

FORMACIÓN AMBIENTAL EN INGENIERÍA: UNIVERSIDADES DEL MERCOSUR

Susana Llamas

Universidad Nacional de Cuyo
Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Argentina.
susana.llamas@ingenieria.uncuyo.edu.ar

Irma Mercante

Universidad Nacional de Cuyo
Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Argentina.
irma.mercante@ingenieria.uncuyo.edu.ar

Recibido: 01/02/2019
Aceptado: 30/05/2019

83

Artículo

Resumen

Se realizó un estudio comparativo de la formación ambiental para las titulaciones en Ingeniería Civil, Industrial y Producción de las cuatro Universidades que integran la Red de Investigación Ambiental en Educación Superior (REDIAES): Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO) - Argentina, Universidad Católica Ntra. Sra. de La Asunción (UCNSLA) - Paraguay, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) y Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Brasil. Se emplearon los cuatro criterios de calidad definidos por el Sistema de Acreditación de Carreras Universitarias (ARCU-SUR) para las titulaciones en Ingeniería: 1) Ciencias Básicas y Matemática, 2) Ciencias de la Ingeniería, 3) Ingeniería Aplicada y 4) Contenidos Complementarios. El análisis se realizó considerando la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales incluidas en cada criterio de calidad. Se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico para realizar comparaciones por pares a partir de la asignación de pesos relativos y la confección de matrices para la valoración de los criterios. El cálculo de los vectores de prioridad final, con los que se determinó la jerarquización correspondiente, se obtuvo mediante la realización del producto matricial. Los resultados obtenidos para la titulación en Ingeniería Civil arrojaron la siguiente jerarquía (UFPE: 0,444. UCNSA: 0,235. UNCUYO: 0,163. UFRJ: 0,157), mientras que para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Producción la

jerarquía obtenida fue (UFRJ: 0,383. UCNSA: 0,284. UFPE: 0,258. UNCUIYO: 0,085). En Ingeniería Civil se observa que el mayor déficit de contenidos ambientales corresponde al ciclo superior de formación profesional, mientras que para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Producción el déficit de contenidos ambientales se presenta en el ciclo básico.

Palabras Clave: Educación, Ingeniería, Proceso Analítico Jerárquico.

TREINAMENTO AMBIENTAL EM ENGENHARIA: UNIVERSIDADES DO MERCOSUL

Resumo

Um estudo comparativo do treinamento ambiental para os diplomas em Engenharia Civil, Industrial e de Produção das quatro Universidades que compõem a Rede de Pesquisa Ambiental no Ensino Superior (REDIAES): Universidade Nacional de Cuyo (UNCUIYO) - Argentina, Universidad Católica Ntra Sra. Da Asunção (UCNSLA) - Paraguai, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Brasil. Os quatro critérios de qualidade definidos pelo Sistema de Credenciamento de Carreira Universitária (ARCU-SUR) foram utilizados para graus de engenharia: 1) Ciências Básicas e Matemática, 2) Ciências de Engenharia, 3) Engenharia Aplicada e 4) Conteúdo Complementar. A análise foi feita considerando o número de sujeitos com conteúdos ambientais incluídos em cada critério de qualidade. O Processo Analítico Hierárquico foi utilizado para realizar comparações em pares a partir da alocação de pesos relativos e a preparação de matrizes para a avaliação dos critérios. O cálculo dos vetores de prioridade final, com o qual a hierarquia correspondente foi determinada, foi obtido pela realização do produto da matriz. Os resultados obtidos para o grau em Engenharia Civil renderam a seguinte hierarquia (UFPE: 0,444. UCNSA: 0,235. UNCUIYO: 0,163. UFRJ: 0,157), enquanto que para os graus em Engenharia e Produção Industrial a hierarquia obtida foi (UFRJ: 0,383. UCNSA: 0,284. UFPE: 0,258. UNCUIYO: 0,085). Na engenharia civil, observa-se que o maior déficit de conteúdo ambiental corresponde ao maior ciclo de treinamento profissional, enquanto que para os graus em Engenharia e Produção Industrial o déficit de conteúdo ambiental é apresentado no ciclo básico.

Palavras Chave: Educação, Engenharia, Processo Analítico Hierárquico.

Environmental training in Engineering: Universities of MERCOSUR

Abstract. A comparative study of the environmental training for the degrees in Civil, Industrial and Production Engineering of the four Universities that make up the Environmental Research Network in Higher Education (REDIAES): National University of Cuyo (UNCUIYO) - Argentina, Universidad Católica Ntra. Ms. de la Asunção (UCNSLA) - Paraguay, Federal University of Pernambuco (UFPE) and Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) - Brazil. The four quality criteria defined by the University Career Accreditation System (ARCU-SUR) were used for engineering degrees: 1) Basic Sciences and Mathematics, 2) Engineering Sciences, 3) Applied Engineering and 4) Complementary Contents. The analysis was made considering the number of subjects with environmental contents included in each quality criterion. The Hierarchical Analytical Process was used to perform pairwise comparisons from the allocation of relative weights and the preparation of matrices for the evaluation of the criteria. The calculation of the final priority vectors, with which the corresponding hierarchy was determined, was obtained by performing the matrix product. The results obtained for the degree in Civil Engineering yielded the following hierarchy (UFPE: 0,444. UCNSA: 0,235. UNCUIYO: 0,163. UFRJ: 0,157), while for the degrees in Industrial Engineering and Production the hierarchy obtained was (UFRJ: 0,383. UCNSA: 0,284. UFPE: 0,258. UNCUIYO: 0,085). In Civil Engineering it is observed that the greatest deficit of environmental contents corresponds to the higher cycle of professional training, while for the degrees in Industrial Engineering and Production the deficit of environmental contents is presented in the basic cycle.

Keywords: Education, Engineering, Analytic Hierarchy Process.

Introducción

El crecimiento demográfico de los países del MERCOSUR (Mercado Común del Sur), UNASUR (Unión de Naciones Sudamericanas) y CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños) y la mejora de la calidad de vida de los habitantes, ambos fuertemente relacionados con el desarrollo de actividades productivas, el acceso a la educación, al trabajo y a la vivienda, impulsan el aumento de la demanda de bienes y servicios y con esto la generación de residuos, efluentes y emisiones.

El potencial de desarrollo de los países del MERCOSUR, UNASUR y CELAC es enorme, en consecuencia, es previsible que se verifique un aumento en las actividades productivas y comerciales de la región. El incremento de ellas también produce una mayor cantidad de residuos, efluentes y emisiones tanto en las grandes ciudades como en los núcleos rurales y sectores industriales. Este incremento ocurre a un ritmo que supera la capacidad de recuperación del ambiente y el desfase se agudiza por la falta de respuestas institucionales adecuadas a las realidades locales para orientar el desarrollo sostenible.

Los residuos sólidos generados por estas actividades pueden ser fuente de contaminación grave si no se gestionan de forma adecuada. Es necesario reorientar la concepción actual que se tiene de ellos, como descartes sin valor, hacia la interpretación más amplia de la economía circular para potenciar su aprovechamiento como recursos, por medio de la innovación, para su valorización.

El sector académico de los países de la región tiene un rol central en la calidad de las respuestas institucionales frente a los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y las 169 metas vigentes desde el 1 de enero de 2016, que guiarán las decisiones de los próximos 15 años (NU, 2015). Es por esto que nuestras universidades deben transmitir una visión más equilibrada entre el desarrollo económico-productivo y la preservación de los recursos naturales, renovables y no renovables, como forma de contribuir a la mejora en la calidad de vida de los habitantes de la región en un marco sostenible.

Es necesario que el sector académico profundice la incorporación de contenidos ambientales en la formación de sus profesionales para hacer frente a los desafíos del desarrollo sostenible con un sentido colaborativo de integración, que reduzca las asimetrías y fortalezca las capacidades y competencias en todos sus niveles. En tal sentido la formación integral de los futuros profesionales de Ingeniería en los países de la región necesita integrar estos desafíos en el diseño curricular de su oferta educativa con enfoques dinámicos que incluyan el concepto de desarrollo sostenible como acción común.

La integración regional es una fuente de oportunidades para facilitar la comunicación, profundizar la colaboración, intercambiar experiencias y elevar la calidad académica por medio de la vinculación entre centros de investigación y la participación de los docentes-investigadores en proyectos conjuntos. El resultado de esta integración debe estar presente en los planes de estudio de las titulaciones en Ingeniería, como requisito necesario para el reconocimiento de créditos académicos y para que los egresados tengan los conocimientos, las competencias y las habilidades

necesarias para transformar las realidades locales por medio de la innovación, la adaptación y la mejora de diseños, procesos y operaciones en el campo específico de su profesión.

El sistema ARCU-SUR (Acreditación de Carreras Universitarias) para las titulaciones en Ingeniería ofrece garantía pública entre los países de la región del nivel académico y científico de los cursos acreditados por medio de la Red de Agencias Nacionales de Acreditación (RANA). El nivel académico se define según criterios e indicadores y se compone de las siguientes cuatro dimensiones: 1) Contexto institucional 2) Proyecto Académico 3) Comunidad Universitaria e 4) Infraestructura. Cada dimensión tiene sus componentes, criterios e indicadores. La dimensión 2) Proyecto Académico tiene cuatro componentes (2.1. Objetivo, Perfil y Plan de Estudios; 2.2. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje; 2.3. Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación; 2.4. Extensión, Vinculación y Cooperación). Para realizar el análisis comparativo de la estructura curricular que caracteriza las titulaciones en Ingeniería de las cuatro universidades de la REDIAES se trabajó con el componente 2.1. Objetivo, Perfil y Plan de Estudios, que contempla cuatro áreas de conocimiento particulares: 1) Ciencias Básicas y Matemática, 2) Ciencias de la Ingeniería, 3) Ingeniería Aplicada y 4) Contenidos Complementarios. Para cada una de las áreas de conocimiento se tuvo en cuentas la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales incluidas en la estructura curricular de las cuatro universidades que integran la Red de Investigación Ambiental en Educación Superior (REDIAES).

La comparación de los criterios mencionados es el núcleo del problema, por lo que se adoptó el Proceso Analítico Jerárquico (*AHP*: Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1977) que es una técnica multicriterio de ayuda para la toma de decisiones y que puede ser utilizada para resolver problemas de decisión complejos. Los datos pertinentes se obtuvieron de las universidades de la REDIAES y con esa información se confeccionaron matrices para realizar la comparación por pares de criterios. Estas comparaciones se utilizaron para obtener los pesos de importancia de los criterios de decisión y las medidas de rendimiento relativo de las alternativas en términos de cada criterio de decisión individual (Triantaphyllou, 1995).

Metodología

Para realizar el estudio comparativo de la formación ambiental de las titulaciones en Ingeniería de las universidades de la REDIAES se partió de la dimensión 2) Proyecto Académico, teniendo en cuenta la definición de Ingeniería adoptada por el MERCOSUR Educativo: “La carrera de Ingeniería se define como el conjunto de conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de base físico-matemática, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas, modelos, procesos, productos y/u obras físicas, para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, compatibles con un desarrollo sustentable” (MERCOSUR, 2015). El estudio comparativo se realizó mediante la consideración de la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales existentes en la estructura curricular definida por cada Universidad de la REDIAES.

Se empleó el Proceso Analítico Jerárquico (*AHP*: Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1977; Saaty, 1987; Saaty, 1990) que permite descomponer estructuras complejas en sus componentes, ordenar estos componentes en niveles según una estructura jerárquica que permite obtener indicadores numéricos para las valoraciones de preferencia y, finalmente, sintetizarlos para determinar qué variable tiene la prioridad más alta. Para aplicar el AHP y modelar el problema en estudio se diseñó la estructura jerárquica que representa el problema, se identificaron las partes del sistema, se reconoció el peso de las partes del sistema, se identificaron los vínculos entre las partes y se propuso una solución racional.

Identificación de las partes del sistema

Se trabajó con la dimensión 2) Proyecto Académico del sistema ARCU-SUR, por esa razón esta dimensión es el objetivo general que ocupa el nivel superior de la jerarquía (Nivel 0), organizada por componentes, criterios e indicadores. Las cuatro áreas de conocimiento que caracterizan la estructura curricular de la carrera de Ingeniería son: 1) Ciencias Básicas y Matemática, 2) Ciencias de la Ingeniería, 3) Ingeniería Aplicada y 4) Contenidos Complementarios. Estas cuatro áreas de conocimiento constituyen los criterios principales que ocupan el Nivel 1 de la estructura jerárquica del problema de decisión multicriterio presentada en la Figura 1. Cada una de las universidades de la REDIAES representa una alternativa de análisis. Esto significa que cada uno de los cuatro criterios principales de decisión valorados se analiza comparativamente para las titulaciones en Ingeniería de las cuatro universidades de la REDIAES y se opera con las matrices confeccionadas para ese propósito.

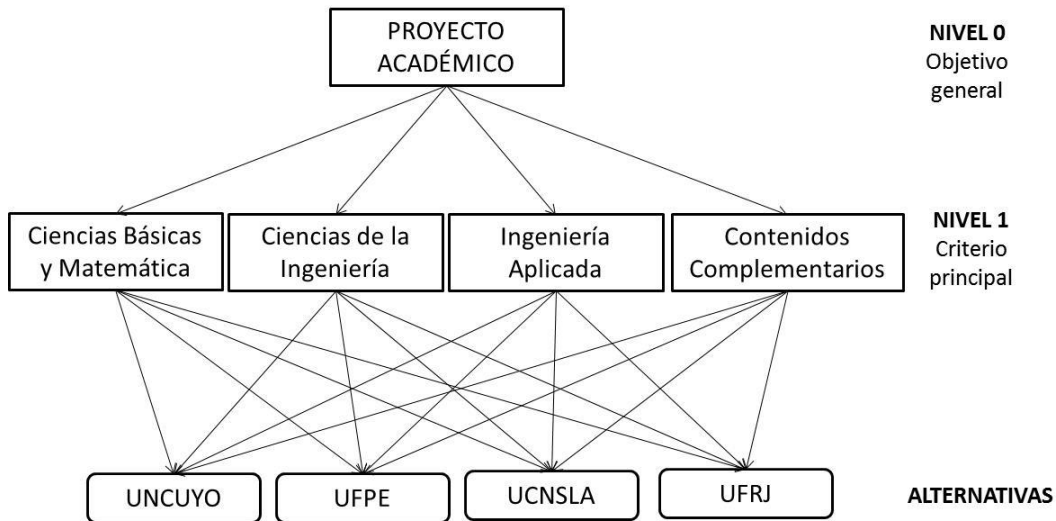


Figura 1. Estructura jerárquica de los niveles de análisis

Reconocimiento del peso de las partes del sistema

Los valores de preferencia para las comparaciones por pares de criterios se determinaron de acuerdo a la escala fundamental introducida por Saaty (1977) que se presenta en la Tabla 1. De acuerdo con esta escala los valores posibles para las comparaciones por pares de criterios son miembros del conjunto $\{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$, del cual se obtienen las relaciones de jerarquía.

Tabla 1. Escala fundamental

Intensidad de importancia en una escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igual al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen una actividad sobre otra.
5	Importancia esencial o fuerte	La experiencia y el juicio favorecen más una actividad sobre otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad está fuertemente favorecida y su dominio demostrado en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia a favor de una actividad sobre otra corresponde al mayor orden posible de afirmación.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando es necesario un compromiso entre valores adyacentes.
Recíprocos	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	

Nota: Adaptado de Saaty (1977, p. 246)

Las valoraciones relativas, que luego se utilizan para hacer las comparaciones por pares de criterios, están representadas por los números de la escala fundamental y se emplean para identificar una relación entre dos estímulos (criterios) presentes para el observador.

La forma más sencilla de ordenar n criterios consiste en elegir uno y compararlo con otro, conservar el más dominante del par y luego comparar este con el siguiente, conservando de nuevo el criterio dominante. Este proceso requiere realizar $(n - 1)$ comparaciones para encontrar el elemento más dominante del conjunto, $(n - 2)$ comparaciones para encontrar el siguiente elemento más dominante y continuar de esta manera hasta totalizar $\frac{n \times (n - 1)}{2}$ comparaciones para obtener un orden de acuerdo a los valores relativos obtenidos al operar matemáticamente con las matrices (Saaty, 1999, p. 408).

Para la asignación de pesos relativos a los criterios principales del Nivel 1 (Figura 1) se empleó la escala fundamental propuesta por Saaty (1977). Con base en la estructura jerárquica del problema planteado se confeccionó la matriz de valoración para las cuatro áreas de conocimiento de la estructura curricular de la carrera de Ingeniería definidas por el sistema ARCU-SUR.

Cada Universidad de la REDIAES trabajó con sus equipos de docentes-investigadores para asignar los pesos relativos a los criterios principales del Nivel 1 y tuvo en cuenta para esto la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales y, a partir de ellos, confeccionó una matriz que se luego se compartió con las otras tres universidades. Con las matrices confeccionadas los vectores prioridad se obtuvieron por aplicación del *AHP*.

Las valoraciones cuantificadas sobre cada par de criterios (A_i, A_j) , donde el subíndice i se aplica a las filas y el subíndice j a las columnas, están representadas por una matriz de orden $n \times n$: $A = (a_{ij})$, con $i, j = 1, 2, \dots, n$. En esta matriz las entradas (a_{ij}) están definidas por las siguientes reglas:

Regla 1: Si $a_{ij} = a$, entonces $a_{ji} = 1/a, a \neq 0$.

Regla 2: Si a_i tiene una intensidad relativa igual a a_j , entonces $a_{ij} = 1, a_{ji} = 1$. En particular $a_{ii} = 1$ para todo i . Luego, todos los valores de la diagonal principal de la matriz son = 1.

Regla 3: Si $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$, la matriz es consistente, para todo i, j, k .

Los pesos relativos asignados por las cuatro universidades de la REDIAES a los criterios principales resultaron compatibles. Se discutieron los valores de los pesos relativos asignados a los criterios principales del Nivel 1 y se acordó trabajar con una única matriz para las cuatro áreas de conocimiento. Para verificar la consistencia de la matriz de comparación por pares de los criterios principales del Nivel 1 se sumaron los valores de cada columna, a continuación, se realizó el cociente entre el valor de cada criterio y el total de la columna correspondiente. Se obtuvo la matriz normalizada sobre la cual se realizó la suma de cada una de las filas, cuyos resultados produjeron una nueva columna. Se sumaron los valores de esta nueva columna y se procedió a realizar el cociente entre cada valor individual y el valor total. El resultado de esta última operación es el vector prioridad.

Para verificar la consistencia de la matriz confeccionada se realizó el producto matricial entre la matriz de pesos relativos y el vector de prioridad obtenido para los criterios de comparación del Nivel 1. Se obtuvo el principal valor propio de la matriz (λ_{max}) y el índice de consistencia $[IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)]$. Con los valores presentados en la Tabla 2 se calculó la relación de consistencia (C.R.) (Saaty, 1987), (Triantaphyllou, 1995), (Saaty, 2003), (Saaty, 2008), (Orlov, 2014).

Tabla 2. Índice de consistencia aleatoria

Orden (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatoria	0,000	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Nota: Adaptado de Saaty (1987, p. 171)

El vector de prioridad final resultante se empleó en la siguiente etapa, para identificar los vínculos entre las partes del sistema.

Identificación de los vínculos entre las partes

Para identificar los vínculos entre las partes del sistema jerárquico se revisaron los planes de estudio de las titulaciones en Ingeniería Civil, Industrial y Producción de cada Universidad de la REDIAES y se identificó la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales en cada criterio principal del Nivel 1.

Para cada titulación en Ingeniería se confeccionaron las matrices de comparación por pares para las cuatro universidades según los criterios principales del Nivel 1. A continuación, se verificó la consistencia de cada matriz confeccionada para las titulaciones en Ingeniería Civil, Industrial y Producción de las universidades de la REDIAES. Los resultados obtenidos se organizaron en una nueva matriz en cuyas filas se ubicaron las universidades y en las columnas los vectores prioridad previamente obtenidos para cada criterio principal. Se realizó el producto matricial entre el vector prioridad de los criterios principales y la matriz que resume los valores de los vectores prioridad de cada Universidad para cada titulación en Ingeniería y se obtuvo el vector prioridad final, que representa la jerarquía de las universidades de la REDIAES según el perfil ambiental de las titulaciones en Ingeniería requerido por el sistema ARCU-SUR.

Propuesta de una solución racional

Las universidades de la REDIAES están comprometidas con la formalización de acuerdos para la movilidad docente, el intercambio de estudiantes y el reconocimiento de créditos académicos. Con esa finalidad el análisis de la dimensión 2) Proyecto Académico del ARCU-SUR se abordó como un problema de decisión multicriterio.

La parte más creativa de la toma de decisiones, cuyo efecto en el resultado es significativo, es modelar el problema. En el *AHP* el problema se estructura como una jerarquía seguida de un proceso de priorización que involucra obtener valoraciones a partir de las respuestas obtenidas para las preguntas formuladas sobre la preferencia de un elemento respecto de otro, cuando se los compara con respecto a una propiedad (Saaty, 1999, p. 406-407). En las matrices de comparación por pares confeccionadas, cada valoración representa la preferencia de un elemento de la columna de la izquierda sobre un elemento de la fila superior, mediante la utilización de la escala 1-9 presentada en la Tabla 1, y refleja las respuestas a dos preguntas: 1) ¿Cuál de los dos elementos es más importante con respecto a un criterio de nivel más alto? y 2) ¿Cuánto más fuerte es el elemento de la izquierda con relación al elemento en la parte superior de la matriz?. Si el elemento de la izquierda es menos importante que el de la parte superior de la matriz, se ingresa el valor recíproco en la posición correspondiente en la matriz. En las comparaciones por pares, el elemento menor siempre se usa como unidad y el mayor se calcula como un múltiplo de esa unidad.

Para todas las comparaciones por pares realizadas se calculan las prioridades locales y se presentan en una nueva columna que se ubica a la derecha de la matriz. Si las valoraciones son perfectamente consistentes, y por lo tanto $CR = 0$ (CR: Consistencia Relativa) al normalizar las

valoraciones en cualquier columna y dividir cada entrada por la suma de las entradas en esa columna, se obtienen las prioridades locales. Para explicar la racionalidad de la solución, a continuación, se desarrolla la explicación del proceso analítico jerárquico para la obtención del vector prioridad de los criterios principales del Nivel 1.

La primera matriz de comparación por pares se confeccionó con la introducción de las valoraciones relativas para las cuatro áreas de conocimiento de la dimensión 2) Proyecto Académico: 2.1) Ciencias Básicas y Matemática, 2.2) Ciencias de la Ingeniería, 2.3) Ingeniería Aplicada y 2.4) Contenidos Complementarios. Los pesos relativos se asignaron con base en la inclusión de asignaturas ambientales contenidas en el Plan de estudio para las titulaciones en Ingeniería de cada Universidad de la REDIAES según la estructura curricular.

En la Tabla 3 se presenta la matriz de comparación por pares confeccionada para la valoración de las áreas de conocimiento definidas en los criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR con las preferencias asignadas por acuerdo de las cuatro universidades de la REDIAES según los valores de la Tabla 1, sus valores recíprocos y las sumas por columnas.

Tabla 3. Matriz de valoración de criterios principales. Nivel 1

CRITERIOS	Cs. Bás. y Mat.	Cs. de la Ing.	Ing. Aplic.	Cont. Comp.
Ciencias Básicas y Matemática	1	1	1/3	1/5
Ciencias de la Ingeniería	1	1	1/3	1/5
Ingeniería Aplicada	3	3	1	1
Contenidos Complementarios	5	5	1	1
SUMA	10,00	10,00	2,67	2,40

La matriz normalizada para los criterios principales del Nivel 1 se obtuvo mediante la división del valor de cada entrada por el total de la columna correspondiente. La normalidad de la matriz se verifica cuando la suma de cada columna de la nueva matriz es igual a 1. En la Tabla 4 se presenta la matriz normalizada con el agregado de dos nuevas columnas a la derecha. La primera de estas columnas corresponde a las sumas de cada fila, mientras que la segunda columna de la derecha es el vector prioridad obtenido al realizar el cociente entre cada valor de la suma por filas y su total.

Tabla 4. Matriz normalizada para los criterios principales. Nivel 1

	Cs. Bás. y Mat.	Cs. de la Ing.	Ing. Aplic.	Cont. Comp.	Suma filas	Vector prioridad
Ciencias Básicas y Matemática	0,100	0,100	0,125	0,083	0,408	0,102
Ciencias de la Ingeniería	0,100	0,100	0,125	0,083	0,408	0,102

Ingeniería Aplicada	0,300	0,300	0,375	0,417	1,392	0,348
Contenidos Complementarios	0,500	0,500	0,375	0,417	1,792	0,448
Sumas	1	1	1	1	4	1

Para obtener el vector propio se realizó el producto matricial entre la matriz de valoración de criterios principales (Tabla 3) y el vector prioridad calculado en el paso anterior. Para realizar este producto la cantidad de columnas de la matriz debe ser igual a la cantidad de filas del vector prioridad. En la Tabla 5 se presentan los criterios principales del Nivel 1, los valores del vector prioridad, el vector propio después de realizar el producto mencionado y el cociente entre los elementos de ambos vectores.

Tabla 5. Vector propio de los criterios principales. Nivel 1

CRITERIOS	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
Cs. Básicas y Mat	0,102	0,410	4,01
Cs. de la Ing.	0,102	0,410	4,01
Ing. Apl.	0,348	1,408	4,05
Cont. Compl.	0,448	1,817	4,06

El vector prioridad así obtenido expresa la jerarquía u orden de prioridad. Para los criterios principales del Nivel 1 la jerarquía obtenida es la siguiente: Cont. Complementarios; Ingeniería Aplicada; Cs. Básicas y Mat.; Cs. de la Ingeniería (0,448; 0,348; 0,102; 0,102). La verificación de la consistencia de la matriz se realizó promediando los valores de la columna del cociente para obtener el principal valor propio de la matriz, $\lambda_{\max} = 4,03$. El Índice de Consistencia se obtuvo con la siguiente expresión: $C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4,03 - 4}{4 - 1} = 0,01$ y la Consistencia Relativa C.R. $= \frac{C.I.}{\text{Índice de consistencia Aleatoria}} = \frac{0,01}{0,90} = 0,01$.

El vector de prioridad resultante para las áreas de conocimiento ubicó en primer lugar a los Contenidos Complementarios con 0,448; en segundo lugar, a la Ingeniería Aplicada con 0,348; comparten el tercer lugar de la jerarquía las Ciencias Básicas y Matemática y las Ciencias de la Ingeniería, cada una con 0,102.

La racionalidad de las prioridades obtenidas al aplicar el *AHP* para la caracterización de la carrera de Ingeniería se vincula con las áreas de conocimiento que debe contemplar la estructura curricular y en qué áreas de conocimiento es necesaria la incorporación de contenidos ambientales.

La formación en Ciencias Básicas y Matemática es conceptual y abarca los conocimientos básicos para las carreras de Ingeniería.

Las Ciencias de la Ingeniería comprenden disciplinas científicas y tecnológicas que permiten modelar fenómenos relevantes de la Ingeniería, entre ellos: fenómenos de transporte, mecánica de sólidos, electrotecnia, informática y termodinámica.

La Ingeniería Aplicada considera la aplicación de las dos áreas de conocimiento previas para diseñar y proyectar sistemas, componentes, procesos o productos que satisfagan necesidades preestablecidas.

Los Contenidos Complementarios son los que permiten poner la práctica de la Ingeniería en el contexto social y económico e incluir tópicos de gestión y administración, economía, medio ambiente, legislación y seguridad laboral.

Las dos áreas de conocimiento del ciclo superior son las que completan la definición de Ingeniería del MERCOSUR Educativo para: “proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, compatibles con un desarrollo sustentable”. (MERCOSUR, 2015, p. 3)

Resultados

Los resultados del estudio comparativo entre las titulaciones en Ingeniería de las universidades que componen la REDIAES: Universidad Nacional de Cuyo (Argentina), Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil) y Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Paraguay), se realizaron entre los años 2015 y 2017 con los Planes de Estudio vigentes en ese periodo.

A continuación, se presentan las matrices de comparaciones por pares confeccionadas para las titulaciones en Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção según la metodología expresada en las secciones precedentes.

Ingeniería Civil (UNCUYO, UFPE, UCNSA, UFRJ)

La Tabla 6 presenta la matriz de valoraciones y el vector prioridad final obtenido a partir de la confección de las matrices de comparación por pares de criterios para la titulación en Ingeniería Civil de las cuatro universidades, frente a cada uno de los criterios principales del Nivel 1. La última columna corresponde al vector prioridad final obtenido al realizar el producto entre la matriz de valoración para la titulación Ingeniería Civil y el vector prioridad de los criterios principales obtenido en la Tabla 3.

Tabla 6. Matriz de valoración para la titulación Ingeniería Civil

	Cs. Básicas y Matemática	Cs. de la Ingeniería	Ing. Aplicada	Cont. Complementarios	Vector prioridad final
UNCUYO	0,700	0,079	0,079	0,126	0,163

UFPE	0,100	0,519	0,201	0,695	0,444
UCNSA	0,100	0,201	0,519	0,053	0,235
UFRJ	0,100	0,201	0,201	0,126	0,157

Los vectores prioridad obtenidos para cada criterio, aplicados a cada Universidad, son los siguientes.

Ciencias Básicas y Matemática. $\lambda_{\max} = 4,00$; C.I. = 0,00; C.R. = 0,00.

UNCUYO = 0,700. UFPE = 0,100. UCNSA = 0,100, UFRJ = 0,100.

Ciencias de la Ingeniería. $\lambda_{\max} = 4,04$; C.I. = 0,01; C.R. = 0,02.

UFPE = 0,519. UCNSA = 0,201. UFRJ = 0,201, UNCUYO = 0,079.

Ingeniería Aplicada. $\lambda_{\max} = 4,04$; C.I. = 0,01; C.R. = 0,02.

UCNSA = 0,519. UFPE = 0,201. UFRJ = 0,201. UNCUYO = 0,079.

Contenidos Complementarios. $\lambda_{\max} = 4,09$; C.I. = 0,03; C.R. = 0,03.

UFPE = 0,695. UNCUYO = 0,126. UFRJ = 0,126. UCNSA = 0,053.

Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção (UNCUYO, UFPE, UCNSA, UFRJ)

La Tabla 7 presenta la matriz de valoraciones y el vector prioridad final obtenido a partir de la confección de las matrices de evaluación por pares para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção de las cuatro Universidades, frente a cada uno de los criterios de calidad definidos por el sistema ARCU-SUR.

Tabla 7. Matriz de valoración para Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção

	Cs. Básicas y Matemática	Cs. de la Ingeniería	Ing. Aplicada	Cont. Complementarios	Vector prioridad final
UNCUYO	0,167	0,091	0,048	0,106	0,091
UFPE	0,167	0,455	0,394	0,052	0,224
UCNSA	0,167	0,455	0,165	0,421	0,309
UFRJ	0,500	0,091	0,394	0,421	0,386

Los vectores prioridad obtenidos en cada Universidad y para cada criterio se presentan a continuación.

Ciencias Básicas y Matemática. $\lambda_{\max} = 4,00$; C.I. = 0,00. C.R. = 0,00.

UFRJ = 0,500. UFPE = 0,167. UNCUYO = 0,167. UCNSA = 0,167.

Ciencias de la Ingeniería. $\lambda_{\max} = 4,00$; C.I. = 0,00. C.R. = 0,00.

UFPE = 0,455. UCNSA = 0,455. UNCUYO = 0,091. UFRJ = 0,091.

Ingeniería Aplicada. $\lambda_{\max} = 4,07$; C.I. = 0,02. C.R. = 0,03.

UFPE = 0,394. UFRJ = 0,394. UCNSA = 0,165. UNCUYO = 0,048.

Contenidos Complementarios. $\lambda_{\max} = 4,07$; C.I. = 0,02. C.R. = 0,03.

UCNSA = 0,421. UFRJ = 0,421. UNCUYO = 0,106. UFPE = 0,052.

Para obtener el vector prioridad final, incluido en la última columna de la Tabla 7, se realizó el producto entre la matriz de valoración para Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção y el vector prioridad obtenido para los criterios principales del Nivel 1 (Tabla 3). En el Anexo incluido al final del artículo se presentan todas las matrices confeccionadas.

La síntesis de los resultados obtenidos en el presente estudio comparativo para la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales de las titulaciones en Ingeniería de las cuatro universidades de la REDIAES es el siguiente:

Ingeniería Civil

UFPE (Brasil) = 0,444. UCNSA (Paraguay) = 0,235. UNCUYO (Argentina) = 0,163. UFRJ (Brasil) = 0,157.

Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção

UFRJ (Brasil) = 0,383. UCNSA (Paraguay) = 0,284. UFPE (Brasil) = 0,258. UNCUYO (Argentina) = 0,085.

Se pudo verificar que para la dimensión 2) Proyecto Académico, caracterizada por las cuatro áreas de conocimiento definidas según los criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR del MERCOSUR Educativo para las titulaciones en Ingeniería abordados en el presente trabajo, la incorporación de asignaturas con contenidos ambientales en la formación de los futuros profesionales exhibe diferencias para las titulaciones en Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção. Las diferencias mencionadas también quedan expuestas en las áreas de conocimiento de la estructura curricular según los vectores prioridad obtenidos para cada Universidad.

Discusión

Las diferencias en la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales para las titulaciones en Ingeniería verificadas en las cuatro universidades de la REDIAES se presentan distribuidas de distintas maneras, como se explica a continuación.

Para la titulación en Ingeniería Civil, la Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) es la mejor posicionada en cuanto a la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales, seguida de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCNSA), en tercer lugar, la Universidad Nacional de Cuyo y finalmente la Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). En esta jerarquía

se puede observar que la UNCUYO (Argentina) es dominante en el criterio correspondiente a la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales en el área de conocimiento de las Ciencias Básicas y Matemática, mientras que las restantes tres universidades comparten el segundo lugar con idénticos pesos relativos.

Para el área de conocimiento de las Ciencias de la Ingeniería, el dominio está en la UFPE mientras que el segundo lugar está compartido entre UCNSA y UFRJ, en tercer lugar, se ubica la UNCUYO.

Al observar el área de conocimiento correspondiente a la Ingeniería Aplicada, el dominio recae en la UCNSA, seguida por UFPE y UFRJ en el segundo lugar con los mismos pesos relativos; en el último puesto se ubica la UNCUYO.

En cuanto a los Contenidos Complementarios la posición dominante está en la UFPE, seguida por la UNCUYO, la UFRJ en el segundo lugar y la UCNSA en el tercer lugar.

Al observar la titulación en Ingeniería Civil se puede ver que, en conjunto, el mayor déficit de asignaturas con contenidos ambientales corresponde al ciclo superior de formación profesional. Este resultado pone de manifiesto la existencia de diferencias en las titulaciones en Ingeniería Civil entre las Universidades de la REDIAES para la formación ambiental, con relación a los criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR que pone énfasis ambiental en las áreas de conocimiento propias de la Ingeniería Aplicada y de los Contenidos Complementarios.

Con respecto a la titulación en Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção, la Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) ocupa el primer lugar en cuanto a la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales, en segundo lugar, la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCNSA), en tercer lugar, la Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), y en la última posición la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO).

Para el área de conocimiento Ciencias Básicas y Matemática, la UFRJ es la que mayor cantidad de asignaturas con contenidos ambientales exhibe, mientras que las otras tres universidades de la REDIAES comparten el segundo lugar con el mismo peso relativo.

Para las Ciencias de la Ingeniería el primer lugar lo comparten UCNSA y UFPE, seguidas por UNCUYO y UFRJ con los mismos pesos relativos.

Para el área de conocimiento Ingeniería Aplicada, las universidades UFPE y UFRJ comparte el primer lugar, el segundo lugar corresponde a la UCNSA y en el último puesto se ubica la UNCUYO.

Con respecto a los Contenidos Complementarios, el dominio está compartido entre UCNSA y UFRJ, seguidas por la UNCUYO en la segunda posición y la UFPE en el tercer lugar.

Para la titulación en Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção, en conjunto, el déficit de contenidos ambientales se presenta en el ciclo básico. Con estos resultados se puede expresar que la estructura curricular de las carreras Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção se ajustan mejor a los criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR de las áreas de conocimiento propias de la Ingeniería Aplicada y de los Contenidos Complementarios.

Conclusiones

La consolidación y profundización de los vínculos entre los países de la región cuenta con el compromiso del sector educativo del MERCOSUR, motivado por lazos indisolubles de idiosincrasia, historia, afectos y colaboración entre sus miembros. El fortalecimiento de estos vínculos todavía debe sortear las asimetrías existentes y trabajar en la búsqueda de soluciones realmente eficientes para las realidades regionales.

El establecimiento de criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR de las titulaciones en Ingeniería del sector educativo del MERCOSUR es un paso más hacia la reducción de las asimetrías regionales.

Las titulaciones en Ingeniería de las cuatro universidades de la REDIAES presentan diferencias en la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales y en las áreas de conocimiento de la estructura curricular en la que se ofrecen. Para resolver estas asimetrías es necesario definir con mayor precisión qué contenidos ambientales son los más adecuados para cada titulación en Ingeniería y en qué área del conocimiento se deben incorporar a partir de la revisión de la dimensión 2) Proyecto Académico y sus cuatro componentes: 2.1. Objetivo, Perfil y Plan de Estudios, 2.2. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje, 2.3. Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación y 2.4. Extensión, Vinculación y Cooperación, para orientar la realización de estudios complementarios específicos de cada componente y contribuir con el aporte de información comparable para los procesos de toma de decisiones de las universidades de la región en las titulaciones en Ingeniería. La mejora de estos aspectos facilita la concreción de convenios entre las universidades de la REDIAES, contribuye a alcanzar el objetivo del reconocimiento de créditos académicos para los estudiantes de Ingeniería de la región y fortalece la concreción de la formación humana de profesionales comprometidos con los objetivos del desarrollo sostenible para el diseño y la planificación innovadoras en el diseño de nuevos proyectos.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar su agradecimiento por el financiamiento de la REDIAES al Núcleo de Estudios e Investigaciones en Educación Superior (NEIES), Sector Educativo del MERCOSUR, al Programa de Internacionalización de la Educación Superior y Cooperación Internacional de la Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación, República Argentina, a la Secretaria de Educação Superior de la República Federativa do Brasil y al Ministerio de Educación y Cultura de la República del Paraguay.

Referencias bibliográficas

MERCOSUR (Mercado Común del Sur). (2015). Sistema ARCU-SUR. *Criterios de Calidad para la Acreditación de Carreras Universitarias*. Titulación Ingeniería.

- Naciones Unidas. Asamblea General. (2015). *Aplicación y seguimiento integrados y coordinados de los resultados de las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas en las esferas económica y social y esferas conexas*. Seguimiento de los resultados de la Cumbre del Milenio. Anexo. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. A/69/L.85.
- Orlov, M. y Mirkin, B. (2014). A concept of multicriteria stratification: a definition and solution. *Procedia Computer Science*, N° 31, 273-280.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15 N° 3, 234-281.
- Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it to used. *Math Modelling*, Vol. 9 N° 3-5, 161-176.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 48 N° 1, 9-26.
- Saaty, T. L. (1999). Basic Theory of the Analytic Hierarchy Process: How to Make. *Revista de la Real Academia Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Vol. 93 N° 4, 395-423.
- Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, N° 145, 85-91.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences*, Vol. 1 N° 1, 83-98.
- Triantaphyllou, E. y Mann S. H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2 N° 1, 35-44.

ANEXO: MATRICES DE COMPARACIÓN POR PARES

Ingeniería Civil

Tabla a. Ciencias Básicas y Matemática. Pesos relativos

Ciencias Básicas y Matemática	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	7	7	7
UFPE	1/7	1	1	1
UCNSA	1/7	1	1	1
UFRJ	1/7	1	1	1
SUMA	1,43	10,00	10,00	10,00

Tabla b. Ciencias Básicas y Matemática. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,700	0,700	0,700	0,700	2,8000	0,700
UFPE	0,100	0,100	0,100	0,100	0,4000	0,100
UCNSA	0,100	0,100	0,100	0,100	0,4000	0,100
UFRJ	0,100	0,100	0,100	0,100	0,4000	0,100

99
Artículo

Tabla c. Ciencias Básicas y Matemática. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,700	2,800	4,00
UFPE	0,100	0,400	4,00
UCNSA	0,100	0,400	4,00
UFRJ	0,100	0,400	4,00

$$\lambda_{\max} = 4,00. \text{ Índice de Consistencia C.I.} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4,00 - 4}{4 - 1} = 0,00. \text{ Consistencia Relativa C.R.} \\ = \frac{C.I.}{\text{Índice de consistencia Aleatoria}} = \frac{0,01}{0,90} = 0,00.$$

Tabla d. Ciencias de la Ingeniería. Pesos relativos

Ciencias de la Ingeniería	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1/5	1/3	1/3
UFPE	5	1	3	3
UCNSA	3	1/3	1	1
UFRJ	3	1/3	1	1
SUMA	12,00	1,87	5,33	5,33

Tabla e. Ciencias de la Ingeniería. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,083	0,107	0,063	0,063	0,3155	0,079
UFPE	0,417	0,536	0,563	0,563	2,0774	0,519
UCNSA	0,250	0,179	0,188	0,188	0,8036	0,201
UFRJ	0,250	0,179	0,188	0,188	0,8036	0,201

Tabla f. Ciencias de la Ingeniería. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,079	0,317	4,02
UFPE	0,519	2,119	4,08
UCNSA	0,201	0,812	4,04
UFRJ	0,201	0,812	4,04

$$\lambda_{\max} = 4,04. \text{ C.I.} = \frac{4,04-4}{4-1} = 0,01. \text{ C.R.} = \frac{0,01}{0,90} = 0,02.$$

Tabla g. Ingeniería Aplicada. Pesos relativos

Ingeniería Aplicada	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1/3	1/5	1/3
UFPE	3	1	1/3	1
UCNSA	5	3	1	3
UFRJ	3	1	0	1
SUMA	12,00	5,33	1,87	5,33

Tabla h. Ingeniería Aplicada. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,083	0,063	0,107	0,063	0,315	0,079
UFPE	0,250	0,188	0,179	0,188	0,804	0,201
UCNSA	0,417	0,563	0,536	0,563	2,077	0,519
UFRJ	0,250	0,188	0,179	0,188	0,804	0,201

Tabla i. Ingeniería Aplicada. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,079	0,317	4,02
UFPE	0,201	0,812	4,04
UCNSA	0,519	2,119	4,08
UFRJ	0,201	0,812	4,04

$$\lambda_{\max} = 4,04. \text{ C.I.} = \frac{4,04-4}{4-1} = 0,01. \text{ C.R.} = \frac{0,01}{0,90} = 0,02.$$

Tabla j. Contenidos Complementarios. Pesos relativos

Contenidos Complementarios	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1/7	3	1
UFPE	7	1	9	7
UCNSA	1/3	1/9	1	1/3
UFRJ	1	1/7	3	1
SUMA	9,33	1,40	16,00	9,33

Tabla k. Contenidos Complementarios. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,107	0,102	0,188	0,107	0,5041	0,1260
UFPE	0,750	0,716	0,563	0,750	2,7784	0,6946
UCNSA	0,036	0,080	0,063	0,036	0,2135	0,0534
UFRJ	0,107	0,102	0,188	0,107	0,5041	0,1260

Tabla l. Contenidos Complementarios. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,126	0,511	4,06
UFPE	0,695	2,939	4,23
UCNSA	0,053	0,215	4,02
UFRJ	0,126	0,511	4,06

$$\lambda_{\max} = 4,09. \text{ C.I.} = \frac{4,09-4}{4-1} = 0,03. \text{ C.R.} = \frac{0,03}{0,90} = 0,03.$$

Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção

Tabla m. Ciencias Básicas y Matemática. Pesos relativos

Ciencias Básicas y Matemática	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1	1	1/3
UFPE	1	1	1	1/3
UCNSA	1	1	1	1/3
UFRJ	3	3	3	1
SUMA	6	6	6	2

Tabla n. Ciencias Básicas y Matemática. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,167	0,167	0,167	0,167	0,6667	0,167
UFPE	0,167	0,167	0,167	0,167	0,6667	0,167
UCNSA	0,167	0,167	0,167	0,167	0,6667	0,167
UFRJ	0,500	0,500	0,500	0,500	2,0000	0,500

Tabla o. Ciencias Básicas y Matemática. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,167	0,667	4,00
UFPE	0,167	0,667	4,00
UCNSA	0,167	0,667	4,00
UFRJ	0,500	2,000	4,00

$$\lambda_{\max} = 4,00. \text{ Índice de Consistencia C.I.} = \frac{4,00-4}{4-1} = 0,00. \text{ Consistencia Relativa C.R.} = \frac{0,01}{0,90} = 0,00.$$

Tabla p. Ciencias de la Ingeniería. Pesos relativos

Ciencias de la Ingeniería	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1/5	1/5	1
UFPE	5	1	1	5
UCNSA	5	1	1	5
UFRJ	1	1/5	1/5	1
SUMA	12,00	2,40	2,40	12,00

Tabla q. Ciencias de la Ingeniería. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,083	0,083	0,083	0,083	0,333	0,091
UFPE	0,417	0,417	0,417	0,417	1,667	0,455
UCNSA	0,417	0,417	0,417	0,417	1,667	0,455
UFRJ	0,083	0,083	0,083	0,083	0,333	0,091

Tabla r. Ciencias de la Ingeniería. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,091	0,364	4,00
UFPE	0,455	1,818	4,00
UCNSA	0,455	1,818	4,00
UFRJ	0,091	0,364	4,00

$$\lambda_{\max} = 4,00. \text{ C.I.} = \frac{4,00-4}{4-1} = 0,00. \text{ C.R.} = \frac{0,01}{0,90} = 0,00.$$

Tabla s. Ingeniería Aplicada. Pesos relativos

Ingeniería Aplicada	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	1/7	1/5	1/7
UFPE	7	1	3	1
UCNSA	5	1/3	1	1/3
UFRJ	7	1	3	1
SUMA	20,00	2,48	7,20	2,48

Tabla t. Ingeniería Aplicada. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,050	0,058	0,028	0,058	0,193	0,048
UFPE	0,350	0,404	0,417	0,404	1,574	0,394
UCNSA	0,250	0,135	0,139	0,135	0,658	0,165
UFRJ	0,350	0,404	0,417	0,404	1,574	0,394

Tabla u. Ingeniería Aplicada. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,048	0,194	4,01
UFPE	0,394	1,619	4,11
UCNSA	0,165	0,668	4,06
UFRJ	0,394	1,619	4,11

$$\lambda_{\max} = 4,07. \text{ C.I.} = \frac{4,07-4}{4-1} = 0,02. \text{ C.R.} = \frac{0,02}{0,90} = 0,03.$$

Tabla v. Contenidos Complementarios. Pesos relativos

Contenidos Complementarios	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ
UNCUYO	1	3	1/5	1/5
UFPE	1/3	1	1/7	1/7
UCNSA	5	7	1	1
UFRJ	5	7	1	1
SUMA	11,33	18,00	2,34	2,34

Tabla w. Contenidos Complementarios. Matriz normalizada

	UNCUYO	UFPE	UCNSA	UFRJ	Suma filas	Vector prioridad
UNCUYO	0,088	0,167	0,085	0,085	0,426	0,106
UFPE	0,029	0,056	0,061	0,061	0,207	0,052
UCNSA	0,441	0,389	0,427	0,427	1,684	0,421
UFRJ	0,441	0,389	0,427	0,427	1,684	0,421

Tabla x. Contenidos Complementarios. Vector propio

UNIVERSIDADES	Vector prioridad	Vector propio	Cociente
UNCUYO	0,106	0,430	4,04
UFPE	0,052	0,207	4,01
UCNSA	0,421	1,736	4,12
UFRJ	0,421	1,736	4,12

$$\lambda_{\max} = 4,07. \text{ C.I.} = \frac{4,07-4}{4-1} = 0,02. \text{ C.R.} = \frac{0,02}{0,90} = 0,03.$$