

# Flexibilidad y Rigidez del Curriculum de una Carrera de Ingeniería Civil. Análisis desde la Teoría de los Sistemas Complejos.

Hugo Roger Paz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente e investigador de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Argentina.

Doctorando en Educación de la Facultad de Filosofía y Letras de las UNT.

Dirección electrónica: [hpaz@herrera.unt.edu.ar](mailto:hpaz@herrera.unt.edu.ar)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1237-7983>

**Resumen:** En este trabajo se expone el análisis del curriculum de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) aplicando técnicas de análisis De Sistemas Complejos. La representación de un sistema complejo se realizó mediante la aplicación de la Teoría de Grafos. Esta teoría es una rama de las matemáticas que estudia las propiedades de los grafos. Un grafo es un conjunto de vértices o nodos unidos aristas, las cuales pueden ser dirigidas o no. Se aplica para la búsqueda de los caminos de una red y realizar un análisis de conectividad. De esta manera se determinaron nodos (Asignaturas) con problemas de conectividad, la determinación de las jerarquías en la red, los nodos con "congestiones", etc. (Aldrich, 2015) propone analizar el curriculum como un sistema complejo, con nodos que representan los cursos y los vínculos entre nodos son los requisitos previos que debe cumplir el alumno para poder acceder al mismo. Como resultados se detectaron grados de heterogeneidad en el diseño de los prerrequisitos de cursado de asignaturas, preponderancia de ciertas disciplinas específicas sobre obras, así como una cierta rigidez en su estructura que estaría correspondiéndose con los resultados de atraso y abandono en la carrera. Como conclusión final, podemos remarcar la utilidad de este tipo de herramientas y análisis para encontrar patrones y relaciones que de otra manera permanecen poco visibles. Creemos que análisis de este tipo pueden servir para, a la hora del planteo de un nuevo plan de estudios y/o de la búsqueda de soluciones a problemas existente en uno que está implementado, permita descubrir las causas a algunos problemas que están "escondidas" en la propia estructura del plan y que no son fácilmente visibles.

**Palabras clave:** Curriculum Universitario, sistemas complejos, teoría de grafos, rigidez curricular.

## Flexibility and Rigidity of the Curriculum of a Civil Engineering Major. Analysis from the Theory of Complex Systems.

**Abstract:** This paper exposes the analysis of the curriculum of the Civil Engineering Major of the Faculty of Exact Sciences and Technology (FACET) of the National University of Tucumán (UNT) applying techniques of Complex Systems Analysis. The representation of a complex system was performed by applying the Theory of Graphs. This theory is a branch of mathematics that studies the properties of graphs. A graph is a set of vertices or nodes joined by edges, which can be directed or not. It is applied to search for the paths of a network and perform a connectivity analysis. In this way, nodes (Subjects) with connectivity problems were determined, the determination of the hierarchies in the network, the nodes with "congestions", etc. (Aldrich, 2015) proposes to analyze the curriculum as a complex system, with nodes that represent the courses and the links between nodes are the previous requirements that the student must meet to access them. As a result, degrees of heterogeneity in the design of the prerequisite coursework of subjects, preponderance of certain specific disciplines over works, as well as a certain rigidity in its structure were detected, which would be corresponding to the results of delay and abandonment in the career. As a final conclusion, we can highlight the usefulness of this type of tools and analysis to find patterns and relationships that otherwise remain little visible. We believe that this type of analysis can serve, when making a new study plan and / or seeking solutions to problems in one that is implemented, to discover the causes of some problems that are "hidden" in the structure of the plan and that are not easily visible.

**Keywords:** university Curriculum, complex systems, graph theory, curricular rigidity

## 1. Introducción

La perspectiva de sistemas complejos es una perspectiva teórica que se ha desarrollado a partir de la interacción de diversas disciplinas como la física, la biología, la psicología, la sociología, la antropología, la economía y la ciencia de la computación. Esta perspectiva se ha desarrollado a partir de la necesidad de comprender la complejidad de los fenómenos que escapan a las explicaciones simplistas. Esta perspectiva se ha centrado en el estudio de los sistemas complejos como sistemas dinámicos que se caracterizan por la interconexión de sus elementos, la emergencia de propiedades globales a partir de la interacción de estos elementos y la imposibilidad de predecir el comportamiento de estos sistemas a partir de un conocimiento de sus elementos. La perspectiva de sistemas complejos se ha aplicado al estudio de diversos fenómenos sociales como la economía, la política, la cultura, la educación, la salud, la ciencia y la tecnología. Esta perspectiva ha sido utilizada para comprender la complejidad de estos fenómenos y, al mismo tiempo, para desarrollar estrategias de intervención que tengan en cuenta esta complejidad.

Aldrich (2015) propone analizar el currículum como un sistema complejo, con nodos que representan los cursos y los vínculos entre nodos son los requisitos previos que debe cumplir el alumno para poder acceder al mismo. Esto último, en nuestro caso sería el sistema de correlativas del plan de estudios.

“Un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son "separables" y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente. Detrás de cada sistema complejo siempre hay una red, que define las interacciones entre sus componentes” (R. García, 2006, p. 21).

Asimismo, sistemas son “la representación de un conjunto de situaciones, fenómenos, procesos, que pueden ser modelizados como una totalidad organizada, con una forma de funcionamiento característica” (R. García, 2006 . p79).

Siguiendo a este investigador nos expresa que “llamaré "funcionamiento" de un sistema al conjunto de actividades que puede realizar (o permite realizar) el sistema, como resultante de la coordinación de las funciones que desempeñan sus partes constitutivas” (R. García, 2000, p. 68).

Detrás de cada sistema complejo siempre hay un diagrama de conexiones, una red, que define las interacciones entre sus componentes. Es por ello que para comprender y estudiar los sistemas complejos se debe realizar el mapeo de la red que lo soporta. El propósito del desarrollo de la red curricular es verificar la coherencia e integridad del currículum y determinar los pesos relativos de las diferentes áreas que lo integran y cómo estas áreas se integran. La graficación de redes ofrece un paradigma poderoso para la visualización y análisis de sistemas completos (Aldrich, 2015).

## 2. Generación de la Red

Para la generación y el análisis de la red, se ha utilizado la Teoría de Grafos. La teoría de grafos, también llamada teoría de gráficas, es una rama de las matemáticas y las ciencias de la computación que estudia las propiedades de los grafos.

Un grafo es una pareja ordenada en la que  $V$  es un conjunto no vacío de vértices y  $E$  es un conjunto de aristas. Donde  $E$  consta de pares no ordenados de vértices, tales como  $\{x,y\}$  pertenecientes a  $E$ , entonces se dice que  $x$  e  $y$  son adyacentes; y en el grafo se representa mediante una línea no orientada que une dichos vértices. Si el grafo es dirigido se le llama dígrafo,

se denota  $D$ , y entonces el par  $\{x,y\}$  es un par ordenado, esto se representa con una flecha que va de  $x$  a  $y$  y se dice que  $(x,y)$  pertenecen a  $E$  (Godsil & Royle, 2001). En el caso en análisis, estamos ante la presencia de un grafo dirigido, ya que cada asignatura precede o ante-precede, según sea el caso, a otra y la relación entre estas tiene asignada una dirección, la cual se deduce del plan de estudios y del sistema de correlatividades.

Un grafo está compuesto por los siguientes elementos:

- **Aristas:** Son las líneas que unen los vértices de un grafo.
- **Vértices:** Los vértices son los elementos que forman un grafo. Cada uno lleva asociada una variable característica según la situación. Para el caso en análisis se corresponde con una actividad (cursado de una asignatura, regularización y aprobación).
- **Camino:** Se denomina camino a un conjunto de vértices interconectados por aristas. Dos vértices están conectados si hay un camino entre ellos.

Para la generación del grafo correspondiente al plan de estudios de ingeniería civil, se ha utilizado la documentación recopilada, descrita en el apartado 3.4., es decir el plan de estudios de la carrera, junto con el plan de correlatividades correspondientes. Como herramienta se utilizó el software Gephi (Bastian et al., 2009). Este es un software para el Análisis Exploratorio de Datos, un paradigma surgido en el campo de investigación de la Analítica Visual. Es un programa libre y de código abierto. Los elementos considerados para la ejecución del grafo son los siguientes:

**Vértices:** Como vértices del grafo se tomaron las actividades principales que se tienen en cada asignatura: el cursado, la regularización y la aprobación del examen final. Para mejorar la visualización del grafo, que de otro modo sería engorroso, se adoptó como nombre de cada vértice el código de cada asignatura. Para identificar la actividad del vértice, al código de la asignatura se le sumó una letra, de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- **C:** Corresponde a la instancia en la cual el alumno está cursando de la asignatura
- **R:** Corresponde a la instancia en la cual el alumno a regularizado la asignatura
- **A:** Corresponde a la instancia en la cual el alumno a aprobado el examen final de la asignatura

De esta manera, por ejemplo, el vértice que indica que el alumno a regularizado la asignatura Física I se denomina: "02-FI1-R", siendo 02 el número de orden que se asignó a esta asignatura en el plan de estudio. Asimismo, se han ingresado los nodos correspondientes al ingreso y egreso a la carrera.

**Aristas:** La determinación de las aristas del grafo se realizó aplicando el sistema de correlatividades del plan de estudios. Por ejemplo, para poder cursar Elementos de Algebra Lineal (TT4), el alumno debe tener regularizada la asignatura Algebra y Geometría Analítica (TT2). En este caso entonces, se debe trazar una arista dirigida (con flecha) que parte de esta última y llega a Elementos de Algebra Lineal. Este procedimiento se aplicó a todas las asignaturas teniendo en cuenta todas las correlativas emanadas del plan de estudio.

Para la carga de los datos en el software Gephi se realizó una matriz con los datos de los vértices y las aristas, en formato de archivo de texto. Para la generación de la red correspondiente a la carrera de ingeniería civil se utilizó el algoritmo ForceAtlas2 (Jacomy et al., 2014). ForceAtlas2 es



### **3. Determinación de Medidas Topológicas de la Red**

El análisis de la estructura de las redes pretende entender el comportamiento de los sistemas complejos que generan dichas redes. A la red generada se le han calculado las siguientes medidas y determinaciones:

#### **3.1 Detección de comunidades**

Las redes complejas tienden a mostrar una estructura de comunidades. Esta propiedad suele darse como consecuencia de la heterogeneidad global y local de la distribución de los enlaces en un grafo. A menudo encontramos una alta concentración de enlaces en ciertas regiones del grafo, denominadas comunidades, y una baja concentración de enlaces entre esas regiones. Las comunidades, también conocidas como módulos o clusters, se definen de forma sencilla como grupos de nodos similares. A partir del concepto de densidad de la red, las comunidades pueden definirse como grupos de nodos densamente conectados que presentan conexiones dispersas entre sí.

En primer lugar, la detección de comunidades se ha calculado utilizando el algoritmo Fast Unfolding, con lo cual se han coloreado los nodos pertenecientes a la misma comunidad (Blondel et al., 2008). En la Figura 2 se puede observar los resultados obtenidos mediante la utilización de este algoritmo.

Asimismo, se ha utilizado el algoritmo de Leiden para la detección de comunidades ya que se ha demostrado que produce comunidades para las cuales hay garantía que se encuentran conectadas y además converge a una partición en la que todos los subconjuntos de todas las comunidades se asignan localmente de forma óptima (Traag et al., 2019) (Ver Figura 3).

#### **3.2 Medidas globales**

Estas medidas proporcionan información más compacta que permite evaluar la estructura global de la red, proporcionando información sobre propiedades importantes de los fenómenos sociales subyacentes.

Si bien existen varias medidas globales utilizadas para el análisis de una red, para nuestro caso se ha determinado solamente el grado medio de la misma, ya que las otras son más utilizadas para el análisis de redes sociales. El grado medio de la red se determina como el promedio del grado de todos los nodos.

El grado medio de la red determinado es:  $G_m = 1.607$

#### **3.3 Medidas locales**

Todas ellas están basadas en el concepto general de centralidad o prestigio, lo cual es una medida general de la posición de un actor en la estructura global de la red social. Se usan para identificar los actores clave de la red. Muestran como las relaciones se concentran en los nodos, dando una idea de su importancia.

Uno de los indicadores que nos puede dar mucha información sobre los nodos (asignaturas) es el grado de los mismos. El grado de un nodo es el número de aristas que lo conectan con otros. En redes dirigidas, se define un grado de entrada (in-degree) y un grado de salida (out-degree). El grado (total) es la suma de ambos. El grado total nos da una medida de la importancia de un nodo individual en la red. Un nodo con un número de grado alto se denomina "hub" y se considera importante ya que se constituye en un nodo de canalización de información (Freeman, 1979).

Un nodo con un alto grado de entrada, significa que tiene muchos prerrequisitos para su cursado, lo cual lo constituye en una asignatura integradora. En el análisis de redes a esta medida se la denomina también soporte. Por otra parte, un nodo con un alto grado de salida significa que la información que se imparte en el curso es una fuente importante de información para los cursos posteriores. Se dice que este tipo de nodos presentan una alta influencia en la red.

Asimismo, se han determinado dos parámetros de centralidad para cada nodo, ellos son la Centralidad de intermediación (Betweenness Centrality) (Brandes, 2001) y la Centralidad de puente (Bridging Centrality) (Hwang et al., 2006).

Los nodos con una alta intermediación suelen jugar un rol crítico en la estructura de la red, cuando hay grandes flujos de información que son transportados por nodos pertenecientes a grupos compactos. Los nodos que poseen una posición de intermediarios de alguna manera son también controladores o reguladores del flujo de información. En el caso de la red del plan de estudios, este tipo de nodos conformarían actividades que de alguna manera regularían el tránsito en la carrera. Si no se supera la actividad perteneciente a ese nodo, podría representar un retraso en la carrera ya que impediría avanzar a los tramos superiores de dicho nodo. En la Tabla 1 las Figuras siguientes se pueden observar los resultados de los cálculos realizados.

Tabla 1 Medidas estadísticas calculadas para la red Ingeniería Civil

ID	Código Asignatura	Nombre Asignatura	Grado Entrada	Grado Salida	Grado Total	Rango Prestigio	Rango Prestigio Normalizado	Centralidad de Intermediación	Comunidad - Algoritmo de Leine	Comunidad: Algoritmo Fast Unfolding	Centralidad de Puente (Bridging Centrality)
0	INGRESO	INGRESO	0	5	5	0.000	0.00	0.00	0	1	0.00
1	01-TT1-C	1 Cálculo I - Cursado	1	1	2	1.609	0.51	30.78	0	1	34.21
2	01-TT1-R	1 Cálculo I - Regularización	1	3	4	0.693	0.22	137.78	0	1	21.76
3	01-TT1-A	1 Cálculo I - Aprobación	1	3	4	1.386	0.44	132.23	0	1	38.89
4	02-FI1-C	2 Física I - Cursado	1	1	2	1.609	0.51	19.91	0	1	18.67
5	02-FI1-R	2 Física I - Regularización	1	2	3	0.693	0.22	123.91	0	1	30.98
6	02-FI1-A	2 Física I - Aprobación	1	2	3	1.099	0.35	128.91	0	1	58.60
7	03-CV1-C	3 Sistemas De Representación - Cursado	1	1	2	1.609	0.51	3.50	3	1	2.50
8	03-CV1-R	3 Sistemas De Representación - Regularización	1	1	2	0.693	0.22	35.50	3	1	17.75
9	03-CV1-A	3 Sistemas De Representación - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	65.50	3	1	39.30
10	04-TT2-C	4 Álgebra Y Geometría Analítica - Cursado	1	1	2	1.609	0.51	23.80	0	1	26.45
11	04-TT2-R	4 Álgebra Y Geometría Analítica - Regularización	1	3	4	0.693	0.22	130.80	0	1	20.65
12	04-TT2-A	4 Álgebra Y Geometría Analítica - Aprobación	1	3	4	1.386	0.44	133.07	0	1	33.83
13	05-TT3-C	5 Cálculo II - Cursado	1	1	2	1.386	0.44	65.05	0	1	72.28
14	05-TT3-R	5 Cálculo II - Regularización	1	4	5	0.693	0.22	164.05	0	1	25.24
15	05-TT3-A	5 Cálculo II - Aprobación	1	4	5	1.609	0.51	223.29	7	1	36.21
16	06-FI2-C	6 Física II - Cursado	1	1	2	1.099	0.35	94.00	0	1	80.57
17	06-FI2-R	6 Física II - Regularización	1	3	4	0.693	0.22	187.00	0	1	33.39
18	06-FI2-A	6 Física II - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	138.67	7	1	154.07
19	07-QQA-C	7 Fundamentos De Química General - Cursado	1	1	2	1.609	0.51	51.00	4	5	36.43
20	07-QQA-R	7 Fundamentos De Química General - Regularización	1	1	2	0.693	0.22	116.00	4	5	58.00

ID	Código Asignatura	Nombre Asignatura	Grado Entrada	Grado Salida	Grado Total	Rango Prestigio	Rango Prestigio Normalizado	Centralidad de Intermediación	Comunidad - Algoritmo de Leine	Comunidad: Algoritmo Fast Unfolding	Centralidad de Puente (Bridging Centrality)
21	07-QQA-A	7 Fundamentos De Química General - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	179.00	4	5	89.50
22	08-QQB-C	8 Informática - Cursado	2	1	3	2.079	0.65	109.00	0	1	36.33
23	08-QQB-R	8 Informática - Regularización	1	1	2	1.099	0.35	134.00	3	1	80.40
24	08-QQB-A	8 Informática - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	157.00	3	1	112.14
25	09-TT4-C	9 Elementos De Álgebra Lineal - Cursado	1	1	2	1.386	0.44	28.23	7	1	18.82
26	09-TT4-R	9 Elementos De Álgebra Lineal - Regularización	1	1	2	0.693	0.22	115.23	7	1	69.14
27	09-TT4-A	9 Elementos De Álgebra Lineal - Aprobación	1	2	3	0.693	0.22	200.23	7	1	66.74
28	10-TT5-C	10 Cálculo III - Cursado	4	1	5	2.833	0.89	324.46	0	1	54.08
29	10-TT5-R	10 Cálculo III - Regularización	1	3	4	1.609	0.51	401.46	7	1	97.13
30	10-TT5-A	10 Cálculo III - Aprobación	1	2	3	1.386	0.44	267.96	7	1	137.42
31	11-CIV-C	11 Diseño Asistido - Cursado	2	1	3	1.792	0.56	124.40	3	1	33.17
32	11-CIV-R	11 Diseño Asistido - Regularización	1	1	2	1.099	0.35	147.40	3	1	88.44
33	11-CIV-A	11 Diseño Asistido - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	168.40	3	1	120.29
34	12-CE2-C	12 Mecánica Técnica - Cursado	4	1	5	2.773	0.87	294.84	0	1	43.15
35	12-CE2-R	12 Mecánica Técnica - Regularización	1	2	3	1.609	0.51	360.84	7	1	138.78
36	12-CE2-A	12 Mecánica Técnica - Aprobación	1	2	3	1.099	0.35	363.53	7	1	165.24
37	13-FI3-C	13 Física III - Cursado	4	1	5	2.773	0.87	173.11	0	1	22.58
38	13-FI3-R	13 Física III - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	225.11	8	2	160.79
39	13-FI3-A	13 Física III - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	275.11	8	2	183.41
40	14-TT7-C	14 Probabilidad Y Estadística - Cursado	3	1	4	2.485	0.78	301.14	7	1	72.86
41	14-TT7-R	14 Probabilidad Y Estadística - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	348.14	8	2	72.53
42	14-TT7-A	14 Probabilidad Y Estadística - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	177.14	8	2	196.82
43	15-TT6-C	15 Cálculo IV - Cursado	3	1	4	2.485	0.78	307.65	7	1	74.43
44	15-TT6-R	15 Cálculo IV - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	363.65	7	1	101.01
45	15-TT6-A	15 Cálculo IV - Aprobación	1	3	4	1.386	0.44	332.73	8	2	80.50
46	16-CE3-C	16 Geología Básica - Cursado	1	1	2	0.693	0.22	240.00	4	5	144.00
47	16-CE3-R	16 Geología Básica - Regularización	1	2	3	0.693	0.22	299.00	8	2	92.00
48	16-CE3-A	16 Geología Básica - Aprobación	1	2	3	1.099	0.35	233.00	8	2	105.91
49	17-CE5-C	17 Estabilidad I - Cursado	2	1	3	2.079	0.65	90.53	7	1	34.82
50	17-CE5-R	17 Estabilidad I - Regularización	1	2	3	1.099	0.35	141.53	7	1	45.66
51	17-CE5-A	17 Estabilidad I - Aprobación	1	1	2	1.099	0.35	133.95	8	2	114.82
52	18-CE6-C	18 Mecánica De Los Fluidos - Cursado	4	1	5	2.485	0.78	397.12	7	1	45.38
53	18-CE6-R	18 Mecánica De Los Fluidos - Regularización	1	2	3	1.609	0.51	409.12	8	4	131.97
54	18-CE6-A	18 Mecánica De Los Fluidos - Aprobación	1	1	2	1.099	0.35	273.68	6	4	205.26
55	19-G01-C	19 Topografía Y Geodesia - Cursado	4	1	5	2.565	0.81	579.40	3	1	59.43
56	19-G01-R	19 Topografía Y Geodesia - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	576.40	3	6	411.72
57	19-G01-A	19 Topografía Y Geodesia - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	571.40	3	6	342.84
58	20-CE7-C	20 Estudio De Materiales I - Cursado	3	1	4	2.197	0.69	542.11	8	2	101.65
59	20-CE7-R	20 Estudio De Materiales I - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	572.11	8	2	124.37
60	20-CE7-A	20 Estudio De Materiales I - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	371.43	3	6	318.37
61	21-C1C-C	21 Estabilidad II - Cursado	4	1	5	2.565	0.81	648.55	7	1	89.45
62	21-C1C-R	21 Estabilidad II - Regularización	1	4	5	1.609	0.51	683.55	8	2	115.53
63	21-C1C-A	21 Estabilidad II - Aprobación	1	2	3	1.609	0.51	406.92	1	2	173.16
64	22-C19-C	22 Hidráulica Básica - Cursado	2	1	3	1.946	0.61	246.83	8	4	89.76
65	22-C19-R	22 Hidráulica Básica - Regularización	1	2	3	1.099	0.35	252.83	6	4	84.28

ID	Código Asignatura	Nombre Asignatura	Grado Entrada	Grado Salida	Grado Total	Rango Prestigio	Rango Prestigio Normalizado	Centralidad de Intermediación	Comunidad - Algoritmo de Leine	Comunidad: Algoritmo Fast Unfolding	Centralidad de Puente (Bridging Centrality)
66	22-C19-A	22 Hidráulica Básica - Aprobación	1	2	3	1.099	0.35	224.95	6	0	95.73
67	23-C1G-C	23 Mecánica De Los Suelos - Cursado	4	1	5	2.773	0.87	314.73	8	2	41.05
68	23-C1G-R	23 Mecánica De Los Suelos - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	306.73	1	2	287.56
69	23-C1G-A	23 Mecánica De Los Suelos - Aprobación	1	2	3	0.693	0.22	296.73	1	2	114.13
70	24-CE8-C	24 Estudio De Materiales II - Cursado	4	1	5	2.639	0.83	676.19	8	2	83.65
71	24-CE8-R	24 Estudio De Materiales II - Regularización	1	2	3	1.609	0.51	680.19	1	2	323.90
72	24-CE8-A	24 Estudio De Materiales II - Aprobación	1	3	4	1.099	0.35	578.03	1	2	152.11
73	25-C1F-C	25 Estabilidad III - Cursado	3	1	4	2.398	0.75	393.81	8	2	82.04
74	25-C1F-R	25 Estabilidad III - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	409.81	1	2	87.82
75	25-C1F-A	25 Estabilidad III - Aprobación	1	2	3	1.386	0.44	318.06	1	2	171.92
76	26-C1K-C	26 Estabilidad IV - Cursado	2	1	3	1.946	0.61	198.72	1	2	79.49
77	26-C1K-R	26 Estabilidad IV - Regularización	1	3	4	1.099	0.35	199.72	1	2	41.61
78	26-C1K-A	26 Estabilidad IV - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	90.91	1	2	101.01
79	27-C1L-C	27 Hormigón I - Cursado	3	1	4	2.303	0.72	379.11	1	2	81.24
80	27-C1L-R	27 Hormigón I - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	370.11	1	2	97.40
81	27-C1L-A	27 Hormigón I - Aprobación	1	2	3	1.386	0.44	251.29	6	0	119.66
82	28-C1H-C	28 Hidrología - Cursado	2	1	3	1.609	0.51	307.56	6	4	94.63
83	28-C1H-R	28 Hidrología - Regularización	1	3	4	1.099	0.35	307.56	6	0	59.91
84	28-C1H-A	28 Hidrología - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	147.62	6	0	147.62
85	29-C2A-C	29 Diseño Geométrico Vial - Cursado	2	1	3	1.386	0.44	949.83	3	6	253.29
86	29-C2A-R	29 Diseño Geométrico Vial - Regularización	1	3	4	1.099	0.35	928.83	5	0	180.94
87	29-C2A-A	29 Diseño Geométrico Vial - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	365.33	5	0	558.75
88	30-C1M-C	30 Hidráulica Aplicada I - Cursado	3	1	4	2.398	0.75	347.94	6	0	80.29
89	30-C1M-R	30 Hidráulica Aplicada I - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	314.94	6	0	65.61
90	30-C1M-A	30 Hidráulica Aplicada I - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	145.75	6	0	124.93
91	31-C2B-C	31 Obras Básicas Viales - Cursado	4	1	5	2.639	0.83	436.01	5	0	61.55
92	31-C2B-R	31 Obras Básicas Viales - Regularización	1	3	4	1.609	0.51	386.01	5	0	83.91
93	31-C2B-A	31 Obras Básicas Viales - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	139.33	5	0	213.10
94	32-CE9-C	32 Hormigón II - Cursado	4	1	5	2.708	0.85	340.21	1	2	51.03
95	32-CE9-R	32 Hormigón II - Regularización	1	3	4	1.609	0.51	307.21	5	0	69.82
96	32-CE9-A	32 Hormigón II - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	154.48	5	0	154.48
97	33-C1O-C	33 Cimentaciones - Cursado	5	1	6	2.890	0.91	715.68	1	2	75.33
98	33-C1O-R	33 Cimentaciones - Regularización	1	5	6	1.792	0.56	685.68	5	0	62.91
99	33-C1O-A	33 Cimentaciones - Aprobación	1	1	2	1.792	0.56	199.33	5	0	409.16
100	34-C1P-C	34 Hidráulica Aplicada II - Cursado	3	1	4	2.197	0.69	340.28	6	0	66.29
101	34-C1P-R	34 Hidráulica Aplicada II - Regularización	1	4	5	1.386	0.44	291.28	5	0	39.27
102	34-C1P-A	34 Hidráulica Aplicada II - Aprobación	1	1	2	1.609	0.51	36.00	5	0	65.00
103	35-C2C-C	35 Construcciones Sismorresistentes - Cursado	4	1	5	2.708	0.85	303.11	6	0	41.81
104	35-C2C-R	35 Construcciones Sismorresistentes - Regularización	1	4	5	1.609	0.51	255.11	5	0	37.79
105	35-C2C-A	35 Construcciones Sismorresistentes - Aprobación	1	1	2	1.609	0.51	36.00	5	0	65.00
106	36-C1S-C	36 Estructuras Metálicas Y De Madera - Cursado	1	1	2	1.792	0.56	152.32	5	0	207.71
107	36-C1S-R	36 Estructuras Metálicas Y De Madera - Regularización	1	4	5	0.693	0.22	108.32	5	0	13.13
108	36-C1S-A	36 Estructuras Metálicas Y De Madera -	1	1	2	1.609	0.51	16.00	5	0	28.89

ID	Código Asignatura	Nombre Asignatura	Grado Entrada	Grado Salida	Grado Total	Rango Prestigio	Rango Prestigio Normalizado	Centralidad de Intermediación	Comunidad - Algoritmo de Leine	Comunidad: Algoritmo Fast Unfolding	Centralidad de Puente (Bridging Centrality)
		Aprobación									
109	37-C2D-C	37 Diseño Y Construcción De Pavimentos - Cursado	3	1	4	2.639	0.83	479.06	5	0	130.65
110	37-C2D-R	37 Diseño Y Construcción De Pavimentos - Regularización	1	3	4	1.386	0.44	406.06	5	0	88.27
111	37-C2D-A	37 Diseño Y Construcción De Pavimentos - Aprobación	1	1	2	1.386	0.44	16.00	5	0	24.47
112	38-C2F-C	38 Arquitectura Y Urbanismo - Cursado	3	1	4	2.485	0.78	150.00	5	0	26.79
113	38-C2F-R	38 Arquitectura Y Urbanismo - Regularización	1	1	2	1.386	0.44	88.00	5	0	58.67
114	38-C2F-A	38 Arquitectura Y Urbanismo - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	24.00	5	0	20.80
115	39-C2H-C	39 Organización Y Conducción De Obras - Cursado	4	1	5	2.944	0.93	206.00	5	0	30.52
116	39-C2H-R	39 Organización Y Conducción De Obras - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	112.00	5	0	80.00
117	39-C2H-A	39 Organización Y Conducción De Obras - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	16.00	5	0	13.87
118	40-G02-C	40 Derecho Y Ciencias Sociales - Cursado	4	1	5	2.890	0.91	200.00	5	0	28.24
119	40-G02-R	40 Derecho Y Ciencias Sociales - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	117.00	5	0	83.57
120	40-G02-A	40 Derecho Y Ciencias Sociales - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	32.00	5	0	27.73
121	41-C1X-C	41 Instalaciones Complementarias De Edificios - Cursado	2	1	3	1.946	0.61	148.00	5	0	41.11
122	41-C1X-R	41 Instalaciones Complementarias De Edificios - Regularización	1	1	2	1.099	0.35	87.00	5	0	52.20
123	41-C1X-A	41 Instalaciones Complementarias De Edificios - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	24.00	5	0	20.80
124	42-C2G-C	42 Economía Y Evaluación De Proyectos - Cursado	4	1	5	2.944	0.93	206.00	5	0	30.52
125	42-C2G-R	42 Economía Y Evaluación De Proyectos - Regularización	1	1	2	1.609	0.51	112.00	5	0	80.00
126	42-C2G-A	42 Economía Y Evaluación De Proyectos - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	16.00	5	0	13.87
127	43-C1Z-P	43 Práctica Profesional Supervisada - Cursado	12	1	13	3.178	1.00	889.00	5	0	10.52
128	43-C1Z-I	43 Práctica Profesional Supervisada - Regularización	1	1	2	2.565	0.81	768.00	2	3	665.60
129	43-C1Z-E	43 Práctica Profesional Supervisada - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	645.00	2	3	322.50
130	44-C1Y-A	44 Proyecto Final - Aceptación	1	1	2	0.693	0.22	520.00	2	3	260.00
131	44-C1Y-RP	44 Proyecto Final - Realización Proyecto	1	1	2	0.693	0.22	393.00	2	3	196.50
132	44-C1Y-E	44 Proyecto Final - Evaluación	1	1	2	0.693	0.22	264.00	2	3	132.00
133	44-C1Y-A	44 Proyecto Final - Aprobación	1	1	2	0.693	0.22	133.00	2	3	44.33
134	EGRESO	EGRESO	1	0	1	0.693	0.22	0.00	2	3	0.00

Figura 2 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Agrupamiento por Algoritmo de Leiden

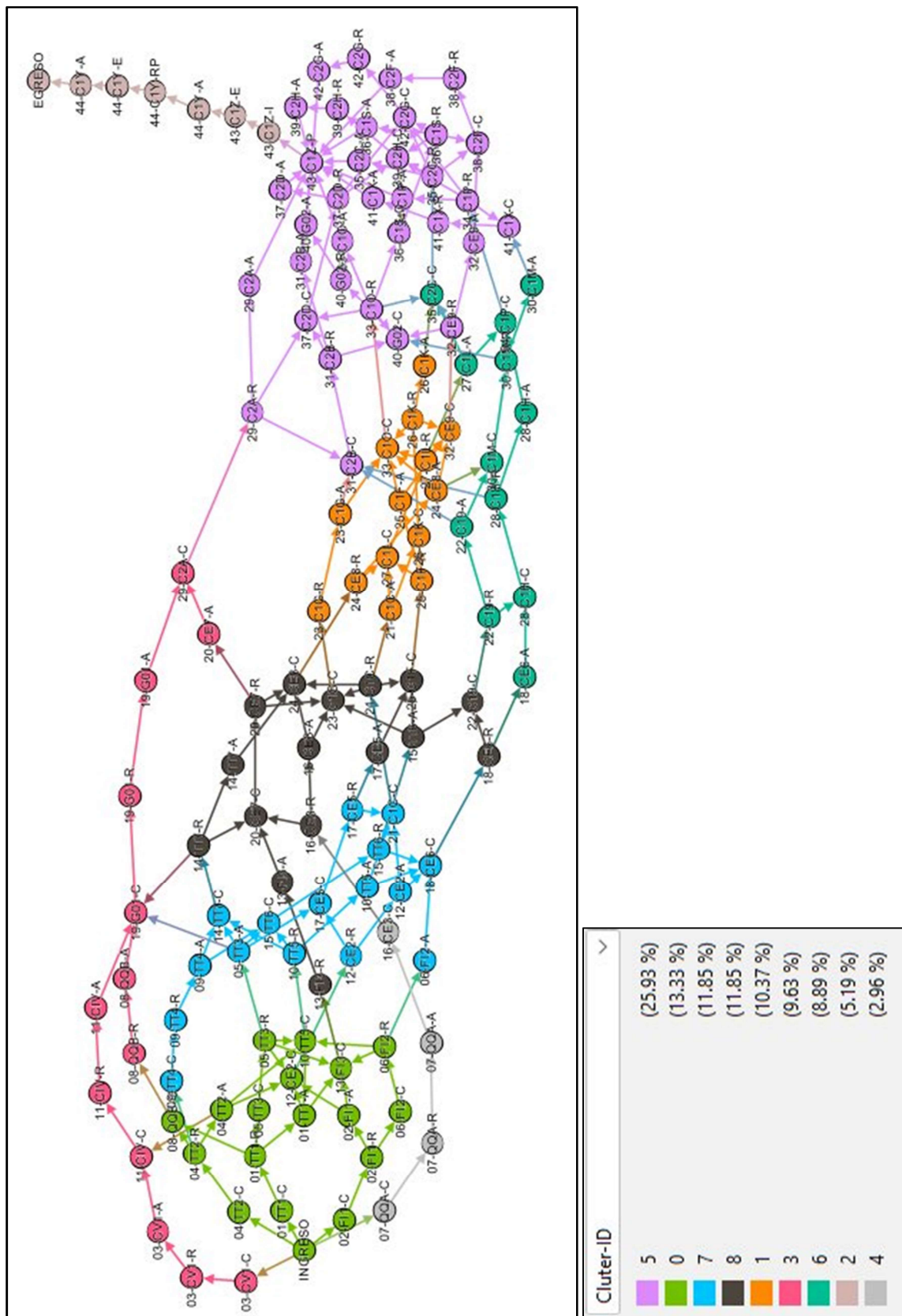


Figura 3 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Grado Total por Nodo

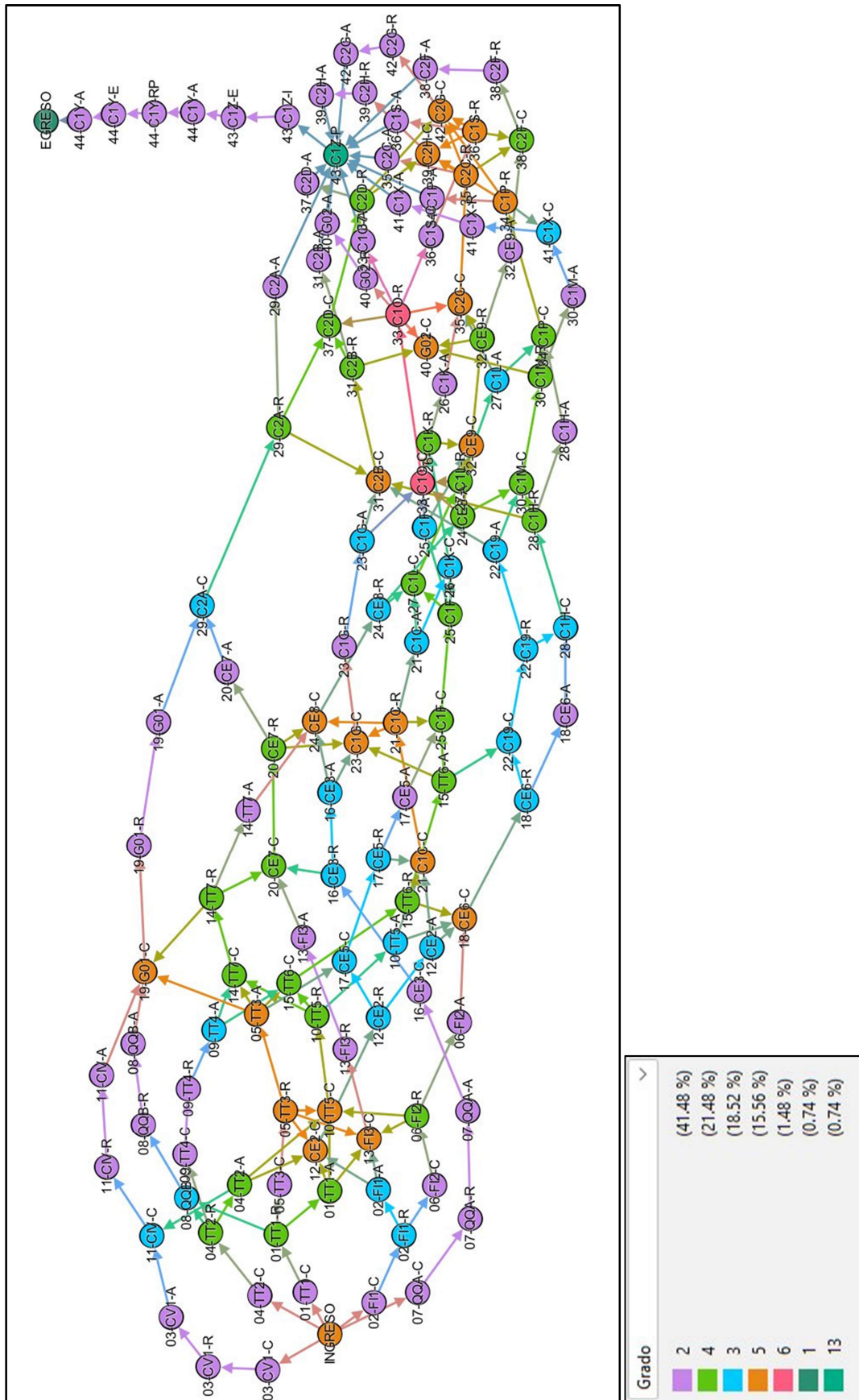


Figura 4 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Grado de Entrada por Nodo

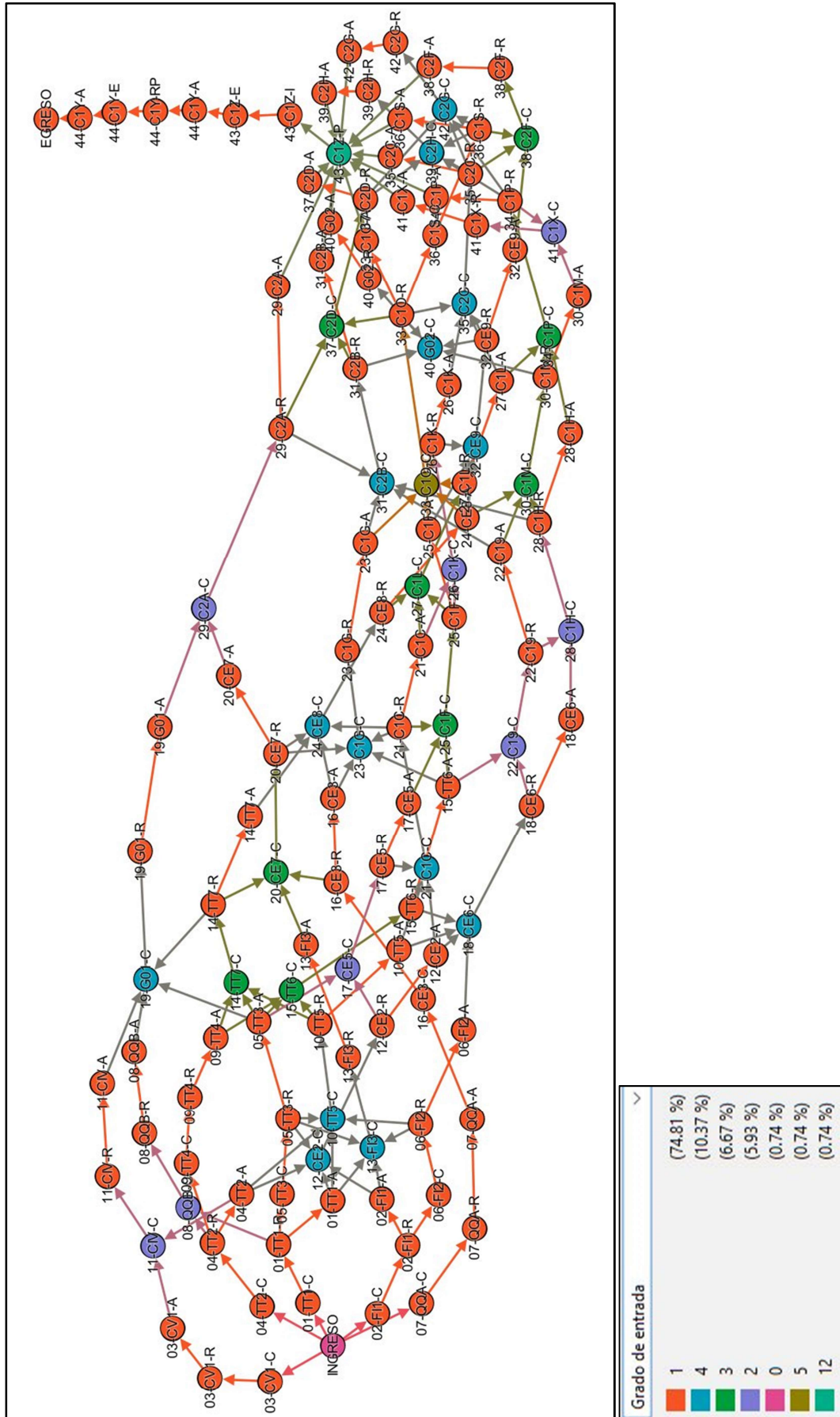


Figura 5 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Grado de Salida por Nodo

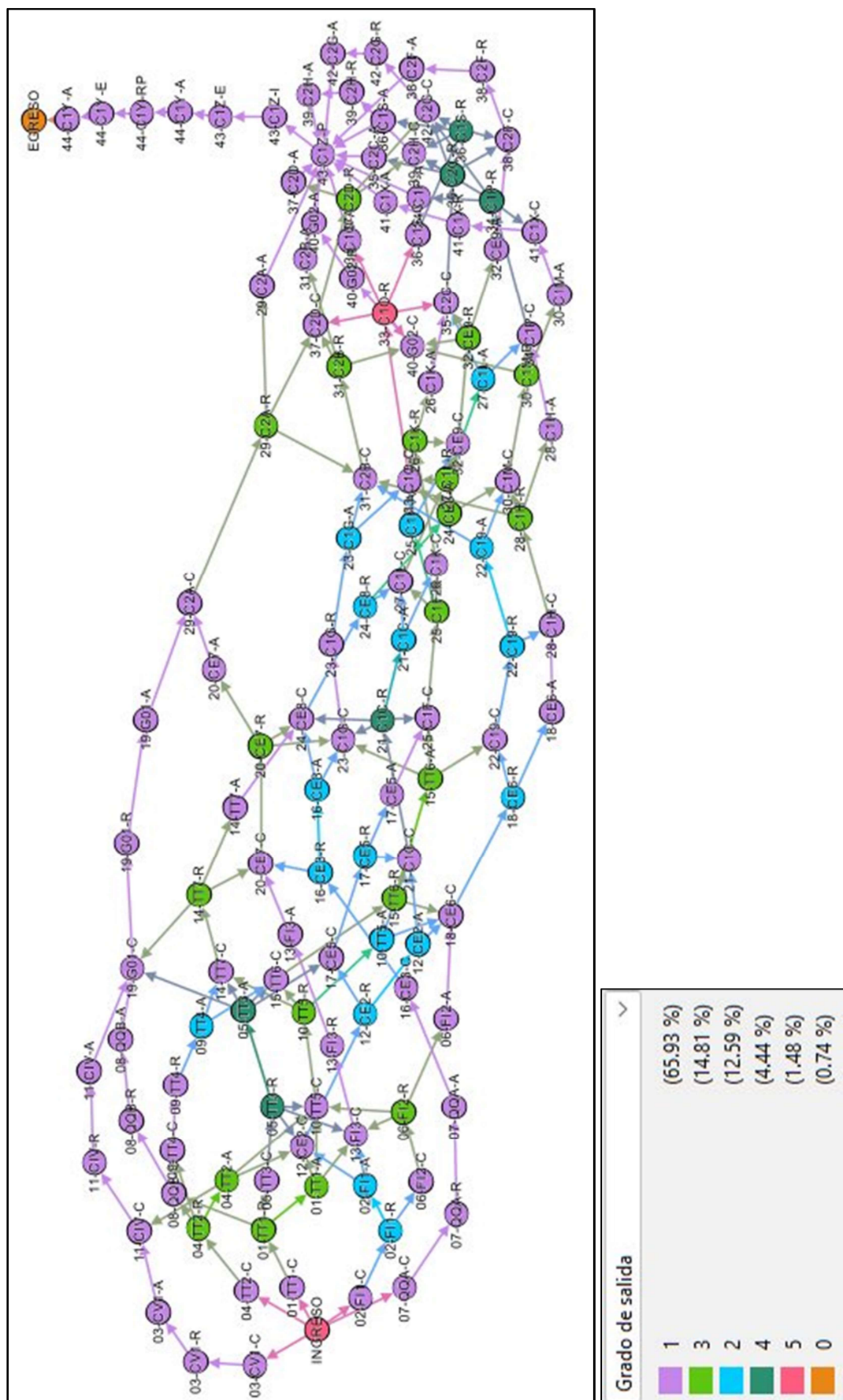


Figura 6 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Centralidad de intermediación (Betweenness Centrality)

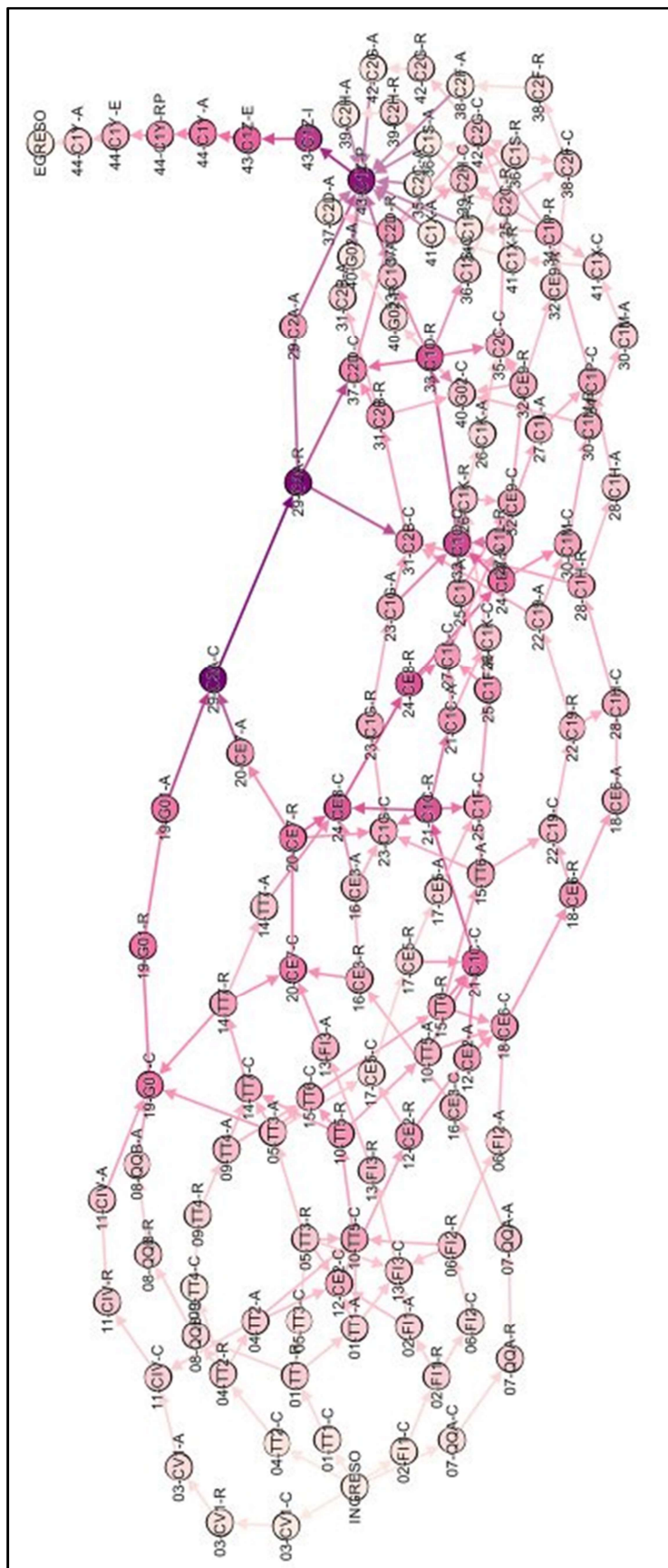
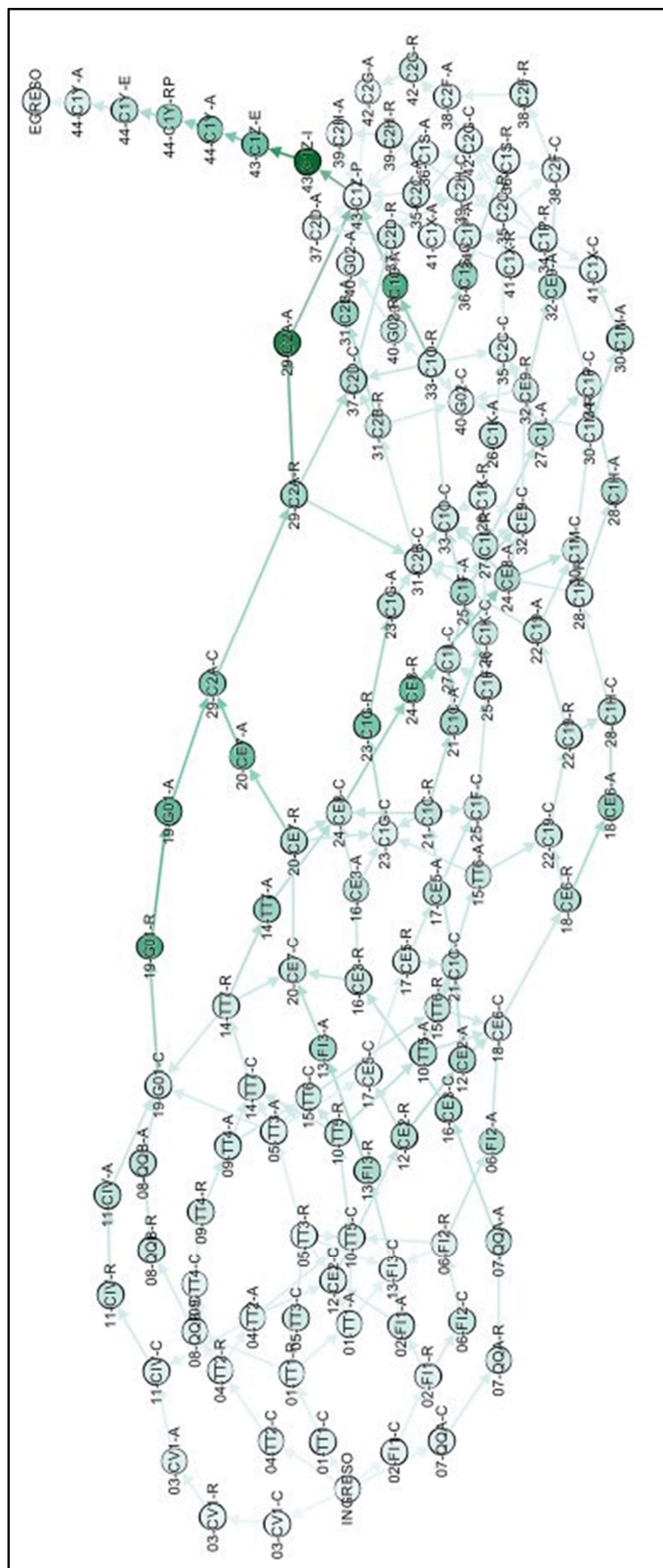


Figura 7 Red del Plan de Estudios de Ingeniería Civil – Centralidad de puente (Bridging Centrality)



## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Grado Total

Del análisis de los resultados obtenidos podemos concluir que el grado total de conexión de la red es heterogéneo. El grado medio es de 1.6 (calculado como el número total de nodos sobre el número total de aristas), sin embargo, en la tabla de grado total vemos que el 41 % tiene un grado de 2, en tanto que más del 55 % tiene un grado entre 3 y 5. Esto nos permite observar que el plan de estudio presenta un muy alto grado de interdependencia entre las actividades de las asignaturas, lo que finalmente estaría mostrando que el plan es muy rígido y muy restrictivo en relación a las posibilidades de avance que tiene el alumno. El avance en la carrera está muy condicionado por el alto grado total que tienen cada todo. Esto, en la práctica, constituye lo que en el plan de estudios se denomina Sistema de Correlatividades, y a la que los alumnos asignan en gran medida como la principal causa del atraso que sufren en la carrera.

Ya hemos mencionado que nodos con un alto grado funcionan como “hub” y nos entrega información en relación a la importancia que tienen en la red ya que se constituyen en nodo de canalización de información. A continuación, se puede ver en la Tabla 2 las actividades de mayor grado (se consideró sólo hasta el grado 5). Tengamos en cuenta que un nodo de grado 5 implica que dicho nodo tiene relaciones de dependencia e influencia con esa misma cantidad de nodos o actividades, y por supuesto, está condicionada o condiciona esa cantidad de actividades. Esto pone de manifiesto la enorme influencia que tienen este tipo de nodos en cuanto a su éxito, fracaso o demora y como afectan estas situaciones a la red de una forma compleja debido a las ramificaciones que la misma tiene. En las Tablas 3 y Tabla 4 se puede ver cómo se distribuyen estas actividades (es decir las que tienen un grado mayor o igual a 5) en relación a los bloques curriculares y a las áreas curriculares.

Los porcentajes que se observan en la tabla de áreas curriculares muestran que las áreas correspondientes a teoría de las estructuras y dimensionado de estructuras representan casi el 40 % del total de los nodos. Esto no se corresponde con lo planificado en el plan de estudios si se mira el tiempo asignado a cada uno de estas áreas. En este caso se ha duplicado su importancia en relación al tiempo que se le asignó en el plan de estudios. Esto estaría mostrando un sesgo en relación a esta área en detrimento del resto.

En relación a los bloques curriculares, los porcentajes se muestran más equilibrados, sin embargo, se puede apreciar una disminución del bloque de las ciencias básicas, el cual se ha trasladado a los bloques de tecnologías básicas y tecnologías aplicadas.

Finalmente, vemos que la asignatura Práctica Profesional Supervisada tiene un alto grado, y esto es así ya que constituye la actividad con la cual los alumnos prácticamente completan el cursado de las asignaturas consideradas “regulares” de la carrera y encaran la recta final en la terminación de sus estudios.

La asignatura que le sigue es Cimentaciones, la cual tiene un alto grado tanto en su cursado como en su regularización (grado total 6). Esto la convierte en una asignatura de suma importancia en relación al diseño del plan desde el punto de vista del análisis que estamos haciendo. Veremos cuando se realicen los análisis estadísticos qué influencia puede tener esta situación en el desarrollo de la carrera. Tengamos en cuenta que, si esta asignatura presenta altos índices de fracaso, puede constituirse en un “escollo” en el avance de la carrera y propiciando el alargamiento de la misma.

Tabla 2 Grado Total por nodo de mayor a menor (hasta Grado 5).

Nodo	Grado Total	Áreas Curriculares	Bloques Curriculares
43 Práctica Profesional Supervisada - Cursado	13	Construcc. Complementarias	Complementarias
33 Cimentaciones - Cursado	6	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
33 Cimentaciones - Regularización	6	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
5 Cálculo II - Regularización	5	Matemática	Ciencias Básicas
5 Cálculo II - Aprobación	5	Matemática	Ciencias Básicas
10 Cálculo III - Cursado	5	Matemática	Ciencias Básicas
12 Mecánica Técnica - Cursado	5	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
13 Física III - Cursado	5	Física-Química	Ciencias Básicas
18 Mecánica De Los Fluidos - Cursado	5	Hidráulica	Tecnologías Básicas
19 Topografía Y Geodesia - Cursado	5	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
21 Estabilidad II - Cursado	5	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
21 Estabilidad II - Regularización	5	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
23 Mecánica De Los Suelos - Cursado	5	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Cursado	5	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
31 Obras Básicas Viales - Cursado	5	Vías-Tránsito-Transp. y Topog.	Tecnologías Aplicadas
32 Hormigón II - Cursado	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
34 Hidráulica Aplicada II - Regularización	5	Hidráulica	Tecnologías Aplicadas
35 Construcciones Sísmorresistentes - Cursado	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
35 Construcciones Sísmorresistentes - Regularización	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
36 Estructuras Metálicas Y De Madera - Regularización	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
39 Organización Y Conducción De Obras - Cursado	5	Construcc. Complementarias	Complementarias
40 Derecho Y Ciencias Sociales - Cursado	5	Construcc. Complementarias	Complementarias
42 Economía Y Evaluación De Proyectos - Cursado	5	Construcc. Complementarias	Complementarias

Tabla 3 Cantidad de nodos de Grado Total igual o mayor a 5 por Áreas Curriculares

Áreas Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Matemática	3	13%
Física-Química	1	4%
Sistemas de Representación-Informática	0	0%
Teoría de las Estructuras	3	13%
Ciencia y Técnica de los Materiales	2	9%
Hidráulica	2	9%
Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	2	9%
Dimensionado de Estructuras	6	26%
Construcciones Complementarias	4	17%

Tabla 4 Cantidad de nodos de Grado Total igual o mayor a 5 por Bloques Curriculares

Bloques Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Ciencias Básicas	4	17%
Tecnológicas Básicas	7	30%
Tecnológicas Aplicadas	8	35%
Complementarias	4	17%

## 4.2 Grado de Salida

Si se analiza la red desde el punto de vista del grado de salida (lo que serían nodos “influyentes”), vemos que, como es natural, predominan las asignaturas correspondientes a la primera parte de la carrera (Ciencias Básicas y Tecnologías Básicas). Sin embargo, debemos destacar el predominio que tiene el Área Curricular de Matemáticas, superando ampliamente al área de Físico-Química y a las Tecnologías Básicas. De igual modo, vemos que las áreas de Teoría de

las Estructuras y Dimensionado de Estructuras tienen nuevamente valores relativamente altos en relación al resto de las áreas (Ver Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7)

Tabla 5 Grado de Salida por nodo de mayor a menor (Se consideraron 23 nodos).

Nodo	Grado Salida	Áreas Curriculares	Bloques Curriculares
33 Cimentaciones - Regularización	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
5 Cálculo II - Regularización	4	Matemática	Ciencias Básicas
5 Cálculo II - Aprobación	4	Matemática	Ciencias Básicas
21 Estabilidad II - Regularización	4	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
34 Hidráulica Aplicada II - Regularización	4	Hidráulica	Tecnologías Aplicadas
35 Construcciones Sismorresistentes - Regularización	4	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
36 Estructuras Metálicas Y De Madera - Regularización	4	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
1 Cálculo I - Regularización	3	Matemática	Ciencias Básicas
1 Cálculo I - Aprobación	3	Matemática	Ciencias Básicas
4 Álgebra Y Geometría Analítica - Regularización	3	Matemática	Ciencias Básicas
4 Álgebra Y Geometría Analítica - Aprobación	3	Matemática	Ciencias Básicas
6 Física II - Regularización	3	Física-Química	Ciencias Básicas
10 Cálculo III - Regularización	3	Matemática	Ciencias Básicas
14 Probabilidad Y Estadística - Regularización	3	Matemática	Ciencias Básicas
15 Cálculo IV - Regularización	3	Matemática	Ciencias Básicas
15 Cálculo IV - Aprobación	3	Matemática	Ciencias Básicas
20 Estudio De Materiales I - Regularización	3	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Aprobación	3	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
25 Estabilidad III - Regularización	3	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
26 Estabilidad IV - Regularización	3	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
27 Hormigón I - Regularización	3	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
28 Hidrología - Regularización	3	Hidráulica	Tecnologías Aplicadas
29 Diseño Geométrico Vial - Regularización	3	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas

Tabla 6 Cantidad de nodos de Grado de Salida por Áreas Curriculares

Áreas Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Matemática	10	43%
Física-Química	1	4%
Sistemas de Representación-Informática	0	0%
Teoría de las Estructuras	3	13%
Ciencia y Técnica de los Materiales	2	9%
Hidráulica	2	9%
Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	1	4%
Dimensionado de Estructuras	4	17%
Construcciones Complementarias	0	0%

Tabla 7 Cantidad de nodos de Grado de Salida por Bloques Curriculares

Bloques Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Ciencias Básicas	11	48%
Tecnológicas Básicas	5	22%
Tecnológicas Aplicadas	7	30%
Complementarias	0	0%

En relación al predominio del área de las matemáticas, veremos más adelante que muchas asignaturas de esta área curricular presentan altos índices de fracaso, lo que, siendo nodos con algo grado de salida, se constituyen en “frenos” del avance de los estudiantes a tramos superiores de la carrera.

### 4.3 Grado de Entrada

Si se analiza la red desde el punto de vista del grado de entrada (lo que serían nodos “soporte”), vemos que en este caso predominan las asignaturas del tramo medio superior de la carrera. En este caso, los valores tienen una distribución más uniforme. Siguen aproximadamente la distribución de tiempos asignados en el plan de estudios. De igual modo, vemos que las áreas de Teoría de las Estructuras y Dimensionado de Estructuras tienen nuevamente valores relativamente altos en relación al resto de las áreas (Ver Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 8 Grado de Entrada por nodo de mayor a menor (Se consideraron 23 nodos).

Nodo	Grado Entrada	Áreas Curriculares	Bloques Curriculares
43 Práctica Profesional Supervisada - Cursado	12	Construcciones Complementarias	Complementarias
33 Cimentaciones - Cursado	5	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
10 Cálculo III - Cursado	4	Matemática	Ciencias Básicas
12 Mecánica Técnica - Cursado	4	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
13 Física III - Cursado	4	Física-Química	Ciencias Básicas
18 Mecánica De Los Fluidos - Cursado	4	Hidráulica	Tecnologías Básicas
19 Topografía Y Geodesia - Cursado	4	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
21 Estabilidad II - Cursado	4	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
23 Mecánica De Los Suelos - Cursado	4	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Cursado	4	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
31 Obras Básicas Viales - Cursado	4	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
32 Hormigón II - Cursado	4	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
35 Construcciones Sismorresistentes - Cursado	4	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
39 Organización Y Conducción De Obras - Cursado	4	Construcciones Complementarias	Complementarias
40 Derecho Y Ciencias Sociales - Cursado	4	Construcciones Complementarias	Complementarias
42 Economía Y Evaluación De Proyectos - Cursado	4	Construcciones Complementarias	Complementarias
14 Probabilidad Y Estadística - Cursado	3	Matemática	Ciencias Básicas
15 Cálculo IV - Cursado	3	Matemática	Ciencias Básicas
20 Estudio De Materiales I - Cursado	3	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
25 Estabilidad III - Cursado	3	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
27 Hormigón I - Cursado	3	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
30 Hidráulica Aplicada I - Cursado	3	Hidráulica	Tecnologías Aplicadas
34 Hidráulica Aplicada II - Cursado	3	Hidráulica	Tecnologías Aplicadas

Tabla 9 Cantidad de nodos de Grado de Entrada por Áreas Curriculares

Áreas Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Matemática	3	13%
Física-Química	1	4%
Sistemas de Representación-Informática	0	0%
Teoría de las Estructuras	3	13%
Ciencia y Técnica de los Materiales	3	13%
Hidráulica	3	13%
Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	2	9%
Dimensionado de Estructuras	4	17%
Construcciones Complementarias	4	17%

Tabla 10 Cantidad de nodos de Grado de Entrada por Bloques Curriculares

Bloques Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Ciencias Básicas	4	17%
Tecnológicas Básicas	8	35%
Tecnológicas Aplicadas	7	30%
Complementarias	4	17%

#### 4.4 Centralidad de intermediación y centralidad de puente

En relación a las mediciones de centralidad de intermediación y de puente, ambas mediciones entregan resultados similares. En ambos casos las siguientes asignaturas presentan un alto grado de centralidad (Ver Tablas 11 al 16):

- Diseño Geométrico Vial
- Cimentaciones

En el caso de Cimentaciones, ya ha presentado niveles altos de importancia cuando se evaluaron otras mediciones de centralidad (centralidad de grado, por ejemplo). En este caso, se puede observar que Diseño Geométrico Vial tiene un alto grado de intermediación.

Como lo hemos mencionado, los nodos con un alto grado de intermediación conforman actividades que de alguna manera regulan el tránsito en la carrera. Si no se supera la actividad perteneciente a ese nodo, podría representar un retraso en la carrera ya que impediría avanzar a los tramos superiores de dicho nodo. Cuando se analicen los datos estadísticos de la carrera, se determinará como influyen estos parámetros en relación al desgranamiento y la deserción.

Resulta destacable el alto grado de intermediación que presenta el área curricular correspondiente a Vías-Tránsito-Transporte y Topografía. Si analizamos la red, veremos que esto es así debido a que esta área presenta una menor cantidad de relaciones con las otras áreas (Ver Figuras 3, 4 y 5). Esto también se ve reflejado en el menor porcentaje de grado total que tiene respecto de las áreas que están relacionadas con las estructuras.

Tabla 11 Centralidad de Intermediación (Betweenness Centrality) por nodo de mayor a menor (Se consideraron 23 nodos).

Nodo	Centralidad de Intermediación	Areas Curriculares	Bloques Curriculares
29 Diseño Geométrico Vial - Cursado	950	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
29 Diseño Geométrico Vial - Regularización	929	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
43 Práctica Profesional Supervisada - Cursado	889	Construcciones Complementarias	Complementarias
43 Práctica Profesional Supervisada - Regularización	768	Construcciones Complementarias	Complementarias
33 Cimentaciones - Cursado	716	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
33 Cimentaciones - Regularización	686	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
21 Estabilidad II - Regularización	684	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Regularización	680	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Cursado	676	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
21 Estabilidad II - Cursado	649	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
43 Práctica Profesional Supervisada - Aprobación	645	Construcciones Complementarias	Complementarias
19 Topografía Y Geodesia - Cursado	579	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Aprobación	578	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
19 Topografía Y Geodesia - Regularización	576	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
20 Estudio De Materiales I - Regularización	572	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
19 Topografía Y Geodesia - Aprobación	571	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
20 Estudio De Materiales I - Cursado	542	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
44 Proyecto Final - Aceptación	520	Construcciones Complementarias	Complementarias
37 Diseño Y Construcción De Pavimentos - Cursado	479	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
31 Obras Básicas Viales - Cursado	436	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
25 Estabilidad III - Regularización	410	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
18 Mecánica De Los Fluidos - Regularización	409	Hidráulica	Tecnologías Básicas
21 Estabilidad II - Aprobación	407	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas

Tabla 12 Centralidad de Puente (Bridging Centrality) por nodo de mayor a menor (Se consideraron 23 nodos).

Nodo	Centralidad de Puente	Áreas Curriculares	Bloques Curriculares
43 Práctica Profesional Supervisada - Regularización	666	Construcciones Complementarias	Complementarias
29 Diseño Geométrico Vial - Aprobación	559	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
19 Topografía Y Geodesia - Regularización	412	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
33 Cimentaciones - Aprobación	409	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
19 Topografía Y Geodesia - Aprobación	343	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Básicas
24 Estudio De Materiales II - Regularización	324	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
43 Práctica Profesional Supervisada - Aprobación	323	Construcciones Complementarias	Complementarias
20 Estudio De Materiales I - Aprobación	318	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
23 Mecánica De Los Suelos - Regularización	288	Ciencia y Técnica de los Materiales	Tecnologías Básicas
44 Proyecto Final - Aceptación	260	Construcciones Complementarias	Complementarias
29 Diseño Geométrico Vial - Cursado	253	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
31 Obras Básicas Viales - Aprobación	213	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
36 Estructuras Metálicas Y De Madera - Cursado	208	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas
18 Mecánica De Los Fluidos - Aprobación	205	Hidráulica	Tecnologías Básicas
14 Probabilidad Y Estadística - Aprobación	197	Matemática	Ciencias Básicas
44 Proyecto Final - Realización Proyecto	197	Construcciones Complementarias	Complementarias
13 Física III - Aprobación	183	Física-Química	Ciencias Básicas
29 Diseño Geométrico Vial - Regularización	181	Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	Tecnologías Aplicadas
21 Estabilidad II - Aprobación	173	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
25 Estabilidad III - Aprobación	172	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
12 Mecánica Técnica - Aprobación	165	Teoría de las Estructuras	Tecnologías Básicas
13 Física III - Regularización	161	Física-Química	Ciencias Básicas
32 Hormigón II - Aprobación	154	Dimensionado de Estructuras	Tecnologías Aplicadas

Tabla 13 Cantidad de nodos de Centralidad de Intermediación por Áreas Curriculares

Áreas Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Matemática	0	0%
Física-Química	0	0%
Sistemas de Representación-Infornática	0	0%
Teoría de las Estructuras	4	17%
Ciencia y Técnica de los Materiales	5	22%
Hidráulica	1	4%
Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	7	30%
Dimensionado de Estructuras	2	9%
Construcciones Complementarias	4	17%

Tabla 14 Cantidad de nodos de Centralidad de Intermediación por Bloques Curriculares

Bloques Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Ciencias Básicas	0	0%
Tecnológicas Básicas	13	57%
Tecnológicas Aplicadas	6	26%
Complementarias	4	17%

Tabla 15 Cantidad de nodos de Centralidad de Puente por Áreas Curriculares

Áreas Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Matemática	1	4%
Física-Química	2	9%
Sistemas de Representación-Infomática	0	0%
Teoría de las Estructuras	3	13%
Ciencia y Técnica de los Materiales	3	13%
Hidráulica	1	4%
Vías-Tránsito-Transporte y Topografía	6	26%
Dimensionado de Estructuras	3	13%
Construcciones Complementarias	4	17%

Tabla 16 Cantidad de nodos de Centralidad de Puente por Bloques Curriculares

Bloques Curriculares	Cantidad	
	Número	Porcentaje
Ciencias Básicas	3	13%
Tecnológicas Básicas	9	39%
Tecnológicas Aplicadas	7	30%
Complementarias	4	17%

## 5. Conclusiones

La carrera se presenta heterogénea en relación a los indicadores calculados. Se observa una clara preponderancia de las áreas correspondientes a la rama de las estructuras.

Asimismo, el alto grado total que presentan los nodos (casi el 60 % de los nodos tiene un grado total de 3 o más y el 40 % tiene grados totales mayores a 4) está indicando que existe una fuerte rigidez en cuanto a las condiciones que se imponen a la realización de las actividades propias de las asignaturas. Podríamos concluir que el 50 % de las actividades propias del plan de estudios, está condicionada-condiciona 3.5 actividades dentro de la carrera. Esta interdependencia se constituye, desde nuestro punto de vista, en un entramado tal vez excesivamente rígido y exigente, el cual que termina por dificultar el avance del alumno en la carrera.

Como conclusión final, podemos remarcar la utilidad de este tipo de herramientas y análisis para encontrar patrones y relaciones que de otra manera permanecen poco visibles. Creemos que análisis de este tipo pueden servir para, a la hora del planteo de un nuevo plan de estudios y/o de la búsqueda de soluciones a problemas existente en uno que está implementado, permita descubrir las causas a algunos problemas que están “escondidas” en la propia estructura del plan y que no son fácilmente visibles.

Es importante que los indicadores que presente una red sean relativamente homogéneos y que se eviten actividades que se constituyan en “cuellos de botella” y que traben o dificulten el avance de los alumnos en la carrera. Es importante que la “red” que constituye el plan de estudios permita el tránsito adecuado del alumno por la carrera y que a la hora de que éste no supere una actividad por algún motivo, tenga opciones de seguir avanzando, sin que dicho tropiezo se constituya en una pérdida de tiempo que no sea razonable y/o que trabe completamente el avance en su carrera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldrich, P. R. (2015). The curriculum prerequisite network: Modeling the curriculum as a complex system. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43(3), 168-180. <https://doi.org/10.1002/bmb.20861>
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). *Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks* (0.9.5). <http://www.aiai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/view/154>
- Blondel, V., Guillaume, J., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 10.
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *The Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177. <https://doi.org/10.1080/0022250X.2001.9990249>
- Freeman, L. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Soc. Networks*, 1.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción: De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria* (Vol. 3). Gedisa.
- Godsil, C., & Royle, G. (2001). *Algebraic Graph Theory*. Springer.
- Hwang, W., Cho, Y., Zhang, A., & Ramanathan, M. (2006). *Bridging Centrality: Identifying Bridging Nodes in Scale-free Networks*.
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLoS ONE*, 9(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Traag, V. A., Waltman, L., & van Eck, N. J. (2019). From Louvain to Leiden: Guaranteeing well-connected communities. *Scientific Reports*, 9(1), 5233. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41695-z>

## CONFLICTOS DE INTERESES

El autor declara que no tiene intereses financieros en competencia ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el manuscrito que se presenta en este artículo.

## APROBACION DEL COMITÉ DE ETICA PARA REALIZAR LA INVESTIGACION