

LABORATORIOS Y ACREDITACION: UN ANALISIS MULTICRITERIO ESTUDIO DE CASO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

(LABORATORIES AND ACCREDITATION: A MULTICRITERIA ANALYSIS. CASE STUDY.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA)

Sandra Bibiana Garcia Castro

Universidad Nacional de Colombia, sbgarcia@unal.edu.co

Iván Jaramillo Jaramillo

Universidad Nacional de Colombia, ijaramilloj@unal.edu.co

Felix Antonio Cortés Aldana

Universidad Nacional de Colombia, facortesa@unal.edu.co

Resumen

Los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, buscan optimizar el aprovechamiento del uso de los equipos, tratando de lograr una modernización paulatina a través de los recursos obtenidos por el cobro de los servicios que prestan. La acreditación es la forma mediante la cual se demuestra la competencia del laboratorio para realizar sus ensayos y/o mediciones acorde con las necesidades y expectativas de los usuarios. El principal objetivo es determinar cuáles de los 5 laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, que actualmente prestan servicios de investigación y extensión, cumplen con los requisitos para poder ser acreditados, de acuerdo a la disponibilidad de tiempo, de recursos, de infraestructura y a la sostenibilidad de las mejoras implementadas, con el fin de optimizar la consecución de recursos adicionales. Una vez identificados los criterios de decisión, se realizó la asignación de pesos a través de diferentes métodos, luego se generó la matriz de decisión para consolidar los datos asociados a los criterios y a las alternativas, y se ponderaron los datos de la matriz de decisión y se obtuvieron los puntajes asociados a cada alternativa. Adicionalmente se empleó el AHP con el fin de realizar el ejercicio de toma de decisión únicamente con la evaluación de los criterios por parte de expertos en el tema. Los resultados muestran como una evolución en el concepto de la innovación, en el proceso de toma de decisiones, puede ser utilizado para proponer nuevas metodologías asociadas a la toma de decisiones en las organizaciones colombianas.

Palabras Clave

Laboratorios, Acreditación, Selección, Análisis de Decisión, AHP, Proceso, Innovación en procesos.

Abstract

The laboratories of Universidad Nacional de Colombia aim to optimize the utilization of the equipments, seeking a gradual modernization through the income made from the offer of services. The laboratories' competence to make essays or measures fulfilling the users' needs is demonstrated through accreditation. The main objective is to determine which ones among the 5 Chemical Engineering laboratories, currently serving research and extension, meet the requirements in order to get such accreditation, according to their availability of time, resources, infrastructure, and the sustainability of the implemented improvements, in order to optimize the obtaining of additional resources. Once identified the decision criteria, the percentage weightings through different methods was assigned, then a decision chart was generated to consolidate the data associated to criteria and the alternatives, and the data of the decision chart was weighted obtaining the scores associated to each alternative. Additionally, AHP was employed for the decision making only with the evaluation of criteria by experts in the area. Results show how a evolution in the concept of innovation, during the decision making process, can be used to propose new methodologies associated to such decision making in Colombian organizations.

Key Word

Laboratories, Accreditation, Selection, AHP, Process, Process Innovation.

1. Introducción

El análisis de decisión multicriterio (MCDA), nace de la necesidad de decidir entre diferentes alternativas de solución a un problema, abarcando diversos criterios simultáneamente, que con frecuencia son contradictorios entre sí (Fernández & Escribano, 2006). Estas metodologías de toma de decisiones, han venido consolidándose en las instituciones como la herramienta más útil cuando un decisor se enfrenta a un problema cuya solución es compleja y cuando la mayor parte de los actores no tienen la misma visión frente a cada uno de los criterios. (Fernández & Escribano, 2006).

El presente escrito describe la utilización de la metodología de decisión multicriterio, soportada en el método PROACT (Hammond, Keeney, & Raiffa, 1999) para establecer los criterios, ya que se basa en seis principios que garantizan un proceso eficaz de toma de decisiones:

- Se concentra en lo importante
- Es lógico y consecuente
- Reconoce los factores tanto subjetivos como objetivos y combina el pensamiento analítico con el intuitivo
- Sólo exige la cantidad de información y análisis necesarios para resolver un problema específico.
- Fomenta y guía la recopilación de información pertinente y opiniones bien fundadas

Una vez establecida la matriz de decisión con los criterios y las alternativas a considerar se realiza una asignación de pesos por tres métodos diferentes con el fin de ponderar los resultados y elegir la alternativa más apropiada.

El ejercicio se desarrolló con el fin de determinar cuál laboratorio del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, es el más apropiado para invertir en su acreditación, teniendo en cuenta determinando la factibilidad y la necesidad real de acreditar los ensayos de acuerdo a la disponibilidad de tiempo, de recursos, de infraestructura y de sostenibilidad de las mejoras implementadas, dado que la acreditación es la forma mediante la cual se demuestra la competencia del laboratorio para realizar sus ensayos y/o mediciones acorde con las necesidades y expectativas de los usuarios que atiende. Brinda un beneficio mutuo tanto para el laboratorio como para el usuario. Para el laboratorio es una medida de la validez de sus procesos y resultados, proporcionando un punto de referencia para establecer el nivel de competitividad frente a otros laboratorios y para los usuarios principalmente genera confiabilidad en los resultados obtenidos (International Laboratory Accreditation Cooperation - ILAC, 2011).

Para la aplicación tanto del método PROACT, como para el análisis de decisión multicriterio se contó con el apoyo de tres expertos tanto en el área de acreditación de

los laboratorios, como en el funcionamiento de los mismos al interior de la Universidad Nacional:

- Desde 1990 Profesor, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica; 1986 Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sistemas y computación; 1980 Pregrado, Universidad de los Andes, Ingeniería Eléctrica. Director del proyecto de reforzamiento del edificio 401 de la Facultad de Ingeniería. En Curso y Director Nacional de Laboratorios de la Universidad Nacional, desde el año 2012.
- Ingeniero Industrial con experiencia de 10 años en acompañamiento de la implementación de sistemas de gestión de calidad y acreditación de laboratorios en empresas públicas y privadas.
- Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia 2004. Especialista en legislación educativa y procedimientos de la Universidad Autónoma de Colombia 2012. Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, actualmente. Experiencia en la gestión de entidades públicas desde el año 1995. Experiencia en gestión de laboratorios Universitarios desde el año 2011.

Una vez aplicado el método PROACT, se establecieron los objetivos que se buscan mediante la acreditación del laboratorio:

- Demostrar la competencia de los laboratorios de la Universidad Nacional para realización de ensayos de laboratorios frente a la normatividad vigente.
- Satisfacer las expectativas de usuarios internos y externos con la prestación de los servicios de laboratorio
- Asegurar la calidad de los ensayos de laboratorio contribuyendo al sistema de gestión de la calidad de la UN
- Incrementar el nivel de competitividad de la Universidad Nacional frente a otros laboratorios que prestan los mismos servicios
- Distribuir equitativamente los recursos hasta donde sea posible.

Una vez definidos los objetivos, analizando los requisitos de la norma de acreditación y considerando las limitaciones al interior de la Universidad, se definieron los criterios a ser considerados para la evaluación de las alternativas. Posteriormente se aplicaron diferentes métodos de asignación de pesos con el fin de definir una tendencia y se realizó el análisis de decisión para elegir la alternativa más apropiada, acorde con las expectativas y el cumplimiento de los objetivos.

El documento muestra los resultados obtenidos de la aplicación de cada uno de los métodos de asignación de pesos, así como la selección de la alternativa resultante, luego de realizar el análisis con base en la información disponible sobre los laboratorios en cuestión, para luego comparar esta metodología con el proceso analítico jerárquico que permite realizar un análisis de decisión únicamente con la evaluación de los expertos, sin contar con información particular de cada laboratorio.

2. Experiencias Similares

2.1. Problema de Decisión en la Gestión Universitaria, un Enfoque Multicriterio (Garza, Perez, & Gonzalez, 2010).

El trabajo desarrollado por las autoras consiste en la aplicación de técnicas matemáticas para la solución de problemas de gestión de un Centro de Educación Universitario, considerando los criterios de interés definidos por los participantes de los procesos y utilizando técnicas de trabajo en grupo para elevar la eficiencia, la eficacia y la calidad del proceso de toma de decisiones.

Se plantearon los criterios y las alternativas para tres problemas de gestión seleccionados para el estudio: Ordenamiento de grupos de investigación, selección de una plataforma de teleformación adecuada y elaborar el Ranking de los Cursos facultativos de acuerdo a la calidad percibida.

Concluyen que el procedimiento empleado a través del análisis de decisión multicriterio en conjunto con los procedimientos diseñados en el Sistema de Gestión de Calidad, brindará una mayor flexibilidad en el ejercicio de la toma de decisiones dentro del Centro Universitario.

2.2. Objetivos universitarios y resultados socioeconómicos de la ingeniería: Un análisis multicriterio de alineación (Cortés, Peña, & Cortés, 2011)

El propósito del trabajo fue medir el grado de alineación de los objetivos estratégicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, contra los resultados obtenidos mediante los mecanismos de transferencia de conocimiento.

Se aplicaron técnicas de decisión multicriterio para medir la importancia de cada uno de los objetivos estratégicos de la facultad frente a cada objetivo, el grado de alineación entre los resultados esperados y los reales y el nivel de influencia de cada uno de los mecanismos de transferencia del conocimiento

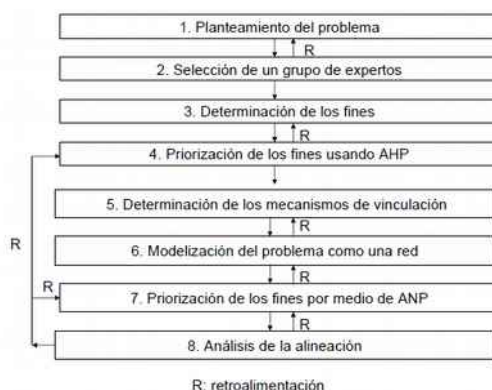


Figura 1. Etapas de la propuesta metodológica de alineación Fuente: (Cortés, Peña, & Cortés, 2011)

Concluyen que este tipo de metodologías permiten abordar problemas muy complejos con criterios muy subjetivos dentro del ámbito académico.

Resaltan la utilidad de los resultados para tomar decisiones relacionadas con las estrategias de transferencia de conocimiento entre la universidad y su entorno.

3. Planteamiento del Caso

Los laboratorios acreditados reciben un reconocimiento internacional, haciendo factible la aceptación en mercados extranjeros, reduciendo costos para fabricantes o usuarios al certificar sus productos en un laboratorio acreditado a nivel local y obviando una nueva acreditación en el país de destino. (International Laboratory Accreditation Cooperation - ILAC, 2011)

La decisión consiste en determinar cuál de los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, que actualmente prestan servicios de docencia, investigación y extensión, cumple con los requisitos para poder ser acreditado, determinando la factibilidad y la necesidad real de acreditar los ensayos de acuerdo a la disponibilidad de tiempo, de recursos, de infraestructura y de sostenibilidad de las mejoras implementadas, con el fin incrementar la captación de recursos por los servicios prestados y de lograr que sea competitivo tanto a nivel nacional como internacional.

El grupo de laboratorios se seleccionó con el fin de incluir los tres tipos de servicios que prestan (investigación, extensión y docencia) y con características similares para poder compararlos en igualdad de condiciones.

Los laboratorios considerados como alternativas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Alternativas a Considerar

LABORATORIO	DEDICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<i>Planta Piloto</i>	Docencia – Investigación - Extensión	Prácticas a nivel semi industrial de transferencia de masa, de fluidos, transferencia de calor, polímeros y catálisis.
<i>Instrumental</i>	Extensión - Investigación	Seguimiento de las reacciones de producción de biodiesel, evaluación separación de membranas de pervaporación, análisis térmico.
<i>Polímeros</i>	Docencia - Extensión	Síntesis y caracterización de polímeros, procesos a nivel de laboratorio de producción de polímeros.
<i>Combustibles y Lubricantes</i>	Docencia – Investigación - Extensión	Caracterización combustibles líquidos, pruebas pintura, ensayos bajo normas específicas para industria. Biocombustibles a partir de aceite de palma.
<i>Sala de Análisis y Diseño de Procesos</i>	Docencia – Investigación - Extensión	Simulación de procesos pregrado. Simulación de sistemas posgrado. Cursos de entrenamiento en software especializado a particulares.

El proceso de acreditación en ISO – IEC 17025 satisface en general el cumplimiento de los objetivos propuestos sin depender demasiado del tipo de laboratorio o ensayo que se someta al proceso de acreditación. Sin embargo las características particulares de cada laboratorio definen si están más encaminadas a satisfacer al usuario o a incrementar la competitividad o simplemente a demostrar la competencia para la realización de los ensayos (ICONTEC, 2005) .

Las directrices establecidas desde la Dirección Nacional de Laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia frente al proceso de acreditación, establecen los siguientes parámetros para considerar en el proceso:

- Se deben acreditar los laboratorios cuyos ensayos tengan proyección en el sector público y privado con base en las tendencias en investigación y la demanda de servicios del mercado
- Los recursos adicionales percibidos por el crecimiento en la demanda de ensayos y prestación de servicios, deben tener destinación específica para el mejoramiento y mantenimiento de equipos y laboratorios.
- El mejoramiento de la infraestructura debe contemplar espacios que permitan acondicionamientos especiales para el cumplimiento de requisitos técnicos de instalación de nuevos equipos
- La creación de nuevos cargos en la planta de personal, debe contemplar la necesidad de vincular funcionarios de planta que garanticen la continuidad en el aseguramiento de la calidad en la Universidad
- La compra de nuevos equipos y la adecuación de espacios para los laboratorios debe llevarse a cabo siempre bajo la supervisión del sistema nacional de laboratorios con el fin de darle continuidad al proceso de acreditación.

4. Selección de Criterios

Una vez seguidos los pasos indicados en el método PROACT (Hammond, Keeney, & Raiffa, 1999) para establecer claramente el objetivo, entender las consecuencias, estudiar las transacciones y aclarar las incertidumbres, el grupo de expertos acordó establecer los criterios de decisión que se muestran en la Tabla 2, basados en una relación costo beneficio, que incluye los factores claves para no incurrir en demasiados costos durante el proceso de acreditación y los puntos determinantes que maximizan la captación de recursos. Considerando la gran diversidad de los ensayos que se realizan en los laboratorios y que si bien todos dedican un porcentaje a los servicios de extensión, no todos centran su actividad principal en la venta de servicios, en este ejercicio de selección, se omitieron criterios relacionados con la competitividad en el mercado con el fin de no excluir a los laboratorios por su porcentaje de dedicación en cada una de las actividades (docencia, investigación o extensión).

Tabla 2. Tendencia y Justificación de los Criterios (elaboración propia)

Nombre corto	CRITERIO	JUSTIFICACION	Tendencia
C ₁	Nivel de Implementación de la norma	El nivel de implementación es un factor clave para determinar la brecha para el cumplimiento de los requisitos establecidos por la NTC ISO-IEC17025	Max
C ₂	Cantidad de personal	Considerando que la mayoría del personal es contratado a través de la facultad, estos costos no son asumidos por el laboratorio y sí es un factor clave para apoyar el proceso de acreditación	Max
C ₃	Porcentaje de equipos en buen estado	El punto de inicio del proceso de acreditación, implica realizar las adecuaciones necesarias y la inversión requerida para contar con instalaciones y equipos óptimos para la realización de los ensayos que se establezcan dentro del alcance de la acreditación.	Max
C ₄	Estado de la infraestructura física		Max
C ₅	Número de Grupos de Investigación apoyados	Se espera que la acreditación fortalezca el proceso de formación y de investigación en la universidad.	Max
C ₆	Número de Estudiantes Atendidos		Max
C ₇	Número de ensayos	La principal expectativa con el proceso de acreditación es que aumente el ingreso por ensayos realizados y aumente la eficiencia en la prestación del servicio	Max
C ₈	Tarifa Promedio por ensayo		Max
C ₉	Tiempo promedio		Min

Estos criterios a su vez fueron agrupados en tres grandes criterios con el fin de facilitar su análisis y posterior ordenamiento como se muestra en la Tabla 3, donde también se describen las unidades utilizadas, las fuentes de información consultadas y las escalas de valor aplicadas a los criterios adimensionales.



Tabla 3. Unidades y Fuentes de los Criterios (elaboración propia)

Cluster	Criterio	Unidades	Fuente
Requisitos de la norma	Nivel de Implementación de la norma	adimensional	Se aplicó la siguiente escala de valor con base en la información registrada en HERMES: 0- no han implementado nada 1- han iniciado el proceso de implementación 2- ya tienen implementada la fase inicial y están adecuando las metodologías de realización de ensayos
	Cantidad de Personal	funcionarios	HERMES
	Porcentaje de equipos en buen estado	%	HERMES
	Estado de la infraestructura física	adimensional	Se aplicó la siguiente escala de valor con base en la información registrada en HERMES: 0- En mal estado 1- Regular 2- En buen estado
Beneficiarios	Número de Grupos de Investigación apoyados	Grupos	HERMES
	Número de Estudiantes Atendidos	Estudiantes	HERMES
Ensayos	Número de ensayos	Ensayos	HERMES
	Tarifa Promedio por ensayo	Pesos	HERMES
	Tiempo Promedio por ensayo	Horas	HERMES

5. Ponderación de Criterios

El peso o la ponderación de los criterios es una medida de la importancia que tiene cada uno para el decisor o decisores. El hecho de que un criterio sea poco importante comparado con los demás en el momento de tomar una decisión, no implica que no deba ser considerado en el análisis (García M. , 2009). Para la asignación de pesos se utilizaron cuatro métodos con el fin de controlar la consistencia de los pesos asignados y establecer una tendencia general de la importancia de los criterios.

- Ordenación Simple: Se consideró ya que es la aproximación más sencilla de asignación de pesos y puede ser usada como insumo para otros métodos ya que obliga a realizar una ordenación inicial basada en la importancia de cada uno según el grupo de expertos.
- Tasación Simple: Es una aproximación usando una escala más directa ya que se debe asignar un valor en escala de 1 a 9, estableciendo no solamente el orden, sino proporcionando una medida de la diferencia de importancia entre un criterio y otro.
- Pattern: Es un método que proporciona el valor de los pesos, a través de la aplicación de una escala indirecta, e igual que en el caso anterior permite evaluar qué tanto es más importante un criterio que otro para los expertos.
- Entropía: Es un método objetivo de asignación de pesos ya que no intervienen las preferencias o el sesgo de los decisores.

5.1. Ordenación Simple

Se asignó el orden con base en el concepto dado por los expertos como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Ordenación de criterios para el método de ordenación simple (elaboración propia)

CRITERIO	NOMBRE	ORDEN
C_1	Nivel de implementación de la norma	3°
C_2	Cantidad de personal	7°
C_3	Porcentaje de equipos en buen estado	1° 2°
C_4	Estado de la infraestructura física	1° 2°
C_5	Número de Grupos de Investigación apoyados	8°
C_6	Número de Estudiantes Atendidos	9°
C_7	Número de ensayos	5° 6°
C_8	Tarifa promedio por ensayo	4°
C_9	Tiempo promedio por ensayo	5° 6°

Luego se procedió a la asignación de valores, dando el valor de 9 al más importante, reordenando los criterios y calculando el promedio para los criterios empatados y se normalizó por la suma para hallar el peso de cada criterio. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Asignación de pesos para los criterios - método de ordenación simple (elaboración propia)

CRITERIO	NOMBRE	VALOR	PROMEDIO	PESO
C_3	Porcentaje de equipos en buen estado	9	8.5	0.19
C_4	Estado de la infraestructura física	8	8.5	0.19
C_1	Nivel de implementación de la norma	7	7	0.16
C_8	Tarifa promedio por ensayo	6	6	0.13
C_7	Número de ensayos	5	4.5	0.10
C_9	Tiempo promedio por ensayo	4	4.5	0.10
C_2	Cantidad de personal	3	3	0.07
C_5	Número de Grupos de Investigación apoyados	2	2	0.04
C_6	Número de Estudiantes Atendidos	1	1	0.02

5.2. Tasación Simple

Para aplicación de este método y del método Pattern, se partió de la ordenación realizada en el método anterior, dado que el ejercicio de ordenar los criterios con base en la importancia que revisten dentro del proceso de acreditación, fue el más extenuante y el más debatido por los expertos dentro del proceso de asignación de pesos. La ordenación resultante fue de mucha utilidad para poder realizar la evaluación posterior mediante los otros dos métodos.

Se asigna nuevamente un valor subjetivo para cada criterio entre 1 y 9 siendo 9 el valor que denota mayor importancia para un criterio. Para la aplicación de este método partimos de la ordenación realizada en el método anterior.

Luego se procede a normalizar por la suma y a calcular los respectivos pesos para cada criterio, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Asignación de pesos para los criterios - método de tasación simple (elaboración propia)

CRITERIO	NOMBRE	VALOR	PESOS
C_3	Porcentaje de equipos en buen estado	9	0.14
C_4	Estado de la infraestructura	9	0.14

	física		
C_1	Nivel de implementación de la norma	8	0.13
C_8	Tarifa promedio por ensayo	8	0.13
C_7	Número de ensayos	7	0.11
C_9	Tiempo promedio por ensayo	7	0.11
C_2	Cantidad de personal	6	0.10
C_5	Número de Grupos de Investigación apoyados	5	0.08
C_6	Número de Estudiantes Atendidos	4	0.06

5.3. Método Pattern

Para la aplicación del método Pattern se partió de la evaluación realizada en el método de tasación simple de 1 a 9, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Asignación de pesos para los criterios - Método Pattern (elaboración propia)

CRITERIO	NOMBRE	VALOR	PESOS
C_3	Porcentaje de equipos en buen estado	9	$9.X = 0.144$
C_4	Estado de la infraestructura física	9	$9.X = 0.144$
C_1	Nivel de implementación de la norma	8	$8.X = 0.128$
C_8	Tarifa promedio por ensayo	8	$8.X = 0.128$
C_7	Número de ensayos	7	$7.X = 0.112$
C_9	Tiempo promedio por ensayo	7	$7.X = 0.112$
C_2	Cantidad de personal	6	$6.X = 0.096$
C_5	Número de Grupos de Investigación apoyados	5	$5.X = 0.080$
C_6	Número de Estudiantes Atendidos	4	$4.X = 0.064$

Siendo $X = 1 / (9+9+8+8+7+7+6+5+4) = 0.016$

5.4. Entropía

La entropía es un método objetivo de asignación de pesos, que se basa en la relación directa que existe entre la importancia relativa de un criterio j con la cantidad de información aportada por las alternativas a dicho criterio (García J. M., 2002).

Para la aplicación de este método simplemente se normalizaron los valores obtenidos para cada criterio de la matriz de decisión, cuidando de normalizar por el inverso multiplicativo, el criterio cuya tendencia es a

minimizar, luego se calculan las entropías, las diversidades y finalmente los pesos normalizados.

CRITERIO	NOMBRE	Entropías	Diversidades	PESO
C_1	Nivel de implementación de la norma	0,94626519	0,05	0,04
C_2	Cantidad de personal	0,99051146	0,01	0,01
C_3	Porcentaje de equipos en buen estado	0,88341643	0,12	0,08
C_4	Estado de la infraestructura física	0,98238878	0,02	0,01
C_5	Número de Grupos de Investigación apoyados	0,96022524	0,04	0,03
C_6	Número de Estudiantes Atendidos	0,69593137	0,30	0,22
C_7	Número de ensayos	0,6678393	0,33	0,24
C_8	Tarifa promedio por ensayo	0,5934909	0,41	0,29
C_9	Tiempo promedio por ensayo	0,88508194	0,11	0,08

6. Comparación de Valores

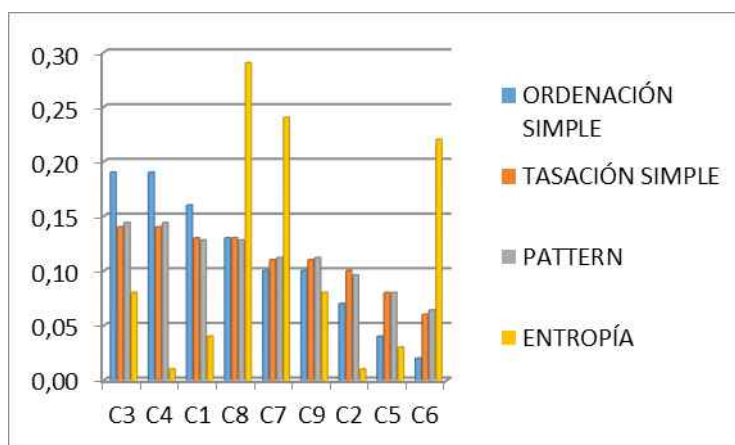


Figura 2. Comparación de pesos calculados por los tres métodos (elaboración propia)

Como se puede observar en la Figura 2, con base en los resultados encontrados por cada uno de los cuatro métodos, los valores son consistentes entre sí para los primeros tres y tienen una tendencia definida. Los pesos calculados por el método de la entropía le asignan una mayor importancia a la tarifa promedio de los ensayos, dado que para este método los criterios con mayor valor numérico en cada alternativa, son los más influyentes para la asignación de los pesos. Este método se utilizó para tener un punto de comparación de una asignación de pesos objetiva, sin embargo no es el óptimo para utilizar en esta decisión debido a la gran variedad de escalas que revisten los criterios entre sí. Para continuar con la ponderación de las alternativas, se utilizarán los pesos asignados a través del método de ordenación simple por tener una escala de valores más amplia y por haber basado la asignación de los otros dos métodos a partir de la ordenación realizada inicialmente.

La tendencia similar de los criterios para los tres primeros métodos es de esperarse, puesto que se parte de la ordenación inicial realizada para el primer método, aunque se asignen nuevas escalas de valoración.

7. Valoración de Alternativas

Una vez determinados los pesos para cada uno de los criterios, se procedió a elaborar la matriz de decisión que contiene toda la información recopilada frente a cada una de las alternativas, como se muestra en la Tabla 8. Los datos de la matriz fueron obtenidos del Módulo de Laboratorios del Sistema Hermes (Universidad Nacional de Colombia, 2014) y de la valoración dada por los expertos para aquellos criterios adimensionales:

Tabla 8. Matriz de Decisión (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

CRITERIOS	Unidades	Peso	Planta Piloto	Instrumental	Polímeros	Combustibles y lubricantes	Análisis y diseño de procesos
Nivel de implementación de la norma	AD	0.19	0	1	1	2	0
Cantidad de personal	Funcionarios	0.19	2	2	3	2	2
Porcentaje de equipos en buen estado	%	0.16	37	94	100	60	10
Estado de la infraestructura física	AD	0.13	2	1	2	2	2
Número de Grupos de Investigación apoyados	Grupos	0.10	2	2	0	2	1
Número de Estudiantes Atendidos	Estudiantes	0.10	721	0	64	286	230
Número de ensayos	Ensayos	0.07	4	4	11	34	1
Tarifa promedio por ensayo	Miles de pesos	0.04	0	156	216	88	1000
Tiempo promedio por ensayo	Horas	0.02	3.5	6.75	3	5	40

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

Una vez obtenida la matriz de decisión y proceder a la evaluación de las alternativas con base en los pesos asignados a los criterios seleccionados, se pudo evidenciar que una de las principales dificultades para la toma de decisiones en la Universidad Nacional es la falta de información real y actualizada. El sistema de información HERMES a pesar de contar con información reciente, en muchos de los casos está incompleta, lo cual implicó recurrir directamente a los laboratorios a conseguir los datos faltantes. Si escalamos este tipo de ejercicios a un nivel de sede, o nacional, no solo de facultad, sería imposible recopilar la información necesaria para soportar este tipo de métodos para la toma de decisiones.

8. Ponderación de Alternativas y Análisis de Resultados

Al normalizar cada criterio por la suma, multiplicar cada valor por el peso correspondiente y realizar la suma para cada laboratorio, se obtuvieron los siguientes resultados:

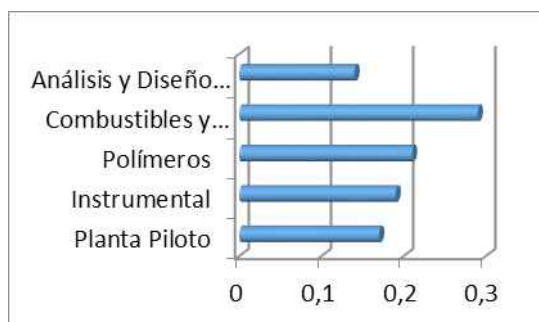


Figura 3. Ponderación de Alternativas (elaboración propia)

En la Figura 3 se observa que el laboratorio más apropiado para la asignación de recursos de acreditación, es el laboratorio de Combustibles y Lubricantes. Lo cual es coherente con los objetivos propuestos ya que no sólo es el laboratorio que tiene más implementada la norma sino es el que más ensayos realiza, gasta un tiempo intermedio en la realización de cada uno y así mismo atiende una gran cantidad de estudiantes, beneficiando no solo la extensión, sino también la investigación y la docencia.

9. Método AHP

Una vez definidos los criterios, las alternativas y los expertos, se procede a aplicar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) por sus siglas en inglés, que es un método que se basa en la idea de que un problema de decisión sujeto a una variedad de criterios a considerar, se puede resolver mediante una adecuada jerarquización de dichos criterios, a través de comparaciones por pares realizadas por expertos (Roche & Vejo, 2005).

Consta de las siguientes etapas:

- Descomponer el problema de decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados (meta, criterios y alternativas)
- Desarrollar las matrices de comparación por pares
- Desarrollar las matrices normalizadas
- Calcular los vectores de prioridades
- Determinar la consistencia de las matrices de prioridades
- Determinar las prioridades globales para las alternativas

Con el fin de aplicar el método AHP, se partirá de la definición del problema, los objetivos propuestos, los criterios seleccionados y las posibles alternativas a tener en cuenta, establecidas mediante la aplicación del método PROACT.

Para la elaboración del diagrama de Jerarquías que se ilustra en la Figura 4. Se partió de la clasificación de los criterios agrupados por clusters como se ilustró en la Tabla 3.

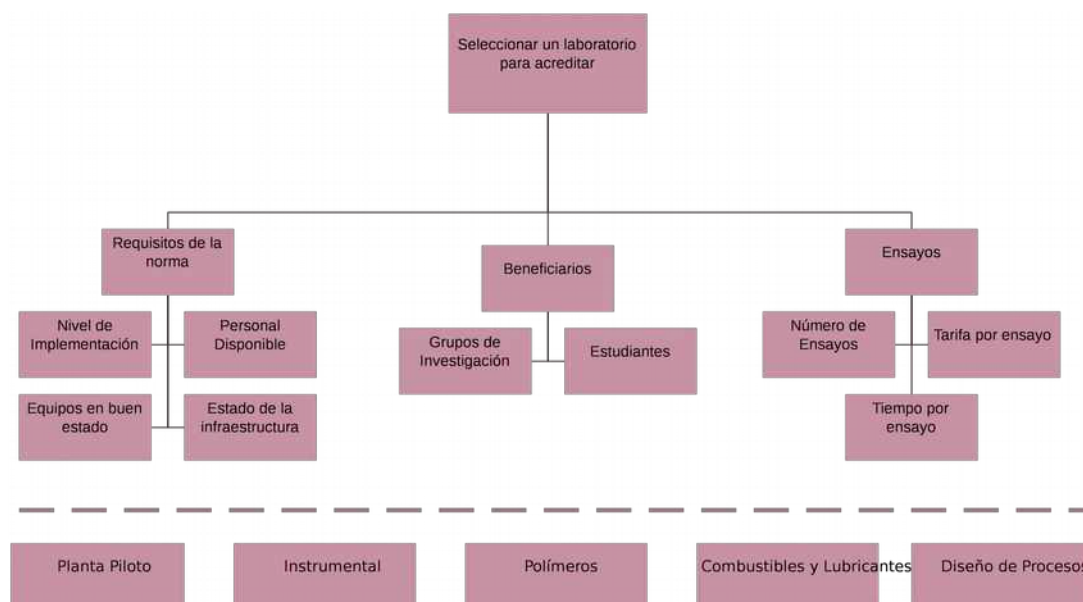


Figura 4. Diagrama de Jerarquías (elaboración propia)

9.1. Matrices de Comparación por pares

Con el fin de establecer los niveles de importancia entre pares de criterios, frente a la meta y los niveles de preferencia entre las alternativas frente a cada criterio se realizó la

evaluación por parte de cada uno de los expertos según la escala sugerida por Saaty que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Escala Fundamental de Saaty (ZHAO & CHEN, 2004)

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igual Importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre el otro.
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es muy dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia.
2,4,6,8	Valores intermedios entre criterios	Utilización para graduación más fina de juicios

Se realizó la evaluación y posterior tabulación de los resultados de cada uno de los grupos de criterios frente a la meta u objetivo principal, por cada uno de los expertos.

Posteriormente se realizó la misma evaluación por pares de criterios para cada uno de los cluster asignados, para finalmente realizar la comparación de cada una de las alternativas frente a cada criterio.

Las tablas 10, 11 y 12 muestran un ejemplo de las matrices trabajadas para la aplicación del método.

Tabla 10. Comparación de los clústeres frente a la meta u objetivo (elaboración propia)

	EXPERTO 1			EXPERTO 2			EXPERTO 3		
	Requisitos Norma	Beneficiarios	Ensayos	Requisitos Norma	Beneficiarios	Ensayos	Requisitos Norma	Beneficiarios	Ensayos
Requisitos Norma	1	5	5	1	4	3	1	3	3
Beneficiarios	1/5	1	1	1/4	1	1	1/3	1	1
Ensayos	1/5	1	1	1/3	1	1	1/3	1	1

Tabla 11. Comparación de los criterios frente a cada clúster (elaboración propia)

REQUISITOS DE LA NORMA

	EXPERTO 1				EXPERTO 2				EXPERTO 3			
	Nivel Impl	Personal	Equipos	Infraestruc	Nivel Impl	Personal	Equipos	Infraestruc	Nivel Impl	Personal	Equipos	Infraestruc
Nivel Impl	1	7	1	3	1	1/9	1/7	1/7	1	7	1	1
Personal	1/7	1	1/6	1/4	9	1	1	3	1/7	1	1/5	1/5
Equipos	1	6	1	5	7	1	1	1	1	5	1	1
Infraestruc	1/3	4	1/5	1	7	1/3	1	1	1	5	1	1

Tabla 12. Comparación de las alternativas frente a cada criterio (elaboración propia)

NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA

	EXPERTO 1					EXPERTO 2					EXPERTO 3				
	planta piloto	instrumental	polimeros	combustibles	diseño	planta piloto	instrumental	polimeros	combustibles	diseño	planta piloto	instrumental	polimeros	combustibles	diseño
planta piloto	1	1/5	1/5	1/9	3	1	1/5	1/5	1/8	2	1	1/5	1/5	1/7	3
instrumental	5	1	1	1/5	5	5	1	1/2	1/4	4	5	1	1	1/5	5
polimeros	5	1	1	1/3	5	5	2	1	1/4	4	5	1	1	1/3	5
combustibles	9	5	3	1	9	8	4	4	1	9	7	5	3	1	9
diseño	1/3	1/5	1/5	1/9	1	1/2	1/4	1/4	1/9	1	1/3	1/5	1/5	1/9	1

9.2. Normalización de las Matrices

Se normalizan los valores para todas las matrices de dimensiones superiores a 2X2, por la suma de las columnas con el fin de determinar la consistencia de los juicios emitidos por parte de los expertos.

Los Ratios de consistencia calculados estuvieron por debajo del 10% para casi todas las matrices de los expertos, en un solo caso se sube al 11% y lo que consideró como tolerable.

9.3. Cálculo de las prioridades locales y globales

Con el fin de determinar las prioridades locales, se calculó la media geométrica de las valoraciones de los expertos para cada uno de los cluster por criterios y de los criterios por alternativas, con lo cual se complementó el diagrama de jerarquías, como se muestra en la figura 5.

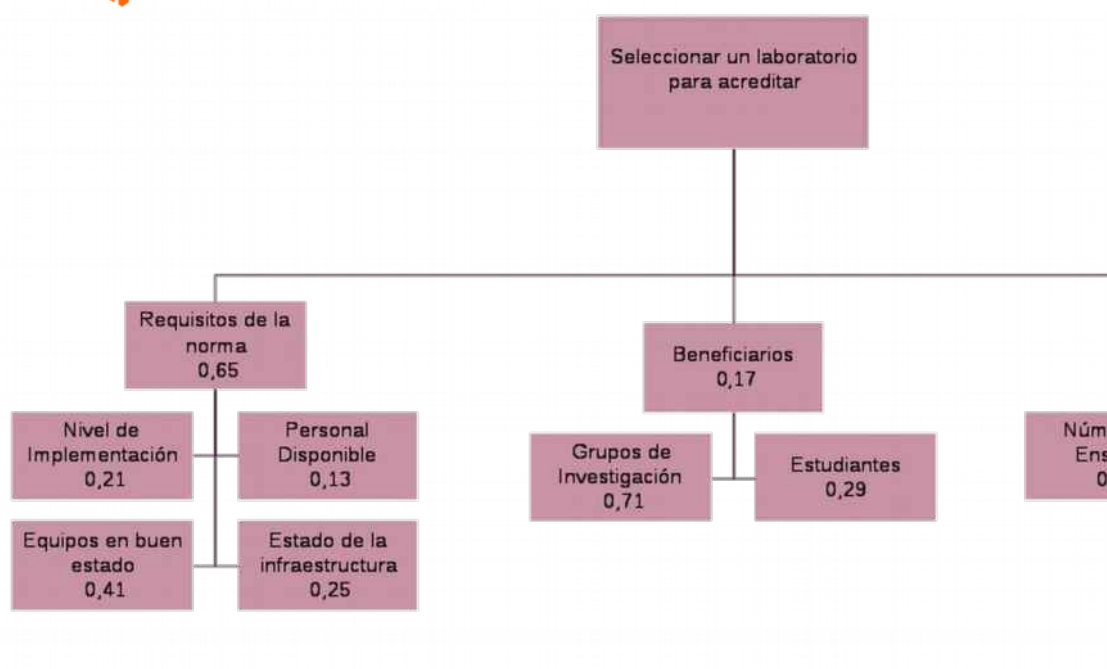


Figura 5. Diagrama de Jerarquías con prioridades locales y globales (elaboración propia)

Una vez hallados los vectores de prioridad de cada alternativa con respecto a cada subcriterio se obtiene una matriz, esa matriz se multiplica por el vector de prioridades de los subcriterios frente a los criterios. De esta manera obtenemos el vector de preferencias de cada alternativa frente a cada uno de los criterios principales como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Vector de Preferencias para cada alternativa frente a cada clúster (elaboración propia)

	NORMA	BENEFICIA-RIOS	ENSAYOS
planta piloto	0,18	0,33	0,12
Instrumen-tal	0,21	0,10	0,11
polímeros	0,27	0,10	0,25
Combusti-bles	0,26	0,31	0,31
diseño	0,08	0,16	0,20

Esta nueva matriz la multiplicamos por el vector de prioridades de los criterios frente a la meta u objetivo general, obteniendo las prioridades globales de cada una de las alternativas frente a la meta.

Tabla 14. Prioridades Globales de las Alternativas (elaboración propia)

Alternativa	Wglobal
planta piloto	0,20



instrumental	0,17
Polímeros	0,24
combustibles	0,28
Diseño	0,11

Como se puede ver en la tabla 14, el laboratorio más adecuado para implementar la acreditación bajo la norma ISO-IEC 17025 es el laboratorio de combustibles y lubricantes, lo cual coincide con el análisis realizado a través de la matriz de decisión, asignando pesos por los métodos de ordenación simple, tasación simple y Pattern. Esto obedece a que el laboratorio de Combustibles y Lubricantes es el que en este momento se encuentra más adelantado en la implementación de los requisitos de la norma, lo cual dentro de todos los métodos utilizados para asignación de pesos, es el criterio que más peso tiene para los expertos.

10. Conclusiones

Los métodos de análisis multicriterio resultan una herramienta muy útil para tomar decisiones en entidades estatales, donde los criterios a tener en cuenta son de diversa índole y el proceso de toma de decisiones, resulta muy subjetivo y bastante complejo. Si bien la metodología AHP, no elimina la subjetividad, obliga a los decisores a realizar un análisis más profundo de la situación y a documentar más los juicios de valor que deben emitir.

Para el caso de la acreditación de laboratorios existen diversos intereses, por un lado se quiere lograr un beneficio económico para la universidad y por otro se quiere beneficiar a la academia con el fortalecimiento de la investigación a través de equipos y ensayos validados por una norma técnica. Sin embargo los recursos disponibles para invertir en el proceso como tal, así como el personal necesario para implementar la norma en un laboratorio son limitados, lo cual hace necesario que la decisión de cuál o cuáles laboratorios se deben acreditar sea la más conveniente, tanto para el laboratorio como para la universidad, con el fin de realizar una adecuada inversión de estos recursos.

El análisis permitió evidenciar que el acceso y la administración de información confiable, es deficiente. Si bien el sistema HERMES es una herramienta recientemente implementada para los laboratorios y cuenta con información reciente, ésta aún está muy incompleta, lo cual hizo necesario realizar visitas a los laboratorios que hicieron parte de este análisis, para verificar los datos de algunos de los criterios. Por este motivo los expertos consideraron que al tratar de escalar un ejercicio a una escala mayor, el método más conveniente para realizar el análisis de decisión es el Proceso Analítico Jerárquico.

Durante la realización del ejercicio se puede observar como a pesar de ser expertos de diferentes niveles del proceso de acreditación, hay un consenso en favorecer el cumplimiento de los requisitos de la norma y la brecha de cada laboratorio frente a la implementación, como el criterio con mayor peso a la hora de decidir acreditar los ensayos, dado que es durante esa fase de implementación que se invierte la mayor cantidad de recursos que para este caso es la principal limitación.

Para este ejercicio vemos que aplicando diferentes técnicas de asignación de pesos y dos métodos de ponderación, se llega al mismo resultado de acreditar el laboratorio de Combustibles y Lubricantes como la alternativa más apropiada, ya que dentro del grupo de los 5, es el laboratorio que más cerca se encuentra de tener implementada la norma, por consiguiente es el laboratorio en el que menos recursos se deberían invertir y a su vez es uno de los que más demanda tiene para realizar ensayos y prestar servicios de extensión universitaria, lo cual genera una mayor captación de recursos.

Durante la realización de las encuestas para aplicar el AHP se vio muy marcada la tendencia a validar la ordenación realizada durante el análisis de decisión multicriterio, a través del método de ordenación simple. De no haber realizado esa ordenación con

anterioridad, el ejercicio habría sido mucho más complejo e inconsistente a la hora de determinar los ratios de inconsistencia.

Para terminar, es de destacar como el AHP, es una herramienta sumamente útil para cualquier tipo de toma de decisión que involucre una extensa cantidad de criterios y poca información disponible para realizar una valoración a través de una matriz de decisión. Por lo cual es una herramienta óptima para ser utilizada en la administración de entidades estatales, de gran tamaño y por consiguiente de gran complejidad.

Referencias

- Cortés, F., Peña, I., & Cortés, J. (2011). Objetivos universitarios y resultados socioeconómicos de la ingeniería: Un análisis multicriterio de alineación. *Ingeniería e Investigación vol. 31*, 193-203.
- Fernández, G., & Escribano, M. (2006). *La Ayuda a la Decisión Multicriterio: orígenes, evolución y situación actual*. Madrid: Universidad CEU, San Pablo.
- García, J. M. (Diciembre de 2002). Asignación de Pesos no Subjetivos para la Evaluación. Ciudad de México, Mexico.
- García, M. (2009). *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Garza, R., Perez, I., & Gonzalez, C. (2010). Problemas de decisión en la gestión universitaria, un enfoque multicriterio. *Véctor*, 85-92.
- Hammond, J., Keeney, R., & Raiffa, H. (1999). *Decisiones Inteligentes. Guía práctica para tomar mejores decisiones*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- ICONTEC. (2005). *NTC ISO/IEC 17025 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración*. Bogotá: ICONTEC.
- International Laboratory Accreditation Cooperation - ILAC. (2011). *Razones por las cuales debería obtenerse la acreditación de un laboratorio*.
- Roche, H., & Vejo, C. (2005). *Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración*.
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). Sistema de Información para la Investigación - HERMES. Bogotá, Colombia.
- ZHAO, Y., & CHEN, J. (2004). Analytic hierarchy process and its application in power system. *Electric Power Automation Equipment Vol. 9*.