

2019-05

SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN ACADÉMICA BASADO EN ANÁLISIS DE MAPAS COGNITIVOS, APLICADO A MODALIDAD B-LEARNING DEL DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

FALCHI GÁLVEZ, HERMAN FELIPE

<https://hdl.handle.net/11673/48093>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
SANTIAGO - CHILE



**“SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN ACADÉMICA
BASADO EN ANÁLISIS DE MAPAS COGNITIVOS,
APLICADO A MODALIDAD B-LEARNING DEL
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA”**

HERMAN FELIPE FALCHI GÁLVEZ

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA**

Profesor Guía: Luis Hevia Rodríguez
Profesor Correferente: Cecilia Virginia Reyes Covarrubias

Mayo - 2019

DEDICATORIA

A la comunidad universitaria; alumnos, profesores y compañeros. A los no entendidos, a quienes el sistema educativo segrega y coarta.

RESUMEN

Resumen— Se diseñó un sistema de retroalimentación académica, basado en análisis de mapas cognitivos para evaluar el desarrollo cognitivo conceptual en estudiantes de Ingeniería Civil Informática de la UTFSM. Además, se propuso un modelo de evaluación de desarrollo cognitivo conceptual utilizando mapas cognitivos y análisis estático de redes. Se implementó una aplicación web para poner a prueba el sistema, y una actividad de retroalimentación elaborada para estos mismos fines, a través del diseño de un caso de prueba. La actividad se llevó a cabo en una asignatura de la Universidad Técnica Federico Santa María durante el período académico del año 2017 y contó con la participación de dos cursos, donde uno de ellos sirvió de grupo de control para determinar el impacto del desarrollo de la actividad de retroalimentación en los estudiantes. Se obtuvo como resultado un incremento de un 50% en el promedio de calificaciones de los alumnos. Los resultados obtenidos permitieron validar la necesidad, utilidad y eficacia del sistema propuesto.

Palabras Clave— Retroalimentación académica; Mapas Cognitivos; Aprendizaje Significativo; Modelos Mentales; Análisis estático de redes.

ABSTRACT

Abstract— An academic feedback system was designed, based on analysis of cognitive maps to evaluate the conceptual cognitive development in students of Computer and Information Engineering of the UTFSM. In addition, an evaluation model of cognitive conceptual development was proposed using cognitive maps and static analysis of networks. A web application was implemented to test the system, and a feedback activity developed for these same purposes, through the design of a test case. The activity was carried out in a traditional subject of the Technical University Federico Santa María during the academic year of 2017 and had the participation of two courses, where one of them served as a control group to determine the impact of the development of the activity of feedback in the students. The result was an increase of 50% in the average grade of the students. The results obtained allowed to validate the need, utility and effectiveness of the proposed system.

Keywords— Academic feedback; Cognitive maps; Significant learning; Mental Models; Static analysis of networks.

GLOSARIO

C1:	Certamen 1.
BL:	<i>Blended Learning o B-Learning.</i>
DI:	Departamento de Informática de la UTFSM.
EL:	<i>Electronic Learning o E-Learning</i>
FCM:	<i>Fuzzy Cognitive Map.</i>
G1:	Grupo 1 de alumnos.
G2:	Grupo 2 de alumnos.
ICI:	Ingeniería Civil Informática.
ML:	<i>Mobile Learning o M-Learning</i>
MX:	FCM (mapa mental) utilizado como sistema experto.
M#:	FCM (mapa mental) elaborado por los alumnos (# corresponde al número identificador del mapa)
TIC:	Tecnología (s) de la Información y Comunicación (TICs).
Q1:	Control de lectura.
UTFSM:	Universidad Técnica Federico Santa María.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	3
INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE TABLAS	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1 RETROALIMENTACIÓN ACADÉMICA.....	16
1.1.1 REALIDAD DEL DI	19
1.2 PROBLEMA	20
1.3 OBJETIVOS	21
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.1 ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS	22
2.1.1 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL	23
2.1.2 TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE VERGNAUD.....	24
2.1.3 TEORÍA DE LOS MODELOS MENTALES DE JOHNSON-LAIRD	25
2.1.4 DESARROLLO COGNITIVO CONCEPTUAL	25
2.1.5 RELACIÓN DE LAS TEORÍAS CON EL DESARROLLO COGNITIVO CONCEPTUAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	29
2.2 MAPAS COGNITIVOS.....	30
2.2.1 MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS (FCM; <i>fuzzy cognitive maps</i>).....	32
2.2.2 MODELADO Y ANÁLISIS DE FCM	34
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	39
3.1 SISTEMA PROPUESTO.....	40
3.1.1 FASE 1: ENTREGA DE CONCEPTOS Y ELABORACIÓN DE MAPAS	40
3.1.2 FASES 2: ANALISIS DE MAPAS Y RESULTADOS	41
3.1.3 FASES 3: CURSO DE ACCIÓN Y FEEDBACK A LOS ALUMNOS.....	43
3.2 PROPUESTA DE APLICACIÓN.....	45

3.2.1	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES.....	46
3.2.2	CASOS DE USO.....	46
3.2.3	MODELO RELACIONAL	54
3.3	CASO DE PRUEBA DE APLICACIÓN (POR CASOS DE USO).....	57
CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCION		69
4.1	METODOLOGÍA.....	69
4.2	RESULTADOS	71
4.2.1	MAPAS	71
4.2.2	CALIFICACIONES	75
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		83
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA		86
ANEXOS.....		88
ANEXO A – ENUNCIADO ACTIVIDAD DE RETROALIMENTACIÓN.....		88
ANEXO B – MAPAS COGNITIVOS ELABORADOS POR ALUMNOS EN ACTIVIDAD DE VALIDACIÓN.....		90
ANEXO C – TABLAS DE RESULTADOS.		106

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Malla Curricular Ingeniería Civil Informática. Fuente: (Departamento de Informática, 2018)	15
Figura 1.2: Interacción de elementos en el proceso de retroalimentación académica. Fuente: (Romero Sandí, Rojas Ramírez, & Flores Quesada, 2013).....	17
Figura 2.1: Ejemplo de mapa cognitivo. Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004). Adaptación Propia.	31
Figura 2.2: Ejemplo de lógica difusa vs lógica booleana. Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004)	32
Figura 2.3: Ejemplo de mapa cognitivo difuso. Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004).....	34
Figura 2.4: Matriz de adyacencia de FCM de la Figura 2.3. Fuente: Elaboración Propia. ...	35
Figura 2.5: Pseudocódigo implementación algoritmo Dijkstra. Fuente: (Yan, 2018).....	38
Figura 3.1: Diagrama operacional de las fases de la actividad de retroalimentación. Fuente: Elaboración Propia.	39
Figura 3.2: Flujo de actividades fase 1. Fuente: Elaboración Propia.	41
Figura 3.3: Flujo de actividades fase 2. Fuente: Elaboración Propia.	43
Figura 3.4: Flujo de actividades fase 3. Fuente: Elaboración Propia.	44
Figura 3.5: Flujo de actividades del sistema propuesto. Fuente: Elaboración Propia.....	45
Figura 3.6: Modelo de datos relacional. Fuente: Elaboración Propia.	54
Figura 3.7: Registrar nuevo curso - Menú asignaturas. Fuente: Elaboración Propia.	58
Figura 3.8: Registrar nuevo curso - Formulario creación de asignatura. Fuente: Elaboración Propia.	59
Figura 3.9: Registrar nuevo curso - Asignatura creada exitosamente. Fuente: Elaboración Propia.	59
Figura 3.10: Agregar unidad de contenidos – Menú asignaturas. Fuente: Elaboración Propia.	60

Figura 3.11: Agregar unidad de contenidos – Formulario creación unidad de contenidos. Fuente: Elaboración Propia.	60
Figura 3.12: Agregar unidad de contenidos - Nueva unidad creada exitosamente. Fuente: Elaboración Propia.	61
Figura 3.13: Crear un mapa. Fuente: Elaboración Propia.	61
Figura 3.14: Crear un mapa - Vista de edición de mapas. Fuente: Elaboración Propia.	62
Figura 3.15: Crear un mapa - Construcción de mapa (nodos) . Fuente: Elaboración Propia.	63
Figura 3.16: Crear un mapa - Construcción de mapa (arcos). Fuente: Elaboración Propia.	64
Figura 3.17: Crear un mapa - Guardar mapa. Fuente: Elaboración Propia.....	65
Figura 3.18: Crear un mapa - Finalización. Fuente: Elaboración Propia.	65
Figura 3.19: Editar un mapa - Vista de mapas. Fuente: Elaboración Propia.....	66
Figura 3.20: Editar un mapa - Vista de construcción de mapas (edición). Fuente: Elaboración Propia.	66
Figura 3.21: Mostrar resultados - Vista de asignaturas. Fuente: Elaboración Propia.	67
Figura 3.22: Mostrar resultados - Vista de contenidos. Fuente: Elaboración Propia.....	67
Figura 3.23: Mostrar resultados - Resultados por actividad. Fuente: Elaboración Propia. .	68
Figura 3.24: Mostrar resultados - Resultados por mapa. Fuente: Elaboración Propia.	68
Figura 4.1: Mapa mental MX. Corresponde al mapa utilizado como modelo de referencia.	71
Figura 4.2: Mapa mental M10, con 59% de correlación respecto de MX.	72
Figura 4.3: Mapa mental M9, con 27% de correlación respecto de MX.	72
Figura 4.4: Mapa mental M14, con 42% de correlación respecto de MX.	73
Figura 4.5: Notas obtenidas por los alumnos del grupo 1 (G1), previo y posterior al desarrollo de la actividad. Fuente: Elaboración Propia.	75
Figura 4.6: Notas obtenidas por los alumnos del grupo 2 (G2), previo y posterior al desarrollo de la actividad. Fuente: Elaboración Propia.	75

Figura 0.1: Mapa mental M3, con 27% de correlación respecto de MX.	90
Figura 0.2: Mapa mental M4, con 6% de correlación respecto de MX.	91
Figura 0.3: Mapa mental M11, con 65% de correlación respecto de MX.	91
Figura 0.4: Mapa mental M17, con 39% de correlación respecto de MX.	92
Figura 0.5: Mapa mental M19, con 47% de correlación respecto de MX.	92
Figura 0.6: Mapa mental M20, con 32% de correlación respecto de MX.	93
Figura 0.7: Mapa mental M23, con 0% de correlación respecto de MX.	93
Figura 0.8: Mapa mental M24, con 36% de correlación respecto de MX.	94
Figura 0.9: Mapa mental M25, con 14% de correlación respecto de MX.	94
Figura 0.10: Mapa mental M29, con 32% de correlación respecto de MX.	95
Figura 0.11: Mapa mental M30, con 43% de correlación respecto de MX.	95
Figura 0.12: Mapa mental M36, con 33% de correlación respecto de MX.	96
Figura 0.13: Mapa mental M39, con 19% de correlación respecto de MX.	96
Figura 0.14: Mapa mental M43, con 55% de correlación respecto de MX.	97
Figura 0.15: Mapa mental M45, con 38% de correlación respecto de MX.	97
Figura 0.16: Mapa mental M46, con 33% de correlación respecto de MX.	98
Figura 0.17: Mapa mental M48, con 41% de correlación respecto de MX,	98
Figura 0.18: Mapa mental M49, con 12% de correlación respecto de MX.	99
Figura 0.19: Mapa mental M50, con 39% de correlación respecto de MX.	99
Figura 0.20: Mapa mental M52, con 41% de correlación respecto de MX.	100
Figura 0.21: Mapa mental M54, con 26% de correlación respecto de MX.	100
Figura 0.22: Mapa mental M57, con 24% de correlación respecto de MX.	101
Figura 0.23: Mapa mental M58, con 27% de correlación respecto de MX.	101
Figura 0.24: Mapa mental M59, con 44% de correlación respecto de MX.	102

Figura 0.25: Mapa mental M60, con 27% de correlación respecto de MX.	102
Figura 0.26: Mapa mental M61, con 55% de correlación respecto de MX.	103
Figura 0.27: Mapa mental M62, con 50% de correlación respecto de MX.	103
Figura 0.28: Mapa mental M65, con 10% de correlación respecto de MX.	104
Figura 0.29: Mapa mental M66, con 6% de correlación respecto de MX.	104
Figura 0.30: Mapa mental M67, con 44% de correlación respecto de MX.	105
Figura 0.31: Mapa mental M68, con 30% de correlación respecto de MX.	105

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Clasificación de aprendizaje significativo por estructura cognitiva. Fuente: (Martinez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación propia.	24
Tabla 2.2: Comparación del concepto de desarrollo cognitivo bajo los enfoques de Piaget y Vygotsky. Fuente: (Martinez, Arrieta, & Meleán, 2012)	26
Tabla 2.3: Comparación de las teorías de desarrollo cognitivo de Piaget y Vygotsky con las teorías psicológicas cognitivas. Fuente: (Martinez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación Propia.	28
Tabla 2.4: Características de aprendizaje. Fuente: (Martinez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación Propia.....	29
Tabla 3.1: Caso de uso narrativo 1: Registrar un curso	47
Tabla 3.2: Caso de uso narrativo 2: Registrar una actividad	48
Tabla 3.3: Caso de uso narrativo 3: Elaborar un mapa.	49
Tabla 3.4: Caso de uso narrativo 4: Editar un mapa.....	50
Tabla 3.5: Caso de uso narrativo 5: Ver un mapa.....	51
Tabla 3.6: Caso de uso narrativo 6: Mostrar resultados de análisis por actividad de contenidos.	52
Tabla 3.7: Caso de uso narrativo 7: Mostrar resultados de análisis por mapa.	53
Tabla 3.8: Esquema descriptivo de las tablas del modelo propuesto. Fuente: Elaboración Propia.	55
Tabla 4.1: Tabla de indicadores con los resultados obtenidos de los análisis, junto con la calificación correspondiente al autor de cada mapa. Fuente: Elaboración Propia.....	74
Tabla 0.1: Calificaciones obtenidas por los alumnos del Grupo 1.....	106
Tabla 0.2: Calificaciones obtenidas por los alumnos del Grupo 2.....	107

INTRODUCCIÓN

Desde hace aproximadamente una década, el área de la educación se ha visto modificada por el rápido desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) y la irrupción de las mismas en las aulas de clases. Éstas han complementado las metodologías clásicas de enseñanza y evaluación, transformando el proceso de enseñanza - aprendizaje en una zona experimental.

Tal como se especifica en el primer capítulo de esta memoria, los modelos de aprendizaje que utilizan TICs (dispositivos electrónicos y/o medios digitales de información) permiten que los alumnos sitúen su proceso de aprendizaje más allá del aula física, llevando el mismo de forma más independiente. Estos modelos se dividen en dos categorías: *E-Learning* (*Electronic Learning*) y el *B-Learning* (*Blended Learning*), en español Aprendizaje Electrónico y Aprendizaje Mixto, respectivamente. El primero, utiliza los recursos tecnológicos para dar lugar a un aula virtual, mientras que el segundo combina el aula virtual con el aula física.

Así, y a propósito del devenir tecnológico que se experimenta hace varios años en el mundo, particularmente, en el Departamento de Informática (DI) de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), de forma paulatina algunas de las asignaturas han modificado su metodología e integrado un modo mixto de enseñanza, posibilitando así que el estudiante sea un actor más activo del proceso de aprendizaje.

De este modo, y tal como en la mayoría de los procesos de enseñanza - aprendizaje, es esencial conocer y determinar el nivel de comprensión que poseen los estudiantes sobre los contenidos y conceptos impartidos durante el desarrollo de las asignaturas.

En este contexto, se diagnostica que, de forma generalizada en el DI y en la UTFSM se visualiza un problema en cuanto al modo de medición del nivel de conocimiento de los contenidos y aptitudes que los alumnos poseen y desarrollan durante el transcurso de las asignaturas impartidas: No existe un método de retroalimentación académica previo a la obtención de calificación que permita a los docentes y evaluadores conocer y determinar el nivel de comprensión de sus estudiantes respecto a un contenido en particular.

En este sentido, es que se propone un sistema de retroalimentación académica, el cual pretende corregir esta problemática, puesto que, al obtener información elemental sobre el progreso en el aprendizaje de los estudiantes, es posible corregir a tiempo la comprensión de los contenidos, además de modificar las metodologías utilizadas en las aulas físicas.

En cuanto a la metodología utilizada, se elaboró, en primera instancia, una actividad para ser desarrollada bajo una perspectiva de aprendizaje mixto (*Blended Learning*), en la que

los alumnos de un curso deben elaborar mapas cognitivos, los cuales luego son analizados y posteriormente, con los resultados obtenidos, se corrige a los alumnos. En segunda instancia, se desarrolló una aplicación para dar soporte a la actividad propuesta. Posteriormente, se realizó una clase complementaria presencial para retroalimentar académicamente (en base a los resultados obtenidos luego de la actividad en línea) a los estudiantes.

Dicho sistema de retroalimentación académica se probó en dos paralelos de la cátedra Teoría de Sistemas, perteneciente al DI de la UTFSM durante el primer semestre de 2017. El análisis de los resultados se realizó comparando un curso desarrollado bajo la planificación de un semestre regular con otro en el que se utilizó el sistema de retroalimentación.

La estructura de esta memoria comienza con el Capítulo 1, donde se identifica el problema de investigación, se contextualiza el mismo en el DI de la UTFSM y se plantean los objetivos. Posteriormente, en el marco conceptual (Capítulo 2), se presenta la bibliografía estudiada para respaldar la investigación. A continuación, en el Capítulo 3, se entrega la propuesta de solución, basada, como se dijo anteriormente, en un modelo de *B-Learning* que está constituido por una actividad diseñada para el aula y la aplicación desarrollada, de la que se entrega una descripción acompañada de una guía de uso de esta. En este apartado, y referente a la metodología utilizada, para la descripción de procesos y flujo de actividades del sistema, se utilizó la notación BPMN. En la validación de la solución (Capítulo 4), se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación del sistema de retroalimentación académica. Finalmente, en el Capítulo 5 se exhiben las conclusiones obtenidas de la elaboración del trabajo de memoria.

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La problemática se enmarca en el actual sistema de evaluación que tiene la UTFSM, específicamente el DI, para medir el nivel de conocimientos y aptitudes que los alumnos poseen y desarrollan durante el transcurso de las asignaturas impartidas. Este sistema sigue la dinámica clásica de evaluación en planteles de educación superior, la cual se basa principalmente en exámenes escritos que pretenden determinar el grado de conocimientos que los estudiantes evaluados poseen sobre diversos temas, mediante preguntas de desarrollo, definiciones conceptuales, resolución de problemas, selección múltiple, entre otras. Si bien este sistema de evaluación es efectivo, y utilizado a escala global, debido a la importancia que tiene en el proceso educativo en los distintos niveles de enseñanza, su finalidad es solo la de determinar si los alumnos dominan los contenidos de un curso, y no es capaz de identificar, en primera instancia, qué es lo que conceptualmente entienden los alumnos, o qué es lo que se debe corregir en ellos para que el proceso de adquisición y creación de nuevos conocimientos se realice correctamente. Esto deja de lado un aspecto importante en la enseñanza, ya que no da cabida a la corrección y al re-aprendizaje oportuno, debido a que, bajo este sistema de evaluación, esto solo se logra luego de una instancia definitiva y muchas veces lapidaria en el desarrollo de un curso, como lo es la obtención de una calificación.

En tanto, las evaluaciones son, por lo general, de carácter definitivo, los contenidos se enseñan y se evalúan, para luego continuar con los temas siguientes, asumiendo que los contenidos ya evaluados fueron aprendidos correctamente por los alumnos, independiente de los resultados obtenidos, y en caso de ser necesaria una re-evaluación del alumno, esta por lo general se realiza al final del curso. Pero ¿Y qué ocurre cuando los resultados son deficientes para un curso completo? El sistema de evaluación clásico tampoco determina si la metodología de enseñanza utilizada por el profesor es bien comprendida por los alumnos, o qué tipo de correcciones son las que debe realizar el docente para guiar a los estudiantes de forma correcta. De modo que estas evaluaciones no permiten, tanto a los alumnos corregir sus errores sobre la marcha (del curso), porque no existe una instancia formal para hacerlo, que sea además guiada por el profesor, como tampoco permite a los docentes corregir oportunamente los errores que pudo haber cometido, en cuanto a contenidos o a las metodologías utilizadas para cubrir una determinada materia, ya que para ambos actores, cualquier error se observa una vez que se tienen los resultados de la evaluación, instancia que por lo general ocurre transcurridas semanas, cuando se están estudiando los temas de la evaluación siguiente.

Curricularmente, la malla de la carrera de Ingeniería Civil Informática (ICI) de la UTFSM se estructura de modo que la formación de los alumnos sea progresiva, paralelamente en las distintas áreas de especialidad, siendo necesario que los alumnos cumplan con los requisitos de aprobación en las asignaturas básicas de cada rama de especialidad para continuar con asignaturas más específicas (Figura 1.1). Principalmente, los requisitos para aprobar una asignatura se basan en la obtención de calificaciones mínimas que, de cierta forma, determinan si un alumno domina los contenidos vistos en el curso y, por consiguiente, si está preparado para continuar con la asignatura siguiente en la malla curricular. Aun así, es común que alumnos lleguen a asignaturas superiores sin dominar los contenidos como se espera que lo hagan, debido a que la ponderación de la calificación mínima requerida lo permite. Esto se traduce muchas veces en una mayor dificultad de aprendizaje para el alumno en los cursos superiores.

Malla Curricular Ingeniería Civil Informática										Plan 73 13
AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	AÑO 5 1/2	
SEMESTRE I	SEMESTRE II	SEMESTRE III	SEMESTRE IV	SEMESTRE V	SEMESTRE VI	SEMESTRE VII	SEMESTRE VIII	SEMESTRE IX	SEMESTRE X	SEMESTRE XI
IWI-131 Programación 3 5	QUI-010 Química y Sociedad 3 5	INF-134 Estructuras de Datos 1 3 5	INF-253 Lenguajes de Programación 1 3 5	INF-239 Bases de Datos 1 3 5	INF-236 Análisis y Diseño de Software 1 3 5	INF-225 Ingeniería de Software 1 3 5	INF-322 Diseño de Interfaces Usuaras 1 3 5	INF-302 Electivo Informática II 3 5		
MAT-021 Matemáticas I 5 8	MAT-022 Matemáticas II 2 5 7	MAT-023 Matemáticas III 7 9	MAT-024 Matemáticas IV 13 4 6	INF-245 Arquitectura y Organización de Computadores 1 3 5	INF-246 Sistemas Operativos 2 5 3 5	INF-256 Redes de Computadores 3 5	INF-343 Sistemas Distribuidos 3 5	INF-303 Electivo Informática III 3 5	INF-304 Electivo Informática IV 3 5	
FIS-100 Introducción a la Física 3 6	FIS-110 Física General I 2 3 5 8	FIS-130 Física General III 7 9 4 8	FIS-120 Física General II 7 9 4 8	FIS-140 Física General IV 14 20 4 8	INF-276 Ingeniería, Informática y Sociedad 2 5 3 5	ICN-270 Información y Matemáticas Financieras 2 5 3 5	INF-301 Electivo Informática I 3 5	INF-311 Electivo I 3 5	INF-313 Electivo III 3 5	
	IVG-101 Introducción a la Ingeniería 2 3	INF-152 Estructuras Discretas 1 3 5	INF-155 Informática Teórica 12 15 3 5	INF-280 Estadística Computacional 1 13 3 5	INF-221 Algoritmos y Complejidad 1 13 3 5	INF-285 Computación Científica 1 13 3 5	INF-295 Inteligencia Artificial 34 33 3 5	INF-312 Electivo II 3 5	INF-314 Electivo IV 3 5	
HRW-132 Humanístico I 2 3	HRW-133 Humanístico II 2 3	INF-260 Teoría de Sistemas 9 3 5	INF-170 Economía IA 13 3 5	INF-270 Organizaciones y Sistemas de Información 1 3 5	INF-292 Optimización 1 3 5	INF-293 Investigación de Operaciones 3 4 3 6	INF-266 Sistemas de Gestión 3 2 3 5	INF-360 Gestión de Proyectos de Informática 4 46 3 5	INF-228 Taller Desarrollo de Proyecto de Informática 6 10 6 10	
DEW-100 Educación Física I 1 2	DEW-101 Educación Física II 1 2	LIBRE1/ Actividad co-curricular 1 2	LIBRE2/ Actividad co-curricular 1 2	INF-3 Libre3/ Actividad co-curricular 1 2	INF-4 Libre4/ Actividad co-curricular 1 2	INF-5 Libre5/ Actividad co-curricular 1 2	INF-6 Libre6/ Actividad co-curricular 1 2	INF-7 Libre7/ Actividad co-curricular 1 2	INF-309 Trabajo de Título 1 60 52 1 2	INF-310 Trabajo de Título 2 67 53 12 20
14 24	18 28	18 32	18 31	17 30	16 27	16 28	16 27	16 27	16 27	12 20
BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA				LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA						

Código asignatura FIS-110 **Número asignatura** 0

Pre Requisito (2) 3 **Nombre asignatura** Física General I

Créditos USM SCT 5 8

Matemáticas, Físicas y Química

Fundamentos de Informática

Humanistas, Educación Física y Libres

Industrial y Comercial

Computación Aplicada en Ciencia e Ingeniería

Electivos Informática y Electivos

Departamento de Informática

Universidad Técnica Federico Santa María

Al reverso perfil de egreso, Inglés, prácticas, titulación, otros

Figura 1.1: Malla Curricular Ingeniería Civil Informática.

Fuente: (Departamento de Informática, 2018)¹

¹ Obtenido del sitio web del Departamento de Informática de la UTFSM. <https://www.inf.utfsm.cl/estudiantes/pregrado/ingenieria-civil-informatica>. Sitio consultado el 24 de febrero de 2018.

En la última década, como consecuencia de la evolución de las TICs y la integración de estas tecnologías en el ámbito académico, las metodologías clásicas de enseñanza y evaluación han sido complementadas con actuales modelos de docencia. Estos modelos se basan principalmente en entornos virtuales de aprendizaje que permiten a los estudiantes salir del aula física y llevar su proceso formativo de forma más independiente mediante la utilización de TICs desarrolladas especialmente para ello. En términos generales, es posible separar estos modelos en dos categorías, el *E-Learning (Electronic Learning, EL)* o en español, *Aprendizaje Electrónico*, y el *B-Learning (Blended Learning, BL)* o en español, *Aprendizaje Mixto*. Tanto el EL como el BL, utilizan dispositivos electrónicos y medios digitales de información para llevar a cabo el proceso de enseñanza y/o aprendizaje, pero difieren en cómo se hace uso de los recursos tecnológicos. El *E-Learning* se conoce también en español como *Aprendizaje a distancia* debido a que se basa netamente en el uso de los recursos tecnológicos para llevar a cabo el proceso educativo dando lugar a un aula virtual, la cual es puramente digital, sin la necesidad de asistir a un lugar físico, ni relacionarse personalmente con los demás integrantes del proceso. Por otra parte, si bien el BL también hace uso de los recursos tecnológicos y los medios digitales, combina el aula virtual con el aula física, utilizando ambos espacios para llevar a cabo el proceso educativo. Cabe destacar que, en este último, los medios digitales y las instancias virtuales no son meramente un complemento de lo impartido en el aula física, sino que ambas en conjunto (aula virtual y aula física) conforman el modelo de docencia, cada una con un rol definido en el proceso de enseñanza/aprendizaje. El *B-Learning* también se conoce como *Aprendizaje Semipresencial*.

Particularmente en el DI, lentamente algunas asignaturas han cambiado su metodología de desarrollo en los últimos años, enfocándose más en un modelo de aprendizaje mixto, obligando que sus alumnos pasen a tener un rol más activo en su propio proceso de aprendizaje, generando a su vez mejores espacios de comunicación y discusión en el aula. Sin embargo, los sistemas de evaluación utilizados siguen manteniendo los lineamientos de los modelos clásicos, sin dar cabida a una instancia formal que permita determinar si los contenidos estudiados son comprendidos correctamente por los alumnos.

Actualmente, las instancias de retroalimentación entre docentes y alumnos con las que cuenta el DI, no se orientan en los contenidos de los cursos, sino más bien en la forma en la que se desarrollan estos y las metodologías utilizadas, enfocándose principalmente en mejorar el planteamiento del desarrollo de los cursos.

1.1 RETROALIMENTACIÓN ACADÉMICA

Bajo una perspectiva sistémica, la retroalimentación se entiende como un mecanismo de regulación y control tal que, según (Acevedo Almonacid, 2016) “en sus expresiones tanto

positiva como negativa, da cuenta de los mecanismos que hacen posible la amplificación y la corrección de desviaciones conforme a una norma, respectivamente, para mantener a sistemas de distinta naturaleza, dentro de un equilibrio dinámico”.

Por otra parte, existen distintos métodos de retroalimentación, los cuales pueden clasificarse según diversos factores: ser de carácter formal o informal, y los mismos, realizarse de manera escrita, verbal o no verbal. En tanto, la retroalimentación académica puede dirigirse en forma general, es decir, para todos los alumnos, a un grupo de menor cantidad o de manera individual (Ávila, 2009).

En tanto, se establece que, para el alumnado es esencial la devolución de información que el docente realice posteriormente a la ejecución de una actividad de aprendizaje, puesto que así se le permite "conocer la naturaleza de los equívocos, inconsistencias, y fallas en la interpretación" que puedan impactar en la comprensión, y posteriormente, en el proceso de evaluación (Vázquez, 2010).

De igual modo, Hattie y Timperley (Lozano Martínez, 2014) concuerdan que el proceso de retroalimentación académica busca que el estudiante se percate de la discrepancia entre lo que comprendió y lo que debió comprender, esto, contextualizado en el desempeño realizado para cumplir con el objetivo de aprendizaje propuesto en cada actividad.

En la Figura 1.2 se observa la interacción de los elementos presentes en el proceso de retroalimentación académica, utilizando un sistema auxiliar como mecanismo de comunicación entre docentes y estudiantes.

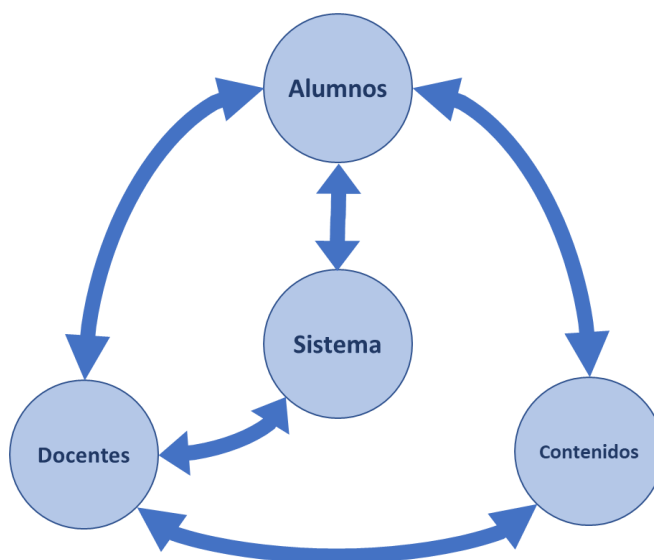


Figura 1.2: Interacción de elementos en el proceso de retroalimentación académica. Fuente: (Romero Sandí, Rojas Ramírez, & Flores Quesada, 2013).

Así, teniendo como centro el área académica, es posible entender por retroalimentación académica al mecanismo por el cual docentes y alumnos, mediante diferentes formas de comunicación e intercambio de información, son capaces de dar cuenta las distintas perspectivas que tienen ambos actores sobre el proceso de enseñanza/aprendizaje que se da en un ambiente formativo, ya sea en lo referente a la correcta comprensión de las materias enseñadas dentro del aula, o de corregir errores, y/o ideas equivocadas, tanto de contenidos como de metodologías utilizadas en el proceso de aprendizaje, entre otros. Sin embargo, estas instancias de comunicación son generalmente escasas y se dan principalmente con alumnos que presentan un mayor interés en las asignaturas, con quienes los docentes desarrollan una comunicación que permite que la retroalimentación se realice prácticamente de forma natural, pero a la vez implícita.

Desde un punto de vista general, considerando a todos los integrantes dentro del aula, contar con una instancia formal que permita mantener una constante retroalimentación académica en el desarrollo de la asignatura constituye un desafío, debido a las dificultades que se presentan, para ambos actores, a raíz de la implementación e integración de nuevos modelos, sistemas y metodologías en la planificación de un curso.

Para los alumnos, incorporar nuevas actividades en el programa de las asignaturas significa aumentar el tiempo que deben dedicar a las materias, traducándose esto en un incremento de la carga académica con que cada asignatura ya cuenta. Por otra parte, el modelo educacional presente en nuestro país, desde la formación escolar básica, funciona bajo un paradigma en donde se fomenta la competitividad, premiando a los mejores y castigando a quienes presentan un bajo rendimiento, generando en estos últimos inseguridad en la duda (cuando mediante la duda y la curiosidad es como se crea el conocimiento científico), y carencia de espacios donde los estudiantes sean protagonistas del descubrir del conocimiento, transformándose en meros oyentes de un relator. Esto, se traduce posteriormente en que muchos de los estudiantes que siguen cursos de enseñanza superior, en sus primeros años, no sean partícipes activos del proceso formativo, dando como resultado la falta de espacios de discusión, no solo en el aula física, sino también en el aula virtual, relegando la labor de esta a ser solo un banco de apuntes y material referencial.

Desde el punto de vista de los docentes, los programas de los cursos están diseñados para ser cubiertos en un período de un semestre, de modo que incorporar nuevas actividades significa, por una parte, contar con menos tiempo para abarcar todos los contenidos planificados dentro de un semestre, y por otra, tener que dedicar más tiempo a la asignatura fuera del aula, en instancias de revisión o corrección.

En particular, en la UTFSM, la falta de comunicación es un problema generalizado, principalmente durante los primeros años en que los alumnos cursan las asignaturas correspondientes al Plan Común de Ingeniería. Esto se debe principalmente a que la cantidad de alumnos que cursan estas asignaturas es considerablemente numerosa que no permite llevar a cabo una comunicación más personalizada, ya sea de forma personal o mediante actividades de retroalimentación formales sin que esto afecte al desarrollo del plan de estudios.

Por otra parte, en las asignaturas correspondientes al DI, si bien no existen instancias formales de retroalimentación académica enfocadas en los contenidos, hay algunas de ellas que, por iniciativa de los docentes responsables, cuentan con evaluaciones enfocadas en medir el desempeño, tanto de profesores como de alumnos, durante el desarrollo de la asignatura.

En tanto, la retroalimentación académica juega un papel fundamental en la relación entre docente y estudiante, ya que la misma debe estar presente en el proceso enseñanza - aprendizaje, con los objetivos de entregar, por parte del docente o evaluador, y de manera oportuna, información al alumnado sobre su desempeño y que, con la misma, sea capaz de corregir para mejorar su competencia. Lo ideal, es que estas instancias se encuentren presentes durante todo el proceso de enseñanza - aprendizaje (Fonseca, 2009). Es así como, con la información entregada durante la retroalimentación académica, se pretende que sea posible acortar la denominada brecha entre un nivel deseado y un nivel actual de aprendizaje y desempeño (EducarChile, 2018).

1.1.1 REALIDAD DEL DI

En el caso de la UTFSM, la única instancia de carácter formal y establecida en el calendario académico para "retroalimentar académicamente", recae en la encuesta docente, la cual se relaciona principalmente con evaluar el modo en que el profesorado imparte la asignatura, con una mayoría de preguntas cerradas que se evalúan con una escala numérica, y aproximadamente cuatro preguntas en las cuales el estudiante puede escribir, por ejemplo, recomendaciones para el docente.

Es en este sentido que la encuesta docente sólo evalúa criterios relacionados con el desempeño del profesorado, dejando de lado una retroalimentación académica referente a los contenidos del curso.

Por otro lado, y utilizando como soporte la plataforma de aprendizaje y administración de cursos que utiliza la universidad, Moodle, el DI aplica una encuesta en tres instancias del semestre: al principio, a la mitad y al final. Si bien, la misma realiza un *feedback* en cuanto

a modalidad del curso se refiere, tampoco se relaciona con la comprensión de los contenidos por parte de los alumnos.

En tanto, de manera particular, existen algunos docentes que solicitan a los estudiantes responder evaluaciones sobre la labor que ellos realizaron durante el desarrollo de sus asignaturas. No obstante, esta actividad no corresponde a una instancia formal ni se encuentra dirigida y normada desde el DI, por lo que puede definirse como una iniciativa del docente para, de manera particular, mejorar su trabajo. Además, al no corresponder a una instancia formal, no existen registros que puedan encontrarse en el DI y, por ende, ser revisados. Finalmente, si bien es una instancia valorable, la misma tampoco se encuentra enfocada en repasar y retroalimentar respecto a los contenidos de la asignatura.

1.2 PROBLEMA

En primera instancia, se puede observar claramente un problema: la falta de un sistema de retroalimentación académica dirigido exclusivamente al repaso de los contenidos de las asignaturas.

Es en este sentido que, los docentes desconocen a priori si los contenidos vistos y evaluados durante las asignaturas son comprendidos por el estudiantado de forma correcta a medida que se desarrolla el curso. Esto, debido a que no existe, de manera formal, una instancia, ni una herramienta, que permitan determinar el grado de comprensión por parte del alumnado de los contenidos de la asignatura.

Es así como se diagnostica que no existen instancias planificadas, previas a las evaluaciones, para realizar intercambio de información, o una suerte de reforzamiento de los contenidos, entre alumnos y profesor, las que permitan conocer si el grupo curso comprende conceptualmente de forma correcta lo que se evaluará.

De este modo, la falta de un medio formal de *feedback* es parte de la motivación para realizar el sistema de retroalimentación académica propuesto en esta investigación, puesto que, tal como se mencionó anteriormente, no existe una instancia formal a nivel de DI con estas características, ya que si bien, se presupone que las evaluaciones informan sobre cómo los alumnos aprenden los contenidos del curso, el hecho de realizar una prueba es definitorio. Por lo tanto, ¿de qué forma es posible saber si los alumnos se encuentran bajo la misma lógica que el docente o evaluador y comprenden correctamente los temas? quizás realizando una preevaluación, escenario que se basaría en hacer dos pruebas: una "falsa" y otra "verdadera", pero aplicarlas, cae en la misma lógica de carácter definitorio de las evaluaciones. Además, sumar una nueva evaluación requiere modificar la planificación, lo que significa alterar los tiempos del docente, y se traduce en costos al utilizar recursos.

Es por esto por lo que se propone algo factible y accesible: una actividad de corta duración para los alumnos (no más de 10 minutos), como lo es la elaboración de los mapas en la aplicación, en primer lugar. Luego, la entrega de los resultados del sistema se encuentra disponible en dispositivos con internet, por lo tanto "a un clic de distancia" para el docente o evaluador. Finalmente, la instancia de retroalimentación se realizaría en clases, lo que presupone que el sistema propuesto sea tan sencillo para estudiantes como para docentes/evaluadores.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Diseñar un sistema de retroalimentación académica basado en análisis de mapas cognitivos difusos para evaluar el desarrollo cognitivo conceptual.

Objetivos específicos:

- Proponer un modelo de evaluación del desarrollo cognitivo conceptual utilizando mapas cognitivos difusos.
- Implementar una aplicación para elaborar y evaluar mapas cognitivos, que permita probar una primera versión del sistema en un curso impartido por el Departamento de Informática.
- Desarrollar una actividad (de prueba) que sea fácil de incorporar al programa de un curso (fácil de entender y rápida de desarrollar).

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

Dado que lo que se pretende es que los docentes conozcan lo que conceptualmente comprenden sus alumnos de los contenidos estudiados en un curso, previo a que estos sean evaluados, es necesario entender de qué forma los estudiantes de enseñanza superior llevan a cabo el proceso de adquisición de nuevos conocimientos y la importancia que tienen los conceptos, particularmente en el caso de esta memoria, relacionado con modelos conceptuales. Además, junto a esto, se busca generar una instancia formal de retroalimentación en el aula que cuente con una herramienta diseñada para dar a conocer lo anterior. Es así, como en el marco presentado a continuación, se acotará el problema al aprendizaje y el desarrollo cognitivo en estudiantes universitarios, así como algunos métodos de modelado conceptual de conocimiento.

2.1 ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS

Se delimita la adquisición de conocimientos como un proceso que involucra la coordinación de teorías existentes con nueva evidencia (Kuhn, y otros, 1995). Este proceso es fundamental para la supervivencia del ser humano, y comienza a temprana edad, continuando durante toda la vida. Si bien los cambios conceptuales que se producen en niños han sido objeto de numerosas investigaciones, dando lugar a teorías que han evolucionado en variados dominios de la psicología, principalmente con autores como Piaget y Vygotsky como protagonistas. (Scholnick, 1999), (Castilla Perez, 2014), (Flavell, 1992), (Aparicio & Rodríguez, 2000). No obstante, poca atención se ha puesto a los mecanismos por los cuales estas teorías actúan y el conocimiento es así adquirido.

En estudiantes universitarios, específicamente del área de las ciencias de la ingeniería, se observan muchas veces dificultades de parte de estos para resolver problemas cotidianos. Una posible causa de esto, como lo identifican los autores (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012)², es un aprendizaje significativo y un desarrollo cognitivo³ conceptual deficiente. Esta problemática se puede abordar con la “Teoría del Aprendizaje Significativo” de Ausubel, la “Teoría de los Campos Conceptuales” de Vergnaud y la “Teoría de los Modelos Mentales” de Johnson-Laird, en conjunto.

² Los autores (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012), y su investigación sobre desarrollo cognitivo conceptual y características de aprendizaje, poseen gran importancia en el desarrollo de este marco conceptual. El documento que ellos presentan es una investigación de tipo documental descriptiva, cuyo principal objetivo es establecer relaciones entre distintas teorías psicológicas y el desarrollo cognitivo de estudiantes universitarios, profundizando en diversos autores de estudios sobre psicología del pensamiento y cognición humana.

³ Para la rae, cognición se define como “*conocimiento, o acción de conocer*”. Definición rae: <http://dle.rae.es/?id=9fd0fm0>. Consultado 10/03/2018.

2.1.1 TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL

Es una teoría psicológica cuyo eje central de estudio es el aprendizaje dentro del aula, de modo que este adquiera significado para el alumno. Esto se realiza a través de un proceso de intercambio entre el material bibliográfico de una materia y los conocimientos relevantes preexistentes (a los cuales llama subsumidor) en la estructura cognitiva del alumno, los cuales se relacionan y reorganizan con los nuevos conceptos de forma acumulativa, dando lugar a un nuevo conocimiento más elaborado y sólido.

Para Ausubel y Martínez ((Ausubel, 2002); (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012)), existen dentro del aula de clases, cuatro tipos distintos de aprendizaje, los cuales separa en dos dimensiones. El modo en que el conocimiento es adquirido, en donde se tiene el *aprendizaje por recepción* y el *aprendizaje por descubrimiento*; y la forma en la que este es incorporado a la estructura cognitiva⁴ del aprendiz, en donde los tipos de aprendizaje son divididos en *aprendizaje por repetición* y *significativo*. Con la intención de simplificar el estudio de estas dimensiones, (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012) se considera evidente que “para la formación de conceptos conducentes a una estructura dinámica, la situación de aprendizaje por descubrimiento significativo es deseable porque permite la adquisición de conocimientos integrados, coherentes, estables, que tienen sentido para los aprendices”.

Ausubel (Ausubel, 2002) define aprendizaje significativo como un proceso a través del cual un estudiante relaciona nueva información con su estructura cognitiva. Esta relación no se realiza de manera arbitraria ni literal, sino que se hace reajustando y reconstruyendo tanto las estructuras nuevas como las preexistentes. Por otra parte, para Ausubel, un concepto es un objeto, una situación, un evento, o una propiedad, la cual cuenta con características comunes y que son designadas por un mismo símbolo. Es así como los conceptos constituyen un eje central y determinante en el aprendizaje significativo y cuyas características comunes se adquieren mediante la experiencia directa del estudiante (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012).

La Tabla 2.1 presenta una clasificación de cómo se organiza jerárquicamente la estructura cognitiva preexistente en el aprendizaje significativo de nuevos conceptos.

⁴ Por estructura cognitiva se entiende “estructura del conocimiento”.

Tabla 2.1: Clasificación de aprendizaje significativo por estructura cognitiva.

Fuente: (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación propia.

Subordinado		Supraordinado	Combinatorio
Las ideas preexistentes sirven de anclaje para la nueva información, a la estructura cognitiva. Se clasifica además en:		La nueva información se asimila de forma contenedora, que pueda subsumir a los existente.	La nueva información interacciona con la estructura cognitiva como un todo.
Derivativo	Correlativo		
El nuevo concepto se deriva de alguno existente.	El nuevo concepto es una extensión o modificación de lo preexistente.		

2.1.2 TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES DE VERGNAUD

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud nace tanto del legado de Jean Piaget (ver (Scholnick, 1999)) sobre desarrollo cognitivo (en donde destacan las ideas de adaptación, desequilibración, re-equilibración y el concepto de esquemas), como de las influencias de Vygotsky⁵ por el aporte que este hace al desarrollo cognitivo (conversión de relaciones sociales en procesos mentales, nivel social → nivel individual) ((Moreira, 2010); (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012)).

Según (Moreira, 2010), para Vergnaud, la conceptualización es la piedra angular de la cognición, es el núcleo del desarrollo cognitivo, y por esto es que es necesario centrar la atención en las representaciones conceptuales que los estudiantes desarrollan, ya sea dentro de la escuela, como fuera de ella, y tanto en los aspectos conceptuales de los esquemas, como en los análisis de las situaciones representadas. Vergnaud define un concepto como una función de tres conjuntos. El primero se constituye por un conjunto de situaciones que le da sentido al concepto y que constituye su *referente* o referencia; un segundo conjunto de invariantes, sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto (proposiciones consideradas como verdaderas; categorías de pensamiento; relaciones) y conforman el *significado* del concepto; y finalmente un conjunto de representaciones

⁵ Lev Vygotsky (n. 1896 – d. 1934) fue un psicólogo ruso con importantes contribuciones en la psicología del desarrollo del ser humano. Es principalmente conocido por la introducción del concepto de Zona de Desarrollo Próximo y la Teoría Sociocultural (Newman & Holzman, 1993). Sus significativos aportes se enfocaron en el área de la psicología del desarrollo cognitivo, y aprendizaje, en niños. Las teorías de Vygotsky proponen que el aprendizaje, gradual y continuo, de niños, se ve determinado por las interacciones socioculturales de los aprendices. El aprendizaje guiado y el aprendizaje colaborativo son también parte importante de sus teorías.

simbólicas, que forman el *significante* del concepto. Propone además la existencia de una relación dialéctica entre conceptos y situaciones. Los conceptos nos permiten entender las situaciones, pero para que los conceptos posean un sentido, necesitan de una situación que se los dé, de un contexto. Para el estudiante, mientras más situaciones domine, más conceptualiza; y a su vez, conceptualizando, se hace capaz de dominar situaciones que son progresivamente más complejas. Así, un campo conceptual, para Vergnaud, es un conjunto complejo de situaciones cuyo dominio requiere también del dominio de conceptos de naturalezas distintas (Moreira, 2010).

2.1.3 TEORÍA DE LOS MODELOS MENTALES DE JOHNSON-LAIRD

Esta teoría considera la forma de representación (proposicionales, modelos mentales e imágenes) y los procedimientos necesarios para la construcción de un campo conceptual dado, así como su manipulación. En esta teoría, la forma de representación intermediaria entre el sujeto y sus situaciones es el *modelo mental*. Esta noción le permite predecir, entender los fenómenos ocurrentes, tomar decisiones sobre las acciones y controlar su ejecución. Las representaciones proposicionales corresponden al lenguaje natural (cadenas de símbolos); los modelos mentales son representaciones estructurales análogas del mundo; y las imágenes son modelos vistos variantes según el punto de vista. Estas tres formas de representación están interrelacionadas (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012).

En las ciencias, la mayoría de las veces los conceptos son relacionados proposicionalmente unos con otros, de modo que su comprensión implica necesariamente la construcción de modelos mentales, esto como consecuencia de la percepción, interacción social y/o experiencia interna del sujeto. Es así como el modelo mental es también simplificado o incompleto, de acuerdo con los intereses de cada sujeto, en su adaptación con un mundo cada vez más dinámico y complejo. Se entiende entonces que la representación es estructuralmente similar a la porción del mundo que el sujeto describe (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012).

Debido a que los modelos mentales no comienzan de cero, son generalmente modelos de trabajo, se construyen en la práctica para representar situaciones, conceptos, objetos o proposiciones, a partir de modelos mentales preexistentes en el sujeto (Moreira, 2010).

2.1.4 DESARROLLO COGNITIVO CONCEPTUAL

La conceptualización de la idea de *desarrollo cognitivo conceptual* se puede realizar a partir de los aportes de Piaget y Vygotsky sobre el desarrollo cognitivo. Visto de forma general, para ambos autores el conocimiento es un proceso en el que interacciona el sujeto que aprende, con el medio, ya sea físico, social, cultural o histórico (Moreira, 2010); (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012))

Una comparación de las ideas de desarrollo cognitivo de Piaget y Vygotsky se presenta en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Comparación del concepto de desarrollo cognitivo bajo los enfoques de Piaget y Vygotsky.

Fuente: (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012)

Piaget	Vygotsky
La equilibración es el responsable del desarrollo cognitivo del aprendiz. Este se da como resultado de la acomodación (reestructuración de los esquemas de asimilación existentes), por medio de un proceso equilibrador asimilación/acomodación, incrementando su adaptación al medio. El aprendizaje se construye cuando el esquema de asimilación sufre acomodación en interacción con el medio físico y sociocultural. La asimilación involucra el nuevo conocimiento al antiguo y la acomodación a lo que no ha sido previsto.	El desarrollo cognitivo se da por la conversión de las relaciones sociales (nivel social) en procesos mentales superiores (nivel individual), determinada por la internalización de instrumentos y sistemas de signos (lenguaje), construidos social, histórica y culturalmente por medio de la interacción social, en la que al menos dos personas negocian significados.

Además, el desarrollo cognitivo conceptual, involucra la visión conjunta de las teorías de Ausubel, Vergnaud y Johnson-Laird, y la comparación de constructos de estas teorías con las de desarrollo cognitivo de Piaget y Vygotsky (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012).

Piaget, en su obra, introduce el concepto de *esquemas* para representar y operacionalizar la idea que se tiene sobre una situación. Un esquema es, para Piaget, un modelo mental, una estructura mental organizada, una imagen simplificada de algo. Ésta puede ser transferida y generalizada, y representa además lo que puede repetirse en una acción. Es también una actividad operacional que se repite (Scholnick, 1999).

Esta definición de esquema se parece a la idea de *concepto*, mencionada anteriormente, con la salvedad que Piaget solo se refiere a operaciones mentales y estructuras cognitivas, propias de cada sujeto.

En la teoría de Piaget, la mente humana opera en término de dos funciones invariantes. Organización y adaptación. Por su parte, la función de adaptación se encuentra siempre

presente a través de dos elementos básicos del ser humano en su interacción con el medio. En primer lugar, se tiene el proceso de asimilación, que se refiere a la forma en que los seres humanos se enfrentan a un estímulo externo en términos de su estructura cognitiva actual (Scholnick, 1999), el cual consiste en incorporar los estímulos externos a los esquemas. Es el proceso por el cual información nueva es acomodada a los esquemas preexistentes. Por otra parte, se tiene el proceso de acomodación, que corresponde a cómo el sujeto se adapta a las condiciones que pone el entorno. Es el proceso en donde se modifican esquemas para acomodar la nueva información.

En la Tabla 2.3 se resumen algunas comparaciones de los constructos de las teorías previamente mencionadas, que permiten dar un significado al concepto de desarrollo cognitivo conceptual.

Tabla 2.3: Comparación de las teorías de desarrollo cognitivo de Piaget y Vygotsky con las teorías psicológicas cognitivas.

Fuente: (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación Propia.

Propuesta	Se compara con	Desarrollo cognitivo
Desarrollo cognitivo Piaget	Teoría del aprendizaje significativo	Nueva Información
Esquema de asimilación	Aprendizaje significativo subordinado derivativo	Se deriva de un subsumidor
Esquema de acomodación	Aprendizaje significativo supraordinado	Genera un nuevo subsumidor
	Aprendizaje significativo subordinado correlativo	Modifica a un subsumidor
	Aprendizaje significativo combinatorio	No se ancla en un solo subsumidor particular
Desarrollo cognitivo Vygotsky	Teoría del aprendizaje significativo	Nueva Información
Transformación de procesos sociales en procesos mentales superiores, determinada por internalización de instrumentos y signos.	Transformación del significado lógico en significado psicológico se determina por los materiales de aprendizaje	Es significativa si se relaciona con subsumidores relevantes, de manera no arbitraria. Requiere de intercambio de significados debido a la interacción social
Teoría de los Modelos Mentales	Teoría del aprendizaje significativo	Nueva Información
Nuevas construcciones de modelos mentales de nuevos conceptos o situaciones se realizan a partir de modelos mentales preexistentes más estables.	El aprendizaje significativo se realiza a partir de conceptos subsumidores (conocimientos relevantes preexistentes)	Es significativa cuando en el sujeto se aprecia la capacidad de construir nuevos modelos mentales que representan conceptos.

2.1.5 RELACIÓN DE LAS TEORÍAS CON EL DESARROLLO COGNITIVO CONCEPTUAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

En los procesos de aprendizaje, la importancia de la motivación y el interés que los estudiantes tienen frente a los contenidos es fundamental para que los conceptos adquieran sentido. El lenguaje y los simbolismos en la conceptualización científica son vitales, de modo que el aprendizaje significativo colaborativo cumple un rol importante para los estudiantes del área de las ciencias. De la misma forma, la autorrealización y la metacognición constituyen los fundamentos de las estrategias de aprendizaje, ya que conducen a los estudiantes a aprender a *aprender*, debido al carácter proposicional del aprendizaje significativo. (Moreira, 2010).

Se establece que la motivación, el aprendizaje colaborativo significativo y las estrategias de aprendizaje conforman las características de aprendizaje de los estudiantes de nivel superior, y las establece como los constructos psicológicos cognitivos que permiten que las condiciones del aprendizaje significativo de conceptos se logren efectivamente (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012). El autor conceptualiza y describe estas características, las cuales se fundamentan en el aprendizaje significativo, así como en los marcos de referencia de los constructos de la Teoría de los Campos Conceptuales. Esta descripción se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Características de aprendizaje.

Fuente: (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012). Adaptación Propia.

Motivación	Aprendizaje colaborativo	Estrategias de aprendizaje
Esta característica da énfasis en el papel activo del estudiante en el inicio y regulación de su proceso de aprendizaje, mediante manejo de expectativas metas y atribuciones.	Corresponde al trabajo didáctico que se da en grupos reducidos, en donde los estudiantes velan por el cumplimiento de metas compartidas. Los estudiantes aprenden más cuando trabajan en grupos colaborativos, comprometidos con el aprendizaje de todos, que cuando lo hacen de forma individual y competitiva.	Corresponde a los procedimientos que realizan los estudiantes con el propósito de adquirir nuevos conocimientos, realizados de forma consciente. Los estudiantes aprenden de manera autónoma, organizando y jerarquizando la nueva información de manera crítica y reflexiva.

El desarrollo cognitivo conceptual se asocia principalmente al aprendizaje significativo, siendo reforzado por los aportes de las teorías psicológicas de los campos conceptuales y los modelos mentales, enfocadas en el aprendizaje de conceptos. Por otra parte, la importancia de las características de aprendizaje, en el aprendizaje de estudiantes universitarios, se debe a que, al mismo tiempo que condicionan el aprendizaje significativo de conceptos y proposiciones, se fundamentan de estos. De esta forma, es que la teoría del aprendizaje significativo es un modelo que permite definir conceptos difusos presentes en las características de aprendizaje, en factores cuantificables.

Por otra parte, los autores (Martínez, Arrieta, & Meleán, 2012), plantean que la teoría de los campos conceptuales, en una visión conjunta de las teorías psicológicas cognitivas, se puede relacionar con el aprendizaje significativo, principalmente en lo que a conceptos se refiere. Prueba de esto es cuando los estudiantes son capaces de construir esquemas de nuevos conceptos, a través de los cuales son capaces de dar sentido a situaciones nuevas. En este proceso, los conocimientos previos (el significado del concepto en la teoría de Vergnaud) son fundamentales para la construcción de nuevos esquemas. Así mismo, es en esta conjunción, que las características de aprendizaje corren también un papel fundamental. Las estrategias de aprendizaje y la interacción social se encuentran implícitas en la motivación de aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

Finalmente, al igual que los esquemas conocidos por los estudiantes, los modelos mentales son representacionales, lo que da encuentro a una nueva visión conjunta de las teorías de los campos conceptuales y los modelos mentales. Ambas son representacionales ante nuevas situaciones.

Es así, entonces, como la combinación de las teorías psicológicas cognitivas (aprendizaje significativo, campos conceptuales y modelos mentales) llevan a los estudiantes al desarrollo cognitivo conceptual, el que, de la mano de sus características de aprendizaje, permite obtener resultados observables de aprendizaje.

2.2 MAPAS COGNITIVOS

Un mapa cognitivo es una forma de representar estructuras cognitivas. Puede ser visto como un mapa conceptual que refleja el procesamiento mental de información de un sujeto, el cual está compuesto de una serie de abstracciones cognitivas que los individuos filtran, codifican, almacenan, modifican y recuerdan sobre experiencias y fenómenos físicos resultantes de la interacción con su entorno. Axelrod (Axelrod, 1976) define los mapas cognitivos como representaciones visuales del constructo de *modelo mental* de un individuo, y son por consiguiente, análogos a los mapas conceptuales, que representan conocimiento estructurado de una persona (Gray, Zandre, & Gray, 2014).

Tanto mapas conceptuales como mapas cognitivos son comúnmente utilizados para referirse a representaciones externas de modelos mentales, pero es importante destacar que ambas representaciones gráficas y modelos mentales no son lo mismo. Los mapas cognitivos son una extensión de los modelos mentales, y su diferencia radica en que los mapas cognitivos son representaciones físicas, observables, mas los modelos mentales solo existen en la mente de los individuos.

Al ser los mapas cognitivos una extensión de los modelos mentales, son una buena primera herramienta para representar el conocimiento científico, debido a que los conceptos en las ciencias, en su mayoría, se encuentran relacionados proposicionalmente. En la elaboración de un mapa cognitivo, Axelrod (Axelrod, 1976); (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004)) propone representar los conceptos con puntos, como los nodos de un grafo, y las relaciones causales, que establecen las relaciones entre los conceptos, como los arcos, lo que resulta en un grafo orientado, como el que se observa en la Figura 2.1.

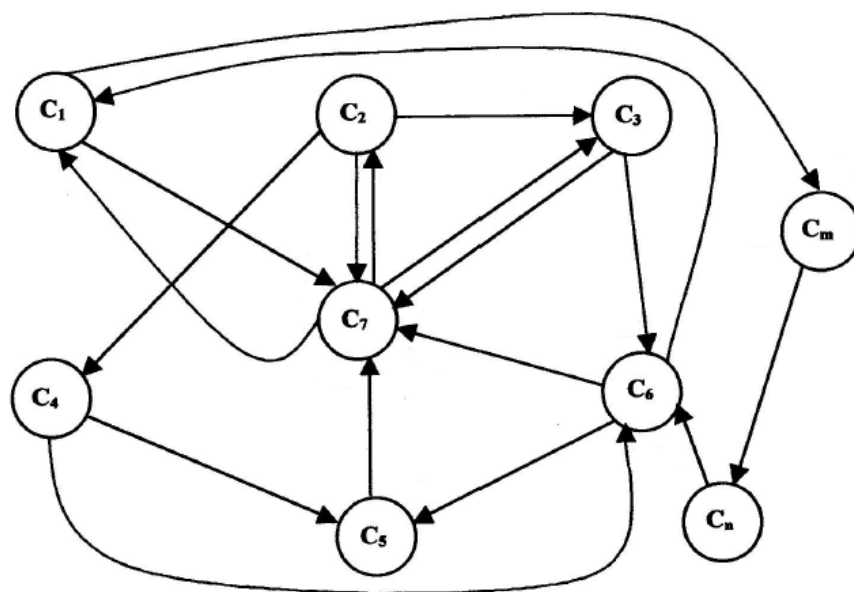


Figura 2.1: Ejemplo de mapa cognitivo.

Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004). Adaptación Propia.

Si bien, la representación de la Figura 2.1 modela de forma eficaz el conocimiento conceptual causal que un individuo puede tener en un determinado contexto, carece de representatividad al momento de indicar el grado de implicancia en relaciones de causa-efecto entre conceptos, ya que lo hace de forma *booleana*.

Los modelos mentales elaborados por un individuo no necesariamente siguen una lógica *booleana* en la representación de la realidad, ya que está en la naturaleza del ser humano, y en su proceso de interacción con el medio, percibir su entorno utilizando matices, de modo que es necesaria una representación más certera de los modelos mentales.

2.2.1 MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS (FCM; *fuzzy cognitive maps*)

Una extensión de la lógica *booleana* es la lógica difusa. Mientras que la lógica *booleana* utiliza indicadores binarios para clasificar, decidir o demarcar pertenencia en relaciones proposicionales, la lógica difusa lo hace utilizando indicadores dentro de un set de valores, más parecido a la forma de pensar de los humanos. Un ejemplo gráfico de esta diferencia se observa en la Figura 2.2.

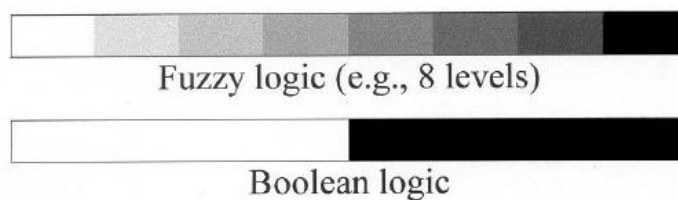


Figura 2.2: Ejemplo de lógica difusa vs lógica booleana.

Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004)

Así, de una visión conjunta de los modelos mentales, mapas cognitivos y la idea de lógica difusa, se obtiene una extensión de los mapas cognitivos llamados mapas cognitivos difusos (FCM; *fuzzy cognitive map*). Esta metodología de modelado, basada en la obtención de conocimiento, para representar relaciones causales fue introducida por Bart Kosko, como una extensión de los mapas cognitivos (Kosko, 1986).

Bourgani et. al. (Bourgani, Stylios, Manis, & Georgopoulos, 2013) indica que los FCMs se originan de la combinación de la lógica difusa y las redes neuronales. Un FCM modela el comportamiento de un sistema en términos de conceptos interrelacionados. Los conceptos pueden representar ya sea un estado, una variable, o alguna característica del sistema (Kosko, 1986); (Bourgani, Stylios, Manis, & Georgopoulos, 2013)). Al igual que en los mapas cognitivos, en los FCM las relaciones entre los nodos pueden representar una correspondencia causal, pero en estos últimos, a los arcos que conforman el grafo (i.e. a las relaciones), se introduce un atributo de “peso”, además de la direccionalidad, que denota el grado de intensidad, o impacto causal de un concepto por sobre otro.

Los conceptos que se utilizan en la construcción de un FCM pueden provenir tanto de expertos como de no-expertos, así también como de la literatura, de cada situación en estudio. Modelos básicos de FCMs han sido mejorados con otras técnicas de aprendizaje, o combinados con otros métodos en concordancia para superar problemas de distintas

naturalezas. Modelar situaciones con FCMs es una forma simple, transparente y útil de representar y describir sistemas de distinta naturaleza, siendo utilizados en variados campos, como la ingeniería, tecnología, medio ambiente, medicina, administración y negocios, entre otros, y para diferentes propósitos, mas pueden ser altamente precisos. Sin embargo, aun cuando resultan ser más precisos al momento de representar sistemas más complejos, esta complejidad disminuye la comprensibilidad del sistema (Bourgani, Stylios, Manis, & Georgopoulos, 2013).

En educación, modelos básicos de FCM han sido utilizados para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Laureano-Cruces, Ramírez-Rodriguez, & Terán-Gilmore, 2004), basados bajo una perspectiva multinodal, evaluando conocimiento, habilidades y aptitudes, en ambientes reactivos. Los componentes cognitivos provienen directamente del docente y los estudiantes, al igual que los componentes conceptuales, que provienen además de la literatura. Los FCM han sido utilizados también como herramienta para la evaluación docente en ingeniería (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004). El modelo propuesto se basa principalmente en la intervención humana tanto para su análisis, como para su evaluación. Los conceptos en este modelo se obtuvieron de alumnos de cursos de ingeniería, combinando diferentes aspectos interrelacionados, lo que convierte a los FCMs en una herramienta eficiente, mediante retroalimentación y reevaluaciones constantes (Bourgani, Stylios, Manis, & Georgopoulos, 2013).

Definiciones formales de FCM en la literatura varían principalmente en la notación y del enfoque que los autores dan al análisis de los estudios cualitativos, cuantitativos, o ambos ((Kosko, 1986); (Peña, Sossa, & Gutiérrez, 2007); (Leyva-Vázquez M. Y., 2013); (Bello, González, Martín, & Yelandi, 2015); (Dias, Sofia, Hadjileontiadis, & Diniz, 2015)).

Una definición formal sencilla de un FCM simple se puede entender como una función $FCM = (C, A, W)$, donde el FCM es un dígrafo de conceptos y relaciones. $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ corresponde a un conjunto de N conceptos del grafo; A corresponde al conjunto de arcos, relaciones de causa-efecto. Las relaciones causales son de la forma $(c_i \rightarrow c_j)$ y denotan que concepto *causa* c_i ejerce un concepto *efecto* c_j ; finalmente, $W: (C_i, C_j) \rightarrow w_{ij}$ es una función que, para cada par de nodos conectados en el grafo, asocia un valor causal. Dependiendo de la definición del modelo, estos valores pueden ser valores discretos o continuos. Usualmente los valores discretos son bivalentes (en donde $w_{ij} \in \{0, 1\}$) o trivalentes (en donde $w_{ij} \in \{-1, 0, 1\}$), mientras que, para valores continuos, el valor causal w_{ij} se define en rangos tales como $[0, 1] \vee [-1, 0, 1]$. Este valor denota el peso del arco dirigido del nodo C_i al nodo C_j y que representa el grado o impacto de causalidad entre conceptos ((Peña, Sossa, & Gutiérrez, 2007); (Dias, Sofia, Hadjileontiadis, & Diniz, 2015)).

Estos valores, sean discretos o continuos, definen tres tipos posibles de relaciones causales (Leyva-Vázquez M. Y., 2013) :

- Causalidad positiva ($w_{ij} > 0$): Dada una relación ($c_i \rightarrow c_j$), indica que existe un incremento (o decremento) en c_j , debido a un incremento (o decremento) de c_i .
- Causalidad negativa ($w_{ij} < 0$): Dada una relación ($c_i \rightarrow c_j$), indica que existe un incremento (o decremento) en c_j , debido a un decremento (o incremento) en c_i .
- No existencia de relaciones ($w_{ij} = 0$): Indica que no existe relación causal entre los conceptos c_i y c_j .

Un ejemplo de FCM se presenta en la Figura 2.3.

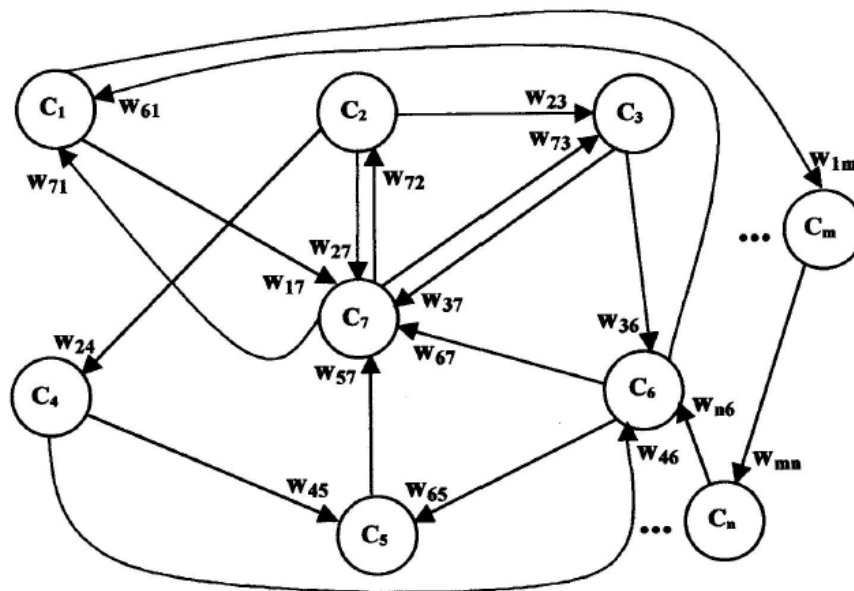


Figura 2.3: Ejemplo de mapa cognitivo difuso.

Fuente: (Pacheco, Carlson, & Martins-Pacheco, 2004).

2.2.2 MODELADO Y ANÁLISIS DE FCM

Métodos y algoritmos para el análisis de FCM, así como distintas técnicas de modelado, se revisan extensamente en la literatura ((Lemaître & Carlos, 2004); (Papageorgiou, 2014)), cubriendo ampliamente las distintas áreas de aplicación.

Los autores (Laureano-Cruces, Ramírez-Rodríguez, & Terán-Gilmore, 2004) indican que en la elaboración de FCM, al momento de representar conocimiento casual, es importante escoger correctamente los arcos del grafo, ya que no solamente debiesen ser identificados los conceptos más relevantes del sistema, sino cómo estos son activados de modo que las relaciones causales sean correctamente identificadas.

De la misma forma Leyva et.al. (Leyva-Vázquez, Pérez-Teruel, Febles-Estrada, & Gulín-González, 2013) proponen el siguiente procedimiento para la obtención de modelos causales haciendo uso de expertos:

1. Seleccionar variables: Consiste en seleccionar las variables de interés que se deseen incluir en el modelo, idealmente bajo consultoría de expertos del área.
2. Determinar las relaciones causales: Nuevamente bajo la opinión de expertos, se establecen las relaciones causales entre los conceptos.
3. Seleccionar técnica de representación del conocimiento: De acuerdo con las características de las relaciones obtenidas en la actividad anterior, se determina la técnica más adecuada.
4. Obtener modelo causal: Si bien las propuestas para la obtención de modelos en la literatura son variadas (Papageorgiou, 2014), el autor sugiere, para la obtención de FCM, seguir el algoritmo propuesto (Leyva, Rosado, & Febles, 2012).

Para representar las relaciones de causa efecto entre los nodos, se utiliza una matriz de adyacencia. En la Figura 2.4 se presenta la correspondiente matriz de adyacencia para el FCM de la Figura 2.3.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	...	c_n
c_1	0	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{16}	w_{17}	...	w_{1n}
c_2	w_{21}	0	w_{23}	w_{24}	w_{25}	w_{26}	w_{27}	...	w_{2n}
c_3	w_{31}	w_{32}	0	w_{34}	w_{35}	w_{36}	w_{37}	...	w_{3n}
c_4	w_{41}	w_{42}	w_{43}	0	w_{45}	w_{46}	w_{47}	...	w_{4n}
c_5	w_{51}	w_{52}	w_{53}	w_{54}	0	w_{56}	w_{57}	...	w_{5n}
c_6	w_{61}	w_{62}	w_{63}	w_{64}	w_{65}	0	w_{67}	...	w_{6n}
c_7	w_{71}	w_{72}	w_{73}	w_{74}	w_{75}	w_{76}	0	...	w_{7n}
...	...	...	...	...	...	...	...	0	...
c_n	w_{n1}	w_{n2}	w_{n3}	w_{n4}	w_{n5}	w_{n6}	w_{n7}	...	0

Figura 2.4: Matriz de adyacencia de FCM de la Figura 2.3.

Fuente: Elaboración Propia.

Con esta representación del FCM, resulta sencillo realizar un análisis estático sobre los elementos del grafo, principalmente con la intención de determinar los conceptos (nodos) más importantes. Para ello, Bello et.al. (Bello, González, Martín, & Yelandi, 2015) propone un modelo utilizando métricas de centralidad, aplicando teoría de grafos. Este consiste en crear una medida de centralidad compuesta, utilizando un operador D-OWA⁶, para fusionar las distintas medidas de centralidad que se presentan.

La propuesta se divide en tres actividades.

- Seleccionar medidas de centralidad: se recomiendan tres.
 1. Centralidad de grado (*Degree Centrality Measure*): Sirve para determinar qué tan fuertemente está relacionado un nodo, con otros, a partir de sus conexiones directas. Es una medida de centralidad local. Se calcula según la ecuación (1).

$$C_D(c_i) = id(c_i) + od(c_i) \quad (1)$$

$$id(c_i) = \sum_{j=1}^n w_{ji} \quad (2)$$

$$od(c_i) = \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (3)$$

Donde $id(c_i)$ corresponde al grado de entrada (*indegree*) y $od(c_i)$ corresponde al grado de salida (*outdegree*), del concepto c_i .

2. Intermediación (*Betweenness Centrality Measure*): Sirve para indicar la importancia de un nodo en el flujo de la información. La intermediación de un nodo (c_i) en un grafo es determinada sumando la proporción de caminos más cortos entre los pares de nodos que atraviesan por ese nodo. Es una medida de centralidad global. Se calcula según la ecuación (4).

$$C_B(c_i) = \sum_{h \neq i \neq j} \frac{\sigma_{hj}(c_i)}{\sigma_{hj}} \quad (4)$$

⁶ *Ordered Weighted averaging* (media ponderada ordenada). Son una de las familias de operadores de agregación, una función matemática utilizada para la fusión de información en distintos dominios. D-OWA corresponde a operadores OWA Dependientes. (Bello, González, Martín, & Yelandi, 2015).

Donde σ_{hj} es el total de caminos más cortos desde el nodo c_h al nodo c_j , y $\sigma_{hj}(c_i)$ es el total de caminos más cortos desde el nodo c_h al nodo c_j que pasan a través del nodo c_i (Obiedat, Samarasinghe, & Graham, 2011).

3. Cercanía (*Closeness Centrality Measure*): Al igual que la intermediación, es una medida de centralidad global basada en la noción de los caminos más cortos. Mide que tan cerca se encuentra un nodo respecto de los otros nodos en el grafo. En un FCM, es una medida de cuán rápido un nodo se comunica con otros nodos. Se calcula según la ecuación (5).

$$C_c(c_i) = \frac{1}{\sum_{j \neq i} d_G(c_i, c_j)} \quad (5)$$

Donde $d_G(c_i, c_j)$ corresponde al camino más corto entre los nodos c_i y c_j (Obiedat, Samarasinghe, & Graham, 2011).

- Calcular medida compuesta: utilizando el operador D-OWA se agregan los valores de las medidas de centralidad normalizadas.
- Ordenar nodos: De acuerdo con la importancia de cada nodo en el modelo, se ordenan según el valor obtenido a partir de las medidas de centralidad.

Es posible tomar otros conjuntos de medidas de centralidad (Bello, González, Martín, & Yelandi, 2015), considerando los factores que se deseen tomar en cuenta.

Para el cálculo de las medidas de centralidad de intermediación y de cercanía, es necesario además conocer el valor del (los) caminos más cortos en el FCM. En términos específicos, para FCM básicos, con valores de $w_{ij} \geq 0$, el algoritmo de Dijkstra para obtener caminos más cortos es suficiente. El pseudocódigo para la implementación de este algoritmo se presenta en la Figura 2.5.

1	$\text{dist}[s] \leftarrow 0$	Distancia al origen es cero
2	for all vertices $v \neq s$	Distancia a todos los demás
3	$\text{dist}[v] \leftarrow \infty$	nodos igual a infinito
4	$S \leftarrow \emptyset$	Cola con nodos visitados
5	$Q \leftarrow V$	Cola de todos los vértices
6	while $Q \neq \emptyset$	
7	$u \leftarrow \text{min_dist}(Q, \text{dist})$	Selecciona nodo u en Q con la menor distancia
8	$S \leftarrow S \cup \{u\}$	Agrega u a S
9	for all $v \in \text{vecinos}[u]$	
10	if $\text{dist}[v] > \text{dist}[u] + w(u, v)$	Si encuentra camino más corto (w :=costo de ir de u a v)
11	$\text{dist}[v] \leftarrow \text{dist}[u] + w(u, v)$	Corrige nuevo valor de camino más corto
12	return dist	

Figura 2.5: Pseudocódigo implementación algoritmo Dijkstra.

Fuente: (Yan, 2018).

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para solucionar el problema, se propone diseñar un sistema de retroalimentación académica que permita a los docentes conocer y determinar el nivel de comprensión conceptual de los contenidos vistos durante el desarrollo de las asignaturas, utilizando mapas cognitivos. Este sistema permitiría a los docentes contar con información relevante sobre el progreso en el aprendizaje de los alumnos, de modo de corregir a tiempo aquellos contenidos y conceptos interpretados erróneamente por los estudiantes, y modificar las metodologías, o técnicas utilizadas en las aulas físicas.

Este sistema debe contar con una aplicación informática que permita su fácil integración con el programa curricular de las asignaturas y que, en su ejecución, no genere mayor impacto en términos de carga académica tanto para el docente, como para los alumnos.

Se propone además la actividad complementaria a la aplicación informática, con las respectivas instrucciones y recomendaciones para una correcta implementación y preparación, tanto de los alumnos, como de los docentes. Esta actividad tiene, en tanto, la finalidad de ser una instancia formal de retroalimentación, previa a las evaluaciones que se desarrollen durante las asignaturas.

La ejecución del sistema se desarrolla en tres fases, cuyo proceso se describe en la Figura 3.1. En la primera, el docente, o evaluador, entrega a los alumnos los principales conceptos de la unidad de contenidos que se evaluará (previamente estudiados), las instrucciones de cómo se debe desarrollar la actividad y la elaboración de mapas en la aplicación. Estos mapas son analizados en una segunda fase, en donde el evaluador obtiene los resultados y, finalmente, en una clase de repaso, corrige aquellos conceptos o relaciones conceptuales que hayan sido malinterpretadas.

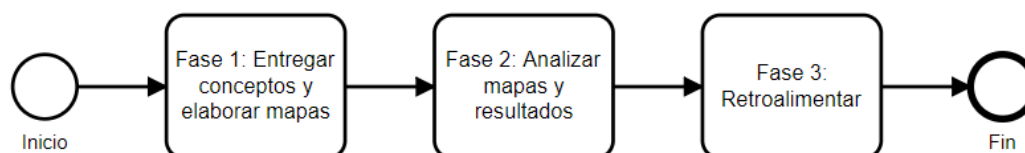


Figura 3.1: Diagrama operacional de las fases de la actividad de retroalimentación.

Fuente: Elaboración Propia.

3.1 SISTEMA PROPUESTO

3.1.1 FASE 1: ENTREGA DE CONCEPTOS Y ELABORACIÓN DE MAPAS

En primera instancia, y luego de entregados los contenidos de la unidad a evaluar en la asignatura, el docente que imparte la misma o quien realiza las evaluaciones, por ejemplo, un ayudante, entrega a los estudiantes una nómina con los principales *conceptos* que se trataron en la unidad temática correspondiente, en torno a los cuales se centran los contenidos vistos, y cuya comprensión será evaluada posteriormente. La nómina debe contar con al menos quince conceptos y, al momento de entregarlos, es necesario recordar o indicar la sub-unidad de contenidos donde se estudiaron, contextualizándolos.

Para la elaboración de mapas, con la intención de que los alumnos realicen los suyos de forma correcta, y considerando que el sistema está pensado para todos los cursos y sin prerequisites para los estudiantes, quien dicte la actividad debe, además, realizar una clase introductoria o entregar material sobre construcción de grafos y sus conceptos básicos. Esto debido a que, en términos de construcción y análisis, los mapas cognitivos se representan mediante grafos, con los conceptos como nodos y las relaciones conceptuales como arcos.

Primero, se introduce sobre qué son los grafos, de forma general, para luego explicar el concepto de nodo, que, particularmente en el caso de los FCM se refiere a los conceptos. Posteriormente, se define lo que es un arco dentro de esta teoría: relaciones que unen dos nodos. Finalmente, se establece que, estos dos elementos en conjunto, nodos y arcos forman un grafo.

Es importante destacar que los mapas o grafos construidos deben ser completamente conexos, sin considerar la dirección de los arcos.

La dirección de las relaciones o arcos está dada por las relaciones de causalidad e implicancia que cada alumno considere correcta en su propia construcción de grafo y se utilizarán principalmente para comparaciones y análisis cualitativos.

Al entregar el set de conceptos directores, se explica que estos se usarán como nodos en el grafo a construir, y que los mismos tienen que relacionarse con arcos que cuenten con dirección para armar los mapas. En este punto, se explica también que deben utilizarse todos los conceptos entregados, no quitar unos ni añadir otros, esto porque en caso de hacerlo, perjudicaría el análisis que debe ser homogéneo. Durante esta instancia, la entrega de conceptos, y la cual podría considerarse como una "fase de preparación" para elaborar los mapas, es importante que a los alumnos se les redefina lo que significa cada uno de ellos, debido a que cuando se elaboran mapas cognitivos es necesario poseer claridad sobre el significado de conceptos, y contextualizar de dónde vienen.

Cabe señalar que el docente debe también construir su propio mapa, el cual será utilizado por la aplicación como un sistema experto sobre el cual comparar los mapas de los alumnos.

En tanto, también se imparten las instrucciones para elaborar los mapas en la aplicación.

La Figura 3.2 describe el flujo de actividades que definen esta fase.

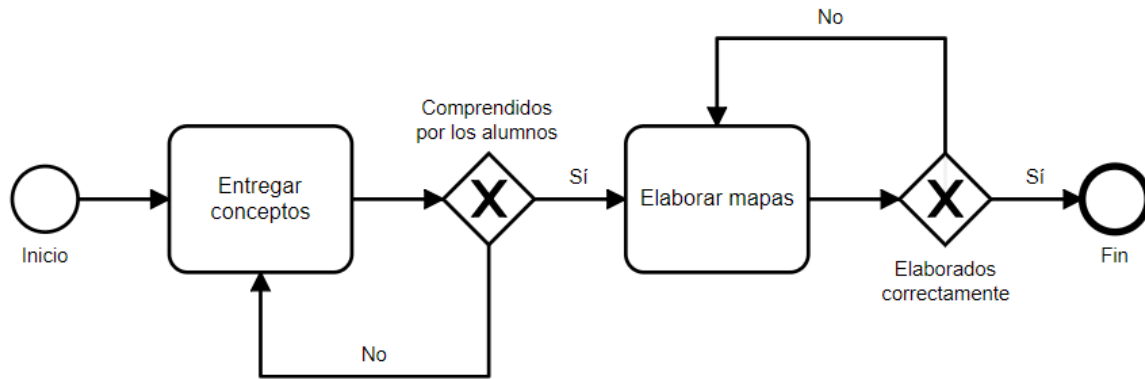


Figura 3.2: Flujo de actividades fase 1. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2 FASES 2: ANALISIS DE MAPAS Y RESULTADOS

Luego de elaborar los mapas en la aplicación, la segunda etapa de la propuesta de solución consiste en el análisis de estos, el cual se da en dos niveles: a nivel de aplicación, y por parte del docente o evaluador.

En una primera instancia, el sistema realiza un análisis cuantitativo de los mapas. Éste se elabora en base al modelo propuesto por Bello et.al. (Bello, González, Martín, & Yelandi, 2015), especificado en el marco conceptual.

Para analizar los mapas, el sistema utiliza las tres medidas de centralidad propuestas en el marco conceptual: de grado (DCM; Degree Centrality Measure), intermediación (BCM; Betweenness Centrality Measure), y cercanía (CCM; Closeness Centrality Measure). A partir de los valores de estas medidas, obtenidos para cada nodo, se determina el *nodo centralizador*⁷ n_c de cada mapa. Este se calcula ponderando las tres medidas de centralidad propuestas, según la ecuación (6), de modo de obtener un único valor representativo de la información conseguida.

$$n_{c_i}(m_i) = MAX \left(\frac{1}{3} (C_{d_j} + C_{b_j} + C_{c_j}) \right) \quad (6)$$

⁷ Nodo característico de un mapa. Este corresponde al nodo que posee el valor máximo de las medidas de centralidad ponderadas, único para cada mapa.

Donde m_i corresponde a el mapa i -ésimo elaborado, y C_{d_j} , C_{b_j} , C_{c_j} corresponden a las medidas de centralidad respectivas, calculadas para cada nodo j de cada mapa.

Este cálculo permite realizar un análisis estático de los mapas cognitivos para cada unidad de contenidos, el cual otorga una aproximación rápida del panorama completo del curso.

Este análisis se realiza tanto para los mapas de los estudiantes, como para el mapa elaborado por el docente, utilizado como sistema experto, lo que permite obtener una primera métrica de comparación entre los mapas elaborados por los alumnos y el mapa elaborado por el evaluador. Todo esto en términos del concepto más importante dentro del mapa.

Además, desde el punto de vista de las relaciones entre los conceptos, se consideran las relaciones correctamente establecidas por los alumnos, respecto del mapa experto, para calcular un porcentaje de correlación, obteniendo así una segunda métrica de evaluación que permita obtener una aproximación general de lo que comprenden los estudiantes respecto de los conceptos de la asignatura.

Por otro lado, el evaluador también realiza un análisis, el cual podría definirse como cualitativo, debido a que corresponde, por su parte, a una observación directa de los mapas. Este examen es elemental debido a que la información que se obtiene es distinta a la que se consigue del análisis estático, ya que este última no entrega una perspectiva completa del modelo mental del alumno, de modo que mediante la observación directa se logra comprender de mejor manera el modo en que los estudiantes representan y elaboran el conocimiento.

La forma en que se plasma el mapa, entrega información sobre cómo se genera el conocimiento, pues, tal como se plantea en el marco conceptual, los mapas cognitivos son una buena representación de los modelos mentales. Es de este modo en que la forma del FCM desarrollado, entregará información fundamental sobre cómo el alumno elabora y estructura mentalmente el conocimiento. Por ejemplo, aun cuando bajo un análisis cuantitativo, o estático de los mapas, entregue los mismos resultados para distintos mapas, la forma de estos puede variar desde un mapa tipo araña, a uno en cascada, o a uno tipo árbol, etc. Es así como dicha información es útil para revisar qué tipo de metodologías es la que se acomoda a cada tipo de estudiante.

En este sentido, podría establecerse, entonces, que el análisis cualitativo es tan y quizás aún más elemental que el cuantitativo que entrega el sistema, utilizando operadores y medidas de análisis estático.

La descripción del flujo de actividades de esta fase se presenta en la Figura 3.3.

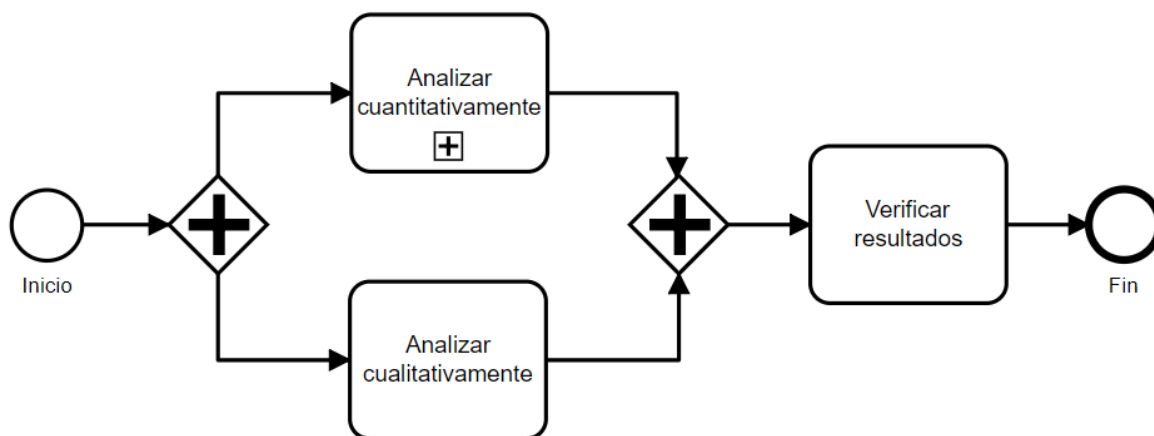


Figura 3.3: Flujo de actividades fase 2. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3 FASES 3: CURSO DE ACCIÓN Y FEEDBACK A LOS ALUMNOS

Para finalizar, la tercera fase consiste en la realización de una clase de repaso y corrección de los conceptos entregados y las relaciones elaboradas.

En esta fase, el evaluador o docente debe determinar cómo corregirá al curso respecto a los resultados obtenidos en los mapas. Debido a que la rectificación de los contenidos, conceptos y relaciones mal concebidas no se realiza de forma particular, sino que, de manera general al curso, se recomienda hacer la corrección través de distintos frentes, es decir, realizar una clase presencial en aula, reforzar a través del aula virtual y mediante guías de estudio (material enfocado en los contenidos en que los alumnos se encuentran débiles).

De este modo, el *feedback* no es sinónimo de enseñar el contenido nuevamente, sino de que, con los resultados obtenidos, abordar de manera estratégica la comprensión de la materia.

En la Figura 3.4 se presenta una descripción del flujo de las actividades de esta fase.

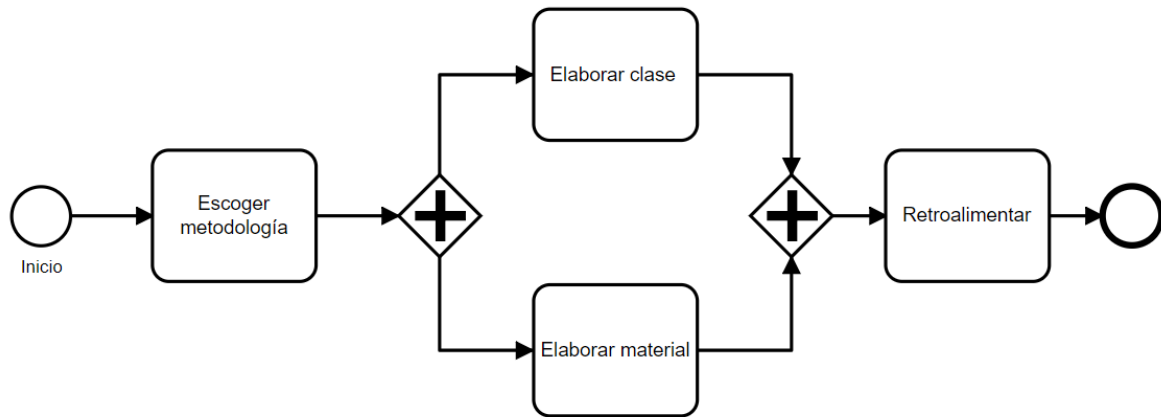


Figura 3.4: Flujo de actividades fase 3. Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, a modo de complementar la Figura 3.1 con las fases anteriormente descritas, presentar una representación más detallada de las actividades de cada fase en la Figura 3.5.

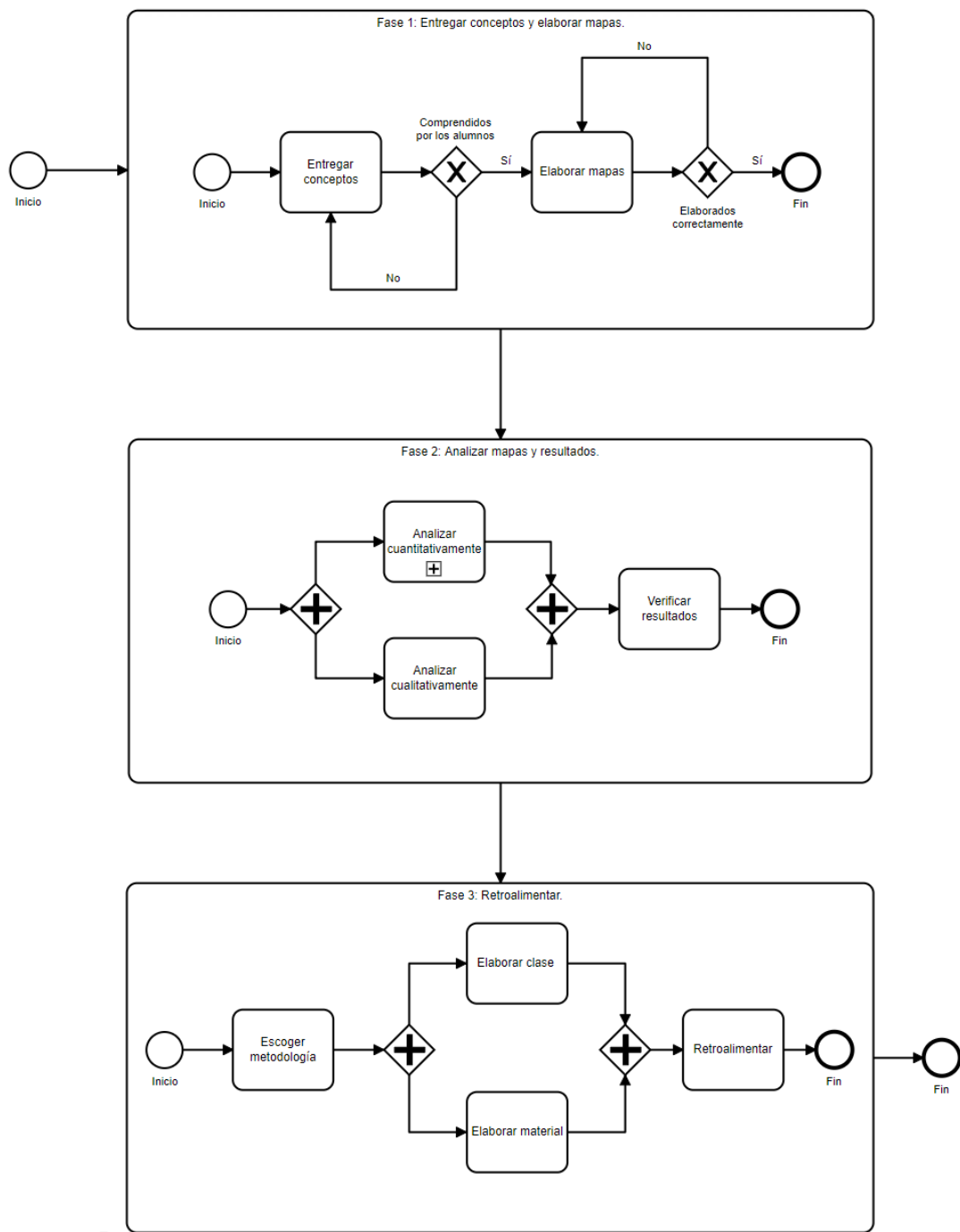


Figura 3.5: Flujo de actividades del sistema propuesto. Fuente: Elaboración Propia.

3.2 PROPUESTA DE APLICACIÓN

Considerando la importancia que tiene la aplicación en el sistema, principalmente en la entrega de resultados y en el desarrollo de la actividad de retroalimentación, a

continuación, se propone un análisis preliminar para el desarrollo de la aplicación que permita elaborar y analizar los mapas mentales desarrollados por los alumnos. Con esto se pretende entregar documentación suficiente para comprender el funcionamiento de la aplicación desarrollada y extender su desarrollo a otras plataformas específicas, además de cumplir con los objetivos previamente planteados. El diseño propuesto se enfoca en la administración de los cursos, contenidos y, principalmente, en la elaboración y análisis de los mapas.

Tanto los requerimientos identificados como el modelo presentado a continuación fueron utilizados para el desarrollo de la aplicación de prueba del sistema. Cabe destacar que la aplicación desarrollada no tiene un carácter final, sino más bien funcional, cumpliendo con los requisitos mínimos identificados para poder llevar a cabo la actividad y prueba del sistema en un curso de un semestre regular en la UTFSM.

3.2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales identificados, previo análisis de las necesidades que debe suplir la aplicación, para el funcionamiento de una versión preliminar y que permita poner a prueba el sistema son:

1. Registrar un nuevo curso
2. Registrar una actividad (unidad de trabajo)
3. Crear un mapa
4. Editar un mapa
5. Listar los mapas
6. Mostrar resultados de análisis por actividad
7. Mostrar resultados de análisis por mapas

Por otra parte, en lo relativo a las propiedades con las que debe contar el sistema para cumplir con los objetivos propuestos, se tienen los siguientes requisitos no funcionales:

- La aplicación debe ofrecer a los usuarios un entorno de interacción sencillo, que permita elaborar los mapas rápidamente, de modo que el tiempo para realizar la actividad (desde que ingresa en la aplicación hasta que finalice el mapa) sea menor a 10 minutos.
- La aplicación debe entregar los resultados de los análisis de forma simple y resumida, en la misma aplicación.

3.2.2 CASOS DE USO

Se presentan a continuación los casos de uso correspondientes para satisfacer los requerimientos anteriormente identificados.

Los casos de uso se presentarán de forma narrativa, utilizando una versión modificada del modelo de caso de uso extendido.

Tabla 3.1: Caso de uso narrativo 1: Registrar un curso

Caso de uso	Registrar un curso
Actores	Evaluador
Precondición	Evaluador ha ingresado al sistema
Resumen	El evaluador crea un curso en la aplicación
Escenario principal	1. El evaluador ingresa al menú principal 2. Sistema muestra las opciones de acuerdo al perfil 3. Evaluador escoge opción "crear asignatura" 4. Sistema muestra menú de creación de curso 5. Evaluador ingresa nombre del curso y docente que lo imparte y selecciona "crear" 6. Sistema crea curso y muestra menú del nuevo curso.
Escenario alternativo	- En el paso 6 sistema muestra error porque el curso ya está creado y devuelve al menú anterior

Tabla 3.2: Caso de uso narrativo 2: Registrar una actividad

Caso de uso	Registrar una actividad
Actores	Evaluador
Precondición	- Evaluador se encuentra ingresado en el sistema - Se encuentra creado el curso
Resumen	El evaluador registra una actividad para un determinado curso
Escenario principal	1. Evaluador selecciona la asignatura de su menú principal 2. Sistema muestra vista de asignaturas 3. Evaluador ingresa título de contenido, profesor, conceptos y selecciona "agregar contenido" 4. Sistema muestra vista del contenido creado recientemente
Escenario alternativo	- En el último paso, el sistema muestra error porque no se ingresaron algunos de los campos (título, profesor o concepto) o porque ya existe contenido con ese título

Tabla 3.3: Caso de uso narrativo 3: Elaborar un mapa.

Caso de uso	Elaborar un mapa
Actores	Evaluador y alumnos
Precondición	- Usuario se encuentra ingresado en el sistema - Usuario se encuentra en la vista de contenidos
Resumen	Los usuarios elaboran los mapas de una determinada actividad ingresando conceptos y relaciones
Escenario principal	1. Usuario ingresa título del mapa y selecciona "crear mapa" 2. Sistema muestra vista de mapas 3. Usuario selecciona "editar" 4. Sistema muestra vista de edición de mapa 5. Usuario ingresa nodos y arcos al mapa 6. Usuario selecciona "guardar mapa" 7. Sistema muestra vista de mapas con mensaje "el mapa se ha creado exitosamente" 8. Usuario selecciona "volver" 9. Sistema muestra vista de contenidos
Escenario alternativo	- En el paso 2 sistema muestra error porque el mapa ya existe - En el paso 7 sistema muestra error porque el mapa no se ha creado correctamente

Tabla 3.4: Caso de uso narrativo 4: Editar un mapa.

Caso de uso	Editar un mapa
Actores	Evaluador y alumnos
Precondición	- Usuario se encuentra ingresado en el sistema - Usuario se encuentra en la vista de contenidos - Mapa existente
Resumen	Los usuarios editan un mapa que ya ha sido creado
Escenario principal	1. Usuario selecciona el mapa de la lista de mapas en la vista de contenidos 2. Sistema muestra la vista de mapa seleccionado 3. Usuario selecciona "editar" 4. Sistema muestra la vista de edición de mapa 5. Usuario modifica nodos/arcos/título del mapa 6. Usuario selecciona "guardar mapa" 7. Sistema muestra vista de mapa con mensaje de que el mapa ha sido actualizado exitosamente 8. Usuario selecciona "volver" 9. Sistema muestra vista de contenidos
Escenario alternativo	- En el paso 7 sistema devuelve error porque el mapa no ha sido actualizado correctamente

Tabla 3.5: Caso de uso narrativo 5: Ver un mapa.

Caso de uso	Ver un mapa
Actores	Evaluador
Precondición	- Que el usuario se encuentre ingresado en el sistema - Que el usuario se encuentre en la vista de contenidos - Que exista el mapa
Resumen	Usuarios visualizarán los mapas elaborados del listado de mapas en la vista de contenidos
Escenario principal	1. Usuario selecciona un mapa del listado 2. Sistema devuelve la vista del mapa
Escenario alternativo	- Lista de mapas se encuentra vacía

Tabla 3.6: Caso de uso narrativo 6: Mostrar resultados de análisis por actividad de contenidos.

Caso de uso	Mostrar resultados de análisis por actividad de contenidos
Actores	Evaluador
Precondición	- El evaluador ha ingresado en el sistema
Resumen	El evaluador visualiza los resultados del análisis de los mapas de una determinada actividad.
Escenario principal	1. Evaluador selecciona uno de sus cursos 2. Sistema muestra vista de curso con el listado de contenidos 3. Evaluador selecciona una actividad del listado 4. Sistema muestra la vista de contenido con el listado de los mapas 5. Evaluador selecciona "ver resultados" 6. Sistema muestra resultados
Escenario alternativo	- Evaluador no tiene cursos asociados - Curso seleccionado no tiene contenidos - En el paso 5 el sistema no entrega resultados porque el contenido no posee mapas elaborados

Tabla 3.7: Caso de uso narrativo 7: Mostrar resultados de análisis por mapa.

Caso de uso	Mostrar resultados de análisis por mapa
Actores	Evaluador
Precondición	- El evaluador ha ingresado en el sistema - Se ha realizado el análisis de mapas por actividad.
Resumen	El evaluador visualiza los resultados del análisis de los mapas de cada alumno, para una determinada actividad.
Escenario principal	1. Evaluador selecciona uno de sus cursos 2. Sistema muestra vista de curso con el listado de contenidos 3. Evaluador selecciona una actividad del listado 4. Sistema muestra la vista de contenido con el listado de los mapas, con los resultados del análisis para cada mapa.
Escenario alternativo	- Se muestran resultados incompletos debido a que no existe mapa experto.

3.2.3 MODELO RELACIONAL

El modelo relacional elaborado para dar soporte al funcionamiento básico de la aplicación desarrollada se presenta en la Figura 3.6.

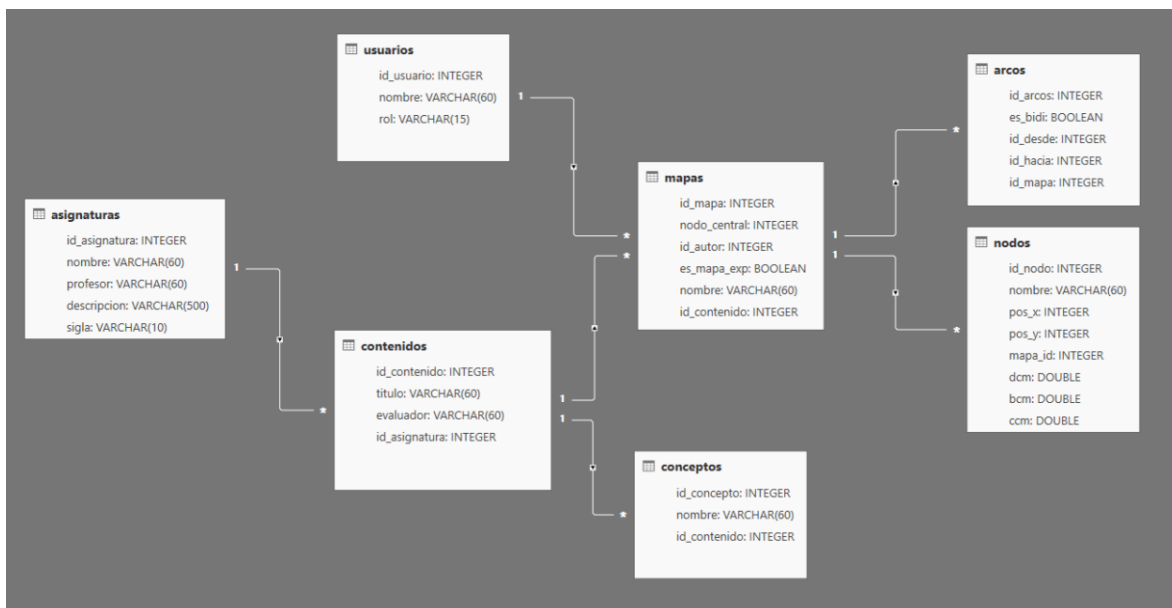


Figura 3.6: Modelo de datos relacional. Fuente: Elaboración Propia.

La propuesta de administrar las tablas de *nodos* y *arcos* de forma independiente se realiza de modo de permitir simplicidad, independiente de la arquitectura y el entorno de desarrollo que se utilicen para construir el sistema, en los cálculos de los indicadores, y que estos se registren a nivel local, de nodos, dando a su vez escalabilidad al sistema en la incorporación de nuevos tipos análisis, además del análisis estático ya propuesto.

Por otra parte, la idea de administrar los *conceptos* en una tabla auxiliar, independiente de la tabla *contenidos*, se desarrolló para facilitar la presentación de la información a los estudiantes en las vistas de la aplicación de prueba desarrollada.

Un detalle de las tablas del modelo, junto con una descripción de las respectivas columnas, se presenta en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8: Esquema descriptivo de las tablas del modelo propuesto.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla	Columna	Tipo de dato	Descripción
asignaturas: contiene las asignaturas ingresadas en la aplicación.	id_asignatura	INTEGER	Llave primaria, identificador de la tabla.
	nombre	VARCHAR(60)	Nombre de la asignatura.
	profesor	VARCHAR(60)	Nombre del profesor a cargo de la asignatura.
	descripción	VARCHAR(500)	Descripción de la asignatura.
	sigla	VARCHAR(10)	Sigla de la asignatura.
contenidos: contiene los contenidos de las asignaturas, ingresados en la aplicación.	id_contenido	INTEGER	Llave primaria, identificador de la tabla.
	titulo	VARCHAR(60)	Título de la unidad de contenidos.
	evaluador	VARCHAR(60)	Nombre del evaluador (responsable) de la actividad.
	id_asignatura	INTEGER	Identificador de la asignatura a la que pertenece. (FK)
mapas: corresponde a los mapas elaborados por los evaluadores y alumnos.	id_mapa	INTEGER	Llave primaria, identificador del mapa.
	nodo_central	INTEGER	Identificador del nodo central del mapa. (FK)
	id_autor	INTEGER	Identificador del autor del mapa. (FK)
	es_mapa_ex	BOOLEAN	Dato lógico para indicar si el mapa corresponde a un mapa experto.
	nombre	VARCHAR(60)	Nombre (o título) del mapa.

	id_contenido	INTEGER	Identificador del contenido al que corresponde el mapa. (FK)
arcos: contiene la totalidad de los arcos/relaciones.	id_arcos	INTEGER	Identificador del arco.
	es_bidi	BOOLEAN	Dato lógico para indicar si el arco es bidireccional.
	id_desde	INTEGER	Identificador del nodo inicial (o de partida) (FK)
	id_hacia	INTEGER	Identificador del nodo final (o de llegada) (FK)
	id_mapa	INTEGER	Identificador del mapa donde se encuentra el arco (relación) (FK)
nodos: contiene la totalidad de los nodos.	id_nodo	INTEGER	Identificador del nodo.
	nombre	VARCHAR(60)	Nombre del nodo.
	pos_x	INTEGER	Indica la coordenada x de la posición del nodo en el área de dibujo.
	pos_y	INTEGER	Indica la coordenada y de la posición del nodo en el área de dibujo.
	mapa_id	INTEGER	Identificador del mapa al que corresponde el nodo. (FK)
	dcm	DOUBLE	Valor de la medida de centralidad de grado del nodo (<i>Degree Centrality Measure</i>)
	bcm	DOUBLE	Valor de la medida de intermediación del nodo (<i>Betweenes Centrality Measure</i>)

	ccm	DOUBLE	Valor de la medida de cercanía del nodo (<i>Closeness Centrality Measure</i>)
conceptos: contiene la lista completa de conceptos, correspondientes a las unidades de contenidos.	id_concepto	INTEGER	Identificador del concepto.
	nombre	VARCHAR(60)	Nombre o título del concepto.
	id_contenido	INTEGER	Identificador del contenido al que corresponde el concepto. (FK)
usuarios: corresponde a la tabla de usuarios de la aplicación.	id_usuario	INTEGER	Identificador del usuario.
	nombre	VARCHAR(60)	Nombre del usuario.
	rol	VARCHAR(15)	Rol del usuario (evaluador o alumno)

Finalmente, un diseño de la arquitectura e interfaz resulta más específico según la plataforma, herramientas y lenguaje que se utilicen para el desarrollo de aplicaciones, y no afecta en los atributos fundamentales del sistema propuesto, de modo que no se plantea formalmente una propuesta específica para esta etapa del desarrollo.

3.3 CASO DE PRUEBA DE APLICACIÓN (POR CASOS DE USO)

En este apartado, se especifica una guía de uso de la aplicación desarrollada, tomando en cuenta los principales casos de uso identificados. La aplicación de demostración se encuentra alojada en *Heroku*⁸, y sus instrucciones y credenciales de ingreso se encuentran en el ANEXO A – ENUNCIADO ACTIVIDAD DE RETROALIMENTACIÓN.

La aplicación se divide principalmente en 4 vistas o menús:

- Vista de asignaturas: Menú principal del usuario, tiene el listado de asignaturas y es donde se registran nuevas asignaturas. Figura 3.7.
- Vista de actividades: Submenú de la vista de asignatura, tiene el listado de unidades de trabajo de la asignatura correspondiente, además del resultado obtenido del análisis de los mapas para cada actividad.

⁸ Heroku es una plataforma como servicio (PaaS; *Platform as a Service*), de computación en la nube, que permite a desarrolladores construir, ejecutar y operar aplicaciones sin la necesidad de un entorno de desarrollo y/o producción local. Sitio web: <https://www.heroku.com>.

- Vista de mapas: Submenú de la vista de actividades, tiene el listado de los mapas elaborados para la unidad de trabajo correspondiente. En esta vista se muestran también los resultados obtenidos para cada mapa.
- Vista de edición de mapas: Página de la aplicación donde se elaboran los mapas.

El uso de la aplicación se basa principalmente en la navegación de estas 4 vistas. A continuación, se presenta una guía de uso por cada caso de uso esencial en el desarrollo de la actividad.

- Registrar un nuevo curso.

Habiendo ingresado al sistema, en el menú de asignaturas, el evaluador selecciona la opción “crear asignatura” (Figura 3.7).



Figura 3.7: Registrar nuevo curso - Menú asignaturas.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema muestra el formulario de creación de asignatura. Se deben completar los campos de “Nombre”, “Sigla”, “Profesor” y una descripción de la asignatura (Figura 3.8).

Para finalizar se debe presionar el botón “Crear”.

Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María
[Salir](#)

Crear Asignatura

Nombre
Teoría de Sistemas

Sigla
INF-260

Profesor
Ricardo Acevedo

Descripción
Asignatura correspondiente al semestre 2018-1

[Cancelar](#)

Figura 3.8: Registrar nuevo curso - Formulario creación de asignatura.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema devuelve el menú de la asignatura creada con el mensaje de que la asignatura ha sido creada exitosamente (Figura 3.9).

Departamento de Informática
Universidad Técnica Federico Santa María
[Salir](#)

Asignatura creada exitosamente

Teoría de Sistemas

INF-260 - Profesor Ricardo Acevedo - Asignatura correspondiente al semestre 2018-1

Nombre	Profesor	Conceptos
--------	----------	-----------

Agregar Contenido:

Titulo

Profesor

Conceptos

[Volver](#)

Figura 3.9: Registrar nuevo curso - Asignatura creada exitosamente.

Fuente: Elaboración Propia.

- Registrar una actividad (unidad de trabajo).

Con el evaluador ingresado en el sistema y el curso creado. El evaluador selecciona el curso en el menú de asignaturas.

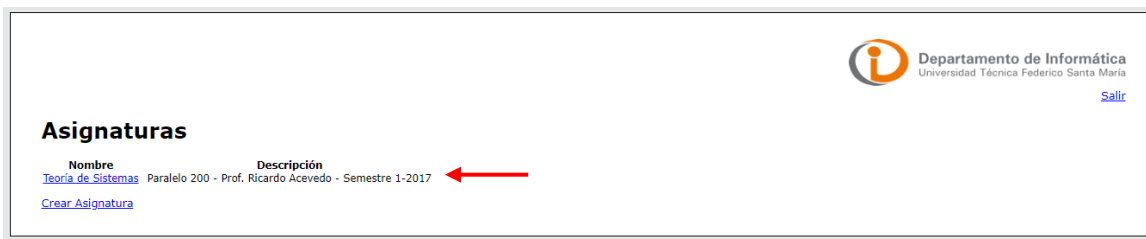


Figura 3.10: Agregar unidad de contenidos – Menú asignaturas.

Fuente: Elaboración Propia.

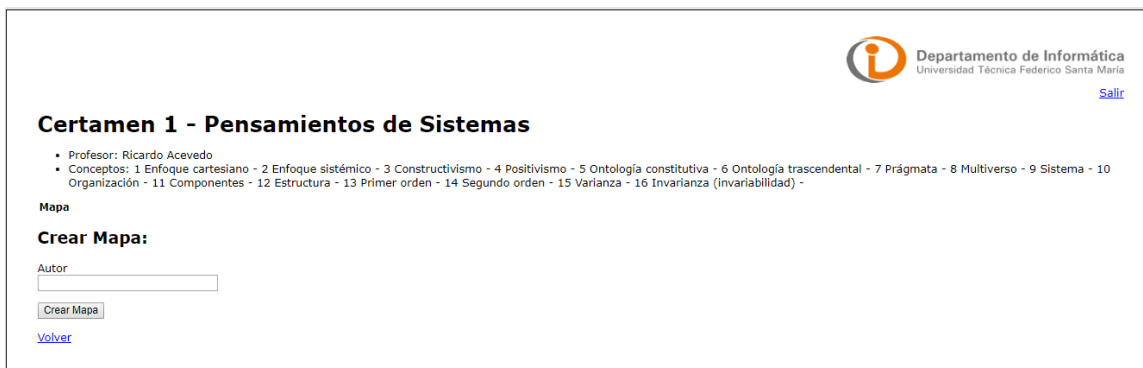
En el menú de la asignatura, se deben completar los campos de “Título” (nombre descriptivo de la unidad de trabajo), “Profesor” (profesor que realizará la actividad) y “Conceptos” (lista de conceptos a evaluar).

Finalmente, la unidad de trabajo se crea presionando el botón “Agregar”

Figura 3.11: Agregar unidad de contenidos – Formulario creación unidad de contenidos.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema devuelve el menú de mapas de la unidad de trabajo recientemente creada.



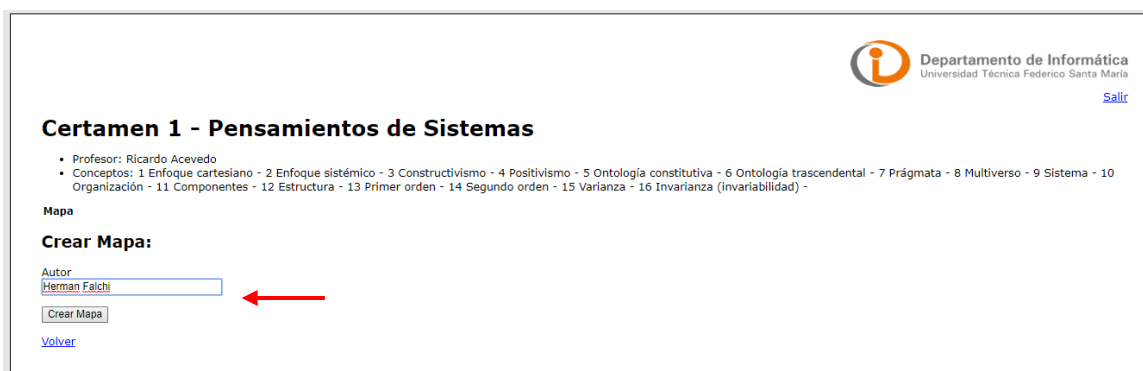
The screenshot shows a web interface for a course. At the top right is the logo of the 'Departamento de Informática' at 'Universidad Técnica Federico Santa María' with a 'Salir' link. The main title is 'Certamen 1 - Pensamientos de Sistemas'. Below it is a list of topics: 'Profesor: Ricardo Acevedo' and 'Conceptos: 1 Enfoque cartesiano - 2 Enfoque sistémico - 3 Constructivismo - 4 Positivismo - 5 Ontología constitutiva - 6 Ontología trascendental - 7 Prágmata - 8 Multiverso - 9 Sistema - 10 Organización - 11 Componentes - 12 Estructura - 13 Primer orden - 14 Segundo orden - 15 Varianza - 16 Invarianza (invariabilidad)'. Below this is a 'Mapa' section with the heading 'Crear Mapa:'. There is a text input field labeled 'Autor' and a 'Crear Mapa' button. A 'Volver' link is at the bottom left of the form.

Figura 3.12: Agregar unidad de contenidos - Nueva unidad creada exitosamente.

Fuente: Elaboración Propia.

- Crear un mapa.

Con el usuario registrado en el sistema, en la vista de mapas de la actividad correspondiente, el usuario ingresa su nombre en el campo de “Autor” al final de la página y presiona “Crear Mapa”.



This screenshot is similar to the previous one, but the 'Autor' text input field now contains the name 'Herman Falchi'. A red arrow points to this field. The rest of the interface, including the course title, topics list, and buttons, remains the same.

Figura 3.13: Crear un mapa.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema devuelve la vista de edición de mapas. La vista se compone de tres elementos. En la parte izquierda de la vista se presentan un menú con las opciones de navegación y edición del mapa, junto con los conceptos correspondientes a la actividad. La zona central corresponde al cuadro visualización y construcción del mapa, este componente visual muestra en primera instancia un mapa “vacío”. Finalmente, en la zona derecha se encuentran las opciones de creación y edición de los elementos del mapa, estas opciones se habilitan solo cuando se está construyendo el mapa.

Para proceder con la creación del mapa se debe seleccionar la opción de “Editar” en el menú izquierdo.



Figura 3.14: Crear un mapa - Vista de edición de mapas.
Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, el sistema habilita la opción de construcción de mapas. En el menú derecho se muestran las instrucciones de cómo agregar nodos y arcos:

Para agregar nodos:

- Doble clic en un espacio vacío del cuadro central permite crear nuevos nodos.
- Doble clic en un nodo permite cambiar su nombre.

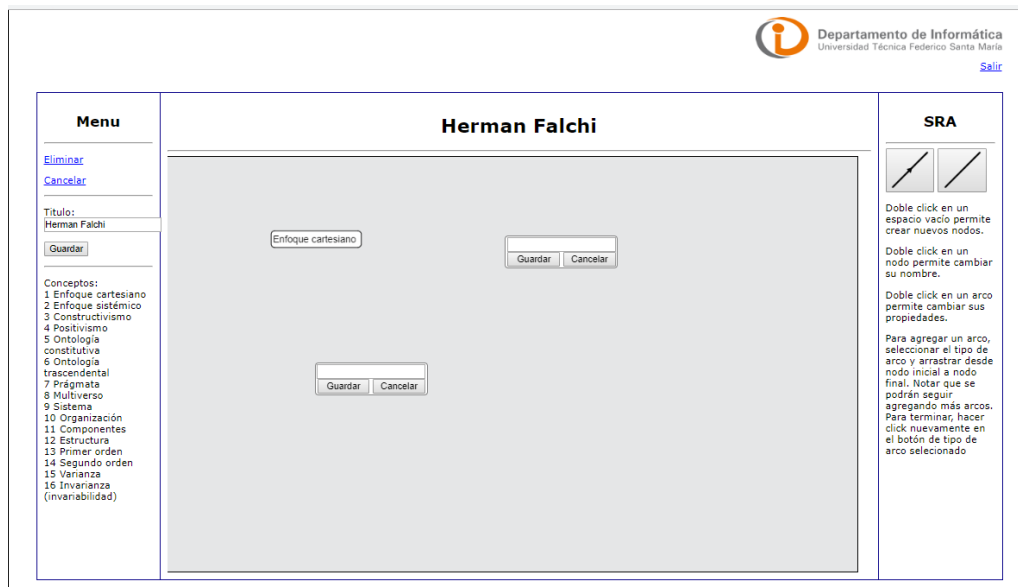


Figura 3.15: Crear un mapa - Construcción de mapa (nodos) .
Fuente: Elaboración Propia.

Para agregar un arco:

Seleccionar el tipo de arco en el menú de la derecha y arrastrar desde el nodo inicial al nodo final. Al seleccionar el tipo de arco, el usuario podrá seguir agregando más arcos mientras mantenga la opción seleccionada. Para terminar, debe hacer clic nuevamente en el botón de tipo de arco seleccionado. Los tipos de arco son dos, unidireccional (con punta de flecha) y bidireccional (línea recta, que representa una punta de flecha en ambos sentidos). Para cambiar las propiedades de un arco, el usuario debe hacer doble clic sobre el arco para desplegar las opciones disponibles (mencionadas más adelante).

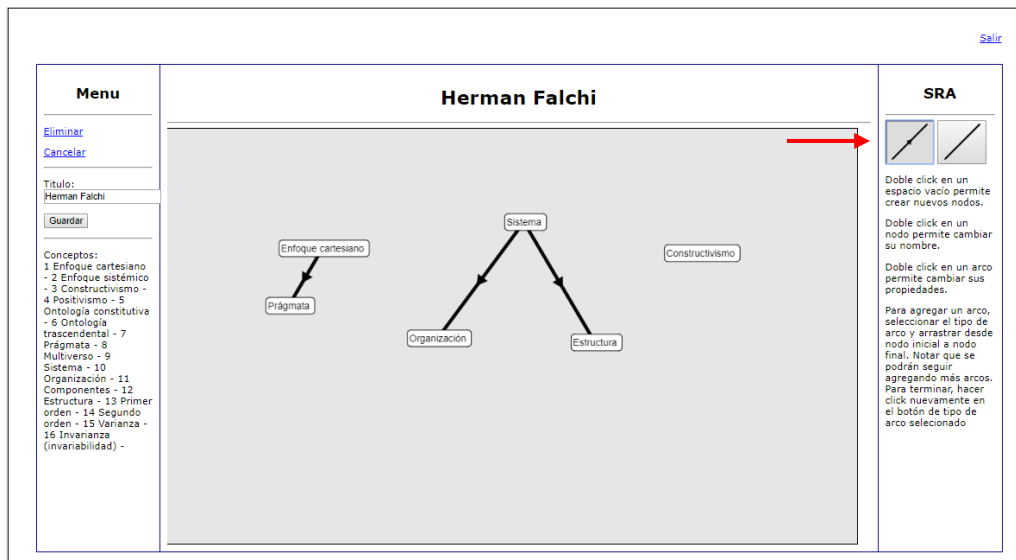


Figura 3.16: Crear un mapa - Construcción de mapa (arcos).

Fuente: Elaboración Propia.

El usuario debe repetir el procedimiento de agregar nodos hasta que todos los conceptos listados en el menú izquierdo se encuentren en el mapa.

Una vez se tengan todos los conceptos en la zona central, estos se deben relacionar entre sí, creando un mapa completamente conexo⁹. Es importante tener en cuenta que, para conectar los conceptos, los arcos deben estar basados en relaciones de causalidad.

Algunos casos de ejemplo para este tipo de relaciones son los siguientes:

- "nodo1 causa el nodo2", se representa por una flecha que va desde nodo1 a nodo2.
- "nodo1 se ve explicado por el nodo2", se representa por una flecha que va desde nodo2 a nodo1.
- "nodo1 implica nodo2", flecha de nodo1 a nodo2.
- "nodo1 implica nodo2 pero nodo2 también implica nodo1", flecha en ambos sentidos (arco bi-direccional).

En la vista de creación de mapa se pueden también realizar las siguientes acciones:

- Haciendo doble clic sobre un arco se puede cambiar su dirección, tipo, o eliminar el arco.
- Haciendo doble clic sobre un nodo se puede editar su nombre o eliminar el nodo (al eliminar un nodo se eliminarán también los arcos asociados a dicho nodo).

⁹ Un mapa, o grafo, completamente es aquél en el que para cualquier par de vértices, o nodos, (u,v) , que pertenecen al grafo, existe al menos una trayectoria de u a v . En el caso particular de la construcción de los mapas mentales que se solicitan, a pesar de que se solicita que los arcos posean dirección, el mapa debe ser considerado como un grafo no dirigido al determinar si es completamente conexo.

- Mover nodos de su ubicación (con la finalidad de cambiar la presentación del mapa), esto se realiza seleccionando el nodo y arrastrándolo a su nueva ubicación.

Para finalizar, se debe presionar el botón “Guardar” y luego la opción “Volver” del menú izquierdo de la vista.

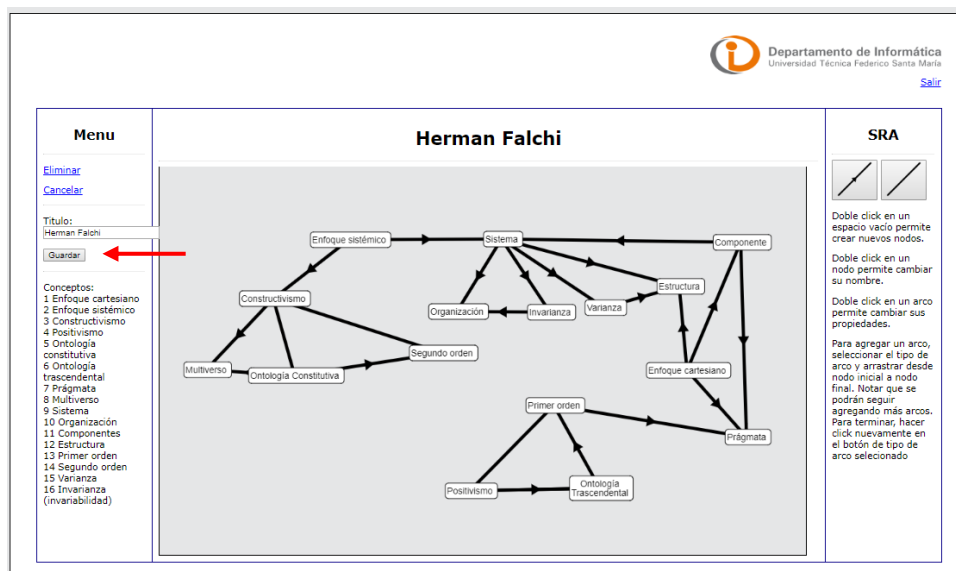


Figura 3.17: Crear un mapa - Guardar mapa.

Fuente: Elaboración Propia.

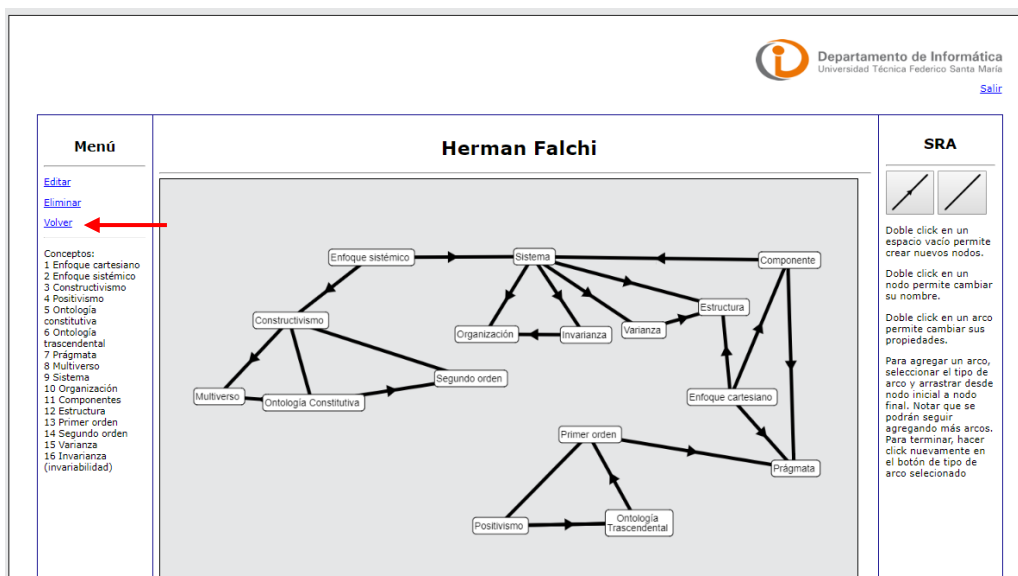


Figura 3.18: Crear un mapa - Finalización.

Fuente: Elaboración Propia.

- Editar un mapa

Con el usuario registrado en la aplicación, en la vista de mapas correspondiente a la actividad que se evalúa, el usuario selecciona su nombre de la lista.

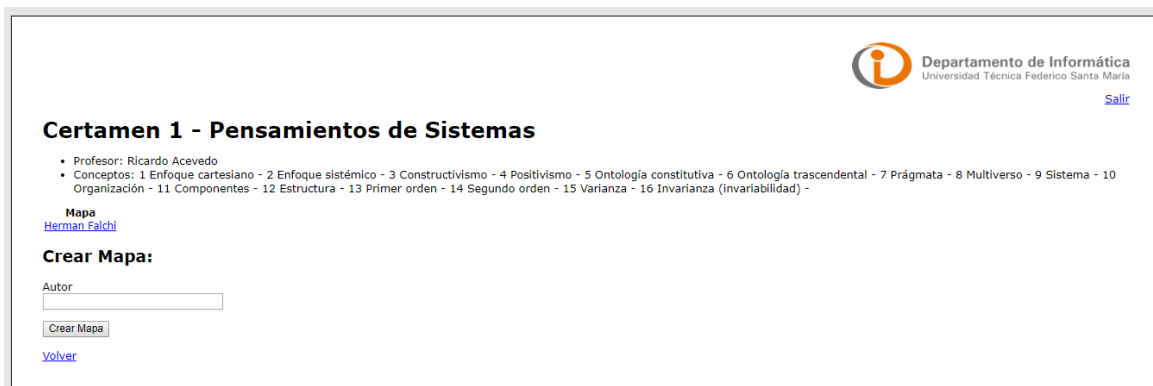


Figura 3.19: Editar un mapa - Vista de mapas.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, el sistema despliega la vista de edición de mapas con el mapa seleccionado. El usuario debe seleccionar la opción “Editar” del menú izquierdo de la vista para habilitar las opciones de construcción de mapas. Estas opciones son las mismas revisadas para el caso de “Crear un mapa”

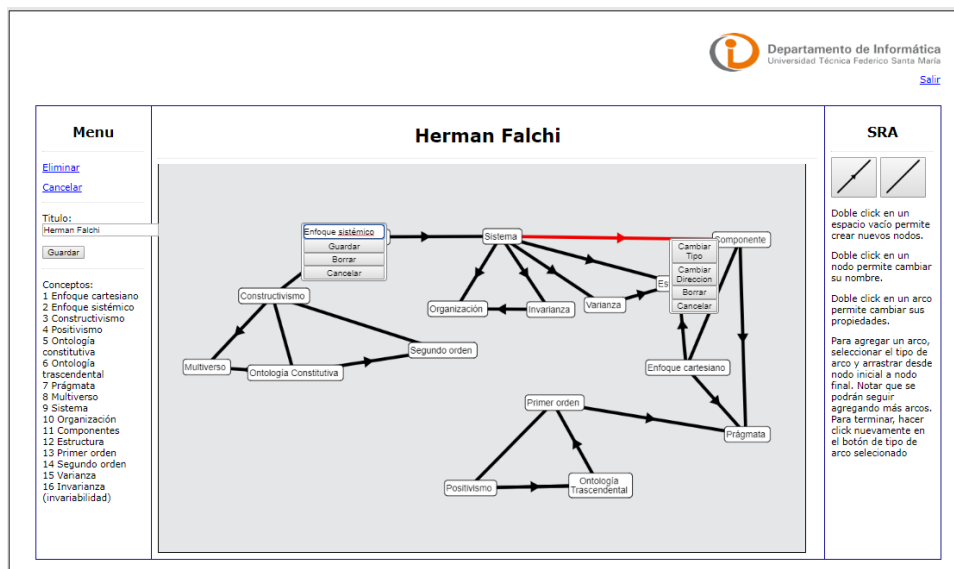


Figura 3.20: Editar un mapa - Vista de construcción de mapas (edición).

Fuente: Elaboración Propia.

Para finalizar el usuario debe presionar “Guardar” y seleccionar “Volver”, ambas opciones en el menú izquierdo de la vista. El sistema devuelve al usuario a la vista de mapas de la actividad correspondiente.

- Listar los mapas y mostrar resultados de análisis (por actividad y por mapas)
- El docente debe ingresar al sistema y seleccionar la asignatura con la actividad a revisar.

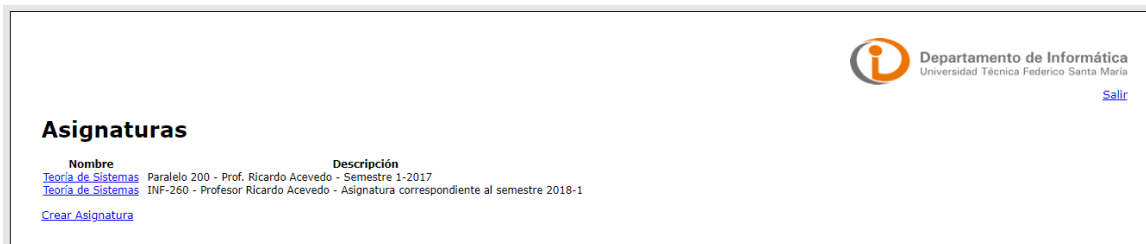


Figura 3.21: Mostrar resultados - Vista de asignaturas.

Fuente: Elaboración Propia.

El sistema muestra la vista de actividades de la asignatura seleccionada.

Para proceder a analizar los mapas el docente debe presionar el botón “Analizar” que se encuentra al costado del nombre de la actividad. Este botón se encontrará disponible para el docente solo cuando la actividad tenga uno o más mapas asociados. Se debe considerar que en el momento en que se realice el análisis no se podrán agregar mapas a la actividad.



Figura 3.22: Mostrar resultados - Vista de contenidos.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el análisis, se muestra el concepto centralizador y el promedio del porcentaje de correlación de los mapas, respecto del mapa experto.


Departamento de Informática
 Universidad Técnica Federico Santa María
[Salir](#)

Teoría de Sistemas

INF-260 - Profesor Ricardo Acevedo - Asignatura correspondiente al semestre 2018-1

Centralizador	Promedio Correlación	Nombre	Profesor	Conceptos
Sistema	26%	Certamen 1 - Pensamientos de Sistemas	Ricardo Acevedo	1 Enfoque cartesiano - 2 Enfoque sistémico - 3 Constructivismo - 4 Positivismo - 5 Ontología constitutiva - 6 Ontología trascendental - 7 Prágmata - 8 Multiverso - 9 Sistema - 10 Organización - 11 Componentes - 12 Estructura - 13 Primer orden - 14 Segundo orden - 15 Varianza - 16 Invarianza (Invariabilidad) -

Agregar Contenido:

Título

Profesor

Conceptos

Figura 3.23: Mostrar resultados - Resultados por actividad.

Fuente: Elaboración Propia.

Para listar los mapas de la actividad, con el análisis correspondiente, se debe seleccionar la actividad a revisar. El análisis cuantitativo entrega como resultado el nodo centralizador de cada mapa, junto con el porcentaje de correlación con el mapa experto, elaborado por el docente o evaluador de la actividad.


Departamento de Informática
 Universidad Técnica Federico Santa María
[Salir](#)

Certamen 1 - Pensamientos de Sistemas

• Profesor: Ricardo Acevedo

• Conceptos: 1 Enfoque cartesiano - 2 Enfoque sistémico - 3 Constructivismo - 4 Positivismo - 5 Ontología constitutiva - 6 Ontología trascendental - 7 Prágmata - 8 Multiverso - 9 Sistema - 10 Organización - 11 Componentes - 12 Estructura - 13 Primer orden - 14 Segundo orden - 15 Varianza - 16 Invarianza (Invariabilidad) -

Mapa	Nodo Centralizador	Correlación Experto
Ricardo Acevedo	Sistema	100%
Alexis Hormazabal	Sistema	23%
Andres Shehadeh	Estructura	4%
Benjamin Cambor	Constructivismo	50%
Camila Aravena	Enfoque Cartesiano	15%
Camilo Rubilar	Estructura	38%
Camilo Sánchez	Constructivismo	50%
Christian Muñoz	Sistema	19%
Cristian Chamorro	Sistema	35%
Daniel Toro	Sistema	27%
Diego Madariaga	Sistema	23%
Eduardo Padilla	Prágmata	0%
Fabian Riquelme Macias	Constructivismo	35%
Fabian Jimenez	Constructivismo	8%
Gabriel Pezoa	Enfoque Cartesiano	23%
Gabriel Veroara	Sistema	35%

Figura 3.24: Mostrar resultados - Resultados por mapa.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCION

El sistema de retroalimentación propuesto se puso a prueba durante el desarrollo de la asignatura de Teoría de Sistemas (INF260), bajo la tutela del profesor coordinador de la asignatura, Ricardo Acevedo Almonacid, durante el primer semestre académico del año 2017. Las cátedras de las secciones (o paralelos) de la asignatura durante el período mencionado fueron dictadas por los profesores Ricardo Acevedo Almonacid (paralelo 200, con 45 alumnos inscritos) y Claudio Gamero Henríquez (paralelo 201, con 40 alumnos inscritos). Ambos paralelos se desarrollaron siguiendo el mismo programa curricular de la asignatura y las evaluaciones fueron las mismas en ambas secciones.

La primera evaluación de contenidos que presentó la asignatura en ese período académico fue un control de lectura (Q1), cuyo contenido conceptual fue también parte de los temas estudiados en las cátedras y evaluado posteriormente en un certamen (C1).

Por otra parte, para que la actividad se llevara a cabo correctamente, se realizó a los alumnos una clase con la base teórica necesaria para una correcta construcción de los mapas mentales, cuya duración fue de un bloque académico, y además se les informó a cabalidad sobre la finalidad de la actividad que se desarrollaría.

Tanto la metodología utilizada, como una descripción específica de la actividad realizada por los alumnos y los resultados obtenidos se presentan en esta sección a continuación.

4.1 METODOLOGÍA

La totalidad del curso se separó en dos grupos, G1 y G2, correspondiente a los paralelos (paralelo 200 y paralelo 201, respectivamente) que se habilitaron durante el semestre en cuestión.

Complementario al Q1, se les solicitó a los alumnos de ambos grupos, G1 y G2, que realizaran mapas utilizando los metaconceptos (desde la perspectiva de la asignatura) presentados a continuación:

- Enfoque cartesiano
- Enfoque sistémico
- Constructivismo
- Positivismo
- Ontología Constitutiva
- Ontología Trascendental
- Prágmata

- Multiverso
- Sistema
- Organización
- Componentes
- Estructura
- Primer orden
- Segundo orden
- Varianza
- Invarianza (Invariabilidad)

Estos metaconceptos se correspondían con los evaluados en el Q1 y a los vistos en clases, que además serían evaluados nuevamente en el C1. Cabe destacar que los conceptos propuestos se entregaron posteriormente a la realización del Q1, para así no intervenir en el enfoque de estudio de los alumnos.

Los mapas solicitados se elaboraron en la aplicación web, implementada para estos efectos, dentro de los tres días siguientes al desarrollo del Q1 realizado en clases. Cada grupo tuvo una unidad de contenidos habilitada en la aplicación, independiente una de la otra. Complementario a esto, se elaboró a su vez un mapa de referencia, como sistema experto, propuesto por el profesor coordinador y el ayudante del curso.

Luego, en base al análisis estático realizado por la aplicación sobre los mapas, utilizando como referencia el mapa experto, y lo analizado mediante la observación directa de los mapas durante los días siguientes hasta la próxima cátedra del curso (4 días), se procedió a corregir solo a los alumnos del G1, principalmente sobre las relaciones conceptuales incorrectas, haciendo hincapié en los conceptos más importantes. Esta corrección se hizo en el aula física, durante clases, y durante una cátedra de repaso, previa al C1, así como también en el aula virtual con apuntes compartidos a través de la plataforma Moodle. En ningún momento se le informó explícitamente, de forma individual, a los alumnos sobre el resultado de sus mapas, más bien la información obtenida de los análisis (cuantitativo y cualitativo) se utilizó para replantear y corregir algunos de los conceptos y contenidos estudiados durante las clases.

El segundo grupo, G2, tuvo también una clase de repaso, pero enfocada a la resolución de consultas, tal como se encontraba establecido en el programa del curso. No se utilizaron los resultados obtenidos del análisis de los mapas para corregir a los alumnos de este grupo. La finalidad de esto fue poder contar con un grupo de control que permitiera realizar comparaciones posteriormente.

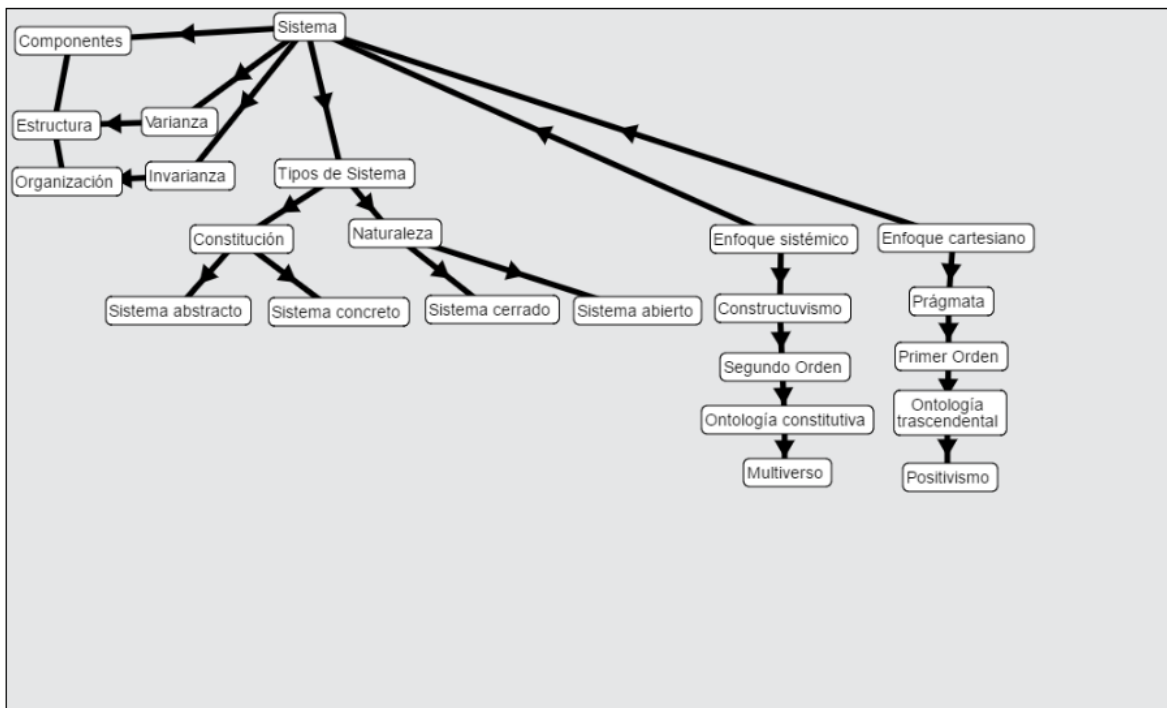


Figura 4.2: Mapa mental M10, con 59% de correlación respecto de MX.

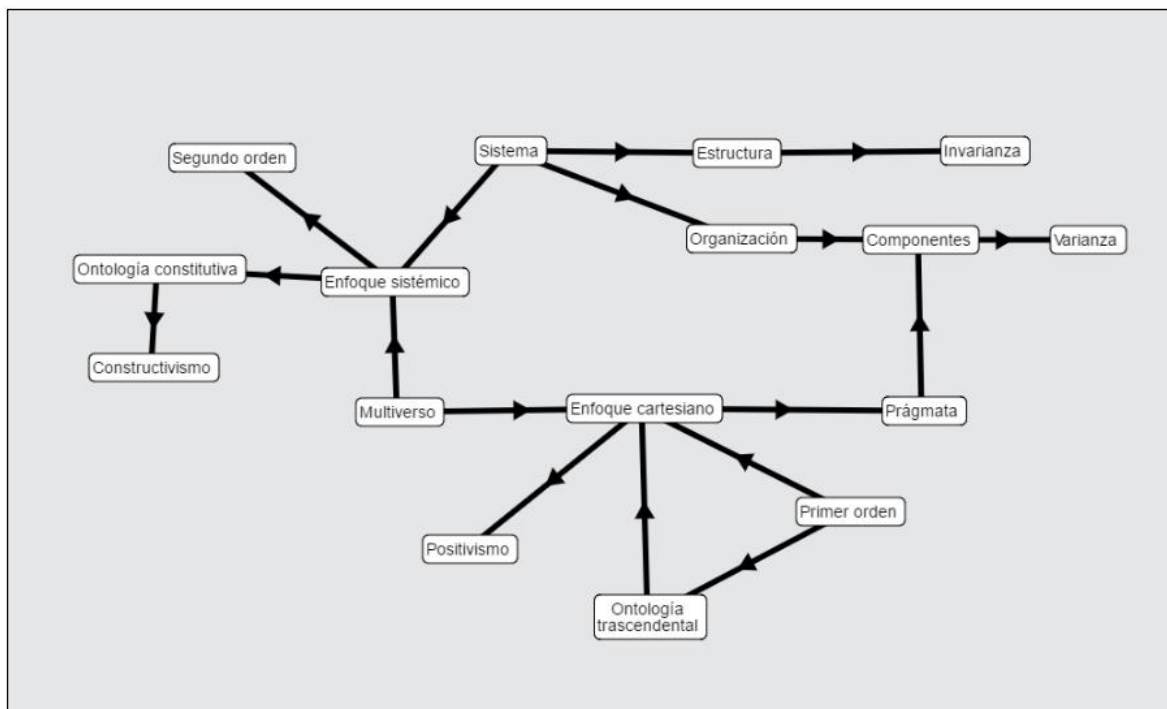


Figura 4.3: Mapa mental M9, con 27% de correlación respecto de MX.

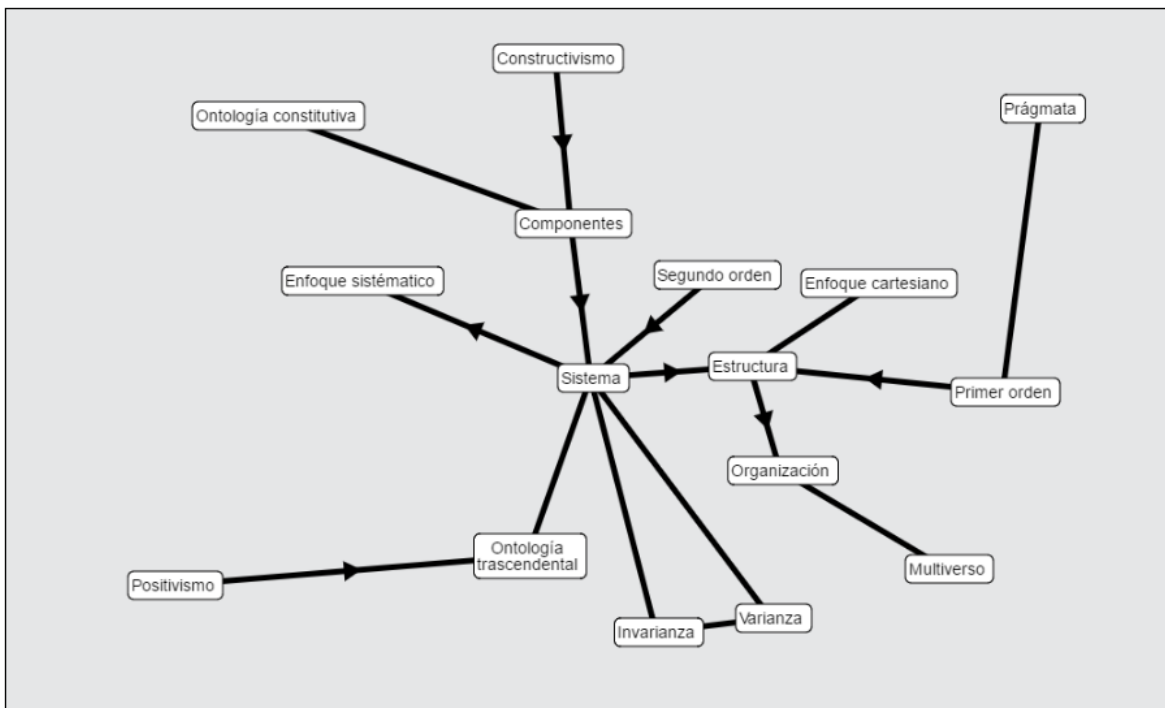


Figura 4.4: Mapa mental M14, con 42% de correlación respecto de MX.

Se elaboró la Tabla 4.1 a modo de resumen de los resultados obtenidos en el desarrollo de la actividad. En ésta se muestra el porcentaje de relaciones correctas en cada mapa respecto del total de relaciones establecidas, el porcentaje de correlación, y si se identificó el mismo nodo centralizador que se obtuvo para el mapa experto. Se presentan además las calificaciones obtenidas por los alumnos antes y después del desarrollo de la actividad.

Respecto del nodo centralizador obtenido en los mapas, el concepto con mayor recurrencia fue el de “Sistema” que se corresponde con el nodo centralizador del mapa experto. Cabe destacar que el segundo concepto con mayor recurrencia fue el de “Constructivismo”, el cual es el siguiente concepto con mayor índice de centralidad. De modo que, en términos de identificar el (o los) concepto (s) más importante (s) dentro de la unidad de contenidos, el 61% del curso cumplió el objetivo, y los bajos porcentajes de correlación se debieron principalmente a relaciones conceptuales erróneamente establecidas.

Tabla 4.1: Tabla de indicadores con los resultados obtenidos de los análisis, junto con la calificación correspondiente al autor de cada mapa. Fuente: Elaboración Propia

	CANTIDAD TOTAL DE RELACIONES	CANTIDAD DE RELACIONES CORRECTAS	% RELACIONES CORRECTAS MAPA	% CORRELACION	IDENTIFICACIÓN DE NODO CENTRALIZADOR	NODO CENTRALIZADOR	NOTA PRE-ACTIVIDAD	NOTA POST-ACTIVIDAD
MX	26	26	100%	100%	Sí	Sistema	-	-
M3	22	6	27%	23%	Sí	Sistema	61	98
M4	18	1	6%	4%	No	Estructura	54	78
M7	27	13	48%	50%	No	Constructivismo	67	98
M9	15	4	27%	15%	No	Enfoque cartesiano	41	33
M10	17	10	59%	38%	No	Estructura	37	45
M11	20	13	65%	50%	No	Constructivismo	35	80
M14	12	5	42%	19%	Sí	Sistema	17	83
M17	23	9	39%	35%	Sí	Sistema	57	93
M19	15	7	47%	27%	Sí	Sistema	21	53
M20	19	6	32%	23%	Sí	Sistema	49	88
M23	18	0	0%	0%	No	Prágmata	69	60
M24	18	9	50%	35%	No	Constructivismo	46	33
M25	14	2	14%	8%	No	Constructivismo	42	88
M29	19	6	32%	23%	No	Enfoque cartesiano	35	35
M30	21	9	43%	35%	Sí	Sistema	43	85
M36	18	6	33%	23%	No	Enfoque cartesiano	73	75
M39	21	4	19%	15%	Sí	Sistema	45	33
M43	22	12	55%	46%	No	Constructivismo	57	83
M45	16	6	38%	23%	No	Enfoque cartesiano	41	78
M46	18	6	33%	23%	No	Constructivismo	36	63
M48	27	11	41%	42%	No	Positivismo	62	100
M49	33	4	12%	15%	No	Constructivismo	44	78
M50	23	9	39%	35%	Sí	Sistema	68	100
M52	17	7	41%	27%	No	Enfoque cartesiano	57	68
M54	23	6	26%	23%	Sí	Sistema	48	83
M57	25	6	24%	23%	Sí	Sistema	64	90
M58	15	4	27%	15%	Sí	Sistema	58	95
M59	16	7	44%	27%	No	Prágmata	42	70
M60	15	4	27%	15%	No	Enfoque sistémico	48	50
M61	20	11	55%	42%	Sí	Sistema	29	95

M62	20	10	50%	38%	No	Constructivismo	39	68
M65	20	2	10%	8%	Sí	Sistema	55	0
M66	16	1	6%	4%	No	Estructura	55	95
M67	16	7	44%	27%	No	Prágmata	42	60
M68	20	6	30%	23%	Sí	Sistema	75	50
M69	5	3	60%	12%	No	Enfoque cartesiano	47	100

4.2.2 CALIFICACIONES

Las calificaciones obtenidas por los alumnos de ambos grupos se presentan en las Figura 4.5 y Figura 4.6 a continuación. Las tablas con las calificaciones correspondientes a cada gráfico se presentan en las Tablas 0.1 y 0.2, en el ANEXO C – TABLAS DE RESULTADOS.

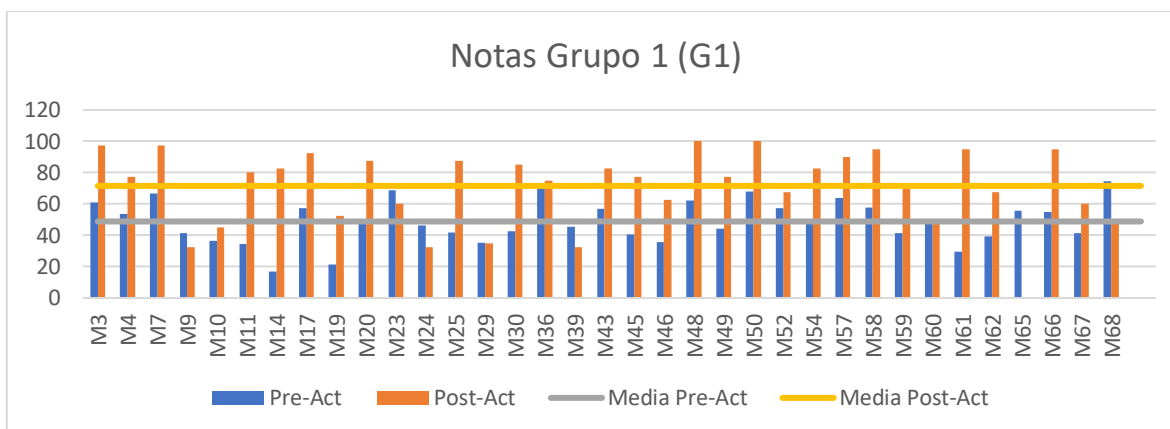


Figura 4.5: Notas obtenidas por los alumnos del grupo 1 (G1), previo y posterior al desarrollo de la actividad.
Fuente: Elaboración Propia.

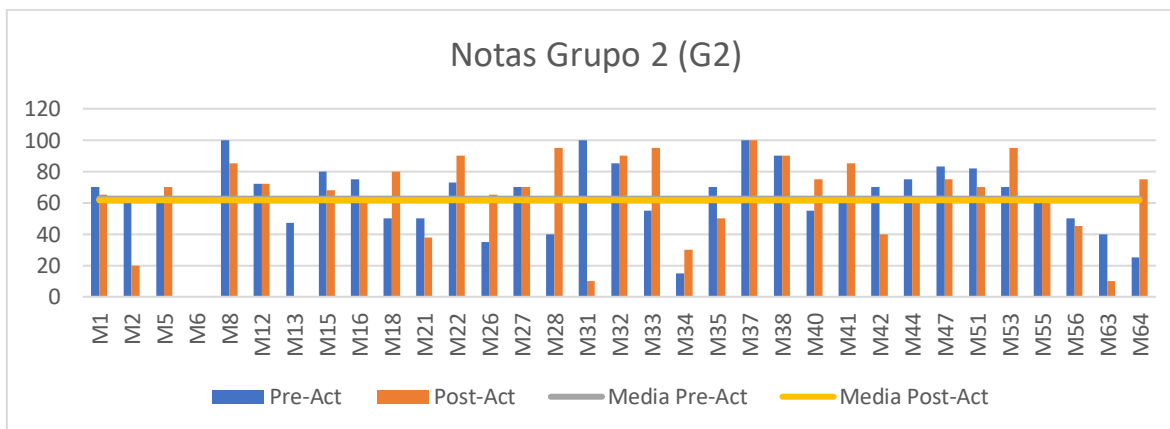


Figura 4.6: Notas obtenidas por los alumnos del grupo 2 (G2), previo y posterior al desarrollo de la actividad.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4.5 se presentan las calificaciones obtenidas por los alumnos del G1 en las evaluaciones antes y después de realizar la actividad de retroalimentación.

El promedio de notas del G1 antes de realizar la actividad fue de 49 puntos sobre un total de 100. Mientras que el promedio de notas obtenido posterior a realizar la actividad fue de 74. Esto presenta un incremento de 25 puntos en el promedio de notas del curso.

En la Figura 4.6 se presentan las calificaciones obtenidas por los alumnos del G2. El promedio de notas de este grupo antes de realizar la actividad fue de 63 puntos, y de 62 puntos luego de realizar la actividad. Teniendo así un decremento de 1 punto en el promedio de notas en el grupo de control.

Por otra parte, de la Tabla 0.1 (del ANEXO C – TABLAS DE RESULTADOS.) se puede determinar que, en el G1, un 80,56% de los alumnos obtuvo mejor calificación en la evaluación posterior a la actividad. Mientras que de la Tabla 0.2 (también del ANEXO C – TABLAS DE RESULTADOS.) se obtiene que, para el G2, solo un 36,36% obtuvo mejor calificación en la evaluación posterior.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Como principal contribución de la investigación, se establece que el sistema propuesto, en su esencia básica, funciona. La elaboración del diseño de sistema de retroalimentación académica desarrollado permite corregir un problema generalizado en el Departamento de Informática y en la Universidad Técnica Federico Santa María en cuanto al modo de medir el nivel de conocimiento de los contenidos y aptitudes que los alumnos poseen y desarrollan durante el transcurso de las asignaturas impartidas.

Si bien el sistema de evaluación utilizado en la Universidad Técnica Federico Santa María es efectivo y cumple con sus objetivos, es una fase definitoria, puesto que se enfoca en la obtención de calificación, por lo general, irreversible, y sólo tiene como finalidad determinar si los estudiantes dominan los contenidos de un curso. No obstante, este sistema no garantiza un real aprendizaje en los estudiantes, debido a que deja de lado qué es lo que conceptualmente entienden y/o lo que se debe corregir para que efectúen un proceso de aprendizaje correcta y oportunamente (previo a la evaluación y obtención de una calificación). Es así como, hasta el momento, el modo de evaluación de la comprensión de contenidos en los estudiantes se realiza exclusivamente a través de las pruebas y/o calificaciones.

En tanto, lo que se entiende como "retroalimentación" se efectúa únicamente a través de la encuesta docente, instancia formal y estandarizada en la que el alumno evalúa las aptitudes del pedagogo y tópicos referentes, por ejemplo, a la bibliografía utilizada (lo cual se realiza con una mayoría de preguntas cerradas). Esta encuesta se responde de manera online, y no existe un *feedback* directo entre alumno y docente. Además, la misma no se enfoca en los contenidos del curso ni el grado de comprensión que los alumnos tienen de los conceptos de la unidad de la asignatura.

De este modo, el sistema de retroalimentación académica propuesto en esta investigación permite a los docentes y evaluadores conocer y determinar el nivel de comprensión que poseen los estudiantes sobre los contenidos y conceptos impartidos durante el desarrollo de las asignaturas, ya que es posible obtener información elemental sobre el progreso en el aprendizaje de los alumnos, de modo de corregir a tiempo aquellos conceptos interpretados erróneamente, así como también modificar y adaptar las metodologías y/o técnicas utilizadas en las aulas físicas para que sean adecuadas a las necesidades del grupo de alumnos y buscar de este modo una mejor comprensión de los contenidos previa a la evaluación. En cuanto a los alumnos, les permite corregir, tal como se mencionó anteriormente, a tiempo, y en una instancia de retroalimentación directa con el docente

y/o evaluador, los errores de conceptualización de la materia, lo que, según arrojaron los resultados de la investigación, permite a los estudiantes mejorar su rendimiento y calificaciones.

En tanto, y tal como se explica en la propuesta de solución, se plantea que, de modo posterior a la actividad en línea (confección de mapas cognitivos en la aplicación), es necesario finalizar la realización de la actividad de retroalimentación completamente, es decir, llevar a cabo la clase complementaria, lo que no significaría sumar mayor carga laboral al preparar una clase inexistente, debido a que en muchas asignaturas se realiza una denominada clase de consulta previa a cada evaluación. Así, lo ideal es transformar la clase de consulta en la clase complementaria, y esta, en la instancia formal de retroalimentación académica post actividad en la aplicación, lo que permitiría que el docente o evaluador imparta la misma con los antecedentes sobre qué es lo que no comprenden los estudiantes, puesto que al obtener los resultados de la actividad, posibilitaría, de antemano, eliminar la incertidumbre y por ende, acortar la brecha comunicacional que se presenta en clases de consulta cuando, por ejemplo, un estudiante se avergüenza de presentar sus dudas.

Esta instancia (clase complementaria), en conjunto con la elaboración de los mapas en la aplicación constituyen el sistema de retroalimentación propuesto, por lo que, se establece que sería infructuoso realizar la segunda sin la primera.

Respecto a los resultados obtenidos en la investigación, particularmente en la realización de la actividad en la cátedra Teoría de Sistemas del Departamento de Informática de la UTFSM, es importante destacar la validez de los resultados obtenidos por el grupo retroalimentado, en comparación con el grupo de control luego de realizar la actividad y clase de retroalimentación académica.

Previo a estas instancias, se realizó una primera evaluación (un control, Q1), la cual es parte del programa regular de la asignatura y en donde se evalúan parte de los conceptos estudiados en la primera parte del curso. En esta evaluación, el primer grupo (G1), que corresponde a una de las secciones del curso y el cual fue posteriormente retroalimentado de acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar la actividad propuesta, obtuvo en promedio una nota 49 puntos. Por otra parte, el segundo grupo (G2), que corresponde a la sección utilizada como grupo de control, obtuvo en promedio una calificación de 63 puntos (en la escala de la UTFSM, donde 100 es el máximo y 0 el mínimo).

Posterior a la evaluación Q1, los alumnos de ambas secciones desarrollaron sus respectivos mapas cognitivos, utilizando un set de conceptos correspondientes a los contenidos evaluados en el Q1 y que posteriormente volverían a ser evaluados en una segunda instancia (certamen 1, C1). Si bien ambos grupos desarrollaron la actividad de elaboración

de mapas, solo el grupo G1 fue retroalimentado de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis. Finalmente se procedió a evaluar ambas secciones (G1 y G2) con la evaluación C1.

El primer grupo G1 incrementó su nota promedio de 49 a 71 puntos, mientras que el grupo de control mantuvo su promedio en nota 62. Si bien existen factores independientes (el que los alumnos hayan estudiado en mayor o menor medida, por ejemplo), se observó una mejora considerable y un impacto innegable al aplicar el sistema de retroalimentación. Gráficamente, esto se observa en las Figuras 4.5 y 4.6, donde el promedio aumentó debido a que, en promedio las notas de los estudiantes se incrementaron en 25 puntos de forma regular.

Es importante señalar que, si bien se cumplieron los objetivos planteados en la investigación, la propuesta de solución se probó bajo condiciones óptimas: el docente a cargo de la asignatura es experto en la materia (Teoría de Sistemas), así también el ayudante de cátedra, hecho que, de alguna forma, permitió que el análisis cualitativo de los mapas, realizado por observación directa, se utilizase como primera fuente de información.

Bajo estas condiciones, se establece que el análisis cualitativo de los mapas es completo, y fue primordial, debido a que la revisión por observación fue la que permitió dilucidar inmediatamente, relaciones y nociones conceptuales equívocas, como por ejemplo confundir el concepto de constructivismo con el de positivismo.

En tanto, el análisis cuantitativo permitió corroborar la información obtenida del análisis cualitativo, además de que los indicadores obtenidos permitieron realizar un análisis estático de mapas cognitivos sobre los grafos, cuantificando consecuentemente con los porcentajes de correlación lo que se observó cualitativamente en los mapas (identificación correcta de concepto centralizador, pero relaciones conceptuales mayormente incorrectas), lo que facilitó considerablemente el trabajo para los evaluadores.

No obstante, si bien se realizó una comparación entre ambos análisis, el realizado de manera cuantitativa (estático) se constituyó como un indicador secundario debido a que, se tomaron las decisiones en base a lo que se visualizó mediante la observación directa de los mapas.

Debido a lo anterior, sería necesario mejorar el sistema, de modo que la “observación directa” de los mapas no sea el principal método de evaluación de los mismos, esto, debido a que no todos los docentes o posibles evaluadores, que pueden pertenecer a diversas áreas del conocimiento, cuentan con la preparación y experiencia suficiente para dilucidar el panorama completo de un curso a través de la mera observación de mapas cognitivos, y lo

ideal es que el sistema entregue resultados y recomendaciones directas sobre qué corregir sin considerar la disciplina del evaluador.

En tanto, el impacto negativo, al hablar de la implementación del modelo de retroalimentación propuesto en un curso, se establece que es mínimo, ya que no restringe los recursos con los que cuentan los docentes en términos de horas de trabajo, de desarrollo de los contenidos del curso, capacitación, entre otros, ni de los alumnos, en términos de carga académica.

Como trabajo a futuro, resulta imperante ampliar el sistema de retroalimentación académica, con un trabajo en conjunto con profesionales del área de la psicología y/o las ciencias cognitivas. Esto, con la finalidad de mejorar e implementar en el sistema un análisis de la forma de los mapas, enfocado en los distintos tipos de pensamiento cognitivo, o dicho de otra manera, en el modo en el que los estudiantes elaboran el conocimiento. Las representaciones obtenidas, de los modelos mentales a través de la aplicación cuentan con información elemental sobre cómo los estudiantes estructuran el conocimiento. Actualmente, dicha información pasa inadvertida para los usuarios evaluadores de los mapas, debido a que no poseen una preparación científica idónea para comprender esta información, la cual es de una importancia primordial, ya que al conocer cómo los estudiantes estructuran el conocimiento, permite enseñar de mejor manera, saber qué metodologías utilizar, cómo facilitar el aprendizaje en los alumnos entregando las herramientas necesarias que les permitan construir el conocimiento de acuerdo a sus capacidades y aptitudes.

Así, sería posible realizar un análisis mayor respecto a la forma de los mapas y complementar el sistema, lo que, al integrar una funcionalidad al sistema que permita hacer un análisis de la forma de los mapas, constituiría una mejora en el modo de entrega de resultados al obtener información más completa y compleja sobre la forma de elaborar el conocimiento, de la forma de los alumnos de modelar estos esquemas conceptuales. Lo anterior sería posible de realizar con una herramienta que permita el reconocimiento de imágenes y patrones, para que reconozca el dibujo y forma que tiene el mapa y, en base a eso cruzar la información con mapas y modelos tipo.

Otra ampliación sería implementar el sistema como módulo de actividad en la plataforma de aula virtual (ya sea Moodle o Aula) para integrarlo directamente a los recursos tecnológicos que posee el Departamento y la Universidad. Destacar además que esta línea de investigación se realiza mucho en tesis de postgrados (magíster y doctorado) de modo que, además de la línea de implementación del sistema y cambios o mejoras en el diseño del modelo propuesto, a nivel de aplicación informática, es un área que necesita ser investigada con mayor profundidad, dando la posibilidad y abriendo el abanico de trabajo

no sólo a estudiantes de pregrado, sino que también a investigaciones más específicas sobre cómo se crea y se puede evaluar el desarrollo cognitivo conceptual de los alumnos del DI en la UTFSM.

En cuanto al modelo y diseño del sistema propuesto en esta investigación, se considera válido, por el momento, para estudiantes de ingeniería de la Universidad Técnica Federico Santa María, debido a la forma en la que a los estudiantes de esta disciplina se les enseña, cómo aprenden y conceptualizan los nuevos conocimientos, basados principalmente en relaciones causales. Respecto del impacto generado en el Departamento de Informática, permite contar con un sistema de retroalimentación académica propio, el cual suple la carencia de una instancia formal para entregar un *feedback* académico a los estudiantes.

En caso de que el sistema se desee replicar en otras asignaturas, carreras o niveles de enseñanza, es necesario considerar integrar en la elaboración de los mapas nuevas variables que permitan evaluar correctamente los modelos conceptuales elaborados por los alumnos. De todas maneras, es importante realizar un análisis de los contenidos de cada asignatura y cómo estos se enseñan, para determinar la mejor forma de proponer la elaboración de los mapas según el área de conocimiento que lo requiera.

Luego de realizar la investigación, se diagnostica como necesaria y de gran importancia la función de la Dirección de Enseñanza y Aprendizaje de la UTFSM, y su responsabilidad de guiar y preparar a los docentes y/o evaluadores en el entendimiento de las múltiples y diversas formas en que los estudiantes procesan y elaboran conocimiento. Al mismo tiempo, si bien es fundamental respetar la libertad de cátedra del profesor, es igual de primordial que esta unidad instruya al cuerpo docente, por ejemplo, sobre las diversas prácticas y metodologías al momento de enseñar, y de igual modo, evalúe el desarrollo de la clase en el aula.

En tanto, como recomendaciones a quienes se sientan interesados en aproximarse al tema de uso de FCM en docencia, durante la investigación y confección del estado del arte, se observó que es un tópico no explotado, incluso es posible aseverar que se encuentra en un estado exploratorio. No obstante, la mayor cantidad de información encontrada ha sido elaborada por investigadores de América Latina, lo que demuestra un creciente interés de la zona por el tema, y además, permite acceder a publicaciones en nuestra lengua nativa y que se encuentran contextualizadas en realidades y culturas cercanas a la nuestra.

Finalmente, la investigación realizada, en conjunto con la propuesta de solución planteada, sustentan la concepción de que es necesaria la existencia de retroalimentación académica en un proceso de enseñanza - aprendizaje, y debe acompañar al mismo durante la extensión por el que se prolongue. Esto, con el objetivo de entregar de manera oportuna al estudiante

información que pueda utilizar para mejorar su desempeño (Fonseca, 2009). Así, el sistema de retroalimentación académica se transforma en un elemento clave e imprescindible en la realización de un curso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Almonacid, R. (2016). *Teoría de Sistemas. Algunos conceptos sistémicos con impronta de metaconceptos*. Apunte de cátedra, Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Informática, Valparaíso.
- Aparicio, J. J., & Rodríguez, M. (2000). Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 13-30.
- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Axelrod, R. (1976). *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*. Princeton: Princeton University Press.
- Bello, R., González, S., Martín, A., & Yelandi, M. (2015). Modelo para el análisis estático en grafos difusos basado en indicadores compuestos de centralidad. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9, 52-65.
- Bourgani, E., Stylios, C. D., Manis, G., & Georgopoulos, V. C. (2013). Fuzzy Cognitive Maps Modeling And Simulation. *Proceedings of the European Modeling and Simulation Symposium*, (págs. 561-570).
- Castilla Perez, M. F. (2014). *La Teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget Aplicada en la Clase de Primaria*. Master's thesis, Universidad de Valladolid.
- Departamento de Informática. (24 de Febrero de 2018). *Departamento de Informática Universidad Técnica Federico Santa María*. Obtenido de Ingeniería Civil Informática: <https://www.inf.utfsm.cl/estudiantes/pregrado/ingenieria-civil-informatica>
- Dias, S. B., S. J., Hadjileontiadis, L. J., & Diniz, J. A. (2015). Fuzzy Cognitive Mapping of LMS Users' Quality of Interaction within HigherEducation Blended-Learning Environment. *Expert Systems With Applications: An International Journal*.
- EducarChile. (13 de Marzo de 2018). *Feedback efectivo y evaluación progresiva*. Obtenido de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=217565>
- Flavell, J. H. (1992). Cognitive Development: Past, Present, and Future. *Developmental Psychology*, 28, 998-1005.
- Fonseca, H. (2009). Retroalimentación durante el proceso de enseñanza – aprendizaje: un arma de doble filo. *Salud, Arte y Cuidado*, 1.
- Gray, S. A., Zandre, E., & Gray, S. R. (2014). Fuzzy Cognitive Maps as Representations of Mental Models and Groups Beliefs. En P. E.I., & E. I. Papageorgiou (Ed.), *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering* (págs. 29-48). Honolulu: Springer-Verlag.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65-75.

- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., Andersen, C., White, S. H., Klahr, D., & Carver, S. M. (1995). Strategies of Knowledge Acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60, i--157. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1166059>
- Laureano-Cruces, A., Ramírez-Rodríguez, J., & Terán-Gilmore, A. (2004). Evaluation of the Teaching-Learning Process with Fuzzy Cognitive Maps. En C. Lemaître, C. Reyes, & J. González, *Advances in Artificial Intelligence* (págs. 922-931). Puebla: Springer-Verlag.
- Lemaître, C., & Carlos, R. (2004). *Advances in Artificial Intelligence*. (J. González, Ed.) Puebla, México: Springer-Verlag.
- Leyva, M., Rosado, R., & Febles, A. (2012). Modelado y análisis de los Factores Críticos de Éxito de los proyectos de software mediante Mapas Cognitivos Difusos. *Ciencias de la Información*, 43(2), 41-46.
- Leyva-Vázquez, M. Y. (2013). *Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en mapas cognitivos difusos*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Leyva-Vázquez, M., Pérez-Teruel, K., Febles-Estrada, D. C., & Gulín-González, D. C. (2013). Técnicas para la representación del conocimiento causal: un estudio de caso en Informática Médica. *Revista Cubana de información en ciencias de la salud*, 73-83.
- Lozano Martínez, F. G. (2014). Retroalimentación formativa para estudiantes de educación a distancia. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia.*, 17(2).
- Martínez, R., Arrieta, X., & Meleán, R. (9 de 2012). Desarrollo cognitivo conceptual y características de aprendizaje de estudiantes universitarios. *Omnia*, 18, 35-48.
- Moreira, M. A. (10 de 2010). ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales? *Revista Currículum*, 23, 9-23.
- Newman, F., & Holzman, L. (1993). *Lev Vygotsky. Revolutionary Scientist*. London: Routledge.
- Obiedat, M., Samarasinghe, S., & Graham, S. (2011). A New Method for Identifying the Central Nodes in Fuzzy Cognitive Maps using Consensus Centrality Measure. *19th International Congress on Modelling and Simulation*, (págs. 1084-1091). Perth.
- Pacheco, R., Carlson, R., & Martins-Pacheco, L. (2004). Engineering education assessment system using fuzzy cognitive maps. *age*, 1.
- Papageorgiou. (2014). *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Extensions and Learning Algorithms (Intelligent Systems Reference Library)*. (Papageorgiou, Ed.) Springer.
- Peña, A., Sossa, H., & Gutiérrez, A. (2007). Cognitive Maps: an Overview and their Application for Student Modeling. *Computación y Sistemas*, 10(3), 230-250.
- Romero Sandí, H., Rojas Ramírez, E., & Flores Quesada, A. (2013). Sistema de retroalimentación académica: Una propuesta de mensajería por proximidad aplicada en la Universidad Nacional Sede Regional Brunca. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean*

Conference for Engineering and Technology "Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity". Cancún.

Scholnick, E. K. (1999). *Conceptual Development: Piaget's Legacy Jean Piaget Symposium Series*. (E. K. Scholnick, Ed.) Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Vázquez, C. M. (2010). El Proceso de Retroalimentación en la evaluación. Un aporte al Aprendizaje Significativo de los estudiantes universitarios.

Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12, págs. 285-302.

Yan, M. (20 de Marzo de 2018). *Dijkstra's Algorithm*. Obtenido de MIT:
<http://math.mit.edu/~rothvoss/18.304.3PM/Presentations/1-Melissa.pdf>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Agreste, S., Catanese, S., De Meo, P., Ferrara, E., & Fiumara, G. (2016). Network Structure and Resilience of Mafia Syndicates. *Information Sciences: an International Journal*, 351, 30-47.
- Andrés, M. L., Canet-Juric, L., Introzzi, I., Stelzer, F., & Urquijo, S. (7 de 2016). Relaciones entre el conocimiento conceptual y el procedimental en el aprendizaje de las fracciones. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 7, 13. doi:10.18861/cied.2016.7.1.2573
- Bandura, A. (3 de 1993). Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28, 117-148. doi:10.1207/s15326985ep2802_3
- Case, R., & Griffin, S. (1990). Advances in Psychology: Developmental Psychology Cognitive, Perceptuo-Motor and Neuropsychological Perspectives. En C.-A. Hauert (Ed.). Elsevier Science Publishers B.V.
- Cole, J. R., & Persichitte, K. A. (2000). Fuzzy Cognitive Mapping: Applications in Education. *International Journal of Intelligent Systems*, 15, 1-25.
- Corral Ruso, R. (2001). El Concepto de Zona de Desarrollo Próximo: Una Interpretación. *Revista Cubana de Psicología*, 18(1), 72-76.
- Díaz, F., & Hernández, G. (1999). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. En McGraw-Hill (Ed.). McGraw-Hill.
- Eppler, M. J. (2006). A comparison between concept maps, mindmaps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing. *Information Visualization*, 202-210.
- Groumpos, P. P. (2010). Fuzzy cognitive maps. Advances in theory, methodologies, tools and applications. En Springer (Ed.). Springer-Verlag.
- Henao-Calad, M., & Rodríguez-Lora, V. (2012). Modelo de conocimiento conceptual como apoyo a la Ingeniería del Conocimiento. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20, 412-424.
- Hochbaum, D. (2014). *Dorit S. Hochbaum, Professor*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de Berkeley IEOR. Industrial Engineering & Operations Research: <http://www.ieor.berkeley.edu/~hochbaum/files/ieor266-2014.pdf>
- Jetter, A., & Kok, K. (2014). Fuzzy Cognitive Maps For Future Studies - A methodological assessment of concepts and methods. *Futures*. Obtenido de <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.futures.2014.05.002>
- Kok, A. J. (2014). Fuzzy Cognitive Maps For Futures Studies: A methodological assessment of concepts and methods. *Future*.
- Leyva Vázquez, M., Rosado, R., Baca Lobera, G. I., & Sánchez Guevara, I. (2013). Modelo para el análisis estático en mapas cognitivos difusos. *I Congreso Internacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información*.

- Martínez, F. L., & Vargas, L. T. (2014). Retroalimentación Formativa Para Estudiantes De Educación A Distancia. *RIED*, 17, 197-221.
- Matthews, G. B. (10 de 1985). The idea of conceptual development in Piaget. *Synthese*, 65, 87-97. doi:10.1007/bf00484888
- Muñoz, D. (2006). Anotaciones conceptuales iniciales sobre los aportes sistémicos de Niklas Luhmann a las ciencias sociales: debates en torno a las teorías de la acción y de sistemas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 4.
- Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). A Review of Fuzzy Cognitive Maps Research During the Last Decade. *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, 21.
- Papageorgiou, E. I., & Stylios, C. D. (2008). Fuzzy Cognitive Maps. *Handbook of Granular Computing*.
- Sandí, H. R., Ramírez, E. R., & Quesada, A. F. (8 de 2013). Sistema de retroalimentación académica: Una propuesta de mensajería por proximidad aplicada en la Universidad Nacional Sede Regional Brunca. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity*.
- Taber, R. (1991). Knowledge Processing with Fuzzy Cognitive Maps. *Expert Systems With Applications*, 2, 83-87.
- Terenzini, P., Springer, L., Yaeger, P., Pascarella, E., & Nora, A. (1996). First-Generation College Student: Characteristics, Experiences, and Cognitive Development. *Research in Higher Education*, 37.
- Undurraga, D. D. (2015). *Propuesta De Sistema De Retroalimentación A Partir De La Evaluación Para El Desempeño Docente*. Master's thesis, Universidad de Chile.

ANEXOS

ANEXO A – ENUNCIADO ACTIVIDAD DE RETROALIMENTACIÓN

Instrucciones actividad elaboración de mapas cognitivos.

La actividad es obligatoria para los dos paralelos y cuenta como una pregunta de la evaluación.

Video con instrucciones¹⁰: <https://www.youtube.com/watch?v=dR1CYW1277Y>

- Debe ingresar al sitio sintmap.herokuapp.com, entrar con el usuario alumno@tds.p200 y contraseña paralelo200.
- En el menú de asignaturas seleccione "Teoría de Sistemas"
- En el menú de los contenidos seleccione "Certamen 1 PXXX" (donde XXX corresponde al número de su paralelo)
- En el nuevo menú, donde dice "Autor", escribe su nombre y apellido, y luego haga clic en "Crear Mapa". Ahora verá el menú de su mapa (vacío aún).
- En este menú, al lado izquierdo se encuentran las opciones de "Editar", "Eliminar" y "Volver". Debajo de las opciones, se encuentra el listado de conceptos que utilizará para realizar el mapa, que posteriormente se encontrará en el cuadro central.
- Debe hacer clic en "Editar" y entrará al modo de edición del mapa.
- Nuevamente en el bloque izquierdo tiene las opciones (apareció la opción de guardar) y los conceptos que debe utilizar. En el bloque de la derecha, tiene las instrucciones de cómo agregar nodos y arcos. Estas instrucciones son las mismas que se encuentran a continuación:
 - **Para agregar nodos:**
 - Doble clic en un espacio vacío del cuadro central, permite crear nuevos nodos.
 - Doble clic en un nodo permite cambiar su nombre.
 - Doble clic en un arco permite cambiar sus propiedades.
 - **Para agregar un arco:** seleccionar el tipo de arco en el menú de la derecha y arrastrar desde nodo inicial a nodo final. Notar que se podrá seguir agregando más arcos. Para terminar, haga clic nuevamente en el botón de tipo de arco seleccionado. Los tipos de arco son dos, unidireccional (con punta de flecha) y bidireccional (línea recta, que representa flecha en ambos sentidos)
- Haga doble clic en el cuadro central, escriba el primer concepto, y presione guardar. Repita hasta agregar todos los conceptos (nodos) al mapa.
- Una vez que tenga todos los conceptos en el mapa es momento de relacionarlos. Las relaciones entre los conceptos/nodos son de tipo "causa-

¹⁰ Fuente: Elaboración Propia. Específicamente para este documento de Enunciado Actividad De Retroalimentación

consecuencia" (puede considerarlas también como "de implicancia"). Por ejemplo:

- "nodo1 causa el nodo2", se representa por una flecha que va desde nodo1 a nodo2.
- "nodo1 se ve explicado por el nodo2", se representa por una flecha que va desde nodo2 a nodo1.
- "nodo1 implica nodo2", flecha de nodo1 a nodo2.
- "nodo1 implica nodo2 pero nodo2 también implica nodo1", flecha en ambos sentidos (arco bi-direccional, explicado más adelante).
- Las relaciones debe establecerlas de acuerdo con lo que sabe de los contenidos. Si no lo sabe con certeza, hágalo de acuerdo con lo que usted cree. Por ejemplo, si no lo sabe, para esta actividad es correcto pensar "me parece que este concepto implica este otro".
- Hagan clic en el tipo de arco que desee utilizar (dependiendo de si la relación entre los conceptos es uni o bi-direccional). Luego haga clic en su primer concepto, arrastre el cursor hasta el segundo concepto y suelte el cursor. Con eso ya tiene la primera relación. Repita esto hasta que realice todas las relaciones. Note que mientras tenga el botón del arco activado, seguirá agregando arcos (puede hacer doble clic en un arco para cambiar rápidamente el tipo de arco, su dirección o para eliminarlo).
- Si desea mover un nodo de su ubicación debe asegurarse que no se encuentra agregando arcos. Así podrá seleccionar un nodo y arrastrarlo. De igual forma, si hace doble clic sobre un nodo, puede editar su nombre o eliminarlo (eliminar un nodo eliminará también todos sus arcos, entrantes y salientes).
- Una vez que termine de establecer sus relaciones tendrán el mapa listo. Presione guardar en el menú izquierdo y luego haga clic en "volver" (nuevamente en el menú izquierdo) para terminar la actividad.

Algunas observaciones:

El mapa/grafó DEBE ser completamente conexo. Esto quiere decir que TODOS los nodos deben estar conectados entre sí por al menos un camino (sin considerar dirección de los arcos, para estos efectos se considera como grafo no dirigido), no puede haber nodos sueltos o "grupos" de nodos. Véalo así, si los nodos son estaciones y los arcos son puentes, si yo "camino" por esos puentes, puedo llegar desde cualquier nodo a todos los otros nodos, independiente de cuantas estaciones debo atravesar e independiente de la dirección del arco.

DEBE utilizar TODOS los conceptos que en la actividad se proponen. Contrario, a lo que se menciona en el video, los conceptos deben ir con su nombre/título y no con número identificador.

Limítese a realizar lo que aquí se ha explicado. Como verán en el sitio, usted puede acceder a los otros mapas que se hayan desarrollado, no lo haga. No copie otros

mapas, no se evaluará si las relaciones que se establecieron son correctas, es más, desde el punto de vista del desarrollo de la actividad TODOS LOS MAPAS QUE SE HAGAN ESTÁN CORRECTOS, siempre y cuando sean conexos.

ANEXO B – MAPAS COGNITIVOS ELABORADOS POR ALUMNOS EN ACTIVIDAD DE VALIDACIÓN.

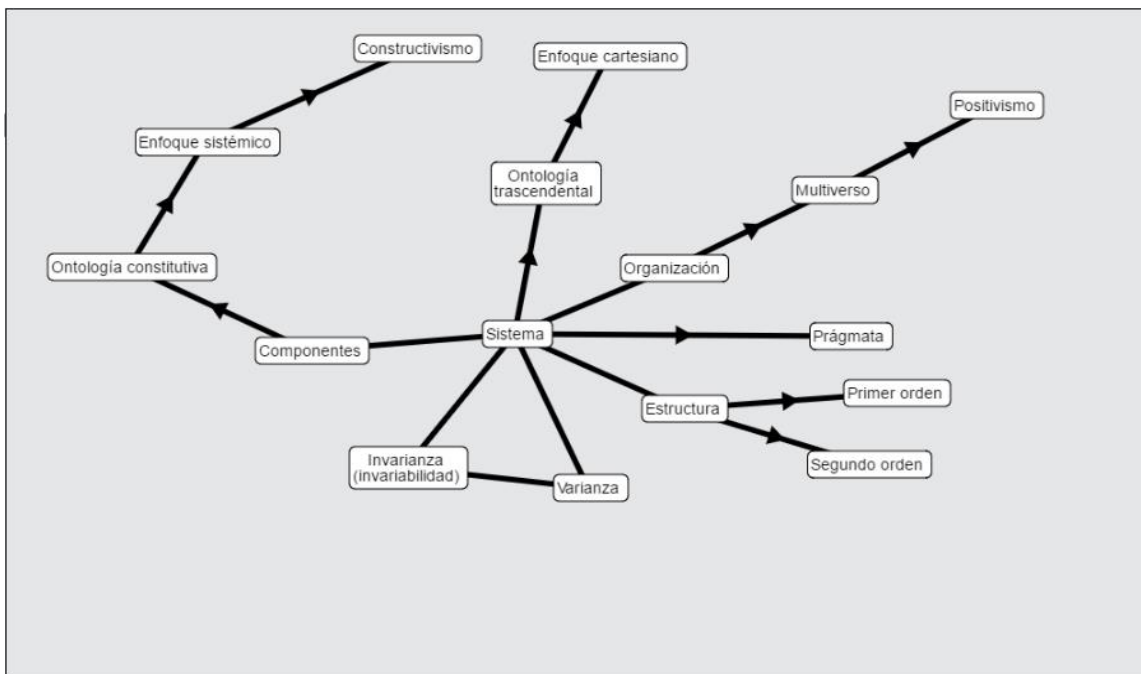


Figura 0.1: Mapa mental M3, con 27% de correlación respecto de MX.

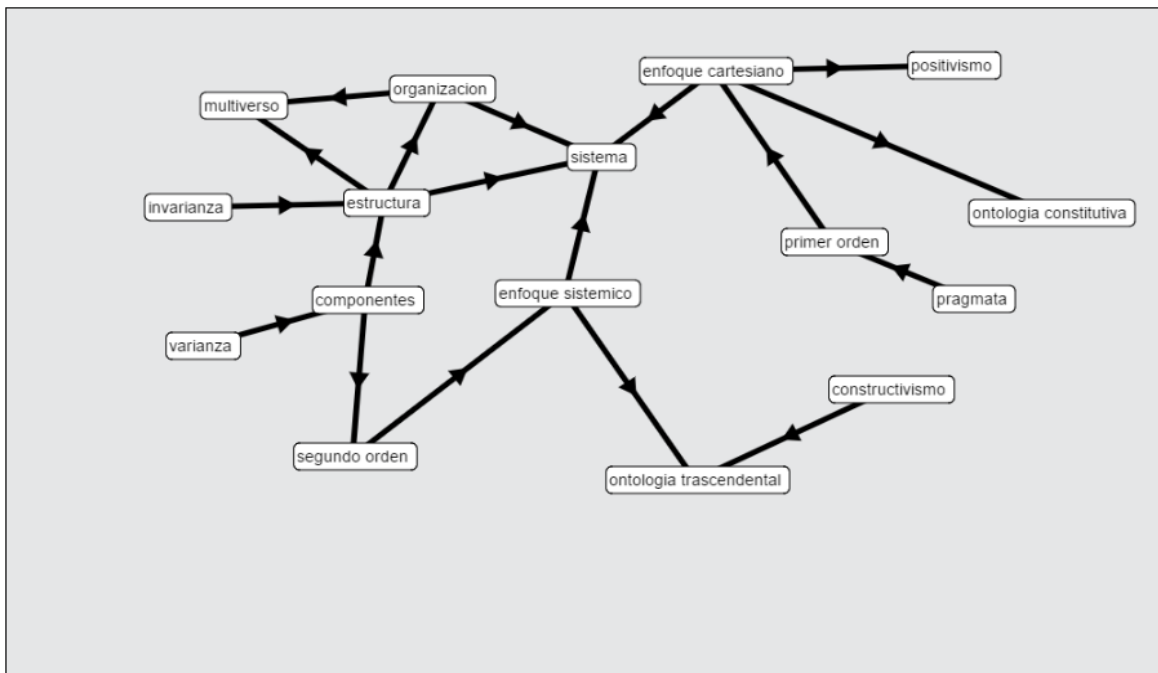


Figura 0.2: Mapa mental M4, con 6% de correlación respecto de MX.

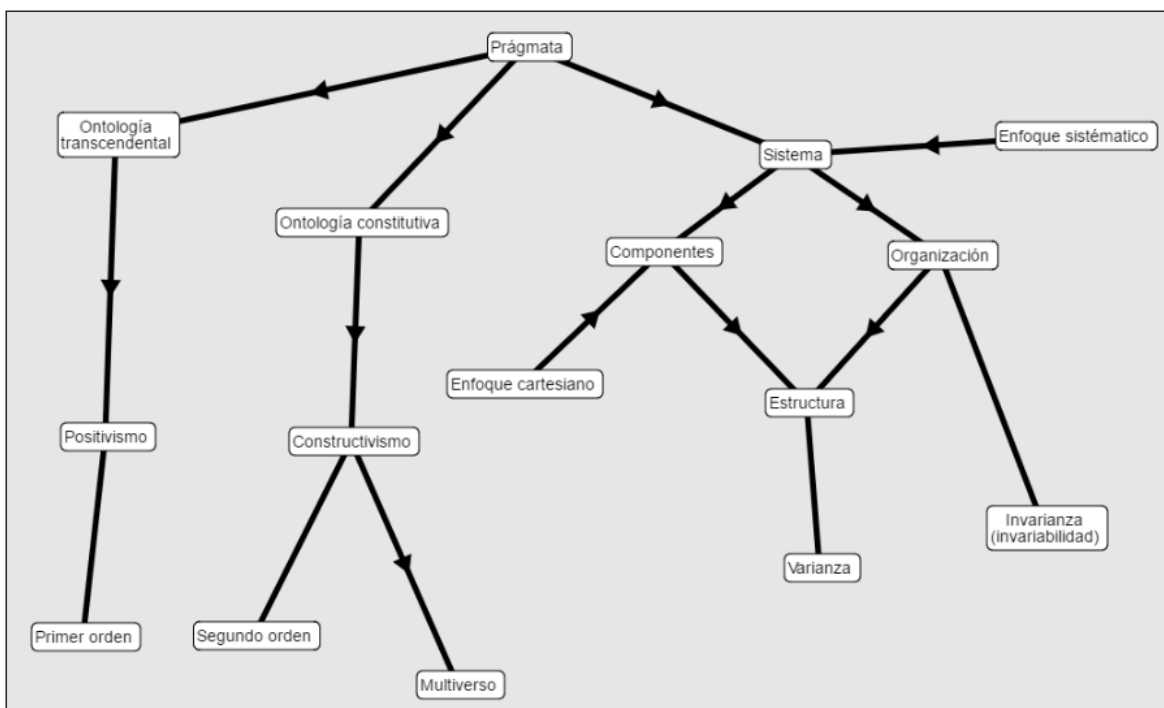


Figura 0.3: Mapa mental M11, con 65% de correlación respecto de MX.

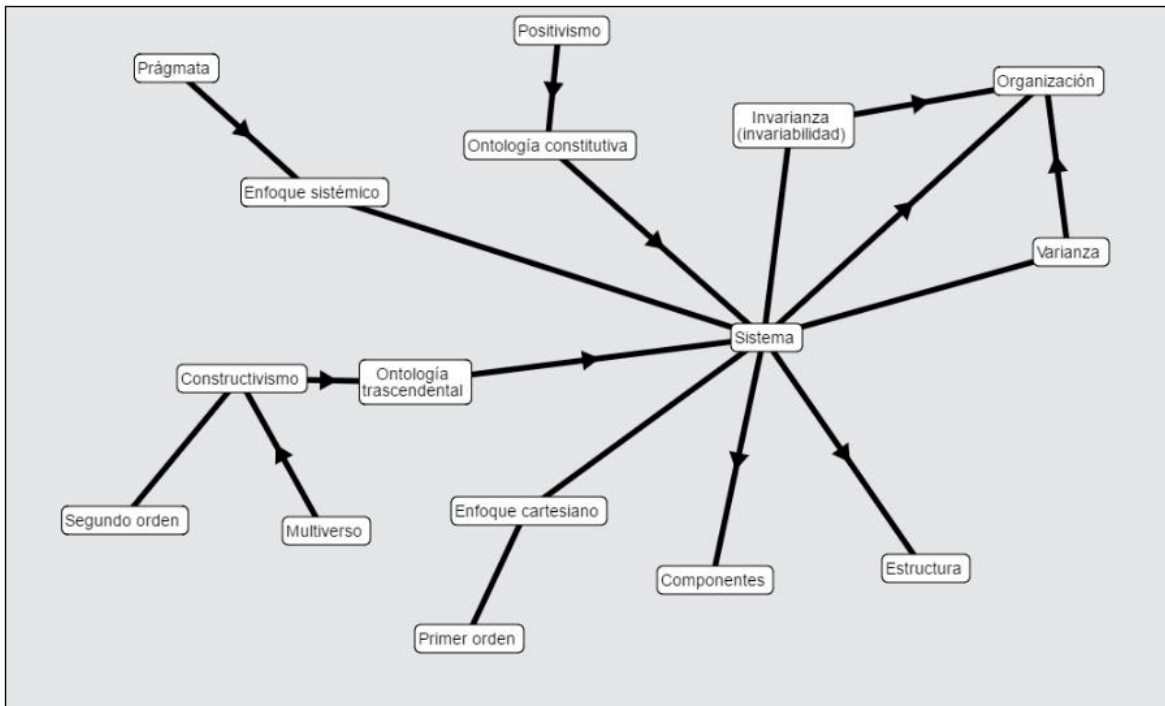


Figura 0.4: Mapa mental M17, con 39% de correlación respecto de MX.

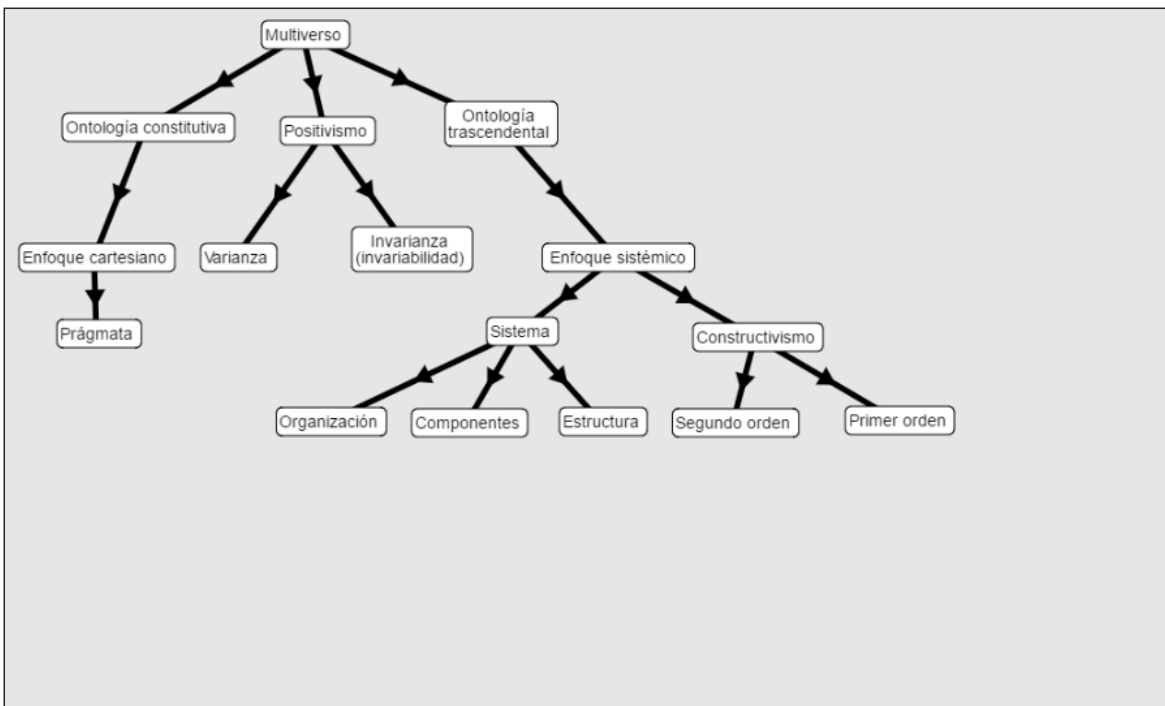


Figura 0.5: Mapa mental M19, con 47% de correlación respecto de MX.

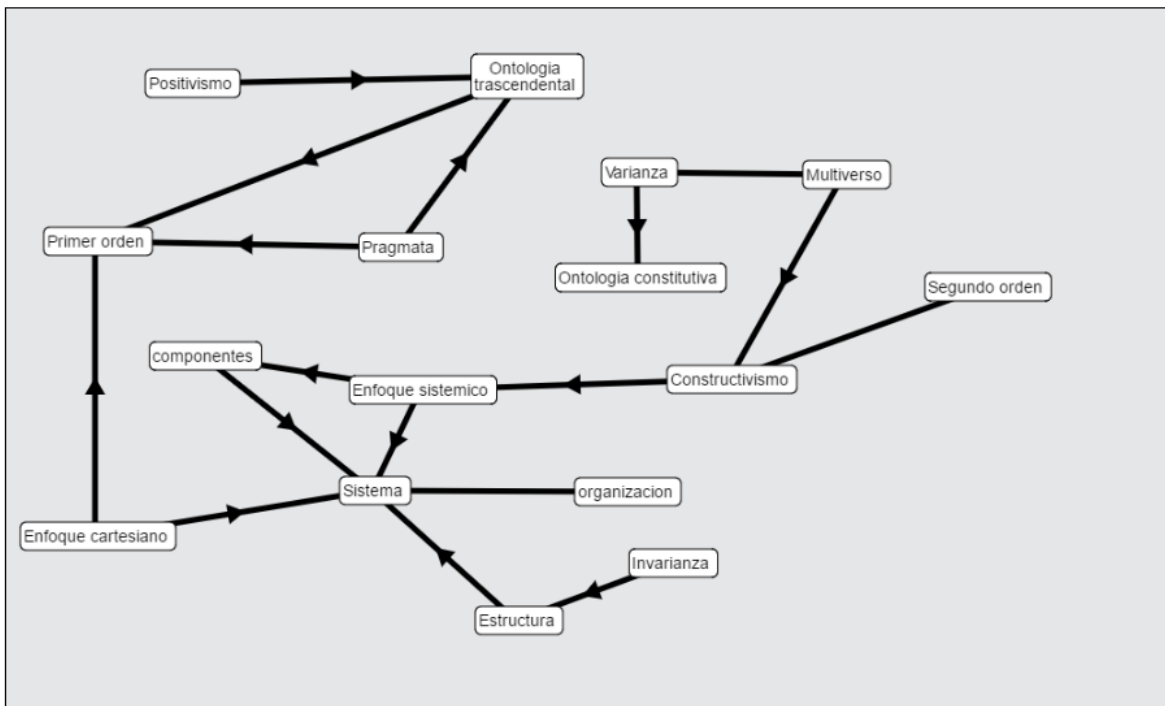


Figura 0.6: Mapa mental M20, con 32% de correlación respecto de MX.

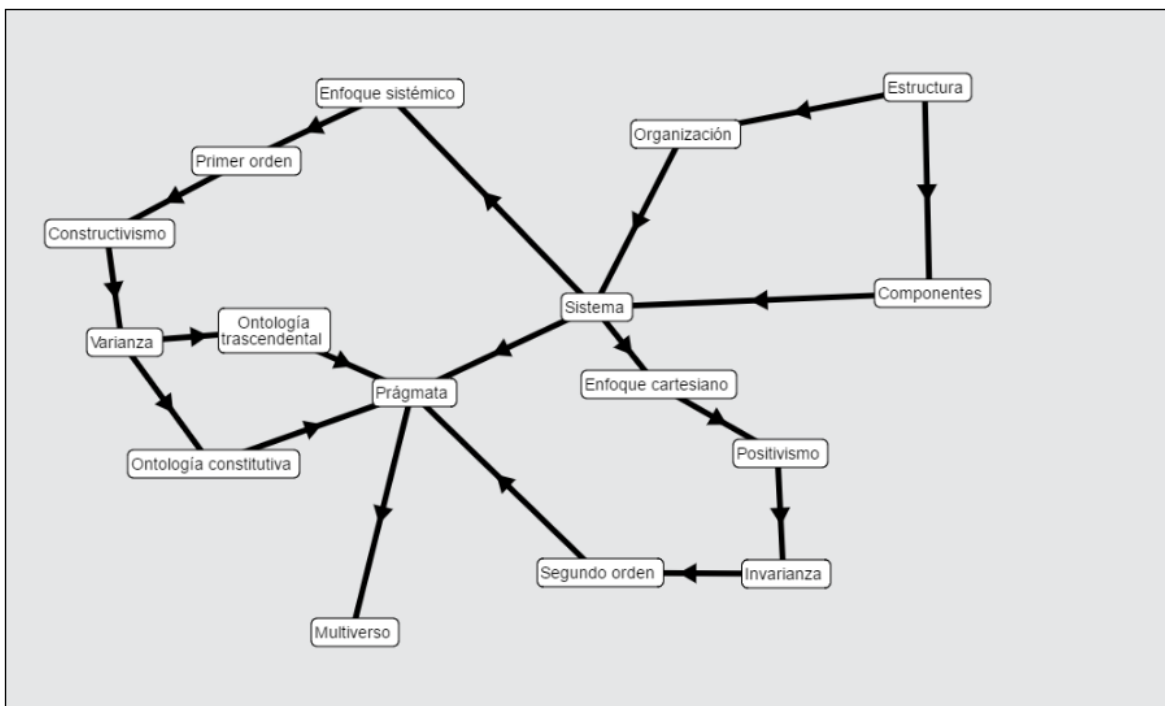


Figura 0.7: Mapa mental M23, con 0% de correlación respecto de MX.

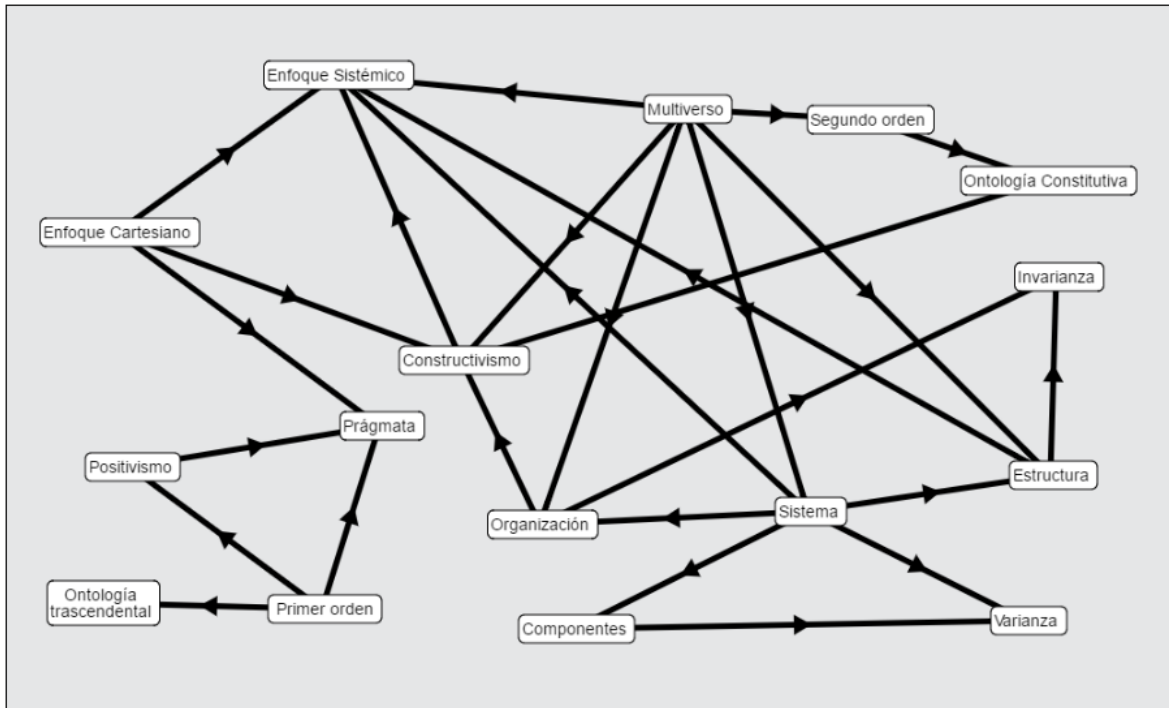


Figura 0.8: Mapa mental M24, con 36% de correlación respecto de MX.

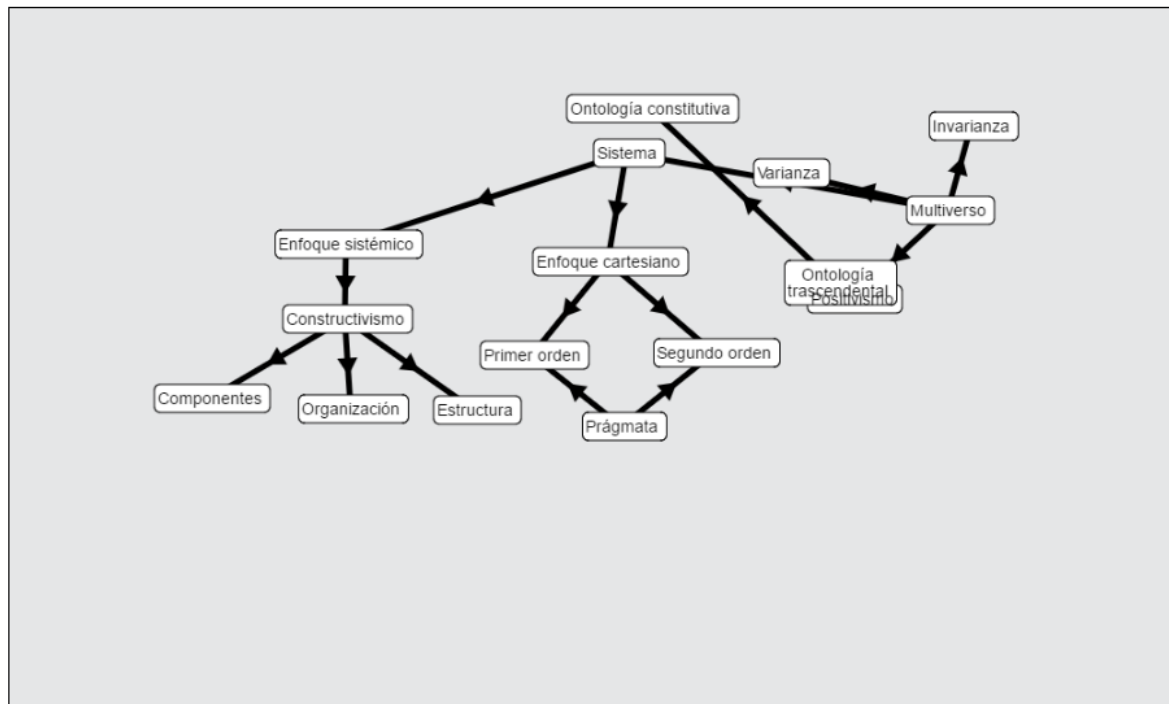


Figura 0.9: Mapa mental M25, con 14% de correlación respecto de MX.

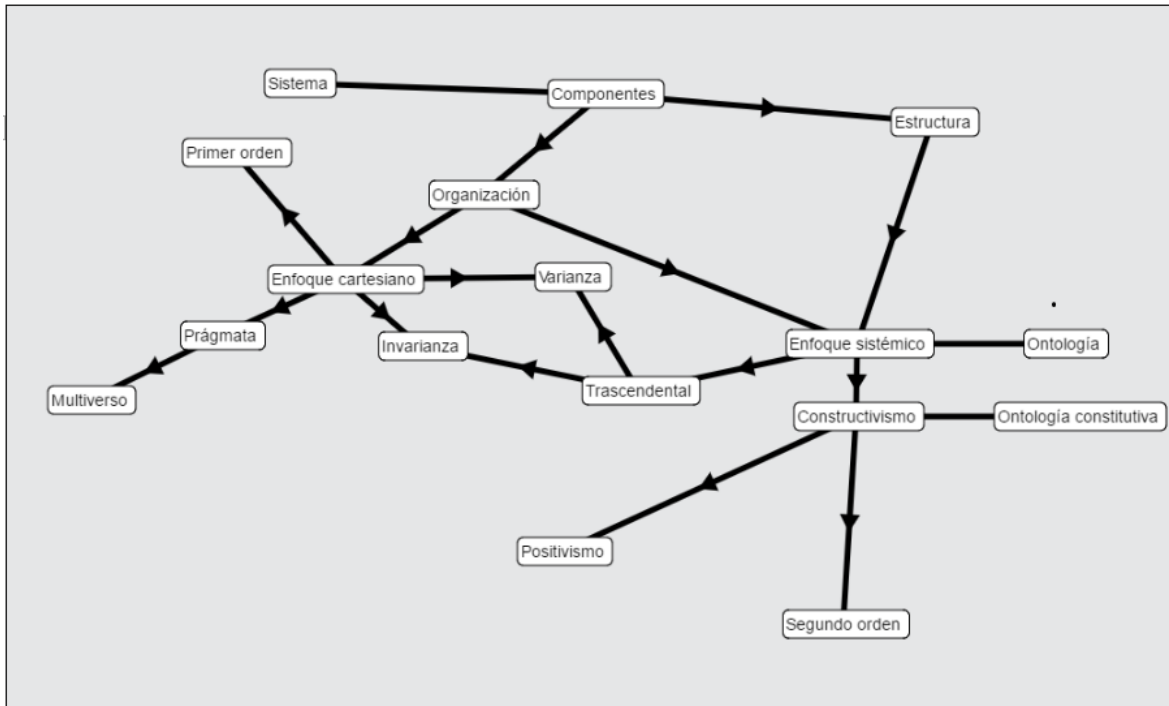


Figura 0.10: Mapa mental M29, con 32% de correlación respecto de MX.

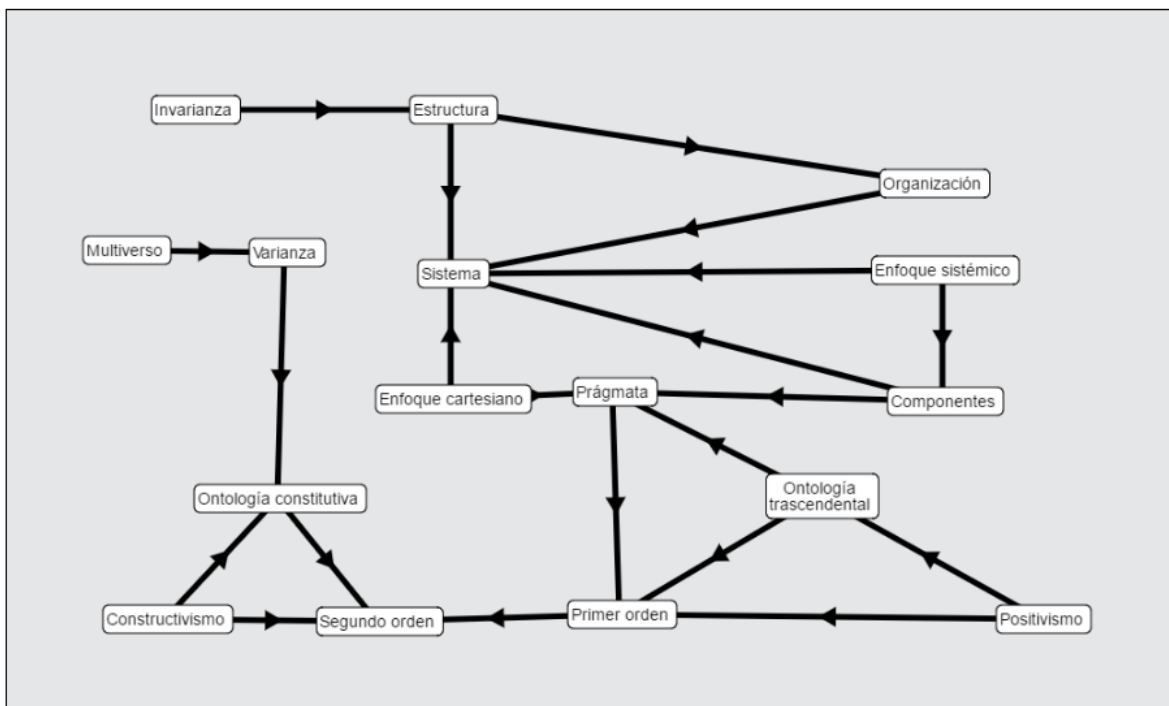


Figura 0.11: Mapa mental M30, con 43% de correlación respecto de MX.

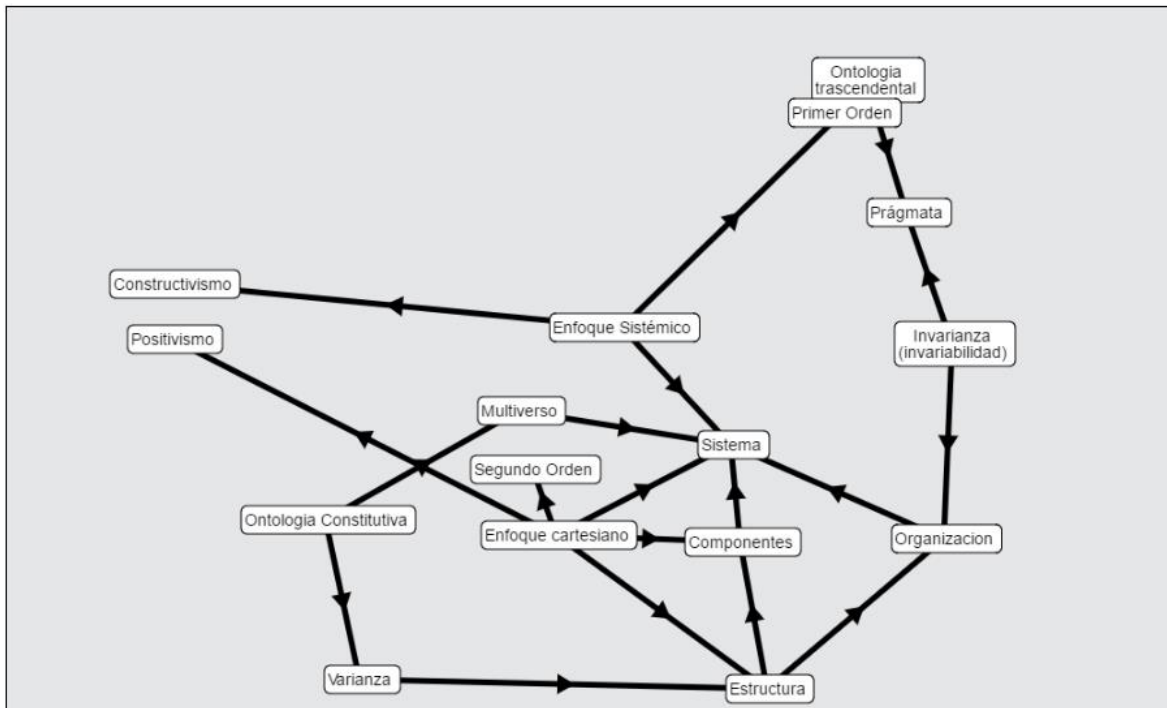


Figura 0.12: Mapa mental M36, con 33% de correlación respecto de MX.

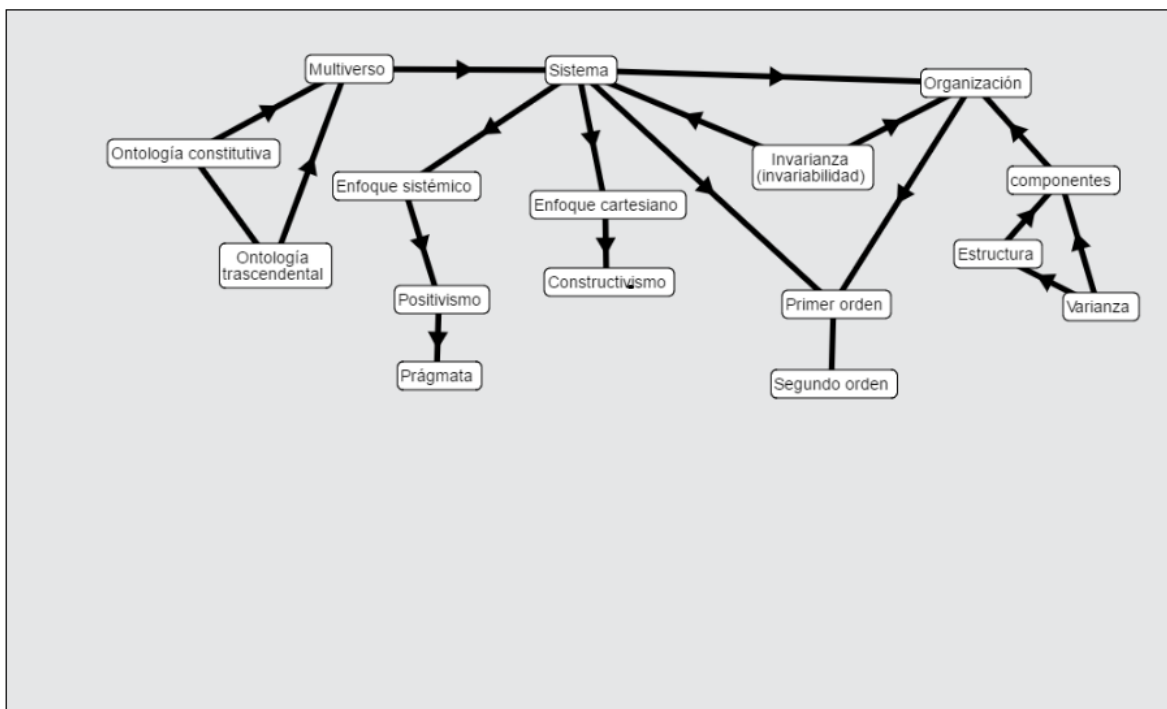


Figura 0.13: Mapa mental M39, con 19% de correlación respecto de MX.

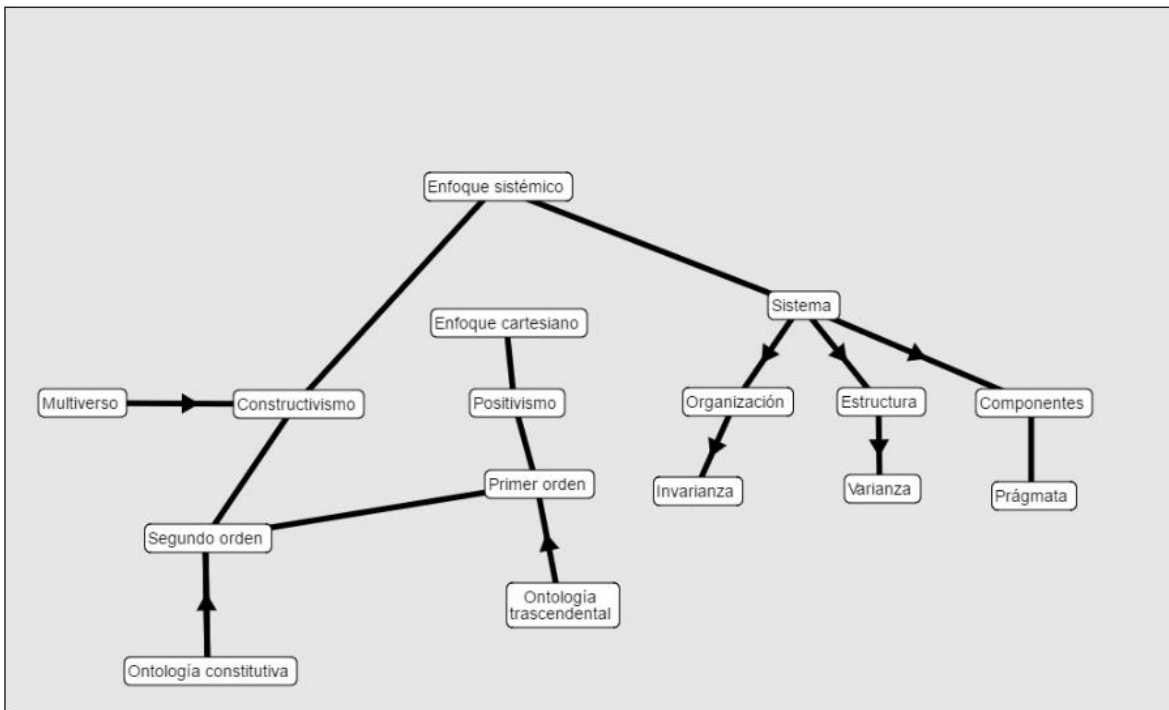


Figura 0.14: Mapa mental M43, con 55% de correlaci3n respecto de MX.

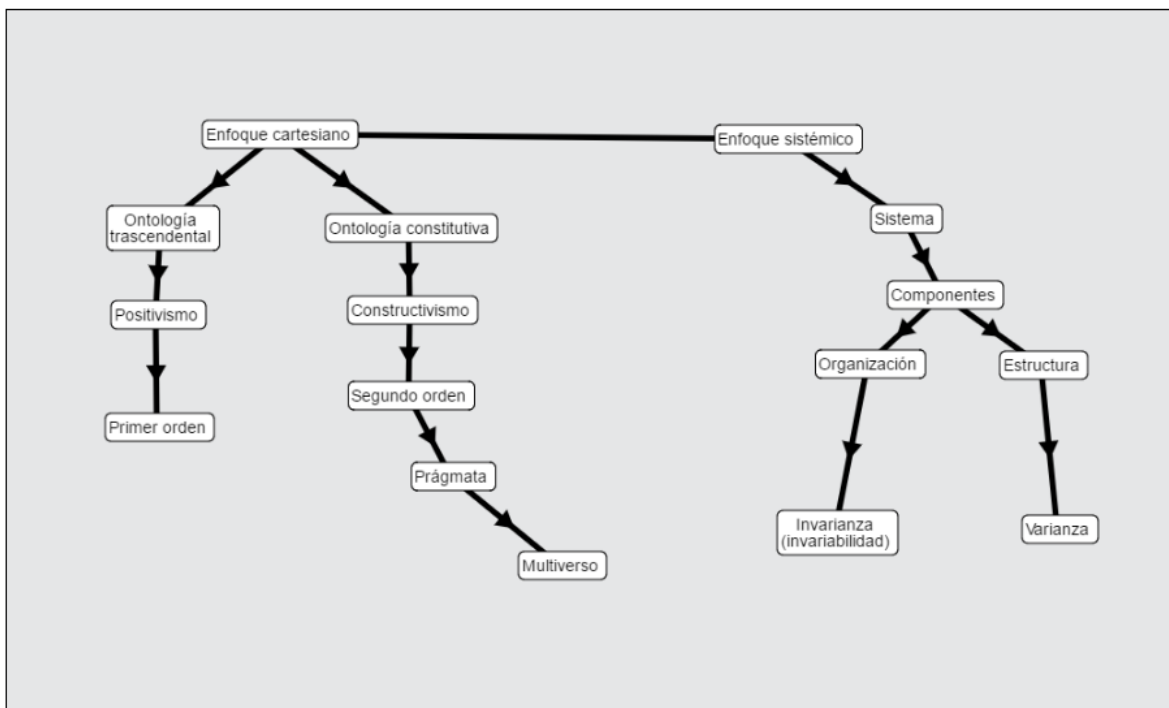


Figura 0.15: Mapa mental M45, con 38% de correlaci3n respecto de MX.

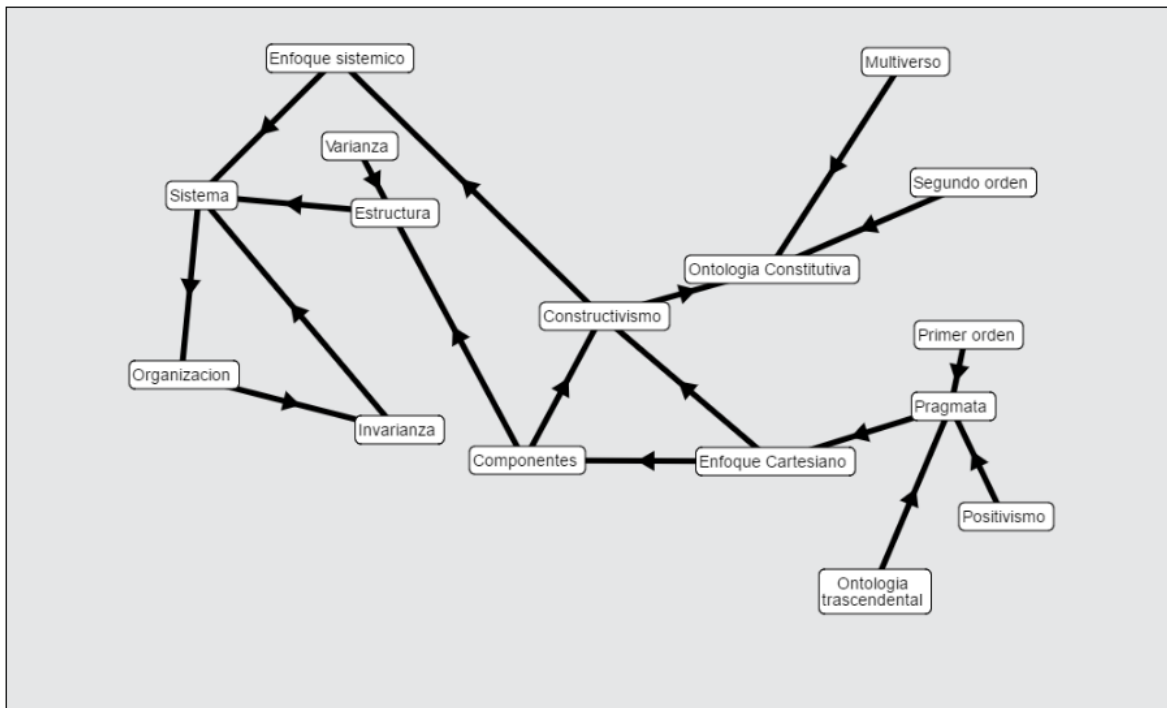


Figura 0.16: Mapa mental M46, con 33% de correlación respecto de MX.

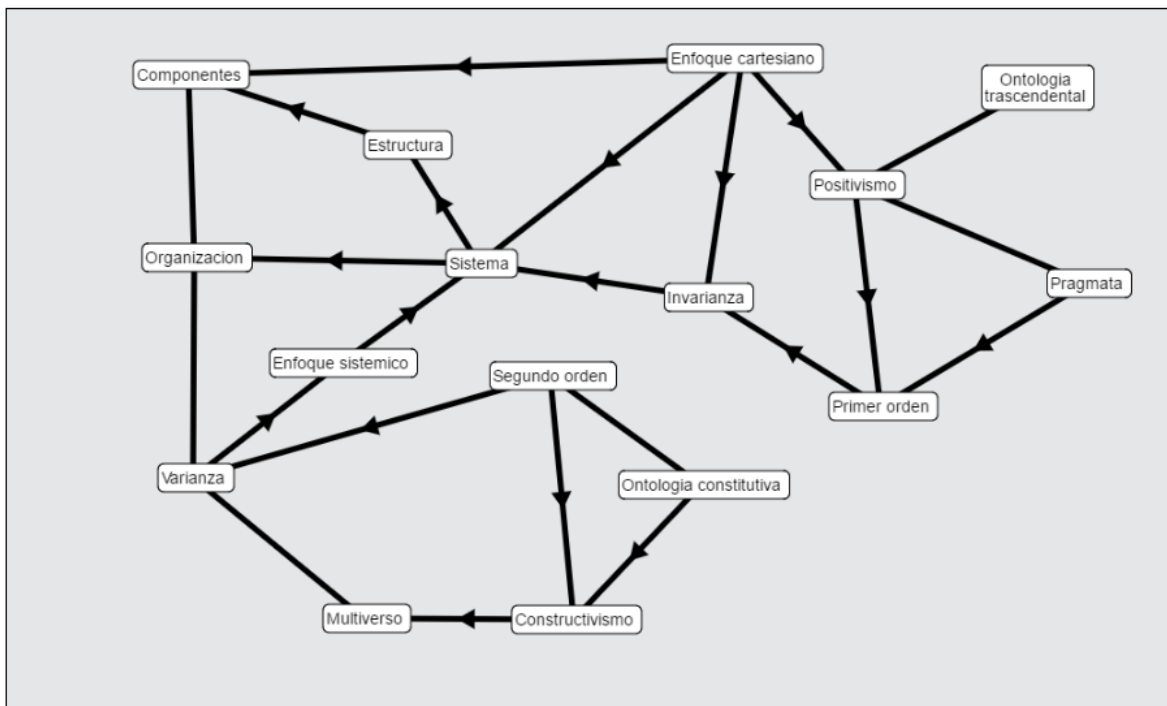


Figura 0.17: Mapa mental M48, con 41% de correlación respecto de MX,

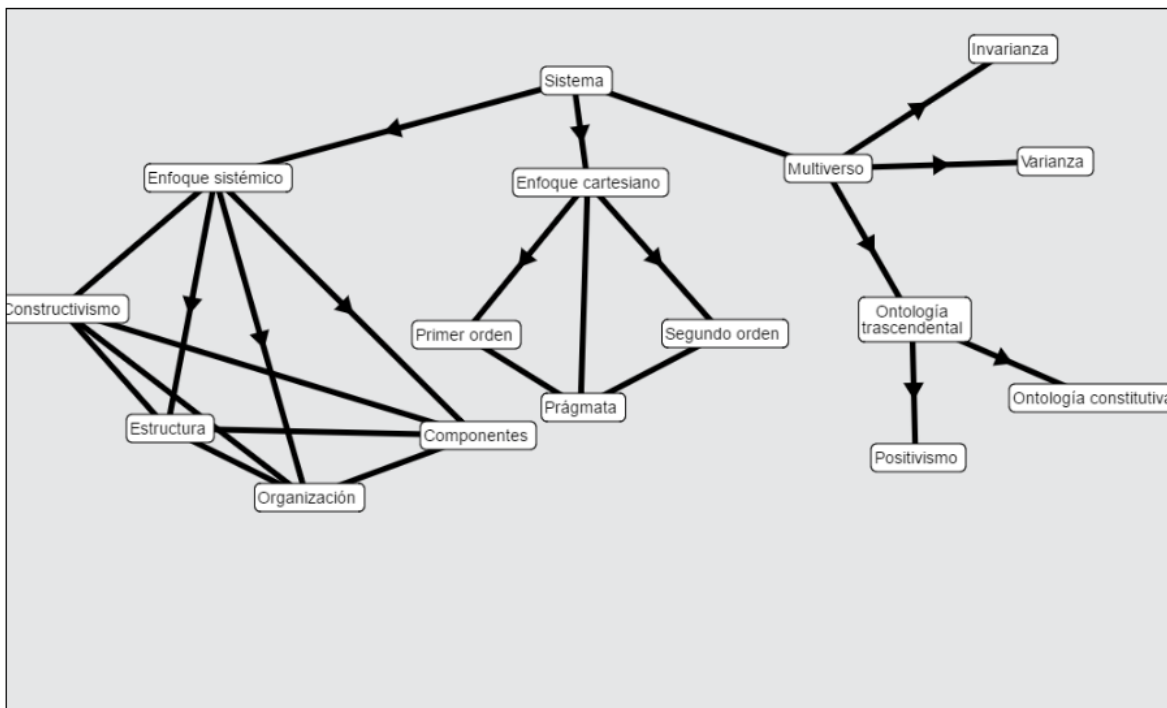


Figura 0.18: Mapa mental M49, con 12% de correlación respecto de MX.

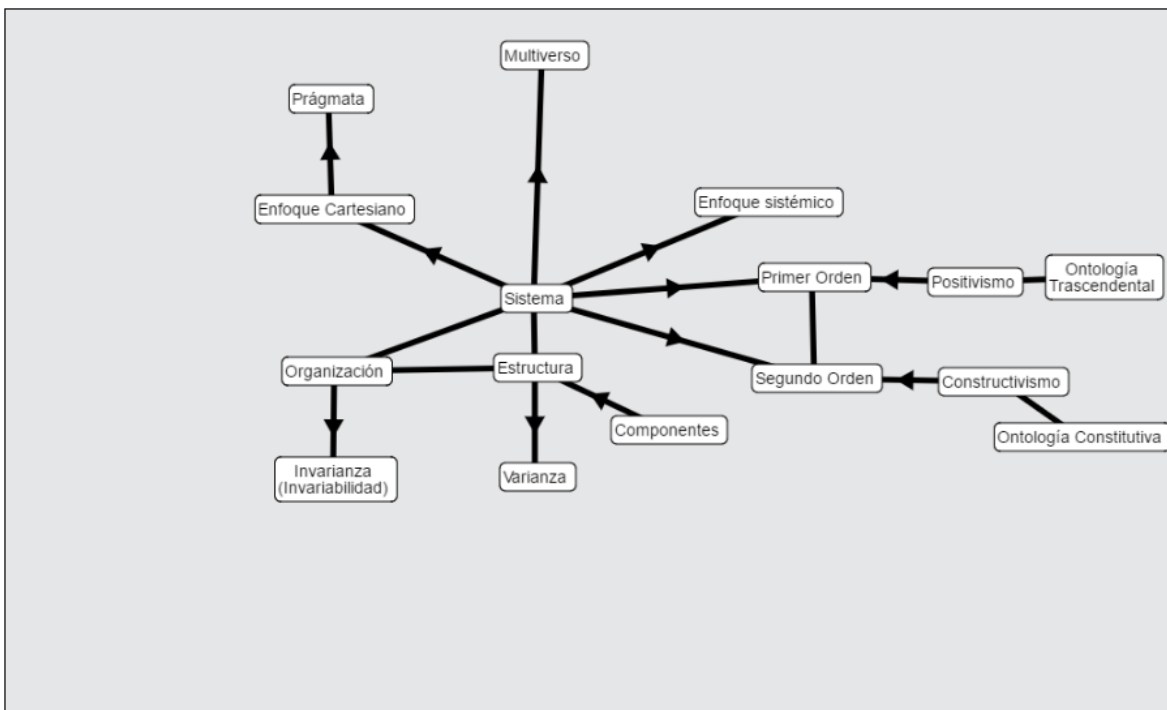


Figura 0.19: Mapa mental M50, con 39% de correlación respecto de MX.

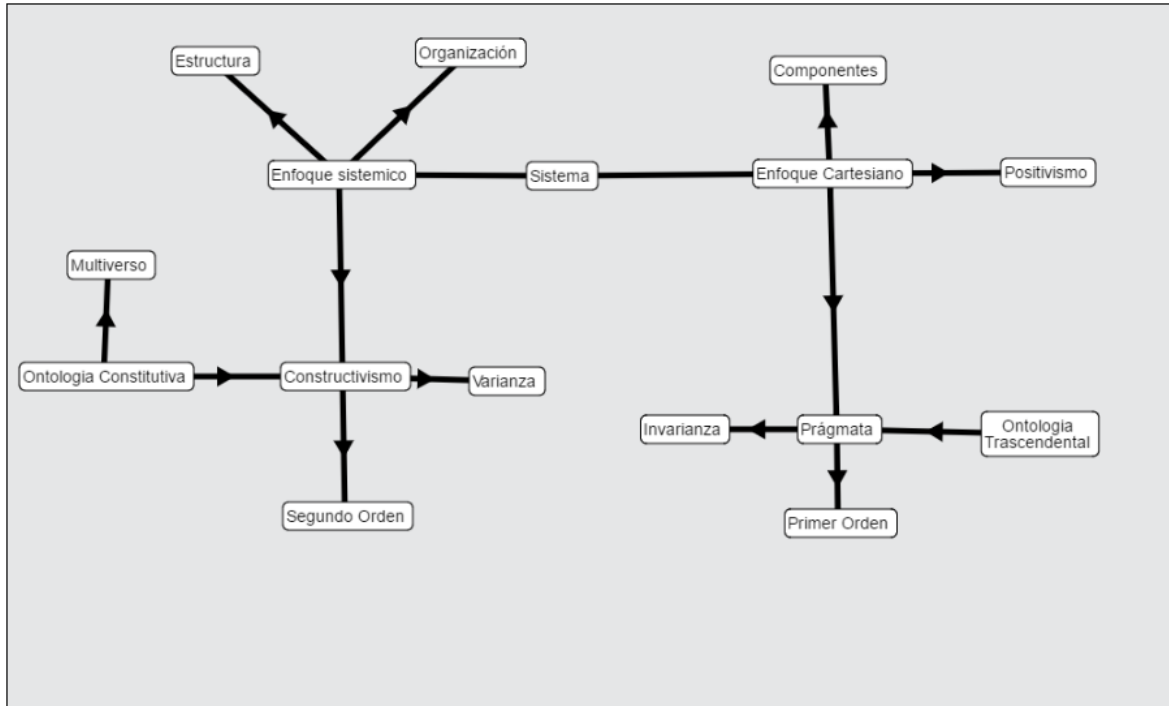


Figura 0.20: Mapa mental M52, con 41% de correlación respecto de MX.



Figura 0.21: Mapa mental M54, con 26% de correlación respecto de MX.

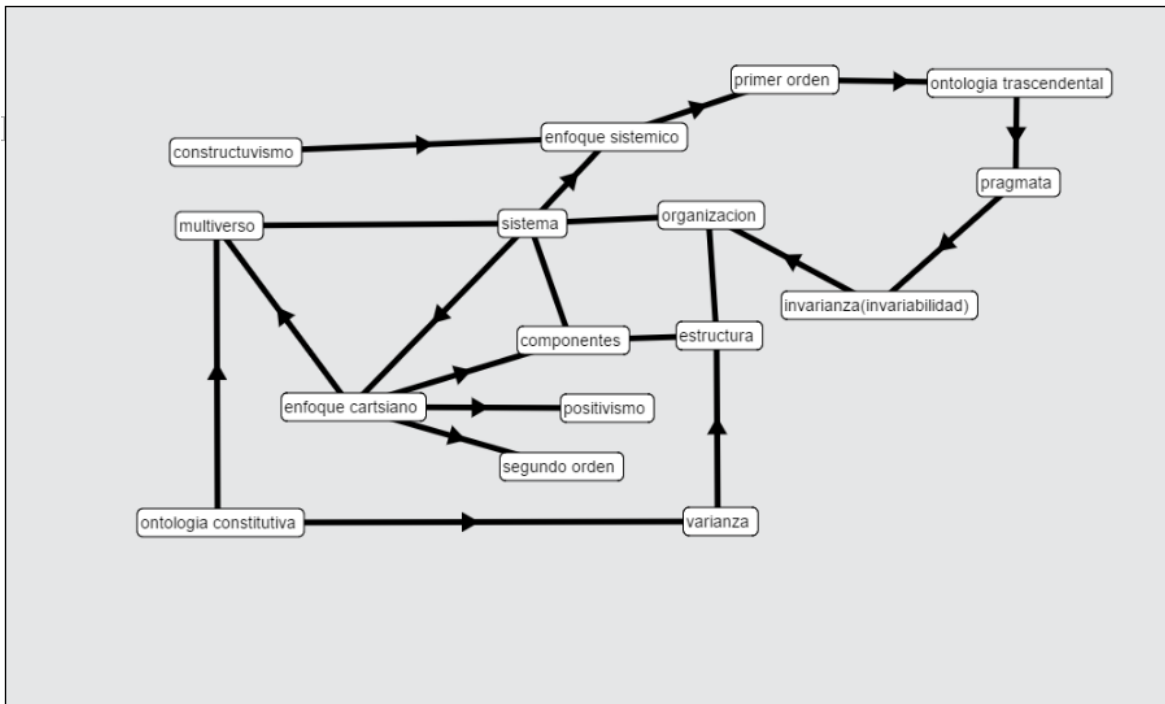


Figura 0.22: Mapa mental M57, con 24% de correlación respecto de MX.

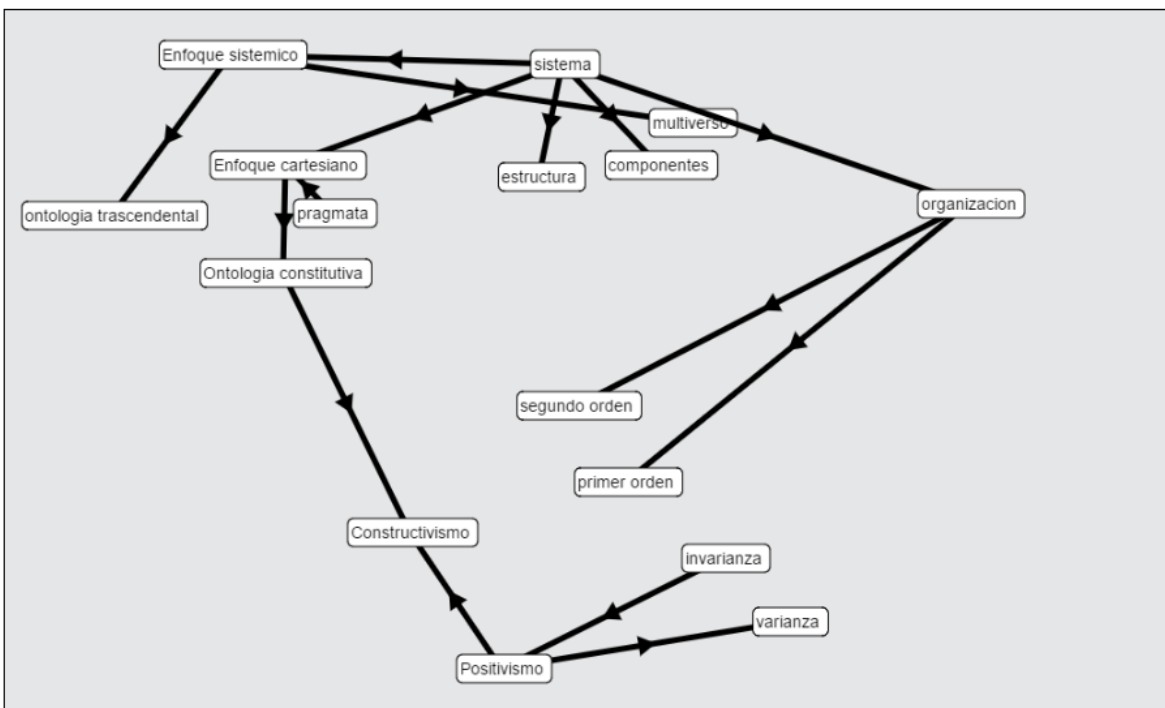


Figura 0.23: Mapa mental M58, con 27% de correlación respecto de MX.

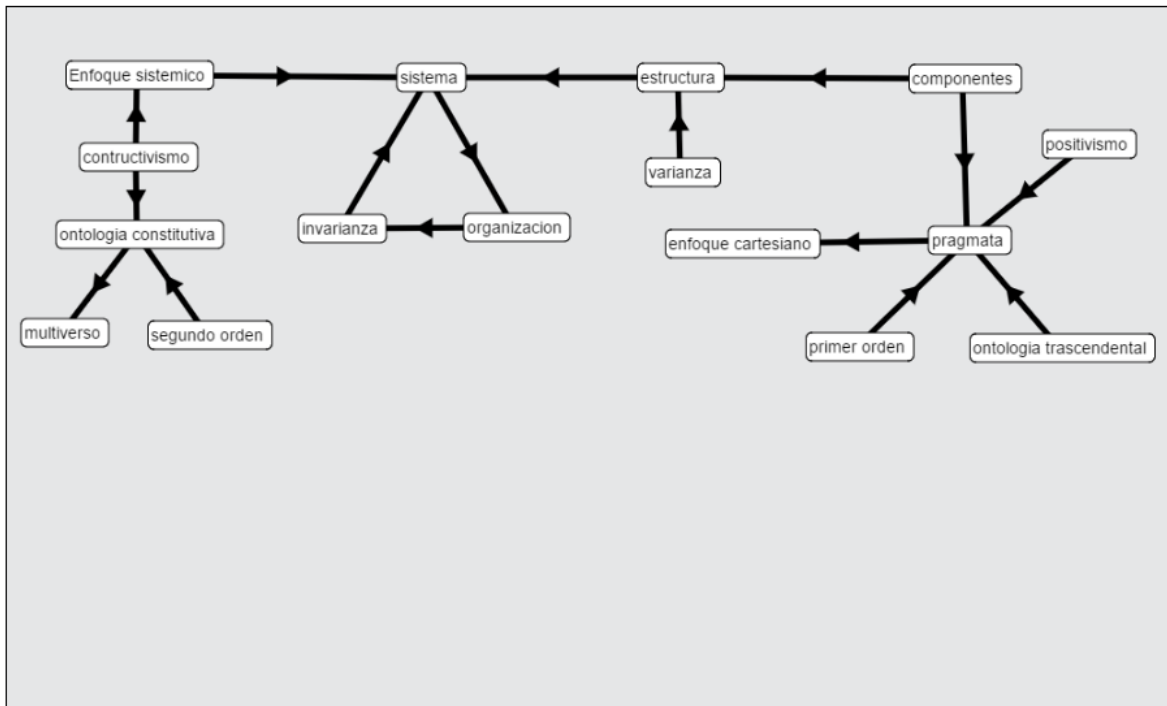


Figura 0.24: Mapa mental M59, con 44% de correlación respecto de MX.

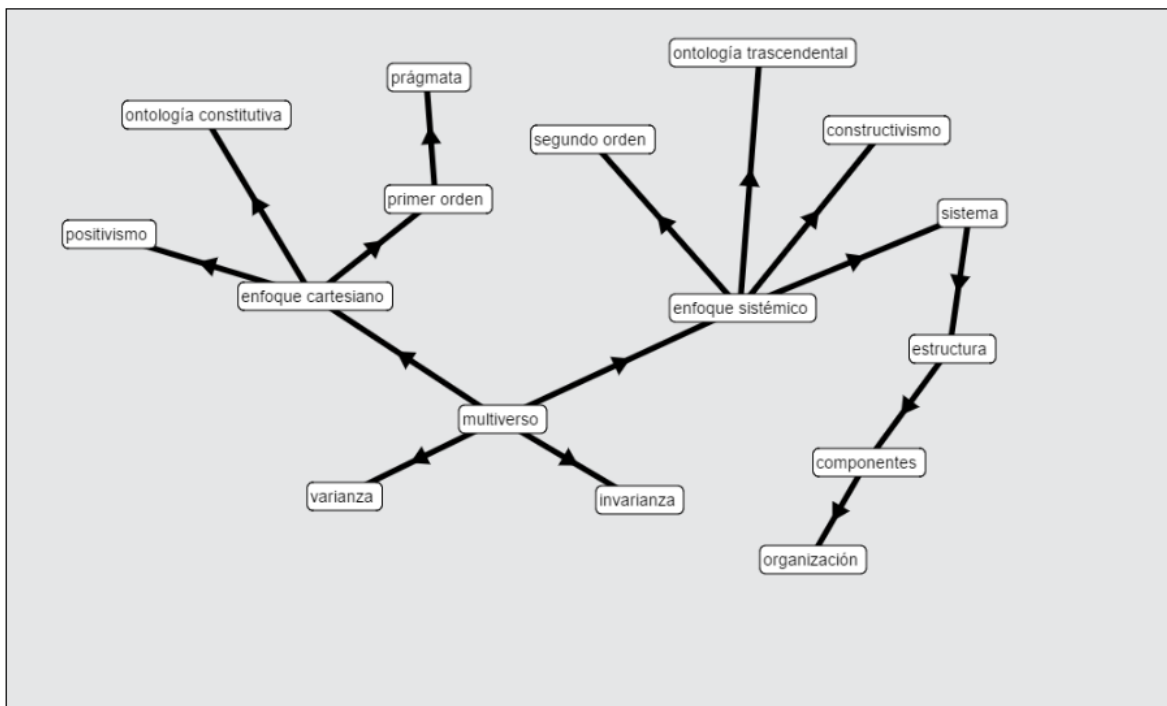


Figura 0.25: Mapa mental M60, con 27% de correlación respecto de MX.

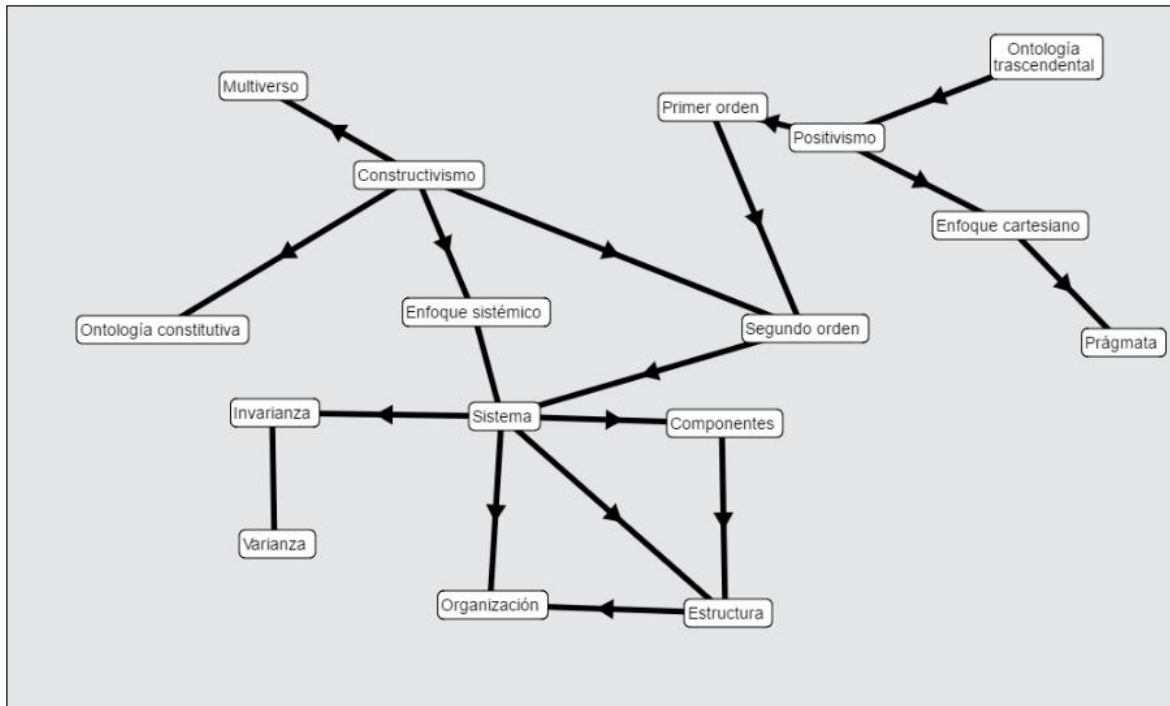


Figura 0.26: Mapa mental M61, con 55% de correlación respecto de MX.

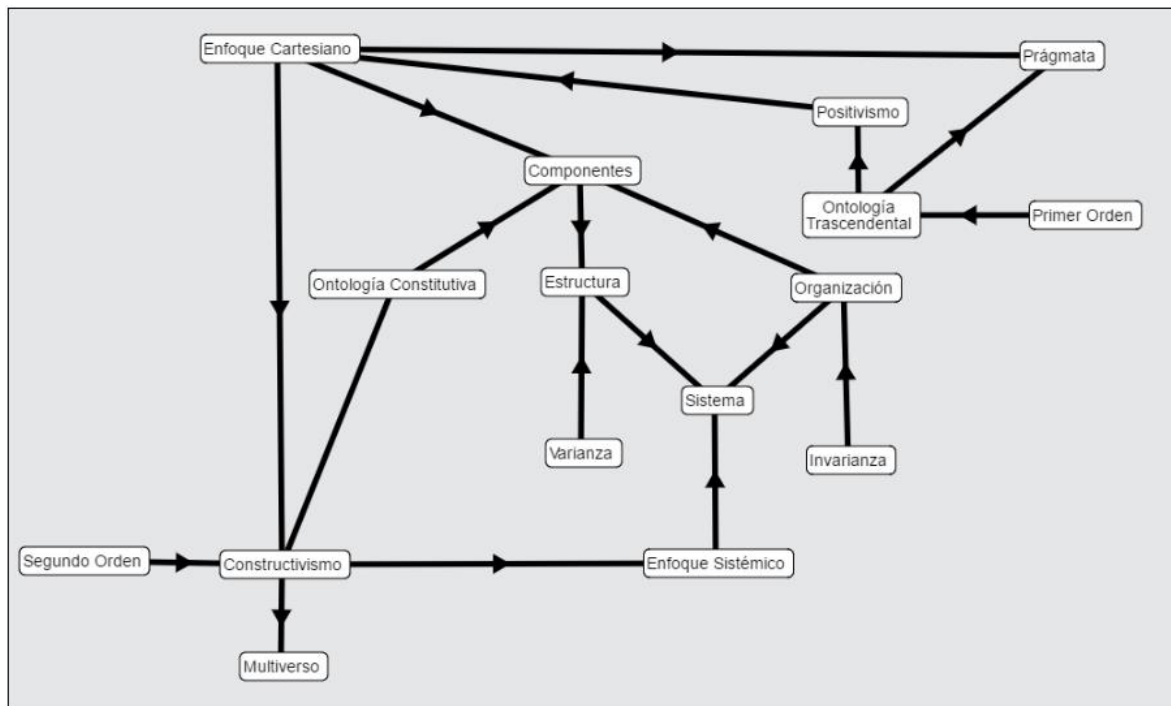


Figura 0.27: Mapa mental M62, con 50% de correlación respecto de MX.

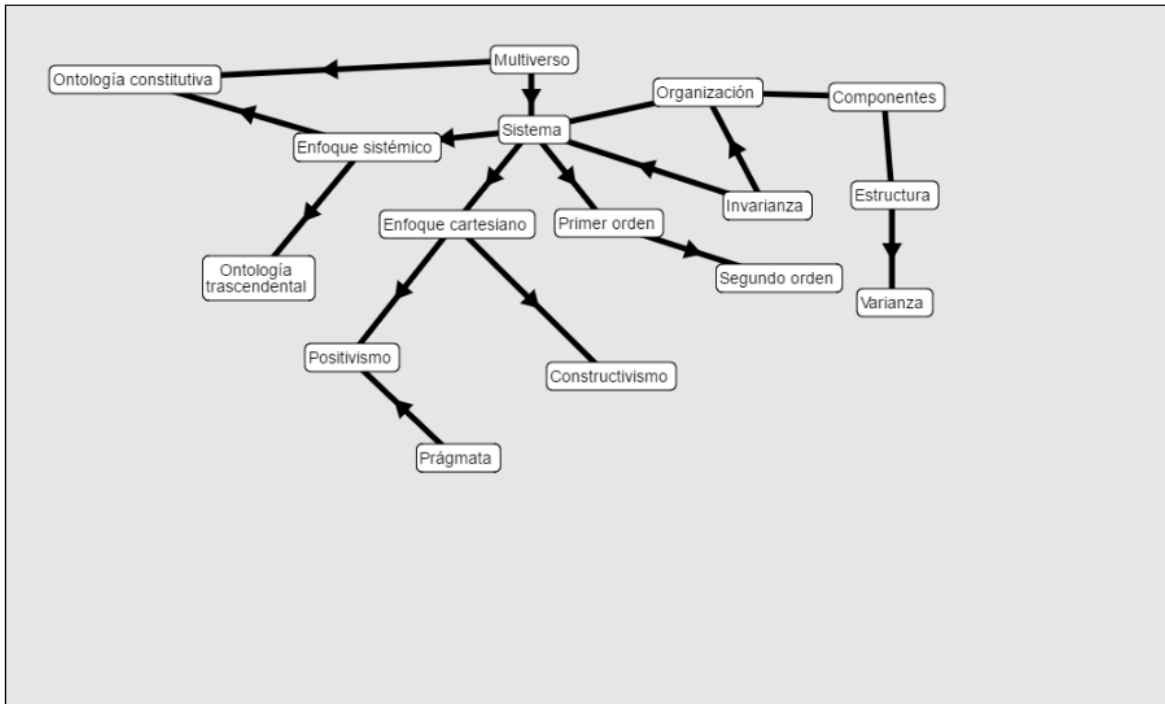


Figura 0.28: Mapa mental M65, con 10% de correlación respecto de MX.

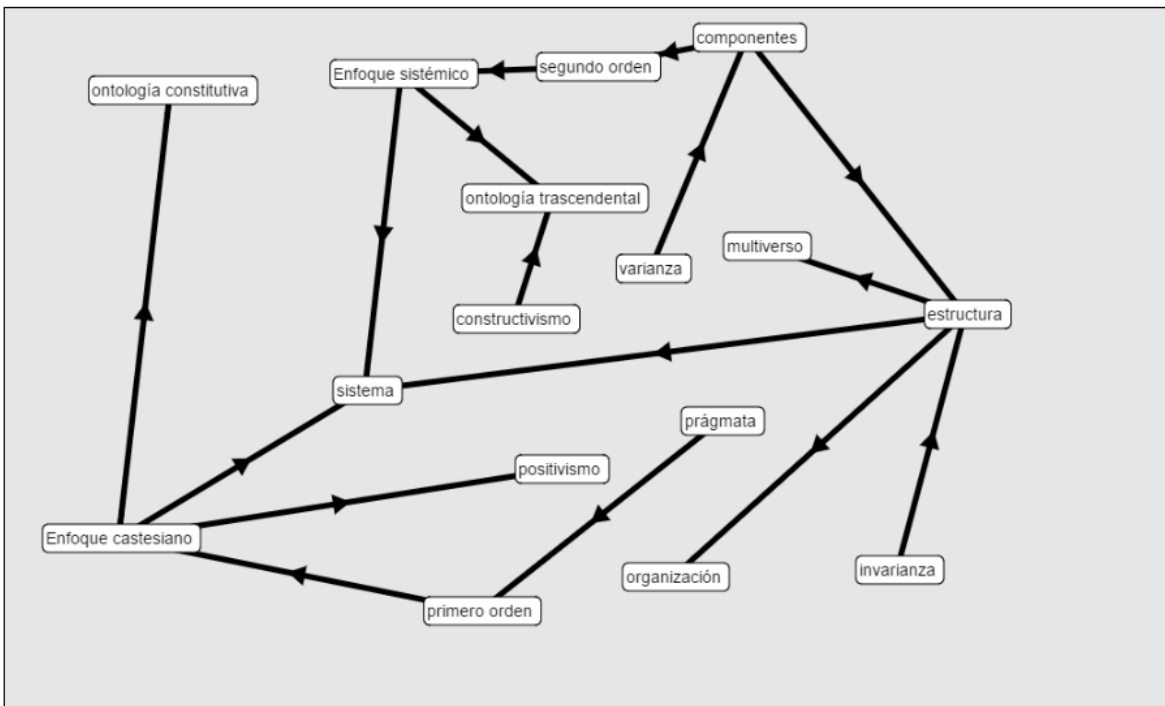


Figura 0.29: Mapa mental M66, con 6% de correlación respecto de MX.

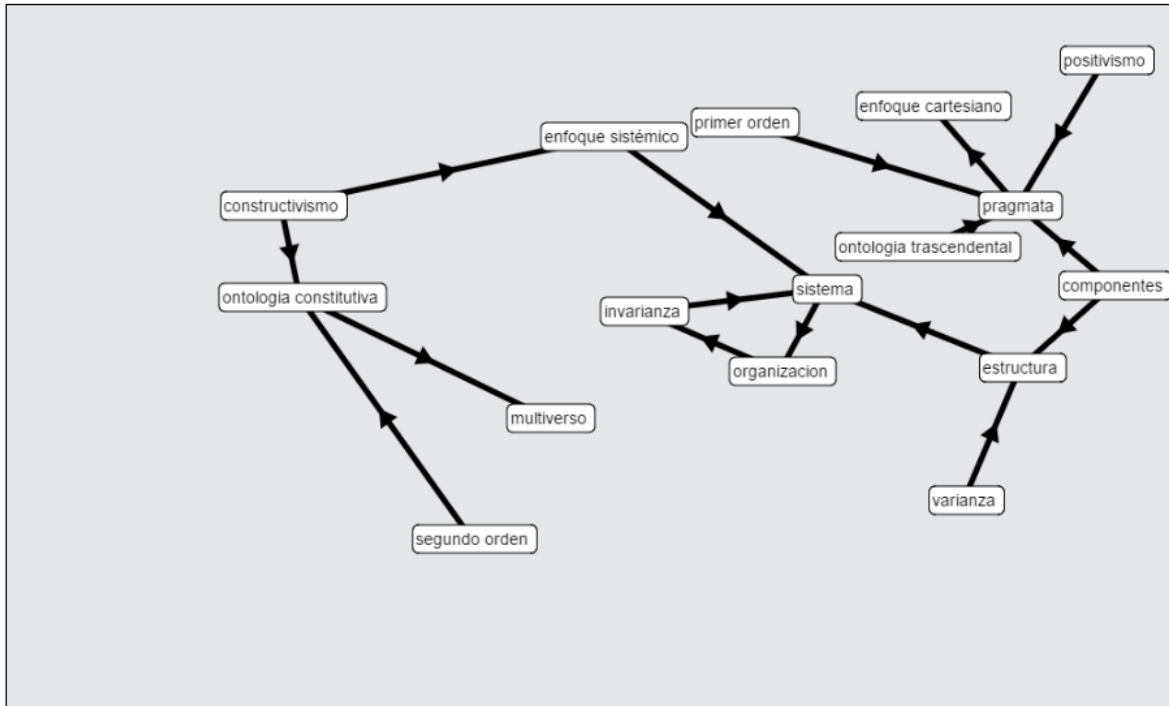


Figura 0.30: Mapa mental M67, con 44% de correlación respecto de MX.

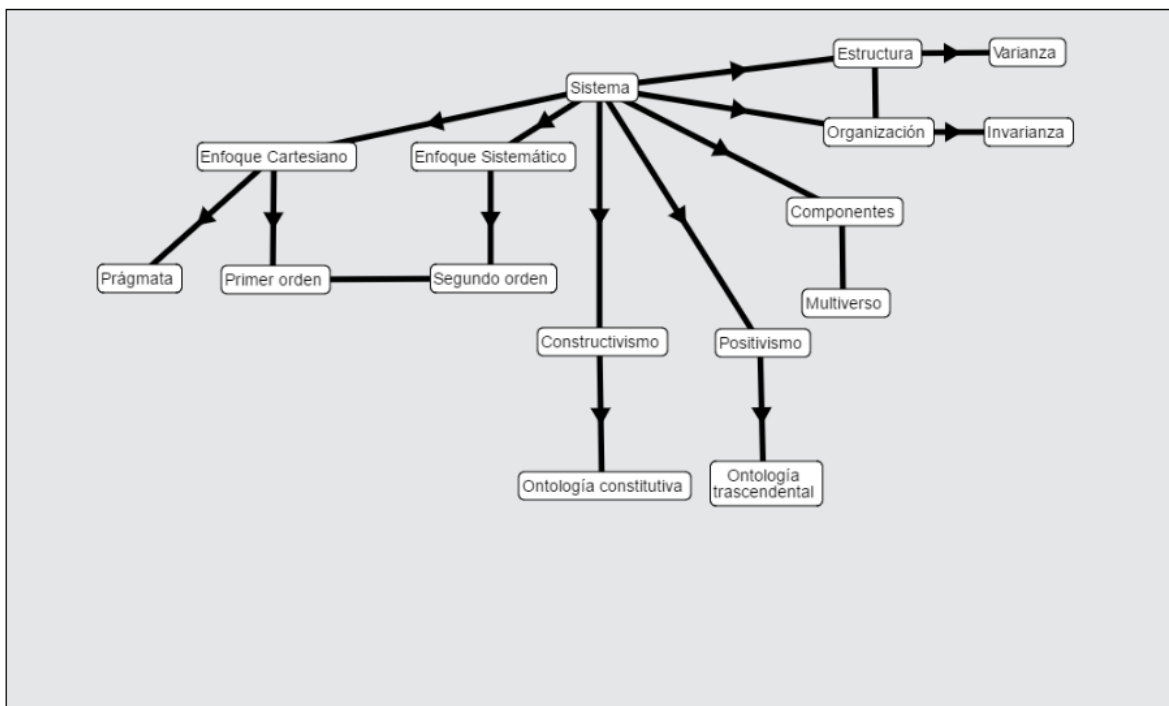


Figura 0.31: Mapa mental M68, con 30% de correlación respecto de MX.

ANEXO C – TABLAS DE RESULTADOS.

Tabla 0.1: Calificaciones obtenidas por los alumnos del Grupo 1.

GRUPO 1	CALIFICACIONES	
	PRE-ACT	POST-ACT
M3	61	98
M4	54	78
M7	67	98
M9	41	33
M10	37	45
M11	35	80
M14	17	83
M17	57	93
M19	21	53
M20	49	88
M23	69	60
M24	46	33
M25	42	88
M29	35	35
M30	43	85
M36	73	75
M39	45	33
M43	57	83
M45	41	78
M46	36	63
M48	62	100
M49	44	78
M50	68	100
M52	57	68
M54	48	83
M57	64	90
M58	58	95
M59	42	70
M60	48	50
M61	29	95
M62	39	68
M65	55	0
M66	55	95
M67	42	60
M68	75	50
M69	47	100

Tabla 0.2: Calificaciones obtenidas por los alumnos del Grupo 2

GRUPO 2	CALIFICACIONES	
	PRE-ACT	POST-ACT
M1	70	65
M2	60	20
M5	60	70
M6	0	0
M8	100	85
M12	72	72
M13	47	0
M15	80	68
M16	75	60
M18	50	80
M21	50	38
M22	73	90
M26	35	65
M27	70	70
M28	40	95
M31	100	10
M32	85	90
M33	55	95
M34	15	30
M35	70	50
M37	100	100
M38	90	90
M40	55	75
M41	60	85
M42	70	40
M44	75	60
M47	83	75
M51	82	70
M53	70	95
M55	60	60
M56	50	45
M63	40	10
M64	25	75