose de diversas maneras en la ejecución de los proyectos estudiantiles. En la UPB los docentes y empleados, encuentran estabilidad laboral y garantías para un desarrollo integral, social, afectivo, familiar y personal. Por otra parte, la ética se integra como sujeto de estudio propio de la ingeniería, generando en el egresado un sentido ético que se constituye en elemento diferenciador del egresado. También La política de gestión de la UPB cuenta con mecanismos para un crecimiento medido en infraestructura para la investigación (espacios de experimentación) y la gestión de recursos, sin verticalidad en los esquemas organizacionales, superando de esta manera la burocracia académica.*

*La facultad de Ing. Mecánica de la UPB es un referente nacional e internacional para el desarrollo de proyectos que articulan la relación Universidad/Empresa/Estado y la Sociedad a través de diversos mecanismos. Logra afianzar e incrementar los convenios y participación en asociaciones (gremios y redes) en un 50%; intercambios con universidades del 30% y proyectos de I+D+i en un 100%, con el apoyo de los estudiantes, docentes y egresados. Está considerada entre los cinco*

*mejores programas del país y la satisfacción de sus egresados es superior al 90% según evaluaciones realizadas.*

*Finalmente, el programa está altamente relacionado con el conocimiento y contexto mundial a fin de disminuir brechas. Incluye una profunda articulación entre todo tipo de tecnologías y su relación con el ser humano. Presenta diversificación y flexibilidad en los campos formativos, investigativos y de proyección profesional, fomentando la generación de industrias sostenibles. Por otro lado, se continúa realizando ejercicios críticos y reflexivos que fortalecen la relación de la facultad con sectores económicos y productivos.”*

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

El ejercicio prospectivo es una herramienta que permite la construcción conjunta de escenarios, al ser una construcción conjunta, genera compromiso en la comunidad frente a los planes estratégicos que permiten aproximarse al escenario apuesta.

Nuestra realidad es susceptible de cambiar en cualquier momento, tal como lo estamos viviendo actualmente por la influencia de una pandemia que nadie esperaba. Si bien estas situaciones inesperadas requieren acciones contingentes, los propósitos de fondo deben ser los que prevalezcan, y el ejercicio prospectivo permanente, genera una cultura reflexión conjunta que permite que la comunidad académica mantenga el rumbo.

Después de dos ejercicios prospectivos en el Programa, se tiene el convencimiento de que a pesar de que las realidades cambian con mucha dinámica, el futuro se construye y se construye como la integración de los pensamientos de los miembros de la comunidad.

Los métodos prospectivos permiten validar la percepción que a veces parece intuitiva, toda vez que la depuración colectiva con herramientas sistemáticas, cuyos resultados han sido usados en múltiples contextos, para el procesamiento de los datos, le otorgan rigor al ejercicio.

Luego de la identificación de estos escenarios, los esfuerzos se han orientado a la articulación de los resultados con el currículo, para ello se adelantan diálogos con egresados, empresarios y otros actores, para que incrementar los niveles de pertinencia y que nuestros egresados tengan una efectiva incorporación los sistemas productivos de la sociedad.

## **7. Referencias**

- Godet, M. (1993). De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia.
- Builes, C., & Manrique, J. (2000). Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: Un estudio prospectivo en Antioquia. Magíster, Gestión Tecnológica), Medellín, Colombia.
- Flórez Londoño, D. A. (2012). Estudio prospectivo al año 2020 del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín (Master's thesis, Escuela de Ingenierías).

- Godet, M., Monti, R., Meunier, F., & Roubelat, F. (2000). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica.
- Kirkpatrick, A. T., Danielson, S., Warrington, R. O., Smith, R. N., Thole, K. A., Kulacki, A., ... & Thomas Perry, P. E. (2011, June). Vision 2030; Creating the Future of Mechanical Engineering Education. In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22-1667).
- Peco, P. A. P. (2017). Nuevos empleos, nuevas habilidades: ¿estamos preparando el talento para la Cuarta Revolución Industrial? *ICE, Revista de Economía*, (898).
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

## Sobre los autores

- **Carlos A. Builes R.:** Ingeniero Mecánico, Magister en Gestión Tecnológica, Profesor titular de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- **Diego A. Flórez L.:** Ingeniero Mecánico, Magister en Gestión Tecnológica, Profesor titular de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- **Juan A. Ramírez M.:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Automática, Magister en Ingeniería, Doctor en Ingeniería, Profesor titular de la Universidad Pontificia Bolivariana, director de la Facultad de Ingeniería Mecánica.
- **Jhon Wilder Zartha S.:** Ingeniero Agroindustrial, Magister en Gestión Tecnológica, Doctor en Administración, Profesor titular de la Universidad Pontificia Bolivariana.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)