



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estudio de la creatividad en diseño en ingeniería en Aprendizaje Basado en Proyectos

Fernando José Rodríguez Mesa

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica y Mecatrónica
Bogotá, Colombia
2021

Estudio de la Creatividad en Diseño en Ingeniería en Aprendizaje Basado en Proyectos

Fernando José Rodríguez Mesa

Tesis o trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Doctorado en Ingeniería - Mecánica y Mecatrónica

Director
Ph.D., José Ismael Peña Reyes

Línea de Investigación:
Diseño en Ingeniería
Educación en Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica y Mecatrónica
Bogotá, Colombia
2021

Dedicatoria

A Dios y Padre de mi Señor Jesucristo, fuente de toda sabiduría y riqueza humana.

A Ximena, mi esposa, dedicada y fuerte acompañándome en esta ruta.

Juana y a Sara, mis hijitas quienes soportaron nuestras aventuras con computador en mano.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Fernando José Rodríguez

Fecha 09/04/2021

Agradecimientos

Con inmensa gratitud por su apoyo constante, facilitador de oportunidades, profesor José Ismael Peña-Reyes y a Erik De Graaff quien, como un amigo, fue una fuente inspiradora y alentadora para comenzar esta investigación.

Al grupo de la Universidad de Aalborg, quienes apoyaron el inicio de esta investigación, poniendo a disposición recursos humanos y físicos, facilitando el contacto con otras redes, Anette Kolmos, Claus Monrad Spliid, Aida Guerra, Bente Nørgaard, Chounfang Zhou y por supuesto Erik.

A los profesores de la Universidad Nacional que ayudaron a la realización de este estudio con sus cursos, documentos y apoyo científico, Carlos Alberto Narváez, Henry Octavio Cortés, Liz Karen Herrera, Nelson Arzola, Hernán Cortés, Hector Julian García, Pedro Fabián Cárdenas, Carlos Julio Cortés, Victor Hugo Grisales, Ricardo Ramirez, Claudia Ordóñez, María Alejandra Guzmán, Luis Eduardo Benítez y Alfonso Herrera.

Un inmenso agradecimiento al grupo de trabajo administrativo de la Universidad Nacional, quienes desde sus lugares ayudaron con movilización, documentos, organización de eventos, recursos y trámites que hacen posible que este trámite se culmine.

Finalmente, un reconocimiento y agradecimiento a Minciencias (Antes Colciencias) y la gestión del programa de becas 617 por COLFUTURO y la Dirección Nacional de Posgrados de la Universidad Nacional de Colombia.

Resumen

Estudio de la creatividad en diseño en ingeniería en Aprendizaje Basado en Proyectos

La creatividad en el diseño de ingeniería (CDI) es una habilidad de alta demanda para el desempeño en la investigación, el desarrollo de productos y procesos. La sociedad demanda profesionales que encuentren y resuelvan problemas para integrar y aplicar conocimientos y habilidades con soluciones creativas con el trabajo colaborativo de diferentes áreas del conocimiento. El aprendizaje basado en problemas (ABP o PBL) es una práctica educativa que desarrolla conocimientos y habilidades en estudiantes con valores culturales. Este estudio explica cómo el PBL con sus valores culturales puede desarrollar la creatividad en los estudiantes de pregrado, mediante el uso de estadística descriptiva cualitativa y cuantitativa y con un enfoque realista crítico.

El estudio diseñó un marco teórico para estudiar el desarrollo del CDI desde el punto de vista de los principios del PBL y la influencia de la cultura de los estudiantes durante el trabajo del proyecto. Primero, explica la relación entre PBL y CDI con las dimensiones de aprendizaje de Illeris y la influencia intelectual sobre PBL de algunos autores en cómo ocurre el aprendizaje. Luego, las 4p's de la creatividad explican la relación entre los CDI y los principios de aprendizaje del PBL. El marco conceptual utiliza las dimensiones del aprendizaje para comprender cómo los diferentes estudiantes aprenden en diversas prácticas educativas. Así mismo, el marco teórico se completa con un marco metodológico de cuatro etapas para procesar y analizar cuantitativamente los datos.

La investigación también desarrolló el Cuestionario de Factores Culturales Revelados, QFR, que tiene 108 afirmaciones en una escala Likert de 1 a 5. Usó preguntas abiertas para diseñar declaraciones de dos grupos de estudiantes de dos universidades. El primer grupo entrevistó a 17/83 estudiantes del trabajo de proyecto del primer semestre de dos programas académicos en la Universidad de Aalborg en Dinamarca, cuya tradición en PBL se acerca a los 50 años. El segundo, con 8/19 entrevistas a estudiantes de un curso con una implementación de los principios de trabajo del modelo de Aalborg en la Universidad Nacional de Colombia, con un modelo educativo tradicionalmente centrado en el docente. El análisis utilizó respuestas textuales con Análisis Temático a 1262 minutos de transcripción literal. Luego lo aplicó a varios cursos para estudiar cultura.

El QFR recopiló respuestas de una muestra independiente de 22 cursos seleccionados y 1183 estudiantes, luego se redujo a 12 cursos en el caso de participación no significativa, no completar la evaluación de creatividad o agruparlos por similitudes. Finalmente, el estudio describió esos cursos utilizando el triángulo de Illeris. El análisis de los datos QFR utilizó Componentes Principales, PCA y los valores asociados con el trabajo del proyecto, caracterizados individualmente y descritos de acuerdo con sus valores culturales sobre los principios de PBL. Luego, con las diferencias estadísticas de Kruskal Wallis, Conover-Iman y las direcciones de los ejes PCA encontró diferencias entre cursos.

El instrumento para evaluar la creatividad fue CEDA (Creative Engineering Design Assessment), con pruebas a priori y a posterior aplicada en 1088 estudiantes de 16 cursos de ingeniería, de los cuales 14 participaron en el QFR. Se analizó la creatividad en función de la fluidez, flexibilidad, originalidad y utilidad de las ideas, utilizando el t-test y las estadísticas de Wilcoxon para establecer diferencias significativas antes y después del proyecto. El estudio encontró que el trabajo del proyecto como tema central aumentó la creatividad y que, en ninguno de los cursos estudiados, la creatividad disminuyó significativamente. De hecho, el desarrollo de la creatividad ocurre debido a cómo funciona el problema del proyecto en un modelo de PBL. El estudio encontró que la formulación del problema como tema central, el lugar donde los estudiantes realizan el proyecto y el estilo de colaboración grupal afectan la creatividad.

El estudio también encontró, utilizando una transformación lineal novedosa entre los valores culturales del trabajo de proyectos en un curso visto desde los valores expuestos en otro curso, que los mecanismos culturales que operan en el PBL tienen un efecto directo o moderador sobre la creatividad. Este procedimiento encontró 15 orientaciones culturales operando como mecanismos y afectando el desarrollo de la creatividad con PBL.

Con los resultados de este estudio, se puede investigar la implementación de modelos PBL en cualquier disciplina, a la vez que es útil para el desarrollo de estrategias para desarrollar la creatividad y llegar a soluciones creativas a los proyectos. Además, el marco metodológico demostró ser efectivo en el estudio de los valores culturales del trabajo del proyecto, pudiendo investigar otros temas fuera de la creatividad.

Palabras clave: Creatividad, Aprendizaje basado en problemas, proyecto, cultura, equipos, diseño, educación, factores creativos, Cuestionario QFR, valores.

Abstract

Study of creativity in engineering design in Project Based Learning

Creativity in Engineering Design (CDI) is a high-demand skill for performance in research, product, and process development. Society demands professionals who find and solve problems to integrate and apply knowledge and skills with creative solutions from collaborative work from different areas of knowledge. Problem-based Learning (PBL) is an educational practice developing knowledge and skills in students with cultural values. This study explains how PBL, with its cultural values, can develop creativity in undergraduate students, by using qualitative and quantitative descriptive statistics and with a Critical Realistic approach.

The study designed a theoretical framework to study CDI development from the point of view of PBL principles and the influence of students' culture during project work. First, it explains the relationship between PBL and CDI with the Illeris learning dimensions and the intellectual influence on PBL of some authors in how learning happens. Then, the 4p's of creativity explain the relationship between CDIs and PBL learning principles.

The conceptual framework uses the dimensions of learning to understand how different students learn in various educational practices. Likewise, the theoretical framework is completed with a four-stage methodological framework to quantitatively process and analyze the data.

The research also developed the Questionnaire of Cultural Factors Revealed, QFR, with 108 statements on a 1-5 Likert scale. It used open-ended questions to design statements from two groups of students from two Universities. The first group interviewed 17/83 students from the first-semester project work of two academic programs at Aalborg University in Denmark, whose tradition in PBL is close to 50 years. The second, with 8/19 interviews with students of one course with an implementation of the working principles of the Aalborg model at the National University of Colombia, with an educational model traditionally centred on the teacher. The analysis used verbatim answers with Thematic Analysis to 1262 minutes of literal transcription. Then applied it to various courses to study culture.

The QFR collected answers from an independent sample of 22 selected courses and 1183 students, then reduced to 12 courses in the case of non-significant participation or failure to complete the creativity assessment or grouped by similarities. Finally, the study described those courses by using the triangle of Illeris.

The analysis of the QFR data used Principal Componentes, PCA and the values associated with the project work, individually characterized and described according to its cultural values about

PBL principles. Then, with the Kruskal Wallis, Conover-Iman statistical differences, and PCA axis directions found differences between courses.

The instrument to assess creativity was CEDA (Creative Engineering Design Assessment) by applying pretest and posttest on 1088 students from 16 engineering courses, of which 14 participated in the QFR. Creativity was analyzed based on the fluency, flexibility, originality and usefulness of the ideas, using the t-test and Wilcoxon statistics to establish significant differences before and after the project. The study found that the project work as a central theme increased creativity and that, in none of the courses studied, creativity decreased significantly. Indeed, the development of creativity happens due to how the problem of the project function in a PBL model. The study found that the formulation of the problem as the central theme, the place where students do the project, and the style of group collaboration affect creativity.

The study also found, using a novel linear transformation between the cultural values of project work in one course seen from the values exposed in another course, that the cultural mechanisms operating in the PBL have a direct or moderator effect on creativity. This procedure found 15 cultural orientations operating as mechanisms and affecting the development of creativity with PBL.

With the results of this study, research can be carried out on the implementation of PBL models in any discipline, while it is helpful for the development of strategies to develop creativity and reach creative solutions to projects. Furthermore, the methodological framework proved effective in studying the cultural values of the project work, which could investigate other topics outside of creativity.

Keywords: Creativity, Problem-based learning, project-work, Culture, Engineering design, education, Creative factors, QFR Questionnaire, value

Contenido

Agradecimientos	viii
Resumen	ix
Abstract	xi
Lista de figuras	xxxii
Lista de tablas	xxxiii
Símbolos utilizados	xxxvii
VOLUMEN I	1
1 Introducción de la tesis	1
1.1 Campo de investigación	1
1.2 Propósito y justificación de la investigación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Organización de la tesis	4
1.5 Productos de trabajo	5
1.5.1 Tesis de maestría	5
1.5.2 Artículos de investigación	5
1.5.3 Artículos de congreso, conferencia o simposio	6
1.5.4 Capítulos de libro	7
1.5.5 Editor	8
1.5.6 Eventos organizados	8
1.5.7 Otros	9
1.5.8 Pasantía	9
1.6 Obstáculos y dificultades	9
2 El trabajo de proyecto	11
2.1 Revisión sistemática de PBL	11
2.2 Aprendizaje basado en problemas y proyectos	14
2.3 PBL desde la teoría	15
2.4 Influencia intelectual en PBL	17
2.4.1 Jean Piaget	19

2.4.2	John Dewey	19
2.4.3	Donald Schön	20
2.4.4	Jerome Bruner	21
2.4.5	Carl Roger	22
2.4.6	En grupo	23
2.4.7	Jean Lave & Etienne Wenger	24
2.4.8	Oskar Negt	24
2.4.9	Ulrich Beck	25
2.5	Concepto de PBL	26
2.5.1	Definiciones de PBL en la literatura	27
2.5.2	Definición de PBL	30
2.6	¿Por qué PBL?	32
2.7	Crítica a PBL	34
2.8	Conclusiones	36
3	Creatividad para diseño en ingeniería	37
3.1	Definición de creatividad en diseño en ingeniería	38
3.1.1	El enfoque orgánico del diseño	38
3.1.2	Enfoque procedimental	40
3.1.3	Generación de ideas por analogía	41
3.1.4	Perspectiva de desarrollo de CDI	41
3.1.5	Perspectiva cognitiva de CDI	42
3.1.6	Modelo de CDI	42
3.2	Competencias de diseño	43
3.2.1	Pensamiento divergente y convergente	44
3.2.2	Metáfora, asociación y analogía	44
3.2.3	Abducción	45
3.2.4	Pensamiento lateral	45
3.2.5	Encontrar problemas	45
3.2.6	Fluencia	45
3.3	Modelo de CDI en PBL	45
3.4	Medición de la creatividad	47
3.5	Crítica a los instrumentos para evaluar creatividad	52
3.5.1	Proceso	53
3.5.2	Producto	54
3.5.3	Persona	55
3.5.4	Lugar	56
3.6	Instrumento de Medición en este estudio	56
3.7	Conclusiones	58

4	Cultura	61
4.1	Introducción	61
4.2	Revisión sistemática de la literatura	62
4.3	Redescripción	63
4.3.1	Cultura Nacional	63
4.3.2	Cultura Psicológica	65
4.3.3	Sociología Cultural	68
4.3.4	Cultura Evolutiva	68
4.3.5	Cultura Situada	69
4.4	Valor y personalidad	71
4.5	Retrodicción	72
4.6	Reintroducción	73
4.7	Conclusiones	75
5	Diseño del cuestionario QFR	79
5.1	Propósito	79
5.2	Fundamento	79
5.3	Instrumentos de medición cuantitativa de cultura	80
5.4	Metodología	80
5.4.1	Protocolo de la entrevista	81
5.4.2	Selección de la muestra	81
5.4.3	Análisis	82
5.5	Resultados	83
5.6	Discusión	84
5.7	Cuestionario QFR	87
5.8	Prueba Piloto	87
5.9	Conclusiones	87
6	Metodología de investigación	89
6.1	El Realismo Crítico	89
6.2	Concepto de cultura	91
6.3	Evaluación de cultura en el grupo	92
6.3.1	Análisis de factores	92
6.3.2	Suposiciones para la extracción	95
6.3.3	Procedimiento ACP utilizado	95
6.3.4	Correlación latente	95
6.3.5	Prueba de Bartlett	98
6.3.6	Medida de adecuación muestral	98
6.4	Comparación entre grupos	98
6.4.1	Prueba de Kruskal-Wallis	100

6.4.2	Prueba de congruencia de Componentes Principales	101
6.5	Análisis de la variación de la creatividad	101
6.5.1	Prueba de creatividad	101
6.5.2	Prueba t paramétrica	103
6.5.3	Prueba estadística de normalidad	103
6.5.4	Prueba de homogeneidad de la varianza	105
6.5.5	Pruebas de rangos firmados de pares relacionados de Wilcoxon	105
6.5.6	Tamaño del efecto	105
6.6	Conexión de creatividad y cultura entre cursos	106
6.7	Conclusiones	109
7	Descripción de la muestra	111
7.1	Selección de la muestra	111
7.2	Descripción de los cursos con trabajo de proyecto	111
7.2.1	Ingeniería y desarrollo sostenible	111
7.2.2	Taller de proyectos interdisciplinarios	112
7.2.3	Automatización de procesos industriales	113
7.2.4	Cátedra Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad	114
7.2.5	Proyecto Aplicado de Ingeniería	114
7.2.6	Peama Sumapaz	115
7.2.7	Mecanismos 2017-II y 2018-II	116
7.2.8	Elementos de máquinas II	116
7.2.9	Gerencia de proyectos	117
7.2.10	Robótica	118
7.2.11	Maskin og Produktion y Energii - AAUMAP	118
7.3	Modelo de PBL en los cursos muestreados	119
7.4	Conclusiones	122
8	Resultados	123
8.1	Cuestionario QFR	123
8.2	Respuesta cultural de la muestra entre grupos	124
8.3	Respuesta cultural dentro de los grupos	134
8.3.1	Ingeniería y Desarrollo Sostenible 2019-I	134
8.3.2	Ingeniería y desarrollo Sostenible 2018-2	137
8.3.3	Taller de proyectos interdisciplinarios 2019-I	138
8.3.4	Automatización de Procesos de Manufactura 2017-II y 2018-I	140
8.3.5	Cátedra Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad 2017-2	141
8.3.6	Proyecto Aplicado de Ingeniería (PAI172)	143
8.3.7	Elementos de Maquinas II	145
8.3.8	Peama Sumapaz	146

8.3.9	Mecanismos 2017-II y 2018-II	147
8.3.10	Gerencia de proyectos	148
8.3.11	Robótica 172 y 191	151
8.4	Creatividad en ingeniería	152
8.4.1	Creatividad en IDS191	157
8.4.2	Creatividad en IDS172	158
8.4.3	Creatividad TPI2017	158
8.4.4	Creatividad en APM172	159
8.4.5	Creatividad en ICTS172	160
8.4.6	Creatividad en PAI172	161
8.4.7	Creatividad en ELE172	162
8.4.8	Creatividad en Peama172	163
8.4.9	Creatividad en AAUMAP	164
8.4.10	Creatividad en MSCCIVIL	165
8.4.11	Resumen de las pruebas	166
8.5	Relación cultura y creatividad	168
8.5.1	Variables de prueba de IDS191	168
8.5.2	Variables de prueba del espacio IDS182	170
8.5.3	Variables de prueba de TPI2017	172
8.5.4	Variables de prueba del espacio APM172	173
8.5.5	Variables de prueba del espacio ICTS	175
8.5.6	Variables de prueba del espacio PAI	177
8.5.7	Variables de prueba del espacio ELE191	179
8.5.8	Variables de prueba del espacio Peama172	181
8.5.9	Variables de prueba del espacio MEC172181	182
8.5.10	Variables de prueba del espacio GER182	184
8.5.11	Predicción según el espacio de ROB172191	187
8.5.12	Resumen	189
8.6	Conclusiones	190
9	Creatividad en el trabajo del proyecto	191
9.1	Desarrollo de competencias para fluencia en PBL	191
9.2	Desarrollo de competencias para flexibilidad en PBL	195
9.3	Desarrollo de competencias para producir ideas originales	197
9.4	Desarrollo de competencias para producir ideas útiles	200
9.5	Elementos de PBL que fomentan la creatividad	201
9.6	Emancipación creativa	203
9.7	Conclusiones	204

10 Cultura y creatividad	205
10.1 Diferencias culturales entre cursos	205
10.2 Diferencias culturales en cursos creativos	208
10.3 Relación entre creatividad y valores culturales	209
10.3.1 Orientación al problema	210
10.3.2 Motivación social	210
10.3.3 Orientación al proceso	212
10.3.4 Orientación al diálogo	212
10.3.5 Orientación a las actividades	213
10.3.6 Orientación a la autodirección	213
10.3.7 Orientación al compromiso	214
10.3.8 Orientación a la Satisfacción	214
10.3.9 Orientación a pasar o a la nota	214
10.3.10 Orientación a las personas	215
10.3.11 Orientación a la instrucción	215
10.3.12 Orientación a la agenda o a la seguridad	217
10.3.13 Orientación al aprendizaje mutuo	217
10.4 Efectos moderadores	218
10.4.1 Interdependencia	218
10.4.2 Orientación al liderazgo	218
10.5 Mecanismos culturales que incentivan la creatividad	219
10.6 Conclusiones	221
11 Conclusiones	223
11.1 Implicaciones	226
11.2 Limitaciones	227
11.3 Principales aportes de esta investigación	228
11.4 Trabajo futuro	230
Bibliografía	231
A Análisis bibliométrico	273
A.1 Análisis de Clúster	273
A.2 Coocurrencia	273
A.3 Relaciones de coocurrencia	274
A.4 Proceso para aparejamiento en VOSviewer	276
B Revisión sistemática de Creatividad en diseño en ingeniería	279
B.1 Análisis sistemático de creatividad en diseño	279
B.2 Revisión bibliográfica	279
B.3 Criterio de aceptación o rechazo	281

B.4	Hallazgos	282
C	Revisión sistemática de instrumentos de medición de CDE	287
D	Revisión sistemática de cultura	291
E	Transcripción de entrevistas	295
F	Transcripción de entrevistas AAU	381
G	Lista de códigos TA para QFG	521
H	Cuestionario QFR	533
I	<i>Ceda - Creative Engineering Design Assessment</i>	537
V	Análisis entre grupos	897
V.1	Análisis post-hoc de Conover & Iman 15 cursos	897
V.2	Prueba de Kruskal-Wallis KWT12	957
V.3	Análisis post-hoc de Conover & Iman KWT12	957
V.4	Cálculo de todos los PCA -Congruencia	995
V.5	Factor de congruencia	996
V.6	Componentes de todos los grupos y variables	1012
V.7	Valores alfa de Cronbach	1012
V.8	Componentes completos	1012
K	Análisis PCA Cultura IDS191	671
K.1	Ingeniería y Desarrollo Sostenible	671
K.1.1	Variables IDS191	671
K.1.2	Datos Originales IDS191	672
K.1.3	Resumen Estadístico IDS191	681
K.1.4	Análisis de confiabilidad total IDS191	683
K.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas IDS191	686
K.1.6	Variables reducidas IDS191	687
K.1.7	Test de Barlett variables reducidas IDS191	688
K.1.8	Test KMO IDS191	688
K.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas IDS191	688
K.1.10	Análisis por Components Principales IDS191	689
K.1.11	Descomposición de Factores IDS191	691
K.1.12	Test Scree de Eigenvalores IDS191	694
K.1.13	Correlación variables reducidas IDS191	694
K.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA IDS191	695

K.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA IDS191	695
L	Análisis PCA Cultura IDS182	697
L.1	Ingeniería y Desarrollo Sostenible	697
L.1.1	Variables IDS182	697
L.1.2	Datos Originales IDS182	698
L.1.3	Resumen Estadístico IDS182	706
L.1.4	Análisis de confiabilidad total IDS182	707
L.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas IDS182	710
L.1.6	Variables reducidas IDS182	711
L.1.7	Test de Barlett variables reducidas IDS182	712
L.1.8	Test KMO IDS182	712
L.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas IDS182	712
L.1.10	Análisis por Components Principales IDS182	712
L.1.11	Descomposición de Factores IDS182	714
L.1.12	Test Scree de Eigenvalores IDS182	716
L.1.13	Correlación variables reducidas IDS182	717
L.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA IDS182	717
L.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA IDS182	717
L.1.16	Gráfico de correlación PCA IDS182	717
L.1.17	Gráfico de correlación FA IDS182	718
L.1.18	Gráfico de correlación PCA con nombre variables IDS182	718
M	Análisis PCA Cultura TPI191	719
M.1	Taller de Proyectos Interdisciplinarios	719
M.1.1	Variables TPI191	719
M.1.2	Datos Originales TPI191	720
M.1.3	Resumen Estadístico TPI191	730
M.1.4	Análisis de confiabilidad total	731
M.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas	735
M.1.6	Variables reducidas TPI191	735
M.1.7	Test de Barlett variables reducidas TPI191	736
M.1.8	Test KMO TPI191	736
M.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas TPI191	736
M.1.10	Análisis por Components Principales TPI191	737
M.1.11	Descomposición de Factores TPI191	738
M.1.12	Test Scree de Eigenvalores	740
M.1.13	Test Scree de Eigenvalores TPI191	740
M.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA TPI191	741
M.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA TPI191	741

M.1.16	Gráfico de correlación PCA	741
M.1.17	Gráfico de correlación FA TPI191	741
M.1.18	Gráfico de correlación PCA con nombre variables TPI191	742
N	Análisis PCA Cultura ICTS172	743
N.1	Ingenio, Ciencia, Tecnología y Sociedad 172	743
N.1.1	Variables ICTS172	743
N.1.2	Datos Originales ICTS172	744
N.1.3	Resumen Estadístico ICTS172	749
N.1.4	Análisis de confiabilidad total ICTS172	750
N.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas ICTS172	753
N.1.6	Variables reducidas ICTS172	754
N.1.7	Test de Barlett variables reducidas ICTS172	755
N.1.8	Test KMO ICTS172	755
N.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas ICTS172	755
N.1.10	Análisis por Components Principales ICTS172	756
N.1.11	Descomposición de Factores ICTS172	758
N.1.12	Test Scree de Eigenvalores ICTS172	760
N.1.13	Diagrama de Correlaciones de PCA ICTS172	761
N.1.14	Diagrama de Correlaciones de FA ICTS172	761
N.1.15	Gráfico de correlación PCA ICTS172	761
N.1.16	Gráfico de correlación FA ICTS172	761
N.1.17	Gráfico de correlación PCA con nombre variables ICTS172	762
O	Análisis PCA Cultura APM172181	763
O.1	Automatización de Procesos de Manufactura 172 & 181	763
O.1.1	Variables APM172182	763
O.1.2	Datos Originales APM172182	764
O.1.3	Resumen Estadístico APM172182	768
O.1.4	Análisis de confiabilidad total APM172182	769
O.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas APM172182	773
O.1.6	Variables reducidas APM172182	773
O.1.7	Test de Barlett variables reducidas APM172182	774
O.1.8	Test KMO APM172182	774
O.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas APM172182	774
O.1.10	Análisis por Components Principales APM172182	775
O.1.11	Descomposición de Factores APM172182	776
O.1.12	Test Scree de Eigenvalores APM172182	778
O.1.13	Correlación variables reducidas APM172182	778
O.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA APM172182	779

O.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA APM172182	779
O.1.16	Gráfico de correlación PCA APM172182	779
O.1.17	Gráfico de correlación FA APM172182	779
O.1.18	Gráfico de correlación PCA con nombre variables APM172182	780
P	Análisis PCA Cultura PAI	781
P.1	PAI 172	781
P.1.1	Variables PAI172	781
P.1.2	Datos Originales PAI172	782
P.1.3	Resumen Estadístico PAI172	786
P.1.4	Análisis de confiabilidad total PAI172	788
P.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas PAI172	791
P.1.6	Variables reducidas PAI172	792
P.1.7	Test de Barlett variables reducidas PAI172	792
P.1.8	Test KMO PAI172	793
P.1.9	Descripción estadísticas variables reducida PAI172	793
P.1.10	Análisis por Components Principales PAI172	793
P.1.11	Descomposición de Factores PAI172	795
P.1.12	Test Scree de Eigenvalores PAI172	797
P.1.13	Correlación variables reducidas PAI172	797
P.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA PAI172	798
P.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA PAI172	798
P.1.16	Gráfico de correlación PCA PAI172	798
P.1.17	Gráfico de correlación FA PAI172	798
P.1.18	Gráfico de correlación PCA con nombre variables PAI172	799
Q	Análisis PCA Cultura PEAMA172	801
Q.1	Peama Sumapaz 172	801
Q.1.1	Variables PEAMA172	801
Q.1.2	Datos Originales PEAMA172	802
Q.1.3	Resumen Estadístico PEAMA172	804
Q.1.4	Análisis de confiabilidad total PEAMA172	806
Q.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas PEAMA172	809
Q.1.6	Variables reducidas PEAMA172	810
Q.1.7	Test de Barlett variables reducidas PEAMA172	810
Q.1.8	Test KMO PEAMA172	811
Q.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas PEAMA172	811
Q.1.10	Análisis por Components Principales PEAMA172	811
Q.1.11	Descomposición de Factores PEAMA172	813
Q.1.12	Test Scree de Eigenvalores PEAMA172	815

Q.1.13	Correlación variables reducidas PEAMA172	815
Q.1.14	Diagrama de Correlaciones de PCA PEAMA172	815
Q.1.15	Diagrama de Correlaciones de FA PEAMA172	816
Q.1.16	Gráfico de correlación PCA PEAMA172	816
Q.1.17	Gráfico de correlación FA PEAMA172	816
Q.1.18	Gráfico de correlación PCA con nombre variables PEAMA172	816
R	Análisis PCA Cultura MEC172182	817
R.1	Mecanismos 172 & 182	817
R.1.1	Variables MEC172182	817
R.1.2	Datos Originales MEC172182	818
R.1.3	Resumen Estadístico MEC172182	823
R.1.4	Análisis de confiabilidad total MEC172182	824
R.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas MEC172182	828
R.1.6	Variables reducidas MEC172182	828
R.1.7	Test de Barlett variables reducidas MEC172182	829
R.1.8	Test KMO MEC172182	829
R.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas MEC172182	829
R.1.10	Análisis por Components Principales MEC172182	830
R.1.11	Descomposición de Factores MEC172182	832
R.1.12	Test Scree de Eigenvalores MEC172182	834
R.1.13	Diagrama de Correlaciones de PCA MEC172182	835
R.1.14	Diagrama de Correlaciones de FA MEC172182	835
R.1.15	Gráfico de correlación PCA MEC172182	835
R.1.16	Gráfico de correlación FA MEC172182	835
R.1.17	Gráfico de correlación PCA con nombre variables MEC172182	836
S	Análisis PCA Cultura ELE191	837
S.1	Elementos II	837
S.1.1	Variables ELE191	837
S.1.2	Datos Originales ELE191	838
S.1.3	Resumen Estadístico ELE191	844
S.1.4	Análisis de confiabilidad total ELE191	846
S.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas ELE191	849
S.1.6	Variables reducidas ELE191	849
S.1.7	Test de Barlett variables reducidas ELE191	850
S.1.8	Test KMO	850
S.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas ELE191	850
S.1.10	Análisis por Components Principales ELE191	851
S.1.11	Descomposición de Factores ELE191	852

S.1.12	Test Scree de Eigenvalores ELE191	853
S.1.13	Diagrama de Correlaciones de PCA ELE191	854
S.1.14	Diagrama de Correlaciones de FA ELE191	854
S.1.15	Gráfico de correlación PCA ELE191	854
S.1.16	Gráfico de correlación FA ELE191	855
S.1.17	Gráfico de correlación PCA con nombre variables ELE191	855
T	Análisis PCA Cultura IDS182	857
T.1	Gerencia de Proyectos	857
T.1.1	Variables GER182	857
T.1.2	Datos Originales GER182	858
T.1.3	Resumen Estadístico GER182	862
T.1.4	Análisis de confiabilidad total GER182	864
T.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas GER182	867
T.1.6	Variables reducidas GER182	868
T.1.7	Test de Barlett variables reducidas GER182	869
T.1.8	Test KMO GER182	869
T.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas GER182	869
T.1.10	Análisis por Components Principales GER182	870
T.1.11	Descomposición de Factores GER182	872
T.1.12	Test Scree de Eigenvalores GER182	874
T.1.13	Diagrama de Correlaciones de PCA GER182	874
T.1.14	Diagrama de Correlaciones de FA GER182	875
T.1.15	Gráfico de correlación PCA GER182	875
T.1.16	Gráfico de correlación FA GER182	875
T.1.17	Gráfico de correlación PCA con nombre variables GER182	875
U	Análisis PCA Robótica 172 & 191	877
U.1	Robótica 172 & 191	877
U.1.1	Variables ROB172191	877
U.1.2	Datos Originales ROB172191	878
U.1.3	Resumen Estadístico ROB172191	884
U.1.4	Análisis de confiabilidad total ROB172191	885
U.1.5	Análisis de confiabilidad variables reducidas ROB172191	888
U.1.6	Variables reducidas ROB172191	889
U.1.7	Test de Barlett variables reducidas ROB172191	889
U.1.8	Test KMO ROB172191	890
U.1.9	Descripción estadísticas variables reducidas ROB172191	890
U.1.10	Análisis por Components Principales ROB172191	890
U.1.11	Descomposición de Factores ROB172191	892

U.1.12	Test Scree de Eigenvalores ROB172191	893
U.1.13	Diagrama de Correlaciones de PCA ROB172191	894
U.1.14	Diagrama de Correlaciones de FA ROB172191	894
U.1.15	Gráfico de correlación PCA ROB172191	894
U.1.16	Gráfico de correlación FA ROB172191	895
U.1.17	Gráfico de correlación PCA con nombre variables ROB172191	895
V	Análisis entre grupos	897
V.1	Análisis post-hoc de Conover & Iman 15 cursos	897
V.2	Prueba de Kruskal-Wallis KWT12	957
V.3	Análisis post-hoc de Conover & Iman KWT12	957
V.4	Cálculo de todos los PCA -Congruencia	995
V.5	Factor de congruencia	996
V.6	Componentes de todos los grupos y variables	1012
V.7	Valores alfa de Cronbach	1012
V.8	Componentes completos	1012
W	Análisis pretest-postest de creatividad	1027
W.1	Datos y código general	1027
W.2	Protocolo de cálculo	1028
W.3	Datos CEDA	1032
W.3.1	Detección datos atípicos todas las muestras	1054
W.3.2	Estadística de todos los cursos sin parear con atípicos	1055
W.3.3	Boxplot cursos sin parear con atípicos	1055
W.3.4	Estadística de todos los cursos sin parear sin atípicos	1056
W.3.5	Boxplot cursos sin parear sin atípicos	1056
W.3.6	Prueba de normalidad en cursos no pareados	1057
W.3.7	Comparación entre medias de datos no apareados atípico	1058
W.3.8	Resumen de resultados CursoR	1058
W.4	Datos pareados	1059
W.4.1	Selección de respuestas pareadas	1059
W.4.2	Estadística de todos los cursos pareados con atípicos	1060
W.4.3	Boxplot de todos los cursos pareados sin atípicos	1060
W.4.4	Estadística de todos los cursos pareados sin atípicos	1061
W.4.5	Boxplot de todos los cursos pareados sin atípicos	1061
W.4.6	Pruebas de normalidad de la muestra total apareada	1062
W.4.7	Homocedasticidad apareados sin atípicos	1063
W.4.8	Prueba-t de todos apareados sin Atípicos	1063
W.4.9	Prueba Wilcoxon de todos apareados sin atípicos resultados	1064
W.4.10	Resumen APA de todos apareados sin Atípicos	1064

W.5	Creatividad en Ingeniería y Desarrollo Sostenible IDS191	1065
W.5.1	Alfa de Cronbach para IDS191	1065
W.5.2	Estadística Inicial IDS191 con valores crudos	1066
W.5.3	Estadística IDS191 sin valores atípicos	1066
W.5.4	Boxplot de comparación IDS191 pareado	1068
W.5.5	Prueba de normalidad IDS191 sin atípicos	1068
W.5.6	Homocedasticidad IDS191 con levene	1071
W.5.7	Plots de prueba diferencia de medias IDS191 pareado	1074
W.5.8	Prueba-t IDS191	1075
W.5.9	Prueba Wilcoxon en IDS 191 de todos apareados sin atípicos resultados	1076
W.5.10	Resumen APA de IDS todos apareados sin Atípicos	1076
W.6	Creatividad en Ingeniería y Desarrollo Sostenible IDS172	1077
W.6.1	Alfa de Cronbach para IDS172	1077
W.6.2	Estadística Inicial IDS172 con valores crudos	1078
W.6.3	Estadística IDS172 sin valores atípicos	1078
W.6.4	Boxplot de comparación IDS172 pareado	1079
W.6.5	Prueba Shapiro-Wilk de normalidad para IDS172	1080
W.6.6	Distribuciones	1081
W.6.7	Homocedasticidad IDS172 con Levene	1083
W.6.8	Gráficos Q-Q pretest-postest IDS172 pareado	1084
W.6.9	Plots de prueba diferencia de medias IDS172 pareado	1086
W.6.10	Prueba Wilcoxon IDS172	1087
W.6.11	Prueba-t IDS172	1087
W.6.12	Resumen APA IDS172 grupos pareados	1088
W.7	Creatividad en Proyecto Aplicado de Ingeniería PAI	1089
W.7.1	Alfa de Cronbach para PAI172	1089
W.7.2	Estadística Inicial PAI172 con valores crudos	1090
W.7.3	Estadística PAI172 con valores reducidos	1090
W.7.4	Prueba de normalidad PAI172	1091
W.7.5	Homocedasticidad PAI172 Levene	1095
W.7.6	Gráficos Q-Q pretest-postest PAI172 pareado	1096
W.7.7	Prueba Wilcoxon PAI172	1099
W.7.8	Prueba-t PAI172	1099
W.7.9	Resumen APA PAI172 grupos pareados	1100
W.7.10	Resumen APA PAI172 grupos pareados	1100
W.7.11	APA Wilcoxon PAI172	1100
W.8	Creatividad en Taller de Proyectos Interdisciplinario TPI2017	1101
W.8.1	Alfa de Cronbach para TPI2017	1101
W.8.2	Estadística Inicial TPI2017 con valores crudos	1102

W.8.3	Estadística TPI2017 con valores reducidos	1102
W.8.4	Boxplot de comparación TPI2017 pareado	1103
W.8.5	Prueba de normalidad TPI2017	1103
W.8.6	Homocedasticidad TPI2017 levene	1107
W.8.7	Gráficos Q-Q pretest-postest TPI2017 pareado	1108
W.8.8	Plots de prueba diferencia de medias TPI2017 pareado	1110
W.8.9	Prueba-t TPI2017	1112
W.8.10	Prueba Wilcoxon TPI2017	1112
W.8.11	Resumen APA TPI2017 grupos pareados	1112
W.9	Cátedra Ingeniería Ciencia y Sociedad ICTS172	1113
W.9.1	Alfa de Cronbach para ICTS172	1113
W.9.2	Estadística Inicial ICTS172 con valores crudos	1115
W.9.3	Estadística ICTS172 con valores reducidos	1115
W.9.4	Boxplot de comparación ICTS172 pareado	1116
W.9.5	Prueba de normalidad ICTS172	1116
W.9.6	Homocedasticidad ICTS172 levene	1120
W.9.7	Gráficos Q-Q pretest-postest ICTS172 pareado	1121
W.9.8	Plots de prueba diferencia de medias ICTS172 pareado	1123
W.9.9	Prueba-t ICTS172	1124
W.9.10	Prueba Wilcoxon ICTS172	1124
W.9.11	Resumen APA ICTS172 grupos pareados	1125
W.10	APM172 Comprobación de la variación de la creatividad	1125
W.10.1	Alfa de Cronbach para APM172	1125
W.10.2	Estadística Inicial APM172 con valores crudos	1127
W.10.3	Estadística APM172 con valores reducidos	1127
W.10.4	Boxplot de comparación APM172 pareado	1128
W.10.5	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en APM172	1128
W.10.6	Homocedasticidad APM172 con levene	1132
W.10.7	Gráficos Q-Q pretest-postest APM172 pareado	1133
W.10.8	Plots de prueba diferencia de medias APM172 pareado	1135
W.10.9	Prueba-t APM172	1136
W.10.10	Prueba Wilcoxon APM172	1136
W.10.11	Resumen APA APM172 grupos pareados	1137
W.11	ELE172 Comprobación de la variación de la creatividad Elementos de máquinas	1137
W.11.1	Alfa de Cronbach para ELE172	1137
W.11.2	Estadística Inicial ELE172 con valores crudos	1139
W.11.3	Estadística ELE172 con valores reducidos	1139
W.11.4	Boxplot de comparación ELE172 pareado	1140
W.11.5	Prueba de normalidad ELE172	1140

W.11.6 Homocedasticidad ELE172 con levene	1144
W.11.7 Gráficos Q-Q pretest-postest ELE172 pareado	1144
W.11.8 Plots de prueba diferencia de medias ELE172 pareado	1147
W.11.9 Prueba-t ELE172	1148
W.11.10 Prueba Wilcoxon ELE172	1148
W.11.11 Resumen APA ELE172 grupos pareados	1149
W.12 Peama172 Comprobación de la variación de la creatividad	1149
W.12.1 Alfa de Cronbach para Peama172	1149
W.12.2 Estadística Inicial Peama172 con valores crudos	1151
W.12.3 Estadística Peama172 con valores reducidos	1151
W.12.4 Boxplot de comparación Peama172 pareado	1152
W.12.5 Prueba de normalidad Peama172	1152
W.12.6 Homocedasticidad Peama172 con levene	1156
W.12.7 Gráficos Q-Q pretest-postest Peama172 pareado	1157
W.12.8 Plots de prueba diferencia de medias Peama172 pareado	1159
W.12.9 Prueba-t Peama172	1160
W.12.10 Prueba Wilcoxon Peama172	1160
W.12.11 Resumen APA Peama172 grupos pareados	1161
W.13 Creatividad en Masking og Produktion in Aalborg University	1161
W.13.1 Alfa de Cronbach para AAUMAP	1161
W.13.2 Estadística Inicial AAUMAP con valores crudos	1163
W.13.3 Estadística AAUMAP con valores reducidos	1163
W.13.4 Boxplot de comparación AAUMAP pareado	1164
W.13.5 Prueba de normalidad AAUMAP pareado	1164
W.13.6 Homocedasticidad AAUMAP con levene	1168
W.13.7 Gráficos Q-Q pretest-postest AAUMAP pareado	1168
W.13.8 Prueba-t AAUMAP	1172
W.13.9 Prueba Wilcoxon AAUMAP	1172
W.13.10 Resumen APA AAUMAP grupos pareados	1172
W.14 MSCCIVIL Comprobación de la variación de la creatividad	1173
W.14.1 Alfa de Cronbach para MSCCIVIL	1173
W.14.2 Estadística Inicial MSCCIVIL con valores crudos	1174
W.14.3 Estadística MSCCIVIL con valores reducidos	1175
W.14.4 Boxplot de comparación MSCCIVIL pareado	1176
W.14.5 Prueba de normalidad MSCCIVIL	1176
W.14.6 Homocedasticidad MSCCIVIL con Levene	1179
W.14.7 Gráficos Q-Q pretest-postest MSCCIVIL pareado	1180
W.14.8 Plots de prueba diferencia de medias MSCCIVILpareado	1182
W.14.9 Prueba-t MSCCIVIL	1184

W.14.10 Prueba Wilcoxon MSCCIVIL	1184
W.14.11 Resumen APA MSCCIVIL grupos pareados	1184
W.15 Resumen estadística por pretest y postest de los cursos individualizados	1185
W.16 Resumen estadístico de todos los cursos antes y después	1185
X Modelo regresión lineal de creatividad y cultura	1189
X.1 Librerías r	1189
X.2 Lectura archivo simplificado - Inicio modelos	1189
X.3 Descripción estadística de la muestra	1189
X.4 Boxplotys IDS y atípicos	1192
X.5 Composición de nuevo conjunto CEDA GLM sin atípicos	1197
X.6 Análisis de regresión múltiple por espacio de ACP	1199
X.6.1 IDS191	1199
X.6.2 IDS182	1217
X.6.3 TPI2017	1234
X.6.4 APM172181	1248
X.6.5 ICTS172	1268
X.6.6 PAI172	1287
X.6.7 ELE191	1309
X.6.8 Peama	1324
X.6.9 MEC172182	1331
X.6.10 GER182	1350
X.6.11 ROB172191	1373

Lista de Figuras

2-1	Progresión de publicaciones de PBL en ingeniería.	12
2-2	Racimos de modelos influenciadores de PBL	13
2-3	Conceptos de PBL predominantes y su relación entre si	15
2-4	Dimensiones de aprendizaje de Illeris	17
2-5	Influencia intelectual para PBL	22
2-6	Definición de aprendizaje basado en proyectos	32
3-1	Cocitación de autores para creatividad en diseño en ingeniería	38
3-2	Modelo de creatividad en diseño en ingeniería	43
3-3	Creatividad en PBL con influencia cultural	47
4-1	Proceso de redescipción de cultura para aplicar a PBL	63
4-2	Racimos culturales por tópico	63
4-3	Modelos culturales de Hofstede y Schein	65
4-4	Modelo de culturas subjetivas de Triandis después de Schwartz	66
4-5	Dimensiones bipolares culturales de Schwartz	67
4-6	Modelo ecocultural de Berry	71
4-7	Modelo de sistemas socioculturales de Rohner	71
4-8	Integración de aspectos culturales al modelo de PBL	75
5-1	Procedimiento de Análisis Temático TA	82
5-2	Jerarquía temática para definición de constructos QFR	84
6-1	Fases de la investigación RC	91
6-2	Representación de ACP y puntuaciones	93
6-3	Procedimiento para el análisis matemático de variables con ACP	96
6-4	Procedimiento para el análisis matemático de similitudes y diferencias	99
6-5	Procedimiento para encontrar diferencias pretest y postest	102
6-6	Procedimiento para el análisis matemático de la relación entre creatividad y cultura	107
6-7	Modo de proyección de scores. Dibujo del autor.	108
8-1	Comparación antes y después del tratamiento en los cursos no apareados	154
8-2	Comparación antes y después del tratamiento en IDS191	157
8-3	Comparación antes y después del tratamiento en IDS172	158
8-4	Comparación antes y después del tratamiento en TPI2017	159
8-5	Comparación antes y después del tratamiento en APM172	160
8-6	Comparación antes y después del tratamiento en ICTS172	161

8-7	Comparación antes y después del tratamiento en PAI172	162
8-8	Comparación antes y después del tratamiento en ELE172	163
8-9	Comparación antes y después del tratamiento en Peama172	164
8-10	Comparación antes y después del tratamiento en AAUMAP	165
8-11	Comparación antes y después del tratamiento en MSCCIVIL	166
9-1	Diferencias significativas de fluencia en cursos PBL	191
9-2	Diferencias significativas de flexibilidad en cursos PBL	195
9-3	Diferencias significativas de originalidad en cursos PBL	198
9-4	Diferencias significativas de utilidad en cursos PBL	200
10-1	Modelo conceptual de creatividad y cultura	211
B-1	Criterios de exportación de referencias Scopus a formato CSV	280
B-2	Clúster 1 CDE	282
B-3	Clúster 2 CDE	283
B-4	Clúster 3 CDE	283
B-5	Clúster 4 CDE	284
B-6	Clúster 5 CDE	285
D-1	Resultados WoS de búsqueda de "cultura"	293
D-2	Categorías de WoS para la búsqueda encontrada- 5201 registros	294
I-1	Portada de CEDA	537
I-2	Página 2 de CEDA	538
I-3	Página 3 de CEDA	539
I-4	Página 4 de CEDA	540

Lista de Tablas

2-1	Influencia intelectual en los principios de PBL	18
2-2	Definición de aprendizaje basado en proyectos	27
3-1	Enfoques para medir la creatividad	49
3-2	Variables CDI medidas por CEDA	57
5-1	Variables QFR	86
7-1	Modelo de PBL en los cursos muestreados	120
8-1	Resumen de datos de QFR	124
8-2	Variables QFR recolectadas por grupo	125
8-2	Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación	126
8-2	Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación	127
8-2	Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación	128
8-2	Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación	129
8-3	Variables dependientes sin diferencias	130
8-4	Componentes iniciales sin reducción	131
8-5	Congruencia entre ejes	133
8-6	Congruencia entre ejes	133
8-7	ACP Ingeniería y Desarrollo Sostenible 191	135
8-8	Correlación entre componentes latentes para IDS191	136
8-9	ACP Ingeniería y Desarrollo Sostenible 182	137
8-10	Correlación entre componentes latentes para IDS182	138
8-11	ACP Taller de Proyectos Interdisciplinarios TPI191	139
8-12	Correlación entre componentes latentes para TPI191	140
8-13	PCA Automatización de procesos	140
8-14	Correlación entre componentes de extraídos de APM172 y APM181	141
8-15	PCA Cátedra Ingeniería, Ciencia Tecnología y Sociedad 2017-II	142
8-16	PCA Cátedra Ingeniería, Ciencia Tecnología y Sociedad 2017-II	143
8-17	PCA Proyecto Aplicado de Ingeniería 2017-II	144
8-18	Correlación Proyecto Aplicado de Ingeniería 2017-II	144
8-19	PCA Elementos de Máquinas II	145
8-20	Correlación Elementos de Máquinas II	146
8-21	PCA Proyecto Aplicado de Ingeniería 2017-II	147
8-22	Correlación en Peama172	147
8-23	PCA Mecanismos 2017-II & 2018-2	148

8-24	Correlación Mecanismos 2017-II & 2018-2	148
8-25	PCA Gerencia de Proyectos	149
8-26	Correlación Gerencia de Proyectos	150
8-27	PCA Robótica	151
8-28	Correlación Robótica	152
8-29	Pruebas CEDA	153
8-30	Reporte estadístico pretest-postest	154
8-31	Prueba-t pretest-postest en cursos agrupados sin aparear	155
8-32	Reporte estadístico pretest-postest apareado	155
8-33	Prueba-t pretest-postest en cursos agrupados apareados. Anexo W.4.8	156
8-34	Resumen estadístico de cursos para el análisis posttest-pretest	156
8-35	Prueba-V pretest-postest en IDS191	157
8-36	Prueba-t pretest-postest en IDS172	158
8-37	Prueba-V pretest-postest en TPI2017	159
8-38	Prueba-t pretest-postest en APM172	160
8-39	Prueba-t pretest-postest en ICTS172	161
8-40	Prueba-V pretest-postest en PAI172	162
8-41	Prueba-V pretest-postest en ELE172	163
8-42	Prueba-V pretest-postest en Peama 172	164
8-43	Prueba-t pretest-postest en AAUMAP	165
8-44	Prueba-t pretest-postest en MSCCIVIL	166
8-45	Resumen de la creatividad de los cursos analizados	167
8-46	Correlación entre variables independientes y dependientes	169
8-47	Correlación entre variables independientes y dependientes en IDS182	171
8-48	Correlación entre variables independientes y dependientes en TPI2017	172
8-49	Correlación entre variables independientes y dependientes en APM172	173
8-50	Correlación entre variables independientes y dependientes en ICTS172	175
8-51	Correlación entre variables independientes y dependientes en PAI172	177
8-52	Correlación entre variables independientes y dependientes en ELE191	179
8-53	Correlación entre variables independientes y dependientes en Peama172	181
8-54	Correlación entre variables independientes y dependientes en MEC172182	182
8-55	Correlación entre variables independientes y dependientes en GER182	184
8-56	Correlación entre variables independientes y dependientes en ROB172182	187
8-57	Valores culturales predictores de las variables de creatividad	189
8-58	Valores culturales predictores de las variables de creatividad estandarizados	190
9-1	Principios de creatividad según el modelo PBL	203
10-1	Mecanismos que activan el comportamiento y la creatividad	220
A-1	Tipos de análisis bibliométricos con VOSviewer	275

E-1	Codificación TA	295
F-1	Codificación TA	381
G-1	Codificación TA	521
H-1	Variables QFC	533
K-1	Datos Originales IDS191	672
K-7	Resumen estadístico	681
L-1	Datos Originales IDS182	698
L-7	Resumen estadístico	706
M-1	Datos Originales TPI191	720
M-7	Resumen estadístico	730
N-1	Datos Originales ICTS172	744
N-7	Resumen estadístico	749
O-1	Datos Originales APM172182	764
O-7	Resumen estadístico	768
P-1	Datos Originales PAI172	782
P-7	Resumen estadístico	787
Q-1	Datos Originales PEAMA	802
Q-7	Resumen estadístico	805
R-1	Datos Originales MEC172182	818
R-7	Resumen estadístico	823
S-1	Datos Originales ELE191	838
S-7	Resumen estadístico	844
T-1	Datos Originales GER182	858
T-7	Resumen estadístico	863
U-1	Datos Originales ROB172191	878
U-7	Resumen estadístico	884
W-1	Datos CEDA #Prueba de normalidad de todos los cursos - muestras independientes sin parear	1032

Símbolos y acrónimos utilizados

b, B	Coefficiente de correlación
D^2	Distancia de Mahalanobis
\widehat{d}	Tamaño de efecto, cohen d.
F	Estadístico F.
H_0	Hipótesis nula
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
p	Probabilidad estadística
r	Correlación estadística
S	Varianza
S	Matriz de diagonales de desviación estándar
R^2	Coefficiente de determinación
t	Coefficiente de prueba t
x	Respuesta
y	Respuestas
W	Estadístico de prueba de Shapiro & Wilk
z	Puntaje
α	Confiabilidad asociada a Cronbach
α	Error estadístico
β	Coefficiente estandarizado de correlación
$\widehat{\gamma}_a$	Asimetría de la curva
$\widehat{\gamma}_c$	Curtosis de la curva
χ^2	Distribución "chi" cuadrado

AAUMAP	Masking og Produktion and Energii
ACP	Análisis de componentes principales, <i>PCA</i>
APM	Automatización de procesos industriales
CDI	Creatividad para diseño en ingeniería
CEDA	Creative Engineering Design Assessment
ELE	Elementos de Máquinas
GER	Gerencia de proyectos
IDS	Ingeniería y desarrollo sostenible
ICTS	Cátedra ingeniería, ciencia, tecnología y Societsad
KWT	Prueba de Kruskal Wallis
MEC	Mecanismos
PEAMA	Proyecto especial de movilidad académica
PAI	Proyecto aplicado de ingeniería
ROB	Robótica
PBL	Aprendizaje basado en problemas o proyectos
STEM	<i>Science, technology, engineering and mathematics</i>
TPI	Taller de proyectos interdisciplinarios

1 Introducción de la tesis

El diseño en ingeniería es una actividad profesional relacionada con la solución de problemas en cualquier nivel disciplinar. Para potenciar la capacidad de diseño, las personas necesitan ser creativas para ayudar a encontrar soluciones, pero al mismo tiempo, para adaptar tales soluciones a los cambios del entorno donde ocurren los problemas. Por otro lado, la investigación científica y profesional demanda individuos que puedan producir ideas novedosas para enfrentar los retos sociales actuales, o solucionar problemas tecnológicos. Sin embargo, la generación de ideas durante este proceso, voluntaria o involuntaria está estimulada por el entorno cultural. El cambio rápido en este entorno también está obligando a mejorar la educación, introduciendo modelos de aprendizaje, para favorecer la adquisición de competencias y habilidades profesionales. Algunos de esos modelos educativos actuales utilizan el aprendizaje basado en problemas y proyectos.

El PBL es reconocido por desarrollar varias competencias durante el trabajo del proyecto. Sin embargo, los mecanismos que hacen que la creatividad de un estudiante cambie durante el trabajo grupal continúan siendo estudiados en varios campos del conocimiento. Por esta razón, este estudio aborda el problema del desarrollo de la creatividad en PBL teniendo en cuenta los valores culturales expresados durante el trabajo de proyecto.

El estudio fue realizado en una institución universitaria multicultural, con un enfoque *realista crítico*, caracterizando varios cursos por su estrategia metodológica, con datos obtenidos a partir de la respuesta y percepción de los estudiantes.

1.1 Campo de investigación

La investigación presenta un modelo teórico para el desarrollo de la creatividad en el trabajo del proyecto, en el campo de diseño en ingeniería, con un enfoque en el aprendizaje basado en proyectos. Para el diseño en ingeniería utiliza la multidisciplinariedad y la transversalidad ya que la creatividad, la cultura y el proyecto son características que comparten todas las áreas del conocimiento de ingeniería.

Los resultados de esta investigación son útiles para el desarrollo de estrategias curriculares que incentiven el trabajo y el aprendizaje con proyectos, la formulación de un problema y la creatividad. En el campo profesional contribuyen con la definición de estrategias de entrenamiento en ingeniería y fomentar el desarrollo del diseño en general.

La educación en ingeniería está experimentando cambios profundos en las prácticas de enseñanza como en la disposición de los medios que tienen los estudiantes. Los puestos de trabajo no son ajenos

y exigen competencias cada vez mayores en los graduados. La universalización de la educación es una demanda de la sociedad, con estudiantes que aplican para movilización internacional presionando para que los sistemas de educación se organicen alrededor de sistemas globales de acreditación.

Por su parte, la creatividad en ingeniería es una de las competencias requeridas a los graduados, junto con otras como el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Todas son abordadas en este estudio ya que hacen parte de las habilidades creativas. Por lo tanto, la enseñanza en ingeniería se ha hecho más sofisticada y a la par, exige de mayores alcances.

1.2 Propósito y justificación de la investigación

El propósito de esta investigación es explicar el efecto de algunos de los factores del trabajo de proyecto de PBL sobre la creatividad para diseño en ingeniería, teniendo en cuenta la influencia de la cultura, para contribuir con el diseño programas y estrategias académicas que desarrollen la creatividad en los estudiantes.

1.3 Objetivos

Los enunciados de los objetivos de la investigación son tomados de [Rodríguez-Mesa \(2016, p.5\)](#), los cuales se reproducen a continuación.

1.3.1 Objetivo general

Explicar el efecto que tiene en los estudiantes el Aprendizaje Basado en Problemas sobre la creatividad para diseño en ingeniería, durante la realización del trabajo de proyecto, teniendo en cuenta la influencia de la cultura.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Presentar un marco general para estudiar la creatividad de diseño en ingeniería con PBL, incluyendo la influencia cultural
2. Explicar el concepto de creatividad a nivel de dominio, de campo y personal.
3. Explicar la relación que tienen las actividades del trabajo de proyecto con la creatividad para ingeniería.
4. Explicar los factores individuales y del grupo, durante la realización del trabajo de proyecto que tienen efecto sobre la creatividad.

5. Explicar la influencia de la cultura sobre la creatividad para ingeniería, durante la realización del trabajo de proyecto.

El objetivo específico 1, se refiere al marco teórico para interpretar la creatividad en la cultura. Su realización se apoya en revisión de la literatura. Este aspecto se utiliza para resolver los demás objetivos específicos. El objetivo específico 2, se refiere a las creencias sobre la creatividad desde el punto de vista del campo y a nivel de dominio del conocimiento. Este aspecto se utiliza para apoyar el proceso de observación y entrevistas. Los objetivos específicos 3 y 4 se refieren a los factores de PBL en el grupo durante la realización del trabajo de proyecto. Como tiene un carácter descriptivo utilizando elementos cualitativos, se enfoca, pero no se restringe a los siguientes factores:

- Las actividades son inherentes a la realización del problema, marcadas por el formato de PBL de cada curso, como la complejidad del problema, experiencia previa, el tiempo, el tipo de facilitación y los recursos físicos e intelectuales.
- Tareas del proyecto se refiere a las actividades que los miembros realizan para terminar o resolver el problema del proyecto, como por ejemplo el cronograma, la secuencia de tareas, la cantidad de trabajo, el tiempo y la presión, y los conflictos entre los miembros si esto fuera reportado en los datos.
- Conflicto entre los miembros, se refiere a las diferencias derivadas de las relaciones interpersonales, originadas principalmente por elementos culturales

La investigación utiliza una metodología mixta, con métodos cuantitativos y cualitativos. Los objetivos de la presente investigación están enmarcados en las siguientes preguntas principales de investigación:

- ¿Qué efecto tiene el trabajo de proyecto de Aprendizaje Basado en Problemas, sobre el desarrollo de la creatividad para diseño en ingeniería? Más aún,
- ¿Qué influencia tiene la cultura?

La palabra “qué” se utiliza a propósito para establecer el carácter explicativo de la presente investigación (Robson 2002, Creswell 2014) Las palabras trabajo de proyecto y Aprendizaje Basado en Problemas se escribieron en cursivas para facilitar la lectura.

En la investigación cualitativa, las preguntas de investigación son amplias y flexibles. De esa manera se facilita la inclusión de elementos inesperados y la reformulación de las preguntas cuando el diseño es realizado de manera secuencial (John Mingers 2006, Creswell 2014). Mas adelante, se aplicó para resolver los constructos de la encuesta de valor cultural. Por lo cual, se enmarca como un estudio de caso.

Como PBL tiene diferentes modelos y prácticas, para limitar la investigación a los factores del grupo que influyen a la creatividad, se formulan las siguientes preguntas específicas:

- ¿Qué factores de PBL individuales y del grupo influyen la creatividad para diseño en ingeniería?
- ¿Qué comportamiento individual y de grupo influyen al desarrollo de la creatividad para diseño en ingeniería?

Como se explica en la revisión de la literatura, los factores que podrían tener un efecto en la creatividad de los estudiantes no pueden verse de manera aislada, sino holísticamente. Al incluir la cultura, las dimensiones culturales obligan a observar algunos comportamientos adicionales.

1.4 Organización de la tesis

Este trabajo está organizado de la siguiente manera. Los Capítulos 2, 3 y 4 abordan las definiciones de PBL, de creatividad y de cultura con el fin de fundamentar los objetivos del estudio. Utilizando la argumentación trascendental, combina la abducción al tomar objetos de la realidad para redescubirla y reinterpretarla en el contexto de estudio de la tesis. Toma como punto de partida el análisis sistemático de la literatura con redes de producción de conocimiento y generando modelos para facilitar el análisis posterior. En el Capítulo 3 se da cumplimiento al objetivo específico 2 de este estudio.

El Capítulo 5 muestra el procedimiento utilizado para diseñar el cuestionario de factores culturales revelados, QFR. Esta sección explica cómo fue realizado dicho cuestionario con Análisis Temático a partir de entrevistas abiertas a un grupo de estudiantes dentro de dos ambientes de PBL, uno en la institución donde se realizó el análisis y el otro, complementario en la Universidad de Aalborg. Este cuestionario sería luego utilizado para interpretar el comportamiento cultural en cada uno de los cursos.

El Capítulo 6 explica la perspectiva del Realismo Crítico que fue utilizada como herramienta de análisis en la investigación, para soportar el hecho de combinar lo cualitativo con lo cuantitativo, junto con las inferencias realizadas para interpretar los mecanismos que operan entre la metodología PBL en los cursos utilizados, la creatividad y la cultura. También indica los modelos de estadística no descriptiva empleados para analizar las respuestas al cuestionario QFR y las respuestas al instrumento CEDA de evaluación de la creatividad. También explica los modelos utilizados para establecer la relación entre cultura y creatividad. Este capítulo, junto con los resultados de los capítulos anteriores constituyen el marco general para estudiar cultura y creatividad, así como la relación entre ambas.

El Capítulo 7 describe la muestra de los cursos desde el punto de vista del formato de la clase. Establece la relación entre estos y la definición de PBL obtenida en el Capítulo 2, para posteriormente encontrar la relación entre la creatividad y PBL.

El Capítulo 8 muestra los resultados obtenidos del análisis estadístico para cuatro etapas de obtención de resultados. La primera, la respuesta entre grupos que utiliza el conjunto de 108 variables del cuestionario, comparando las diferencias de cada variable entre los cursos utilizando las pruebas de Kruskal Wallis y de Conover- Iman, cuyos datos establecen si el método de PBL produce o no variaciones entre cursos. La segunda, la respuesta cultural dentro de los grupos, que muestra los resultados obtenidos del Análisis por Componentes Principales, ACP, de cada grupo para realizar una caracterización. La tercera etapa utiliza la prueba-t y la prueba de Wilcoxon para determinar las diferencias creativas entre grupos en cuatro aspectos de la creatividad: fluencia, flexibilidad, originalidad y utilidad. Luego, la última etapa presenta los resultados de la combinación entre las variables culturales asumidas como predictoras y las variables de la creatividad asumidas como criterio para obtener la relación entre las dos.

El Capítulo 9 discute los resultados obtenidos de creatividad desde el punto de vista del formato de los cursos estudiados. En este capítulo se da respuesta a los objetivos específicos 3 y 4 de este estudio.

Finalmente, en el Capítulo 10 explica la relación que tiene la cultura con PBL y la creatividad. De esta manera se obtienen los mecanismos de PBL a favor y en contra de la creatividad, cumpliendo con el objetivo específico 5 y el objetivo general de este estudio.

1.5 Productos de trabajo

La realización de esta investigación produjo varios trabajos de investigación y actividades complementarias, algunas de las cuales se reseñan a continuación.

1.5.1 Tesis de maestría

1. Master of Problem Based Learning in Engineering and Science. Aalborg University. Rodríguez-Mesa FJ. Introducing PBL project-work to engineering students in a traditional school. [Denmark]: Aalborg University; 2018.

1.5.2 Artículos de investigación

- 2 Guerra A, Rodriguez F. Educating engineers 2030 – PBL, social progress and sustainability. Eur J Eng Educ [Internet]. 2021 Jan 2;46(1):1–3.

1.5.3 Artículos de congreso, conferencia o simposio

- 3 Rodríguez-Mesa FJ, Peña JI, Peña-Reyes JI. Achievements in interdisciplinary engineering education at Universidad Nacional de Colombia: showing six years of experiences. In: de Graaff E, Guerra A, Kolmos A, Arexolaleiba NA, editors. 5th International Research Symposium on PBL, part of International Joint Conference on the Learner in Engineering Education (IJCLEE 2015): Development of a Global Network for PBL and Engineering Education. San Sebastián, España: Aalborg University Press; 2015. p. 106–15
- 4 Rodríguez-Mesa FJ, Peña JI. Teaching problem-based learning to engineering interdisciplinary graduate students. Proc PAEE/ALE'2016, 8th Int Symp Proj Approaches Eng Educ 14th Act Learn Eng Educ Work. 2016;6:620–8.
- 5 Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ, González FA. PBL and Engineering Curriculum Change in Latin America: 10 examples and the lessons learned. In: Guerra A, Rodriguez FJ, Kolmos A, Reyes IP, editors. PBL, Social Progress and Sustainability 6th International Research Symposium on PBL, 3-5 Julio 2017 [Internet]. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia; 2017. p. 268–78
- 6 Rodríguez-Mesa FJ, Guerra A, Graaff E De, Reyes JIP. Trends in Engineering Education Research: A systematic database analysis. In: Research in Engineering Education Symposium 6-8 July 2017. Bogota; 2017.
- 7 Rodríguez-Mesa FJ, Nørgaard B, Zhou C, Peña-Reyes JI. Developing Creativity among Engineering Design Students. In: Proceedings of the 45th SEFI annual conference 18-21 Sep. Angra do Heroismos, Angra do Heroísmo – Terceira Island, Azores, Portugal: SEFI: European Association for Engineering Education; 2017. p. 237–44.
- 8 Rodríguez-Mesa FJ, Molina A, Peña J. Interdisciplinary humanitarian projects with PBL to motivate team performance. In: Proceedings of the 7th International Research Symposium on PBL (IRSPBL 2018). 2018. p. 1–10.
- 9 Rodríguez-Mesa FJ, Peña-Reyes JI. Facilitating process competencies with digital workspace. In: Proceedings of the 7th International Research Symposium on PBL (IRSPBL 2018). Beijing, China; 2018.
- 10 Rodríguez-Mesa FJ, Peña-Reyes JI. The role of the dummy student to improve creative ideas. In: 11th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE). Hammamet, Tunisia; 2019.
- 11 Rodríguez-Mesa F, Spliid CM. Information management impacts when students configure the project-work. In: 8th International Research Symposium on PBL (IRSPBL), Aalborg, Denmark, 18 August,. 2020. p. 527–37.
- 12 Rodríguez-Mesa FJ, Spliid CM, Peña-Reyes JI. A case study for project work effects in creativity. In: IRSPBL 2021. Aalborg University, Denmark; 2021.

1.5.4 Capítulos de libro

- 13 Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ. Revolución en la educación de ingeniería: ¿Cómo puede contribuir PBL? In: Rodríguez-Mesa FJ, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería Teoría y práctica [Internet]. Aalborg, Denmark: Aalborg University Press; 2017. p. 1–11. Available from: [http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-\(1\)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx](http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-(1)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx)
- 14 Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ, González FA. Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL. In: Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ, González F, Ramírez MC, editors. Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano. Aalborg University, Denmark: Aalborg University Press; 2017. p. 2–18.
- 15 Rodríguez-Mesa, Fernando; Kolmos, Anette; Guerra A. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. 2017;277.
- 16 Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ, González FA. Los cambios hacia el PBL: Lecciones aprendidas. In: Guerra A, Rodríguez-Mesa F, González F, Ramírez MC, editors. Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano. Aalborg University, Denmark: Aalborg University Press; 2017. p. 212–25. Traducciones compiladas en libro y publicadas
- 17 Rodríguez-Mesa F (Trad. . Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería: Teoría y Práctica [Internet]. Rodríguez-Mesa FJ, Kolmos A, Guerra A, editors. Aalborg, Denmark: Aalborg University Press; 2017. Available from: [http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-\(1\)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx](http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-(1)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx)
- 18 de Graaff E, Kolmos A. Características del aprendizaje basado en problemas. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería: Teoría y práctica. Aalborg Universitet.: Aalborg Universitetsforlag; p. 24–39.
- 19 Spliid CCM. Control de proyectos y procesos en el modelo del PBL de Aalborg. In: Rodríguez-Mesa F, Anette Kolmos, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 168–82.
- 20 de Graaff E, Kolmos A. Historia del aprendizaje basado en problemas y proyectos. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 12–24.
- 21 Spliid CCM. La discusión en los grupos de proyecto del PBL: construcción de aprendizaje y gestión. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 108–30.
- 22 Kolmos A, de Graaff E. Gestión de cambio al PBL. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 230–46.
- 23 Kolmos A. Premisas para cambio a PBL. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 247–56.
- 24 Dahl B, Kolmos A. Actitudes de los estudiantes frente a los exámenes grupales en el aprendizaje

- basado en proyectos en dos programas de ingeniería. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 183–208.
- 25 Kofoed LB, Hansen S, Kolmos A. Enseñanza de competencias de proceso en un currículo con PBL. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 88–107.
- 26 Kolmos A, de Graaff E, Du X. Diversidad del PBL: Principios y modelos de aprendizaje. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 39–57.
- 27 Kolmos A, Du X, Holgaard JE, Jensen LP. La facilitación en un entorno de PBL. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 58–88.
- 28 Kolmos A. Alcanzando el cambio curricular en la educación de la ingeniería. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 257–63.
- 29 Holgaard JE, Petersen LS, Guerra A, Kolmos A. Control del problema en un entorno de PBL. In: Rodríguez-Mesa F, Kolmos A, Guerra A, editors. Aprendizaje basado en problemas en ingeniería: Teoría y práctica. Aalborg Universitetsforlag; 2017. p. 130–67

1.5.5 Editor

- 17 Rodríguez-Mesa F (Trad. . Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería: Teoría y Práctica [Internet]. Rodríguez-Mesa FJ, Kolmos A, Guerra A, editors. Aalborg, Denmark: Aalborg University Press; 2017.
- 30 Guerra A, Rodríguez-Mesa F, González F, Ramírez MC, Editores. Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano [Internet]. Aalborg, Denmark: Aalborg University Press.; 2017.
- 31 Guerra A, Rodríguez-Mesa FJ, Kolmos A, Reyes IP, editors. PBL, Social Progress and Sustainability [Internet]. 1. Aalborg Universitetsforlag; 2017. (International Research Symposium on PBL).

1.5.6 Eventos organizados

- 6th International Research Symposium on PBL: Social Progress and Sustainability - Bogotá, Colombia 3 jul. 2017 → 5 jul. 2017 Celebrado en la Universidad Nacional de Colombia, Participación de 53 países <https://www.ingenieria.bogota.unal.edu.co/irspbl2017/> (No disponible actualmente) Organizado y celebrado entre la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Aalborg en Dinamarca.

1.5.7 Otros

- Visita a 9 países en eventos y cursos relacionados con PBL.
- Visita a 5 Universidades con programas con PBL
- Panelista en Panamerican PBL en 2016: Perspectivas, horizontes y desafíos del ABP en países latinoamericanos

1.5.8 Pasantía

- 12 meses en Universidad de Aalborg 2016

1.6 Obstáculos y dificultades

La culminación de un trabajo de investigación en cualquier proyecto supone atravesar algunas dificultades o problemas mayores. A continuación, se reseñan algunas de las dificultades reflexivamente con el propósito de mostrarle al lector los problemas que puede causar la definición de un problema amplio o las metodologías utilizadas cuando la investigación utiliza metodologías mixtas, cualitativa y cuantitativa, las cuales son usuales en la investigación social (e.g. [Creswell 2014](#)).

La combinación de tres marcos de referencia tan amplios como son el aprendizaje, la creatividad y la cultura constituyeron el principal reto metodológico y analítico de esta investigación. El PBL contiene modelos y variaciones al modelo, la creatividad numerosas escuelas y enfoques en varios campos del conocimiento, mientras que la cultura es tratada a partir de múltiples definiciones disciplinares. La revisión sistemática de la literatura permitió construir racimos de análisis destinados a elegir, bajo tendencias, las posiciones de investigaciones o estudios relacionadas, para luego de observar su pertinencia, elegir el modelo adecuado para el estudio. Además, la revisión sistemática si bien requiere conocimiento previo relativamente profundo, ayudó a romper paradigmas preestablecidos contribuyendo a los alcances de la investigación.

Las pruebas de creatividad diseñadas a priori y a posteriori, más la prueba de cultura QFR las cuales debían emparejarse, fueron particularmente difíciles de obtener en esta investigación. Estas pruebas tenían un lapso entre su aplicación inicial y su aplicación final. Los cursos y estudiantes debían ser los mismos en las tres pruebas al punto tal que para encontrar la relación entre creatividad y cultura con un mayor índice de confiabilidad, cada estudiante debía haber realizado tres pruebas. A pesar de que hay análisis estadístico que no requieren que la muestra sea la misma para los tratamientos a priori y a posteriori, el diseño de esta investigación si lo requería, especialmente por los antecedentes de aprendizaje de los estudiantes, el formato de los cursos y su contenido. En este aspecto, debía mantenerse la disposición de comienzo a fin y el compromiso anunciado por los participantes. Como resultado de lo anterior hubo bastantes respuestas sin emparejamiento, cursos

donde luego de la primera prueba no se permitió la segunda, y estudiantes que no contestaron todas las tres pruebas.

Para superar estas dificultades se trató de utilizar algún incentivo por la participación en la sesión de media hora de la prueba CEDA, en algunos participantes que se habían arrepentido para la segunda prueba, pero esto nunca funcionó. Resultó siendo positivo para la investigación ya que obligó a utilizar alternativas de cálculo, como considerar el campo vectorial de Análisis por Componentes Principales de un curso para observar los efectos indirectos de otros como se explica en la Sección 6.6.

Aunque se esperaba una participación baja en las pruebas QFR, la participación fue relativamente alta. Las 108 respuestas fueron diseñadas con la escala de Likert de 5 puntos, para mantener el tiempo de respuesta bajo, mientras el conjunto de respuestas cumplía con el propósito de la medición. El número de respuestas generaba temor en algunos profesores o tutores de cursos sobre si era o no conveniente pasar esta encuesta, especialmente cuando ellos mismos iban a pasar otra encuesta en sus cursos. Las respuestas de la prueba no eran anónimas y quizá esto deprimió en algún grado a la participación.

El manejo de datos del estudio cualitativo fue extenso debido a la amplitud que tiene la pregunta de investigación. Las preguntas abiertas abarcaron todo el rango de posibles ingredientes de PBL produciendo un elevado número de patrones en el análisis temático. Los resultados fueron positivos y útiles para cumplir con los objetivos de la tesis.

Las encuestas y pruebas estadísticas fueron afectadas por circunstancias externas. Como las pruebas evalúan el desarrollo de los cursos con PBL bajo condiciones normales, en varias oportunidades hubo paros académicos con suspensiones de clases, especialmente durante el segundo semestre del 2018 y en 2019 que obligaron a eliminar pruebas. Así mismo, se pretendían realizar algunas entrevistas confirmatorias para una segunda ronda de pruebas con los hallazgos. Tampoco se pudieron realizar por las mismas razones. Al final, el trabajo se extendió en el tiempo y se ajustaron favorablemente los modelos estadísticos.

Para este estudio se tenía planeado realizar algunas pruebas ya acordadas en la Universidad de Purdue. Las pruebas no pudieron ser realizadas ya que debían cumplirse algunos protocolos que no se habían considerado en la propuesta. Esto básicamente era para comparar los modelos de PBL en Aalborg, Purdue y el implementado en la Universidad Nacional. Finalmente, esto no fue necesario ya que los elementos de la cultura se extrajeron convenientemente de una sola institución. No obstante, esta opción sigue latente para una prueba futura con los resultados de esta investigación.

2 El trabajo de proyecto

Este capítulo presenta el concepto del trabajo del proyecto en el marco del aprendizaje basado en proyectos PBL. El propósito es presentar el modelo y principios para establecer la relación con la creatividad y la cultura en este estudio.

El trabajo del proyecto es una práctica educativa que se ha utilizado por mucho tiempo para el aprendizaje en diversas áreas del conocimiento. En la era moderna, las ideas del pragmatismo (e.g. Dewey 1916) y “el método del proyecto” (Kilpatrick 1918, Blumenfeld et al. 1991) son frecuentemente citadas como referentes del trabajo sistemático con proyectos en la educación. Hacia mediados de los 60’ se comenzó a introducir el problema como un elemento clave en la educación centrada en el estudiante y a comienzos de los 70’, nació el aprendizaje basado en problemas y proyectos, cuando algunas universidades comenzaron a introducir el problema y al proyecto, también en prácticas educativas centradas en el estudiante (Guerra et al. 2017b).

El aprendizaje basado en problemas, o *problem-based learning* (PBL por sus siglas en inglés) agrupa actividades curriculares utilizadas en cualquier área del conocimiento tanto en la educación primaria, secundaria y terciaria, como en los procesos de formación y entrenamiento profesional, con cursos de corta duración. El aprendizaje con problemas, centrado en los estudiantes, implica que un estudiante, solo o en grupo, resuelva un problema real para aprender sobre algún tema dentro de un currículo, problema que existe en la sociedad y acotado. Si es diseño en ingeniería, el problema real será transformado a un problema de diseño que utilizará métodos, casi siempre disciplinares, dirigidos a la adquisición de conocimiento y competencias de los resultados de aprendizaje esperados.

En el aprendizaje basado en proyectos o *project-based learning*, también conocido con el mismo acrónimo PBL de *problem-based*, el problema es el eje del proyecto que será utilizado como medio de aprendizaje de los estudiantes (Guerra et al. 2017b), o también el problema de diseño. El problema es el punto de partida del proyecto, compartiendo los mismos fundamentos teóricos que en el aprendizaje basado en problemas (De Graaff & Kolmos 2007).

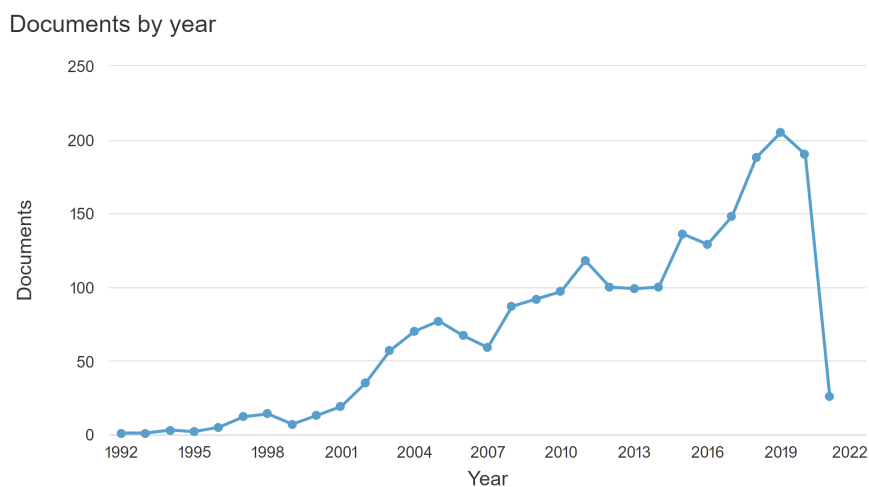
2.1 Revisión sistemática de PBL

La revisión sistemática de esta sección enfocada en las escuelas de PBL tiene el propósito de explicar la relación del modelo utilizado con otros modelos predominantes de PBL. En la propuesta de este estudio se revisaron varias definiciones de PBL transversales a los modelos que se reportan en publicaciones para proponer el modelo de PBL que se ajusta al cumplimiento de los objetivos de esta investigación (Rodríguez-Mesa 2016), de donde son tomados los principios de aprendizaje para

luego relacionarlos con la creatividad, los cuales, soportan la ecuación de búsqueda generalizada utilizada para la revisión bibliográfica a continuación.

Para el año 2021, había más de 17.400 publicaciones, solamente en Scopus. La mayoría de estas con enfoque en la práctica educativa, con varios ejes temáticos como el desempeño, desarrollo curricular o el interdisciplinario (Rodríguez-Mesa et al. 2017). De estas, más de 2100 son publicaciones de ingeniería, las cuales han crecido durante los últimos años, tal como lo indica la Figura 2-1

Figura 2-1: Progresión de publicaciones de PBL en ingeniería. Tomado de la herramienta de análisis de Scopus (Elsevier 2020)



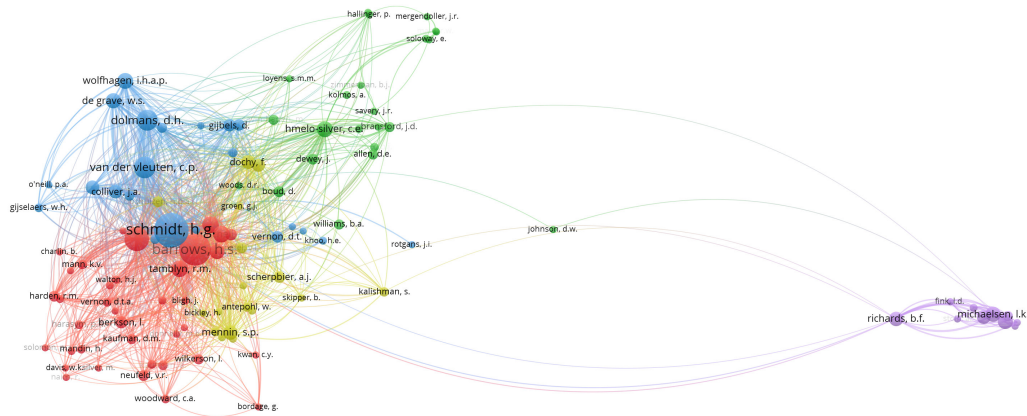
La búsqueda sistemática utilizó definiciones de PBL aceptadas por autores que han estudiado al PBL a partir de varios modelos. Los autores y modelos pueden encontrarse con los indicadores de cocitación en la muestra seleccionada de publicaciones. Para el caso de PBL se encontró una cantidad representativa de revisiones de PBL, que permitirá realizar el análisis de conglomerados.

La clave de búsqueda TITLE ("problem-based learning" OR "team-based learning" OR "case-based learning" OR "project-based learning" OR "inquiry-based learning") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "re")) encontró 321 artículos de revisión indexados a Diciembre de 2020.

Los artículos fueron procesados en VOSviewer (Leiden University 2017), por cocitación de autor, con un umbral de 13 publicaciones en las referencias correspondientes al 35% de la cantidad de artículos procesados. Para el análisis fueron corregidos los nombres y apellidos de los autores, sin eliminar registros. En la Figura 2-2 se muestran 5 racimos encontrados, de modelos influyentes de PBL.

En la parte central de la figura se encuentran cuatro grupos influyentes de modelos de PBL claramente definidas. Las dos escuelas de las universidades de Maastricht y de McMaster, de Holanda y Canadá respectivamente, son dos modelos originales de la década de los 60 para medicina que

Figura 2-2: Racimos de modelos influenciadores de PBL. De 11300 autores referenciados en 321 publicaciones



luego fueron ampliados a otros programas. Los autores representativos de estos modelos, por la cantidad de citas que tienen son [Schmidt \(1983\)](#), [Schmidt et al. \(2009, 2011\)](#), [Dolmans et al. \(2001, 2005\)](#). Algunos autores aparecen en este racimo o en otros debido a estudios sobre la eficacia del método como [Azer \(2001\)](#), [Colliver \(2000\)](#), [Dochy et al. \(2003\)](#). Así mismo, de McMaster, con raíces constructivistas publicaciones de autores como [Neufeld & Howard S \(1974\)](#), [Barrows & Tamblin \(1980\)](#), [Neufeld et al. \(1989\)](#), [Blumberg & Michael \(1992\)](#), [Albanese & Mitchell \(1993\)](#), [Berkson \(1993\)](#).

En la zona inferior derecha se encuentran otros modelos, también originados en escuelas médicas, que combinan principios de los modelos de Maastricht y McMaster. Por ejemplo, en las Universidades de Colonia y Linköping ([Antepohl & Herzig 1999](#), [Antepohl et al. 2003](#)), el modelo de la Universidad de Nuevo México ([Kaufman et al. 1989](#)), el modelo denominado *experience-based learning* en donde la educación médica se enfoca en el lugar o la comunidad del problema ([Mennin 2007](#), [Dornan et al. 2007](#)).

En la parte derecha de la Figura 2-2 se encuentran los modelos de problema centrados en equipo, que surgen para resolver el problema de los recursos humanos que demanda PBL cuando se tienen muchos estudiantes y pocos profesores ([Burgess et al. 2020](#)). Los equipos usualmente se organizan para trabajar activamente en las sesiones de clase. Estos modelos se han desarrollado para escuelas médicas como las mostradas en los tres racimos anteriores. El racimo mostrado incluye los trabajos de [Michaelsen & Sweet \(2008, 2011\)](#) y de [Parmelee & Michaelsen \(2010\)](#), [Haidet et al. \(2012\)](#) sobre la organización de los equipos y el currículo, con enfoque en áreas de la medicina y la psicología educativa, y los trabajos de [McKenzie et al. \(2004\)](#) en ingeniería.

En la zona superior de la Figura se encuentran los modelos de PBL que utilizan el problema como punto de partida para el conocimiento en un proyecto. Estos modelos también tienen raíces constructivistas, pero introducen la experiencia real de la pedagogía de Dewey con otros

autores, formulando principios de aprendizaje con varias orientaciones para currículo en STEM, y específicamente en ingeniería. El PBL de estos modelos suele utilizar tareas cortas (Savery & Duffy 1995) o problemas más elaborados con modelos que se aplican a varias disciplinas (Kolmos et al. 2009).

Adicionalmente, estos modelos suelen utilizar estrategias curriculares personalizadas, enfocarse en adquisición de competencias para la resolución de problemas transversales, aprendizaje dirigido al yo, autónomo y activo, trabajo real, con colaboración o cooperación y creación de grupos o comunidades para incentivar el aprendizaje.

La Figura 2-3 resume los racimos encontrados en la revisión de la literatura, la cual se deriva de la Figura 2-2. La dirección de las flechas indica el sentido de influencia de una escuela a otra. Existen otros modelos reconocidos de problemas que no aparecen en las gráficas ya que la búsqueda realizada no tenía los umbrales necesarios de cocitación para originar racimos, como en el caso de la Universidad de Newcastle (Neame 1989).

Las escuelas que utilizan tareas y proyectos tienen principios coherentes con el problema de diseño. En este racimo se encuentran modelos como el Aalborg (Aalborg University 2015), el de la Universidad de Mondragón (Arana-Arexolaleiba & Zubizarreta 2017), el de la Universidad Olin (Olin College of Engineering 2020), el de Iron-Range (Johnson et al. 2015), de la Universidad de Tsinghua (Lin & Chen 2017a) denominado *challenge-based learning*, de Malasia con el modelo *cooperative-based learning* (Mohd-Yusof et al. 2011), los modelos aplicados a nivel de curso en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Blair et al. 2002), y el modelo de *team-based learning* de Purdue (e.g. Laware & Walters 2004),

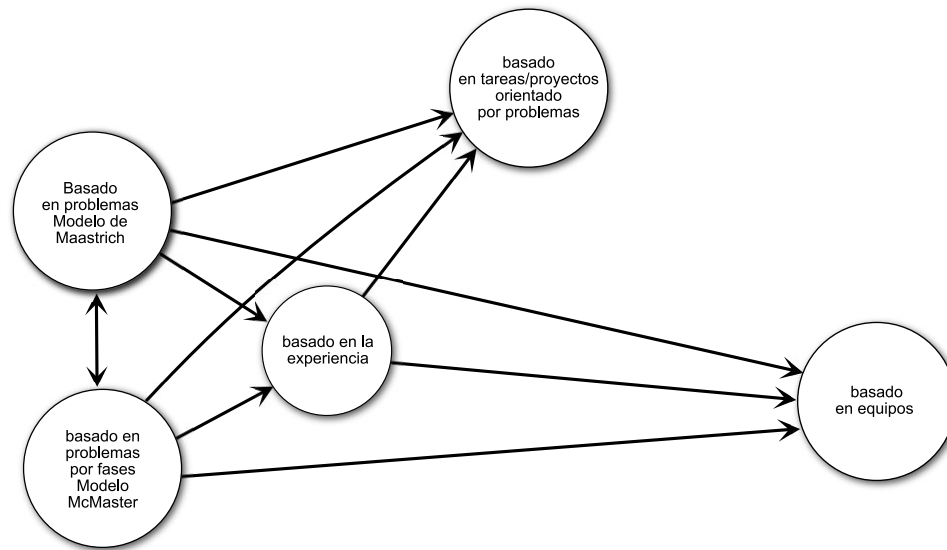
El modelo de Aalborg fue tomado como referencia ya que es un modelo tradicional, probado y con la experiencia de casi 50 años de estar funcionando en ingeniería. Los principios generales, que hacen que PBL funcione están reseñados por Rodríguez-Mesa (2018).

El trabajo del proyecto es lo que caracteriza al PBL en ingeniería, utilizando principios de aprendizaje generales de PBL. Como parte de esta investigación, los aspectos teóricos que han influenciado el trabajo de proyecto han sido explicados por Rodríguez-Mesa (2018), los cuales se describen a continuación.

2.2 Aprendizaje basado en problemas y proyectos

La práctica de PBL tiene una variedad de modelos de educación, pero en general todos comparten las mismas características (Erdogan & Bozeman 2015, Savin-Baden 2007, Kolmos et al. 2009). Lo que los hace diferentes a todos, es cómo conciben y aplican el PBL (e.g. Shpeizer 2019, Savery & Duffy 1995, Barrows & Tamblyn 1980, Dos Santos et al. 2013); es decir, cómo está organizado PBL en el currículo, si está combinado o no con otras prácticas (Hoic-Bozic et al. 2009), si es en línea o

Figura 2-3: Conceptos de PBL predominantes y su relación entre sí



no (Car et al. 2019), si es para pequeños o grandes cursos (Parker & Polston 2012), si el problema es de corta duración o no (Parker & Polston 2012), si es para enseñar a estudiantes novatos o expertos (Savin-Baden 2006), o si es para una educación combinada de diferentes profesiones.

De acuerdo con las características que comparten los modelos, De Graaff & Kolmos (2003) señalaron cinco principios de aprendizaje relacionados con la solución de los problemas. Sostienen que los problemas de PBL deben ser: (1) reales, (2) encaminados al aprendizaje autodirigido, (3) interdisciplinarios, (4) ejemplares y (5) para resolver en grupos (De Graaff & Kolmos 2003, 2007). Según Kolmos & De Graaff (2015), el aspecto social lo cubre el trabajo en equipo y las negociaciones que tienen los estudiantes en el grupo cuando ellos organizan su propio aprendizaje. Pero este aspecto social de PBL debería estar incluido en lo real y lo ejemplar. En consecuencia, como parte de este trabajo de investigación, Rodríguez-Mesa (2018) sugiere la inclusión de un elemento adicional explícito (6) las interacciones societales para enfatizar en la importancia que tienen las relaciones entre la academia, la industria y la sociedad, las cuales se explicarán más adelante.

2.3 PBL desde la teoría

La aplicación de la teoría en una práctica educativa está relacionada con estudios de la sociología y la psicología. Por su parte, las teorías que se apropian en una práctica educativa tienen influencia sobre ella; la cual se denomina en este estudio como influencia intelectual en PBL.

Las primeras versiones de PBL, de hace cerca de 50 años, no informaron sobre algún tipo de influencia intelectual predefinida, sino que informaron sobre la efectividad de PBL como modelo

académico. Esto lo evidencian el contenido de los primeros documentos seminales de referencia con PBL (e.g. [Schmidt 1983](#), [Neufeld & Howard S 1974](#), [Spaulding 1969](#)). Incluso en las primeras publicaciones de en ingeniería, PBL se conoció como el trabajo del proyecto ([Guerra et al. 2017b](#)). Pero luego, en los últimos 30 años, los estudiosos de PBL comenzaron a introducir teorías de aprendizaje para respaldarlo como un método fundamentado para el aprendizaje e implementarlo en diversas instituciones alrededor del mundo ([Graham 2018](#), [Servant 2016](#)).

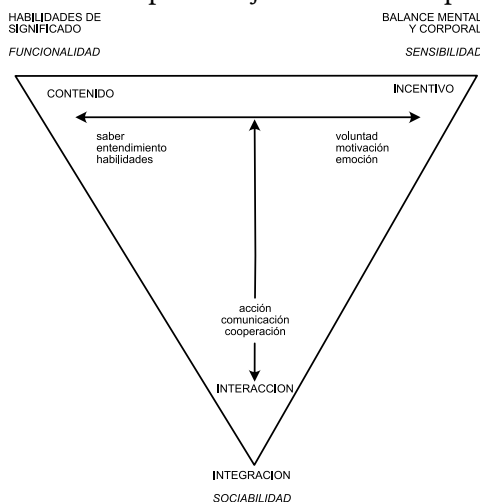
PBL comenzó a finales de los años 60 y principios de los 70, con algunas universidades que históricamente son reconocidas como modelos de referencia: McMaster (1969) en Canadá, Maastricht (1974) en los Países Bajos, y Roskilde (1972) y Aalborg (1974) en Dinamarca ([Dauphinee 1993](#), [De Graaff & Kolmos 2007](#), [Savin-Baden & Major 2004](#), [Schmidt 1983](#)). De estos modelos, el de Aalborg se enfocó en el trabajo de proyecto mientras que los otros en el trabajo del problema o el estudio de casos de corta duración.

Las cuatro universidades históricas enfocan el PBL hacia varias áreas del conocimiento. El modelo de la universidad de McMaster fue diseñado para disciplinas de la salud, apoyando al aprendizaje mediante casos clínicos reales en grupos denominados tutoriales ([Barrows & Tamblyn 1980](#), [Neufeld & Howard S 1974](#), [Spaulding 1969](#), [Vernon & Blake 1993](#)). El modelo de Maastricht utiliza un procedimiento metódico de siete pasos como herramienta pedagógica para apoyar el aprendizaje ([Schmidt 1983](#)). El modelo de Roskilde utiliza el trabajo interdisciplinario orientado a los problemas y dirigido a los participantes, enfatizando en la definición del problema y el proceso de investigación ([Andersen et al. 2015](#)). En Aalborg, el modelo está basado en problemas y organizado por proyectos, siendo el problema el punto de partida del proceso de aprendizaje ([Aalborg University 2015](#)). Su modelo es utilizado durante todo el ciclo educativo y se basa en los principios daneses de educación.

Según [Illeris \(2007\)](#), el proceso de aprendizaje ocurre en tres dimensiones: contenido, incentivo e interacciones (Figura 2-4). La dimensión del contenido abarca aspectos cognitivos del aprendizaje como el saber, las habilidades, los valores, el comportamiento y los sentimientos. La dimensión de incentivo se refiere al gasto mental que un individuo está dispuesto a realizar consciente o inconscientemente, con la motivación, la emoción y la voluntad. Finalmente, en la dimensión de la interacción se incluyen actividades sociales y materiales que afectan a estas dos dimensiones iniciales, bien sea promoviéndolas o apoyándolas. Estas actividades sociales tienen muchas capas que van desde eventos situados, de orden local, institucional, nacional o ambiental. Mientras que lo material puede incluir tanto aspectos de comunicación escrita, gráfica y visual como de trabajo mutuo ([Illeris 2018](#)).

Ya que la dimensión de contenido involucra teorías de aprendizaje que le apuntan al conocimiento, habilidades, comportamiento y valores, Illeris consideró cuatro teorías influyentes de la primera mitad del siglo XX: el gestaltismo (en [Schunk 2011](#)), el conductismo (en [Watson et al. 2009](#)) el pragmatismo ([Dewey 1916, 1938](#)), la teoría cultural-histórica rusa ([Vygotsky 1986, 1978b](#)) y el

Figura 2-4: Dimensiones de aprendizaje de Illeris. Adaptado de Illeris (2007)



constructivismo de Piaget (Piaget 1950, 1952). Illeris sostiene que estas teorías han sido fuente de inspiración para muchas otras.

Aunque estas son solamente cuatro categorías preponderantes en la educación y han sido útiles, las dimensiones del ser humano a nivel personal y social afectan su capacidad de aprendizaje. Además, una persona debería adquirir saberes y habilidades en todas sus dimensiones. Illeris señala que esto ocurre con una combinación de los tres vértices dimensionales señalados en la Figura 2-4. Las formas tradicionales de enseñanza aprendizaje son exitosas, pero están solamente enfocadas en el área de contenido.

2.4 Influencia intelectual en PBL

El pragmatismo, la psicología constructivista y el humanismo parecen ser la raíz teórica de PBL en las primeras universidades. Aunque las cuatro universidades pioneras trabajan en un contexto y enfoques particulares, el trabajo del proyecto y el aprendizaje basado en problemas fusionan la influencia intelectual de Piaget, Vygotsky, Bruner, Dewey y Rogers. Según Servant (2016) esta influencia llegó a la Universidad de Maastricht por Schmidt (cf. Schmidt 1989, Schmidt et al. 2011), pero en Canadá parece no haber evidencia de influencia constructivista temprana debido a la falta de referencias en las publicaciones de sus fundadores Barrows, Neufeld y Spaulding (cf. Neville 2008), siendo instrumentales en la definición del problema (Barrows 1986, Spaulding 1969). Mientras tanto, en Dinamarca la influencia constructivista llegó de manera diferente con los principios educativos daneses en la educación superior y algunos pensadores alemanes como Oskar Negt.

Los movimientos sociales europeos de la primera mitad del siglo XX forzaron la realización de reformas en el sistema educativo danés hacia la democratización en la década de los 60 y adminis-

trativos en los años 80 (Bjerg et al. 1995). El Sindicato de Estudiantes de Dinamarca (DSF- Danske studerendes fællesråd) promovió la participación de estudiantes y el empoderamiento de la sociedad a través del aprendizaje autónomo y el trabajo en proyectos (Andersen et al. 2015). En este contexto, Illeris desarrolló los principios de aprendizaje danés del trabajo en proyectos, considerando las ideas de Piaget, Dewey, Bruner, Negt y Rogers (Illeris 1991), como se señaló en la sección anterior.

Es decir, los principios de trabajo de proyecto, reseñados al comienzo del capítulo, se han ido robusteciendo y adaptado a cada modelo de PBL según sea el enfoque educativo. Servant (2016) sostiene que existen nueve autores clave en PBL, los cuales son mostrados en la Tabla 2-1. Estos autores fueron categorizados de acuerdo con los principios de PBL, el triángulo de aprendizaje de Illeris y su influencia intelectual posteriormente por Rodríguez-Mesa (2018).

Tabla 2-1: Resumen de la influencia intelectual en los principios de aprendizaje de en PBL. Adaptado de Rodríguez-Mesa (p.12 2018)

Autor	#	Influencia intelectual	Referencias
Jean Piaget	1	Adquisición del aprendizaje	(Piaget 1952)
	2	Experiencial	
John Dewey	3	Transacciones entre individuo y contexto	(Kolb 1984) (Dewey
	4	Reflexión	1938)
	5	Acción	
Donald Schön	6	Aplicación profesional	
	7	Convergente	
	8	Divergentes	(Schön 1983)
	9	Abordar la incertidumbre y la singularidad	
Jerome Bruner	10	Abordar el conflicto	
	11	Motivación	(Bruner 1959, 1978,
	12	Abordar los problemas	1960) (Wood et al.
	13	Aprendizaje por descubrimiento	1976a)
	14	Andamiaje	
Carl Rogers	15	Centrado en el estudiante	
	16	Pocas clases	
	17	Profesor como facilitador	
	18	Diferenciación	
	19	Relajación mental	
	20	Abordar prejuicios	

continúa en la próxima página
(Rogers 1961)

	21	Abordar signos	
	22	Abordar creencias	
	23	Abordar valores	
	24	Voluntad	
	25	Motivación	
	26	Propósito para aprender	
	27	Prejuicios históricos	
	28	Clima de aprendizaje	
En grupos	29	Colaboración	(Vygotsky 1978a),
	30	Cooperación	(Davidson & Major
	31	Composición del grupo	2014)
Jean Lave & Etienne Wenger	32	Participación social	
	33	Participación societal	(Lave & Wenger 1991)
	34	Orientado a la comunidad	
	35	Aplicación societal	
	36	Competencias sociales	(Zeuner 2013),
	37	Orientación a la acción social	(Andersen et al. 2015),
Oskar Negt	38	Aplicación científica & No-científica	(Negt 1975),
	39	Métodos alternativos de aplicación	(Wagenschein 1956)
	40	Habilidades aplicables	
	41	Métodos aplicables	
Ulrich Beck	42	Reflexión sobre el riesgo social	(Beck 1992)

2.4.1 Jean Piaget

Las ideas de Piaget (1952) tienen influencia en el tipo de contenido. Piaget consideró que el proceso de aprendizaje involucra cuatro tipos de aprendizaje: acumulativo, asimilativo, acomodativo y transformativo. El acumulativo utiliza la memoria. El asimilativo es una reorganización estructural de esquemas mentales para generar conocimiento y habilidades. El acomodativo es la movilización y adaptación de lo asimilado a otros contextos o situaciones. El aprendizaje transformativo es una reorganización estructural, que ocurre borrando esquemas y creando nuevas estructuras asimilativas.

2.4.2 John Dewey

John Dewey está relacionado con el trabajo del proyecto, dándole sustento al aprendizaje basado en la experiencia (Blumenfeld et al. 1991, De Graaff & Kolmos 2003, Barron et al. 1998, Han et al. 2015, Kolmos & De Graaff 2015). Dewey sostiene que la experiencia y la interacción con el entorno

es la base para la adquisición de aprendizaje y para darle propósito (Dewey 1938). Mientras un individuo aprende con la experiencia conoce más, pero al mismo tiempo crea propósito y le impulsa para adquirir nuevo conocimiento. En consecuencia, el aprendizaje con la experiencia es un espiral que opera con ciclos que avanzan en el tiempo, provocando una movilización en la dimensión de contenido hacia el incentivo.

Más tarde, Kolb integró el trabajo de Piaget con el de Dewey formulando lo que se conoce como Aprendizaje Experiencial (Kolb 1984). El aprendizaje experiencial se ve como un proceso de adquisición de contenidos enfocado en los procesos de adquisición y asimilación de Piaget. Kolb se enfoca en uno de los anillos del aprendizaje en espiral de Dewey. Ese anillo es la base del continuo que involucra experiencia, concepto, reflexión y acción. El aprendizaje experiencial hace parte de algunos de los modelos de PBL (Savin-Baden & Major 2004, Kolmos & De Graaff 2015, Prince & Felder 2006)

2.4.3 Donald Schön

La reflexión durante el proceso de PBL es uno de los mecanismos que producen aprendizaje durante la realización de la solución de un problema en un proyecto de PBL (Andersen et al. 2015, Helle et al. 2006, Blumenfeld et al. 1991, Ayas & Zeniuk 2001, DeFillippi 2001). Según Schön, el saber sistemático al comenzar una profesión es especializado, firmemente delimitado, científico y estandarizado (Schön 1983, p.23). Pero ese conocimiento es susceptible de estandarización con la aplicación de principios generales que impulsan una relación entre el saber y la práctica. Esa aplicación consiste en resolver un problema utilizando principios profesionales. Schön sostiene que las habilidades para resolver problemas usualmente vienen después de la adquisición del aprendizaje, estandarizando procesos que estimula la utilización de pensamiento convergente pero no divergente. Schön agrega que, para mitigar este efecto, deben integrarse habilidades para la práctica profesional durante la adquisición de aprendizaje, planteando problemas que traen incertidumbre, inestabilidad, singularidad y conflicto de valores (Schön 1983, p.49).

La reflexión en acción consiste en crear situaciones reales en donde el individuo construye conocimiento sobre fenómenos, el saber qué y el saber hacer. Schön afirma que las situaciones únicas o inestables promueven nuevas descripciones de la comprensión del fenómeno. Además, el sentimiento de estancamiento conduce a formas alternativas de solucionar los problemas. Cuando hay demandas incompresibles la reflexión empuja a nuevos modos de darle valores e integrar las cosas en un sistema. Como esta situación es real y los procedimientos se realizan en un contexto social que fomenta el aprendizaje, la dimensión de Schön se ubica hacia la línea de interacción social.

2.4.4 Jerome Bruner

La influencia intelectual de Bruner se basa en dos elementos: El descubrimiento y el apoyo. En el primero, Bruner (1961) afirma que el aprendizaje por descubrimiento es como un juego, donde los estudiantes son los jugadores activos, no pasivos que formulan estrategias o hipótesis para ganar el juego, se limitan por las restricciones, descubren nuevas vías de solución a los problemas, trazan rutas organizando la información que obtienen, memorizan lo que hacen y son retribuidos con un premio. Como en el juego, para la resolución de los problemas, un profesor o tutor no debería dar órdenes sino apoyo y sugerencias. Este proceso está asociado con la solución de problemas activamente.

El segundo elemento es el apoyo que los estudiantes necesitan para aprender mientras solucionan los problemas. Bruner sostiene que, durante el proceso de descubrimiento, tal como ocurre con los niños, los estudiantes deben recibir ayuda gradual. Este proceso es uno de los fundamentos de lo que se conoce en educación como andamiaje y que es utilizado en diversas prácticas de enseñanza (Wood et al. 1976a).

En el PBL se han utilizado estos dos elementos de Bruner para apoyar la idea de trabajar con problemas por descubrimiento, que se ha reforzado con la idea de problemas poco formulados y con motivar durante el proceso educativo (Barron et al. 1998, Morgan 1983). Se utiliza en general en la educación primaria y secundaria (Belland et al. 2019), en varios campos de la ciencia y las humanidades (Hmelo-Silver et al. 2007, Schmidt et al. 2011, Simons & Klein 2007) y modelos de PBL en ingeniería (Mohd-Yusof et al. 2011, Lyons & Brader 2004, Guerra & Holgaard 2016, Clark & Mahboobin 2018).

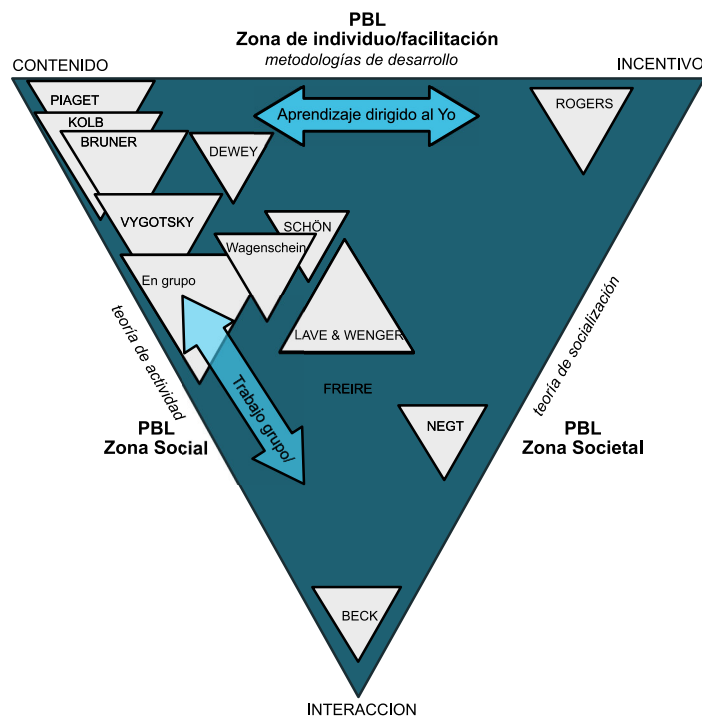
Bruner se localiza en el sector de contenido, de la Figura 2-5 ya que su teoría se enfoca en el campo del saber, tiene su origen en la teoría sociocultural de Vygotsky y la motivación en la enseñanza se enfoca en el saber, pero no en la psicología del individuo.

Esto quiere decir, que los principios de aprendizaje del modelo de Aalborg mostrados en la sección 2.2 se pueden disgregar para su estudio con un modelo con 42 influencias clave. Esta influencia clave será vista como un elemento de comportamiento asociado al modelo cultural estudiado en el capítulo 4.

La práctica de PBL reúne esta influencia intelectual para la adquisición de conocimiento y habilidad con el propósito de otorgar al aprendizaje una visión holística. Ninguna de estas fue diseñada para PBL y tampoco funciona en su totalidad con PBL ya que cada una de ellas puede servir a varios propósitos desde el punto de vista educativo (e.g. Bruner 1960, Dewey 1938, Piaget 1950), como un razonamiento social (e.g. Beck 1992, Schön 1983, Zeuner 2013) o como tratamiento hacia las personas (e.g. Rogers 1961). Cada influencia intelectual trabaja con interdependencia y puede llenar espacios del marco de Illeris utilizado en la Figura 2-5.

Los primeros escritos sobre PBL se centraron en la zona de adquisición de aprendizaje de PBL involucrando algunos aspectos sociales. Blumenfeld et al. (1991) sostienen que el proyecto debe ser una actividad social con experiencia y reflexión. En estos escritos existe un consenso generalizado (Helle et al. 2006, Barron et al. 1998, Frank et al. 2003, Han et al. 2015, Grant 2002). Por su parte, Prince & Felder (2006) categoriza a PBL como uno de los métodos inductivos fundamentados en exponentes del constructivismo con Piaget, Vygotsky, Bruner y Dewey y la experiencia durante el aprendizaje. Esta visión del aprendizaje no se enfoca en aspectos motivacionales de PBL.

Figura 2-5: Influencia intelectual en PBL de acuerdo con el marco de Illeris. Adaptado de (Rodríguez-Mesa 2018, p.11)



2.4.5 Carl Roger

Bruner señala la importancia de aprendizaje activo enfocado en adquirir conocimiento, pero como se señaló antes, influye en la motivación y en la voluntad para realizar tareas de aprendizaje. En el PBL este aprendizaje activo se mueve hacia la izquierda del triángulo de Illeris en la zona del desarrollo de la persona. Aquí es donde el PBL parece construido sobre las ideas de Carl Rogers de aprendizaje centrado en el estudiante. Rogers fundamentó sus ideas con una visión humana del individuo y construyó sus principios de aprendizaje en la terapia centrada en el cliente. Reclamó por una educación más democrática para ayudar a los estudiantes a convertirse en individuos (Rogers 1951, p.387). Sus principios de aprendizaje se centran en el aprendizaje significativo que movilice (transforme) las estructuras mentales del ser, que Rogers denomina el yo (*Self*). Concretamente,

sus principios de aprendizaje son: (1) El maestro solo puede facilitar el aprendizaje del alumno, no enseñar directamente, (2) una persona aprende significativamente cuando percibe una mejora o mantenimiento de la estructura del yo, es decir, la diferenciación; mientras que (3) la asimilación de la experiencia y luego la transformación de las estructuras de aprendizaje dependen directamente de la relajación mental y de las amenazas a los prejuicios, signos, creencias y valores; por lo cual existe (4) el proceso de facilitación para promover aprendizajes significativos reduciendo los hilos de conexión cognitiva y fomentando la diferenciación; mientras que (5) se enfoca en conseguir un clima adecuado para el trabajo de los alumnos.

El primer punto se refiere a la voluntad de aprender que deben adquirir los estudiantes. Como Roger señaló metafóricamente, “puedes llevar a un caballo al agua, pero no puedes hacerlo beber” (Rogers 1951, p.389). En el segundo, el aprendizaje transformador depende de la razón para aprender, como por ejemplo el propósito para tomar una asignatura, si es para mejorar su aprendizaje o solo para calificarla. El tercero es histórico y depende de los aspectos culturales de las estructuras mentales. Por ejemplo, creer que un tema tiene menos valor que uno previamente aprendido o modificar prejuicios sobre los prejuicios. El cuarto resalta la importancia de la facilitación, enfocada en reducir la intimidación del aprendizaje y ayudar con la comprensión de los fenómenos separando o ilustrando cualquier elemento significativo discernible. En otras palabras, el facilitador o supervisor tiene que cambiar en direcciones justificables, ayudando con el proceso de pensamiento. Finalmente, el último es para promover un clima donde el estudiante pueda expresar libremente sentimientos y opiniones para reducir las amenazas.

Los principios anteriores consideran el aprendizaje autodirigido (*Self-directed learning* -SDL) por parte de los estudiantes y la ayuda de los profesores u otras personas como facilitadores del proceso (De Graaff 2015). El aprendizaje comienza en los estudiantes con el impulso de los facilitadores. Si este pone atención a los sentimientos, al aspecto volitivo y al motivacional para que los individuos comiencen a aprender, su dimensión de aprendizaje se ubica, de acuerdo con Illeris, cerca de la dimensión de incentivo en la Figura 2-5.

De aquí que el aprendizaje autodirigido tiene diferencias en su fundamentación y modo de operar con la definición de aprendizaje autónomo. Este último está centrado en la capacidad de aprender por uno mismo sin ayuda de los demás contradiciendo los principios de colaboración y de transformación del aprendizaje dirigido al yo o autodirigido.

2.4.6 En grupo

El aprendizaje en grupo o en equipo implica interacciones entre individuos que están realizando una tarea, pero al mismo tiempo sobre la cual deben aprender. Es una construcción colectiva del aprendizaje mediante interacciones colaborativas y cooperativas (Kolmos & De Graaff 2015). En interacciones cooperativas, el individuo dirige su propio aprendizaje apoyado por los participantes. En las interacciones colaborativas, los participantes dirigen sus objetivos de aprendizaje colectivo

mediante el apoyo mutuo. En otras palabras, cooperativo implica propósitos individuales y actividades complementarias con interdependencia para obtener resultados de aprendizaje, mientras que colaborativo comprende interacciones e interdependencia dentro de un objetivo común para obtener resultados de aprendizaje (Davidson & Major 2014).

La temática del proyecto determina las características interdisciplinarias del grupo para organizar una estrategia colaborativa o cooperativa. Aquí es importante distinguir entre PBL interdisciplinario como un principio de aprendizaje e interdisciplinario como una composición de grupo o áreas de intervención para el desarrollo del proyecto. El primero es el rasgo interdisciplinario que debe tener el proyecto para promover la asociación de conocimiento entre diferentes áreas, más allá de una asignatura disciplinaria (De Graaff & Kolmos 2007). El segundo comprende la fusión de disciplinas para el trabajo del proyecto con el fin de cumplir los requisitos de un modelo de PBL (Savin-Baden & Major 2004). Cuando se fusionan disciplinas, los proyectos tienden a ser más cooperativos que colaborativos porque en la dimensión del contenido del triángulo de Illeris, la mayoría de los participantes tienen sus propios objetivos de aprendizaje y antecedentes históricos.

2.4.7 Jean Lave & Etienne Wenger

El aprendizaje situado es una teoría histórica cultural del aprendizaje que involucra el contexto social en el proceso de aprendizaje. Lave & Wenger (1991) argumentan que la participación social enriquece las metas de aprendizaje, yendo más allá de las actividades in-situ o del aprendizaje hecho meramente con casos empíricos. En el aprendizaje situado, la 'situación' es una actividad cotidiana que implica relaciones de aprendizaje y conocimiento, negociaciones sobre el significado de esas actividades y compromiso.

Aunque una situación podría involucrar grupos y comunidades académicas, debe incluir interesados externos para alinearlos con el principio de ejemplaridad que tiene PBL. Según Illeris (2007) hay una doble naturaleza en aprendizaje, por un lado, la academia y por el otro las normas y estructuras de la sociedad. Si las comunidades de práctica trascienden lo académico, esta influencia intelectual se ubica cerca del centroide del triángulo de tipos de aprendizaje en la Figura 2-5.

2.4.8 Oskar Negt

El principio de ejemplaridad fue tomado de las ideas del sociólogo alemán Oskar Negt (Illeris 2007) y entró como parte del sentido real y social que deben tener los problemas en PBL. Según Andersen et al. (2015), Negt se inspiró Wagenschein quien había afirmado en 1956 que el principio de ejemplaridad es una manera de reducir el currículo con ilustraciones realistas sobre las cosas (Wagenschein (1956), en Andersen et al. (2015)). Wagenschein (2000) sostiene que la educación no puede ser regida por el principio del paso a paso y de la justificación lógica sino de lo práctico y sustancial. Lo práctico es un ejemplo, en lo posible holístico de la realidad de un fenómeno

que estimule el interés de los estudiantes y los ilumine, pero no una mera abstracción o analogía representativa de aquel fenómeno de la realidad.

Negt, con una orientación social, advirtió que el sentido práctico de la ejemplaridad es emancipador, estimulado por la práctica social involucrando las dimensiones cognitivas, sociales y emocionales del individuo. Cuando los estudiantes solucionan problemas para cubrir necesidades del bienestar humano con las emociones, suelen encontrar el sentido práctico de las cosas, de la educación y se motivan para el trabajo (Rodríguez-Mesa et al. 2018). A su vez, el estudiante desarrolla competencias sociales porque así encaja en la brecha entre este aprendizaje situado y las actividades sociales reales (Zeuner 2013). En concreto, con el principio ejemplar de Negt, los estudiantes deben traducir la información analítica y científica en formas concretas y comprensibles de lenguaje y pensamiento no científico centrados en motivar la acción social. Según Negt, la ejemplaridad se adquiere a partir de la experiencia de los profesores. Su valor surge de los intereses y la sensibilidad para abordar las relaciones sociales y la conciencia, y de la importancia del contenido para la emancipación de las personas ((Negt (1975) citado por Zeuner (2013).

Según Wagenschein (2000) el principio de ejemplaridad demanda riesgo en la formulación de los problemas por parte de los profesores. Wagenschein señala que cuando se explican las cosas existe una estructura lógica para lograr el entendimiento de los estudiantes y estos lo alcanzan, pero con el principio ejemplar, el profesor debe crear baches que permitan al estudiante reflexionar sobre las cosas y encontrarles sentido. Esta premisa está alineada con los principios de aprendizaje de Rogers sobre el significado que debe tener lo que se hace (sección 2.4.5) y con Bruner sobre la orientación 'real' de los problemas poco formulados de PBL.

Como en algún momento de la práctica de PBL existirán sesiones explicativas, de facilitación o de supervisión, la orientación que los profesores le dan a los problemas cumplirá dos propósitos, uno pedagógico y otro orientado a la práctica. Según Korsgaard (2019), en la pedagogía se debe cuidar tanto que los estudiantes resuelvan problemas ejemplares como que los profesores también utilicen los problemas ejemplares para la enseñanza.

En conclusión, las ideas de ejemplaridad señaladas tanto por Negt, concurren en la emancipación social, mientras que las ideas originales de Wagenschein, hacia la dimensión de contenido, han influido sobre la orientación de los problemas en los modelos de PBL, especialmente los países escandinavos, (Nielsen 2020, Buus 2012, Kolmos & Holgaard 2010). En la Figura 2-5 se ubica en la Zona Societal, ya que la influencia Wagenschein fue reenforcada por Negt.

2.4.9 Ulrich Beck

Según Beck (1992), el proceso de aprendizaje tiene que ser más reflexivo fomentando la auto confrontación sobre el riesgo mediante interacciones sociales y culturales. Esta afirmación ha sido extendida para las prácticas de educación, para que este preste mayor atención a los asuntos de

sustentabilidad del planeta, la cual implica una relación de reflexión sobre las consecuencias del conocimiento (Mihelcic et al. 2003, Huntzinger et al. 2007).

El PBL ayuda a crear habilidades en los estudiantes para crear conexiones entre la educación y la sociedad, desarrollando un sentido crítico hacia los problemas de su entorno, especialmente cuando tienen incluidos aspectos sociales, culturales, políticos y económicos asociados a los cambios sociales. Además, PBL comparte principios similares de la educación para la sustentabilidad, promovida por autoridades e instituciones académicas (Lehmann et al. 2008, Thomas 2009, Guerra 2017).

La perspectiva de sustentabilidad y la conciencia de riesgo amplía la dimensión social de PBL. En consecuencia, se sitúa en la parte baja del triángulo de Illeris en la Figura 2-5.

2.5 Concepto de PBL

En el trabajo del proyecto de PBL, los participantes trabajan en un proyecto con un problema abierto, simultáneamente adquiriendo conocimiento y habilidad. El tema del proyecto y su desarrollo tiene en cuenta los principios de aprendizaje establecidos anteriormente, pero el proyecto puede ser realizado bajo diferentes enfoques. En la práctica educativa, los proyectos pueden ser: (1) orientado por la *tarea*, (2) orientado por el *tema* u (3) orientado por el *problema* (Morgan 1983, Kolmos 1996, Rodríguez-Mesa 2018).

El proyecto orientado por la *tarea* es un complemento de los temas de una materia para afianzar los conocimientos dados o aplicarlos de manera definida (Kolmos 1996, Kolmos & De Graaff 2015). Como tarea el conocimiento adicional de la materia es poco, ya que con esta orientación usualmente se procura afianzar el aprendizaje adquirido o demostrarlo cuando se aplica. La calidad de la adquisición de conocimiento y su profundidad depende de la relevancia o valor que el profesor le dé durante la clase o en la guía de estudio. En el proyecto orientado por el *tema* o proyecto temático, los participantes indagan y formulan un problema. Desde el principio del problema los estudiantes saben que el problema está enmarcado dentro de un área específica. El proyecto se desarrolla con poco apoyo teórico de una clase, pero con colaboración o cooperación entre los participantes, tendiendo a la estandarización del conocimiento aplicado. Finalmente, en el proyecto orientado por el *problema*, como el anterior, los estudiantes trabajan a partir de un problema poco formulado, pero con la posibilidad de emplear diferentes temas o áreas del conocimiento. De esta manera, los participantes usualmente abordan el proyecto interdisciplinariamente y lo desarrollan cooperativamente.

En los tres tipos de trabajo de proyecto el grado de definición del problema determina la dificultad del proyecto. Los problemas definidos suelen ser aplicaciones específicas de los temas, es decir utilizados con orientación hacia las tareas. Pero a medida que los estudiantes puedan pasar a un enfoque de tareas más amplio, los problemas serán más abiertos exigiendo conocimiento adicional para su definición. En el primer tipo de proyectos el punto de partida es la enseñanza previa

mientras que los dos últimos, el proyecto es el punto de partida para el aprendizaje (Anderson 1993, Coyne 2005, Simon 1973).

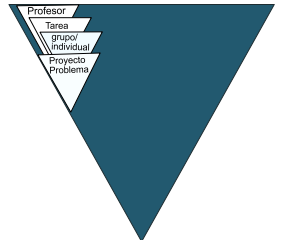
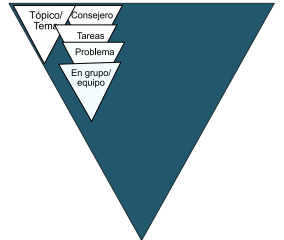
2.5.1 Definiciones de PBL en la literatura

Las definiciones de PBL encontradas en la literatura fueron clasificadas con el fin de comprender las diferencias entre los modelos de aplicación de PBL desde el punto de vista del efecto en el aprendizaje que pueden producir. Esta clasificación fue realizada de acuerdo con los principios de aprendizaje y las características del proyecto en el modelo. Para los principios de aprendizaje se utilizó como perspectiva la influencia intelectual de los autores reseñados en la sección 2.4, que fueron localizados de acuerdo con las dimensiones de aprendizaje de Illeris en la Figura 2-5.

La mayoría de las definiciones de PBL de los artículos que la presentan no declaran el soporte intelectual que apoya el modelo que se aplica con la definición. Algunas declaran los principios de aprendizaje y otras describen el efecto del PBL. Con la perspectiva de las dimensiones de aprendizaje de Illeris fue posible ubicar la zona por analogía y bajo la perspectiva de la influencia intelectual presentada en este estudio.

Después de la revisión de la literatura, se encontraron 8 categorías no cronológicas de la definición de PBL. La Tabla 2-2 muestra tanto estas categorías como los aspectos importantes de las definiciones de PBL publicadas. En la primera columna se indican las fuentes, en la segunda columna, la definición de acuerdo con esas fuentes; en la tercera columna, algunos comentarios relacionados con el modelo y el tipo de proyecto relacionados con la categoría aplicada, y la cuarta muestra un gráfico indicando la ubicación del modelo en el triángulo de Illeris.

Tabla 2-2: Definición de aprendizaje basado en proyectos. (Rodríguez-Mesa 2017)

Autores	Definición	Comentarios	Dimensiones
(Kilpatrick 1918), (Blumenfeld et al. 1991), (Hung et al. 2011), (Vega et al. 2013)(Ayaz & Söylemez 2015), (Bas 2011)	1. El proyecto estructurado inicia después de adquisición de conocimiento, con un problema poco formulado para resolverlo con una orientación interdisciplinaria.	Pocos principios de aprendizaje de PBL, enfocado en el conocimiento, se puede aplicar en educación activa o pasiva. Es una combinación de los tres tipos de proyecto	
(Kuethe 1968) en Helle et al. (2006)Adderley1975, (Woods 2014) en (Gao 2012)	2. El proyecto es una actividad de los estudiantes con poca intervención del profesor, para demostrar la adquisición de conocimiento y habilidades, que termina con un producto	El proyecto es complemento de un curso, aplicando cualquier enfoque educativo. El proyecto suele utilizarse como un medio para evaluar la aplicación de la materia.	

Continúa en la próxima página

(BIE 2020), (New Tech Network 2016), (Bullock 2015), (Han et al. 2015)

3. El proyecto es originado con un problema desafiante, con indagación factible, auténtico, seleccionado por los estudiantes, reflexivo, criticable y abierto. Los proyectos son de corta duración y enfocados en STEM.

(Barron et al. 1998)

4. Con el proyecto los estudiantes alcanzan sus metas de aprendizaje. Los problemas son guiados por tutores quienes a su vez también aprenden. Mientras se desarrolla el proyecto se crean oportunidades de revisión y evaluación. El proyecto se organiza socialmente, activa y reflexivamente.

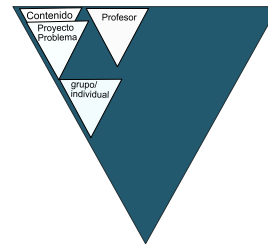
(Erdogan & Bozeman 2015), (Capraro & Jones 2013), (Thomas 2000), (Popescu 2012), (Vosinakis & Koutsabasis 2012)

5. Método de pedagogía caracterizado por: Aprendizaje temático con evaluación auténtica, desafíos y tareas complejas, resolución de problemas, toma de decisiones, objetivos explícitos, hecho individualmente y en grupo, productos reales, auto dirigido, facilitado por profesores; y delimitado en el tiempo.

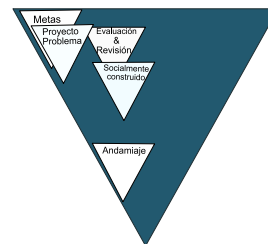
(Morgan 1983), (Jones et al. 1997), (De Graaff & Kolmos 2003), (Prince & Felder 2006), (Andersen et al. 2015)

6. El proyecto comienza con la formulación de un problema temático, poco estructurado, sujeto al saber de los estudiantes, los cuales son responsables de su aprendizaje, mientras que el proceso es orientado con principios de PBL.

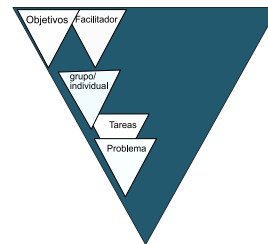
El proyecto está orientado hacia el contenido para promover el desarrollo competencias individuales en la educación primaria y secundaria. Hecho bajo responsabilidad de los estudiantes, pero el grado de libertad depende del saber de los estudiantes. Utiliza escenarios reales y el proyecto es como el tipo 1 con algunas características del tipo 2.



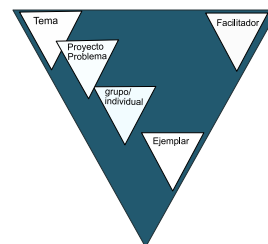
El proyecto está centrado en el proceso de solución del problema. Los profesores no son expertos y en su lugar también son objeto de aprendizaje. La motivación se alcanza por los logros. El proyecto está orientado al tema seleccionado por el estudiante. No declara los principios de aprendizaje de PBL. El proyecto no es interdisciplinario, pero se acerca a la definición 3.



Problemas de corta duración reales, soportados con Bruner. Utiliza tutorías. El método no declara procesos de incentivo. El proyecto es del tipo 2.



Es un modelo de inmersión progresiva que ayuda a los estudiantes durante todos sus estudios, enfocado en adquisición de aprendizaje y competencias. Utiliza alguna estructura en el comienzo, pero la reduce gradualmente. Este proyecto pasa gradualmente del tipo 1 al 3 de tipo de proyecto.



Continúa en la próxima página

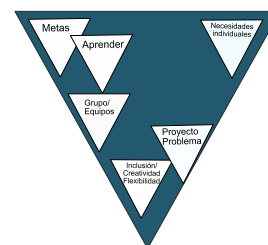
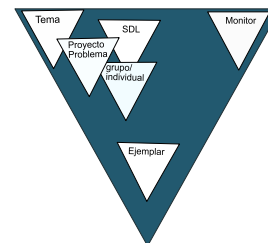
(Ulseth et al. 2011, Ulseth & Johnson 2017), (Johnson et al. 2015)

7. Los proyectos se organizan formulando objetivos a partir de los requerimientos de las empresas, se enfocan en competencias técnicas y en estrategias de SDL.

(Somerville et al. 2005), (Dusek et al. 2018)

8 Es un modelo curricular flexible en la que los estudiantes desarrollan proyectos para cumplir sus metas de aprendizaje, trabajando en contextos auténticos multidisciplinares.

En el comienzo del programa académico, los estudiantes deben tener una visión completa del programa y orientar sus actividades hacia un área específica. Los escenarios están relacionados con el sujeto de aprendizaje, en consecuencia, los problemas y proyectos son reales. Proyectos del tipo 2 y 3. El proyecto cambia gradualmente de asignación de tarea a una autonomía plena y flexible del estudiante. La supervisión se orienta a la guía. El incentivo se dirige hacia el bienestar, inclusión y logro de los estudiantes. La primera parte del ciclo de estudio los proyectos son de tipo 1, luego pasarán del tipo 2 al 3.



Las definiciones 1-2 corresponden a modelos centrados en la dimensión de contenido. Se enfocan en adquisición de conocimiento. La definición 1 utiliza el contenido de la materia como punto de partida del proyecto para demostrar entendimiento en las aplicaciones; pero, aunque este tipo de proyectos se puede realizar en grupo, el grupo no está orientado hacia el aprendizaje mutuo sino hacia la capacidad de realizar un proyecto corto o extenso. Así mismo, aunque el profesor pueda tomar un rol de consejero de proceso, esta definición no hace énfasis en procesos de motivación estructurada. La definición 2, adicionalmente está orientada hacia la aplicación y reflexión experimental del conocimiento adquirido.

En la definición 3, los proyectos están orientados hacia el contenido, pero utilizan andamiaje para ayudar con el proceso de adquisición de contenido. Se emplea en cursos de primaria y secundaria, donde el profesor toma un rol de motivador y guía de los estudiantes. A diferencia de las definiciones 1-2, los proyectos tienen un problema real y se espera utilizar para el aprendizaje escenarios auténticos, fuera del aula. Desde el punto de vista de la influencia, los proyectos se inclinan hacia el lado izquierdo del triángulo ya que la relación con la sociedad está mediada con los tutores, facilitadores o supervisores; siendo así que el grado de responsabilidad de los estudiantes con el proyecto está compartido con el profesor.

La definición 4 es una extensión de la definición 3, entregando responsabilidad a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En esta, los estudiantes proponen sus propias metas de aprendizaje, mientras se espera que realicen proyectos con problemas reales. Esta es una construcción social del conocimiento, reflexiva y flexible. Los tutores ayudan guiando a los estudiantes con andamiaje. Ya que los problemas están orientados por los estudiantes mientras que, el grado de ejemplaridad

no es función de lo social sino de los intereses individuales de los estudiantes. (Barron et al. 1998). Este modelo se sigue utilizando para extender la práctica de PBL, pero carece de una estructura de facilitación del proceso hacia la dimensión del incentivo.

En la quinta definición de PBL, el grado de influencia intelectual es similar al de la definición 4. Sin embargo, el enfoque en la realización del proyecto es diferente. Mientras que, en el 4 el proceso está soportado en andamiaje, en esta definición el desarrollo del proyecto debe ser estructurado por los participantes en grupo y desarrollado para presentar un producto real. En este modelo de definición, el supervisor toma un rol motivador, pero es experto en el contenido que los estudiantes están pretendiendo utilizar. A este modelo, como a los anteriores, le hace falta utilizar los principios de aprendizaje de ejemplaridad, dirigido al yo, y hacia aspectos de la sociedad en general.

La definición 6 corresponde a un modelo centrado en el contenido, en aprendizaje dirigido al yo, en la cooperación y colaboración de un trabajo realizado en grupo por estudiantes. En este modelo, el facilitador utiliza el andamiaje, pero se mantiene centrado en el individuo procurando incentivar para que los participantes realicen las actividades del proyecto que conducen al aprendizaje. Además, fomenta las relaciones sociales, mientras que los problemas orientan al proyecto y son ejemplares.

En la definición 7, los principios de aprendizaje declarados son los mismos que en la definición 6. Enfatiza en el aprendizaje dirigido al yo y en la ejemplaridad. Para lograrlo, el proceso de aprendizaje es flexible ya que, los estudiantes trazan sus propias metas de aprendizaje y para hacerlo se involucran desde el inicio de sus estudios con el sector industrial con aprendizaje centrado en lo ejemplar.

El modelo 8 es una versión curricular del PBL. En la primera parte del ciclo educativo el modelo de proyecto se enfoca en el aprendizaje de contenido, culminando con la preparación para la gestión del proyecto. En la segunda parte del ciclo educativo se disminuyen los ciclos de aprendizaje por contenido y los problemas del proyecto se hacen complejos, con énfasis en lo interdisciplinario e integración de otros campos fuera de la ingeniería.

2.5.2 Definición de PBL

En la introducción de esta sección fue definido el trabajo del proyecto el cual, con principios de aprendizaje específicos constituye un modelo de PBL. En la sección anterior se abordaron las definiciones publicadas de PBL, todas ellas vistas bajo las dimensiones de Illeris para ponerlas en la misma perspectiva de la definición concluyente dada a continuación.

El aprendizaje basado en proyectos es una práctica educativa centrada en el estudiante, cuyo propósito es que el estudiante adquiera conocimiento y competencias profesionales cuando resuelve un problema en un proyecto. En PBL, el problema es real, es poco

formulado, involucra aspectos sociales y sustentables mientras que el proyecto es desarrollado propiciando actividades de colaboración o cooperación entre los estudiantes participantes, otros estudiantes, el campo académico y la sociedad interesada.

Con esta definición se condiciona a que el aprendizaje ocurra si las actividades de enseñanza están alineadas con el programa del curso, si las actividades de los estudiantes son autodirigidas y sociales; y si el problema es real con significado social.

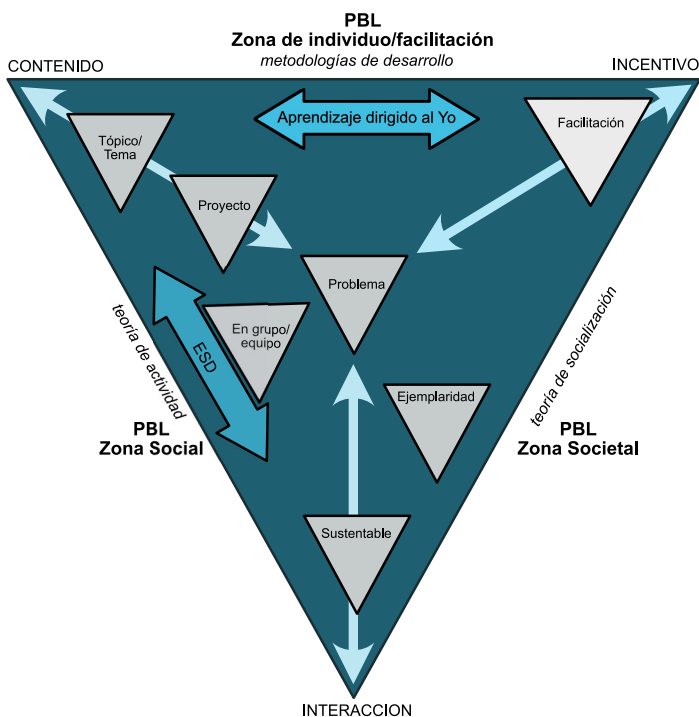
En este caso, la alineación del programa es un requerimiento del diseño de un currículo y de las actividades de enseñanza. Esta es una característica que debe tener cualquier currículo en cualquier práctica educativa, donde las actividades de clase, la evaluación, el proyecto y los aspectos sociales que se esperan del proyecto están alineados y enfocados en cumplir el propósito para el cual se diseñó un currículo, representado en resultados del aprendizaje (Biggs 2003, Cowan & Harding 1986, Heywood 2005, European Commission 2020).

El proyecto se define con las siguientes características,

1. **El proyecto** es el eje principal del programa del curso. Alrededor del proyecto giran todas las actividades de instrucción y desarrollo de una clase. El tema del proyecto se elige para cumplir con los resultados de aprendizaje y con los principios de PBL.
2. **El problema** es el eje principal del proyecto y es su punto de partida. Cada proyecto tiene un problema principal que determina el curso del proyecto. En ingeniería este problema tiene un origen real y se entrega poco estructurado. Durante el proceso de estructuración los estudiantes lo transforman en un problema definido de diseño en ingeniería que corresponda con el área del conocimiento que se pretende enseñar.
3. **Los estudiantes** organizan socialmente su aprendizaje de tal manera que puedan intercambiar información con los agentes internos, como compañeros del curso, y agentes externos, como otros cursos, otros campos del conocimiento y el sector productivo
4. **La supervisión**, consejería o asesoría sobre el contenido del programa del curso se realiza de manera que los profesores y tutores actúen como facilitadores del aprendizaje e incentivos del proceso de adquisición del estudiante, centrándose en las necesidades personales de los estudiantes.
5. **La responsabilidad** del desarrollo del proyecto, de la reflexión en el contenido y sobre el trabajo es de los estudiantes.

Estas características se ilustran en la Figura 2-6. El problema que deben desarrollar los estudiantes está localizado en el centro de las tres dimensiones del aprendizaje. De acuerdo con ello, debe producir contenido, interacciones sociales y debe ser sujeto de supervisión del proceso. Las interacciones sociales son promovidas a partir de principios de sustentabilidad y de ejemplaridad. El problema está orientado hacia el trabajo en grupo.

Figura 2-6: Definición de aprendizaje basado en proyectos



En esta definición aprendizaje se refiere a la adquisición de contenido mientras que las competencias integran habilidades blandas con la práctica profesional (Guerra et al. 2017b, Rodríguez-Mesa & Peña-Reyes 2018).

2.6 ¿Por qué PBL?

El PBL es una práctica educativa utilizada desde hace más de 50 años que ha madurado progresivamente con la incorporación de teorías de aprendizaje y experiencia educativa de algunas universidades. Ya que involucra la teoría con la acción real, los proyectos pueden trabajarse de la misma forma como se trabajan en la práctica profesional, es flexible en cuando los estudiantes orientan el énfasis que quieren darle al contenido. Además, como desarrolla competencias profesionales es adecuado para el aprendizaje de la ingeniería (Guerra & Rodríguez-Mesa 2017, Points 2019, OECD 2019).

En las tendencias sobre investigación en educación en ingeniería se están utilizando métodos activos de aprendizaje centrados en el estudiante, con énfasis en el cumplimiento del conocimiento y las competencias propuestas por instituciones acreditadoras de educación y asociaciones profesionales (Rodríguez-Mesa et al. 2017).

A nivel mundial, como se señaló antes, existen universidades con PBL de mucha tradición en ingeniería como Aalborg y Roskilde en Dinamarca (AAU 2020, RUC 2020) y la Universidad de Newcastle en Australia (Adams et al. 2016) y Michigan en Estados Unidos. Luego en Universidades como Delf en Holanda y Aalto en Finlandia (Andernach & Saunders-smits 2006, Aalto University 2020).

En los últimos 25 años el PBL ha comenzado a expandirse en las universidades tradicionales de ingeniería. En Estados Unidos, en 1997 inicia la Universidad de Olin con PBL (Olin College of Engineering 2020), como la Universidad de Tshingua en China (Lin & Chen 2017b), que inició su transformación hacia PBL en 2012, ahora ambas están posicionadas entre las mejores universidades a nivel mundial (WUR 2020). En la primera década del siglo XXI el Instituto Tecnológico de Massachusetts inicia su transformación hacia PBL en algunos cursos (Norford 2007, Rush et al. 2007, MIT 2020). En Estados Unidos otras universidades reconocidas como Delaware, Duke y Purdue utilizan PBL en su currículo (U.S.News and World report 2020, Duke School 2020, University of Delaware 2020, Purdue University 2020). Finalmente, en Europa, en el Reino Unido más de una docena de universidades reconocidas como Coventry, el Imperial College en Londres y Loughborough University utilizan PBL (Graham 2010).

En los países asiáticos, con modelos de educación tradicionales diferentes enfocados en lo cooperativo, como en la Universidad de Tshingua y el Instituto Tecnológico de Malasia, también comenzaron a utilizar el PBL (Mohd-Yusof et al. 2011, Aalto University 2020). Más al sur, en Australia se está utilizando el PBL desde hace varios años en Newcastle y Queensland entre otras (Jiang et al. 2020, Adams et al. 2016, Australia 2020).

En Latinoamérica hay varias universidades utilizando PBL en su currículo como la Universidad de Sao Paulo en Brasil, la Universidad Nacional de Costa Rica y la Universidad de Piura, mientras que otros lo están implementado en algunos cursos como la Universidad Nacional, los Andes y la Javeriana en Bogotá y las Universidades del Valle y del Norte en Cali, la Universidad Pedagógica y Tecnológica en Sogamoso, y la Universidad de los Andes en Chile (Fernández-Samacá et al. 2011, Guerra et al. 2017a).

En el caso de la Universidad Nacional, existen varias propuestas para intensificar su uso, como en el caso de la Sede la Paz de Valledupar, y se han implementado algunos modelos especiales multidisciplinarios como en el Peama de Sumapaz que es un caso que se estudia en esta investigación (Ordóñez et al. 2017)

Estos ejemplos junto con las competencias esperadas en los graduados para la primera mitad del siglo XXI indican que el PBL ha sido una respuesta educativa que responde a los desafíos globales de ingeniería.

2.7 Crítica a PBL

El PBL es una práctica educativa con resultados que pueden compararse a métodos tradicionales o alternativos de enseñanza. No se puede desconocer la importancia histórica de los métodos de enseñanza tradicionales que han preparado científicos y profesionales exitosos. Pero, el PBL es una alternativa que puede favorecer el desarrollo de habilidades anticipándose al tiempo de experiencia profesional de los graduados sobre los métodos tradicionales para desarrollarlas.

No obstante, sobre la práctica misma existen algunas desventajas centradas en los recursos que demandan y la forma en la que se evalúa el conocimiento de los estudiantes.

En PBL el trabajo del proyecto en grupo tiene dos desventajas que dificultan la evaluación del aprendizaje y tiene consecuencias sobre el buen desempeño de algunos de los participantes. En el PBL la evaluación de los resultados de aprendizaje se hace con el trabajo en grupo, por medio del producto y el proceso. Esto permite que estudiantes que no cumplen con los criterios de evaluación sean calificados positivamente cuando los compañeros de un grupo de proyecto enmascaran la participación de aquellos. Así mismo permite que los estudiantes que logran un buen desempeño en el proyecto puedan tener una nota inferior, o incluso no pasar, a los esperados según los criterios de evaluación estipulados.

Algunos autores reportan que los resultados de STEM no muestran niveles superiores consistentes entre diversos niveles de escolaridad, como se esperaría. [Han et al. \(2015\)](#) sugiere realizar investigaciones acerca del impacto que tiene la colaboración y las actividades de la clase. Otros autores como [Terrón-López et al. \(2020\)](#) presentaron métodos alternativos utilizando metodologías ágiles de gestión de proyectos sin obtener aún consenso entre los profesores sobre su efectividad. [Friess & Goupee \(2020\)](#) sugieren realizar evaluaciones continuas entre pares utilizando indicadores de desempeño. En esta misma línea, otros autores proponen utilizar programas de participación en línea que informen sobre las actividades de los participantes en el grupo, que sean visibles tanto para los miembros del grupo de proyecto como para los supervisores. Al mismo tiempo utilizan evaluación cuantitativa o cualitativa con comentarios recurrentes sobre la participación de los miembros del grupo ([Lin et al. 2019](#)).

En el trabajo del proyecto, la falta de colaboración de los participantes causa conflictos personales entre los miembros. Aunque la resolución de conflictos hace parte del desarrollo de habilidades blandas, cuando los conflictos son mal administrados, o resultan irremediables, generan situaciones problemáticas sobre la práctica educativa. En primer lugar, los profesores o tutores deben tomar decisiones sobre el grupo contraponiendo uno de los principios de PBL de que los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje; o teniendo que retirar participantes de un grupo desbalanceando el trabajo del proyecto de los participantes que quedan, y para los que se retiran organizándoles un nuevo proceso educativo sobre los resultados de aprendizaje del curso que están tomando. En segundo lugar, los estudiantes que no resuelven los conflictos no pueden realizar una

buena colaboración para el trabajo del proyecto haciendo que el aprendizaje por pares, experiencial, y social decaiga. Como consecuencia las dimensiones de aprendizaje propuestas en el diseño resultan diferentes en la práctica educativa. Estudios como el de [Hsu \(2020\)](#), reconocen la complejidad de las emociones que existen entre los estudiantes y los profesores, proponiendo diálogos cogenerativos para mejorar el clima dentro del grupo y de la relación del grupo con los profesores, con evaluaciones formativas, que en las dimensiones de aprendizaje le apuntan al incentivo. Por otra parte, [Lee, Huh & Reigeluth \(2015\)](#) un estudio sobre las implicaciones del conflicto en la colaboración de los grupos que, aunque es a nivel de la educación secundaria, indica que el enfoque en las habilidades del grupo como un todo es más importante en el nivel del individuo utilizando herramientas de progreso individual. Otros estudios sugieren utilizar escalas de evaluación de personalidad para incidir en la composición del grupo ([Rodríguez Montequín et al. 2013](#)).

El PBL exige más recursos humanos y físicos comparado con los métodos tradicionales. Los recursos humanos incluyen un profesor o supervisor dedicado a cada grupo de proyecto en contacto continuo. Los supervisores son parte crucial en el desarrollo del proyecto, aun cuando tomen un rol pasivo de mínima actividad en el grupo, incluso a pesar de que los grupos sean verdaderos equipos con desempeño ([Masek 2016](#)). Dependiendo la complejidad del proyecto y el nivel de los participantes, los encuentros con el tutor podrían tomar de 1 a 3 horas semanales por grupo para mejores resultados ([Jaques & Salmon 2007](#)). Cuando esto no ocurre, la incertidumbre inicial que produce la formulación del problema, el proceso que deben diseñar los estudiantes y el enfoque de las actividades podrían llevar a los estudiantes hacia una ruta diferente en relación con las dimensiones de aprendizaje que se diseñaron para el curso. Adicionalmente, la falta de facilitación afecta a la dimensión de incentivo, ya que según [De Graaff \(2016\)](#) el facilitador ayuda a desarrollar aspectos relacionados con SDL para que los estudiantes no solo se enfoquen en los aspectos del contenido.

Una de las alternativas para solucionar la falta de facilitadores utiliza un sistema de facilitación flotante. El facilitador flotante no es una idea nueva, sino que se ha estudiado desde finales de los 90's ([Allen et al. 1996](#), [Woods et al. 1996](#)). Se emplea en algunos modelos de PBL orientados hacia lo cooperativo, donde un tutor se asigna a un curso de unos 60 estudiantes, con grupos de 3-4 participantes ([Mohd-Yusof et al. 2011](#)).

Según ([McQuade et al. 2020](#)), ya que los estudiantes deben lidiar con aspectos sociales por ellos mismos ante la falta o ausencia de facilitadores, deberían buscar identidad social. Esta identidad social corresponde con las normas y comportamientos culturales entre ellos, que los cohesionen como grupo, para unificar criterios y propósito de trabajo. Este aspecto también es tenido en cuenta por PBL en su dimensión social cuando se espera que se desarrollen comunidades de práctica [Lave & Wenger \(1991\)](#), [Wenger \(2010\)](#).

Así mismo, los estudiantes requieren de aulas de reunión para trabajar en el proyecto en las universidades y lograr cierto grado de privacidad, tal como se recomienda para la gestión profesional

de proyectos (Buttrick 2019). Esto es uno de los aspectos que podrían determinar si una universidad elige utilizar PBL a nivel curricular o en algunos cursos. No obstante, existen trabajos sobre facilitación en línea, en Internet o en redes sociales (Rodríguez-Mesa & Peña-Reyes 2018)

2.8 Conclusiones

La revisión de la literatura permitió establecer que los principios de aprendizaje basado en problemas son los mismos que en aprendizaje basado en proyectos o trabajo de proyecto. La revisión sistemática se orientó hacia la raíz del conocimiento, buscando los artículos y autores más citados, que derivó en la relación entre principios de aprendizaje e influencia intelectual en PBL.

Se utilizaron los principios de aprendizaje daneses que influenciaron al modelo de referencia de Aalborg. Los mecanismos de aprendizaje que operan en ese modelo se explicaron con el triángulo de aprendizaje de Illeris y la incorporación en este, de la posición intelectual de varios autores que son recurrentemente citados para soportar estudios temáticos relacionados con el PBL.

Al seleccionar el triángulo de Illeris como perspectiva se realizó una comparación entre algunos modelos educativos de PBL, que ayudan a dar claridad sobre la estrategia de conocimiento o el enfoque empleada en cada uno de ellos, con la combinación de tres dimensiones, conocimiento, incentivo y sociedad.

Esta sección concluye con la presentación del modelo ideal de PBL desde el punto de vista del aprendizaje en ingeniería con desarrollo de habilidades y competencias, con una crítica al PBL que lo debilitan frente a metodologías tradicionales. Estas se centran tanto en la necesidad de incorporar recursos humanos y locativos, como en mejorar la confiabilidad de las evaluaciones a nivel individual cuando estas provienen de un trabajo grupal. Finalmente, el modelo presentado puede ayudar a diseñar estrategias de aprendizaje e incorporación de recursos a niveles curricular. También se espera que el modelo sea útil para diseñar marcos de referencia en estudios relacionados con PBL.

3 Creatividad para diseño en ingeniería

El diseño es una actividad humana en la cual se propone un problema y se obtiene una solución material o inmaterial. El diseño en ingeniería involucra actividades que sintetizan el conocimiento y las necesidades de un área del conocimiento. En la educación, esta necesidad está representada por el cumplimiento de los resultados de aprendizaje esperados de una asignatura (e.g. [Kruger & Cross 2006](#), [Walther et al. 2011](#), [Zavbi & Vukasinovic 2014](#), [Passow & Passow 2017](#), [Cruz et al. 2019](#)). [Crawford & Di Benedetto](#) (2003, 2011) definen al diseño como la síntesis de la tecnología y de las necesidades humanas en un producto que se puede construir. Para la tarea de diseño se deben utilizar una serie de competencias para realizar procesos de planeación, estrategia, generación de conceptos, evaluación, desarrollo técnico y mercadeo.

Aunque las competencias están orientadas hacia la práctica profesional, involucran aspectos del conocimiento y de las habilidades para lograrlo. Junto con las habilidades blandas requeridas para el ejercicio profesional, en diseño en ingeniería, las competencias están relacionadas con la resolución de problemas, la reflexión, el razonamiento y la creatividad. Así que la ingeniería está pensada en el contexto del diseño ([French 1999](#), [Coleman et al. 2020](#)). Las tareas de planeación y estrategia están contenidas en el diseño curricular del curso, la generación de conceptos son las actividades que realizan los estudiantes, las cuales están relacionadas con la creatividad, la evaluación es el resultado del cumplimiento de los objetivos del curso, los cuales también podrían incluir etapas subyacentes de construcción (e.g. prototipos) y de socialización (mercadeo).

La creatividad de los estudiantes está reflejada en la generación de ideas junto con el conocimiento necesario para resolver un problema de un área específica. Sin embargo, esa creatividad está definida de varias maneras según el dominio desde el cual se aborde. Con una perspectiva romántica, la creatividad es un momento de inspiración que se refleja a través de un producto para una situación y audiencia específica. Es decir, es irracional, inconsciente y espontánea ([Sawyer 2012](#)). De esta forma, una obra artística de un experto es creativa si impresiona, en unos casos, a un campo del conocimiento, pero también podría ser creativa si causa algún tipo de emoción en cierto tipo de audiencia como, por ejemplo, la visión que tiene los padres o profesores sobre los niños cuando hacen algo inesperado o no propio de la edad.

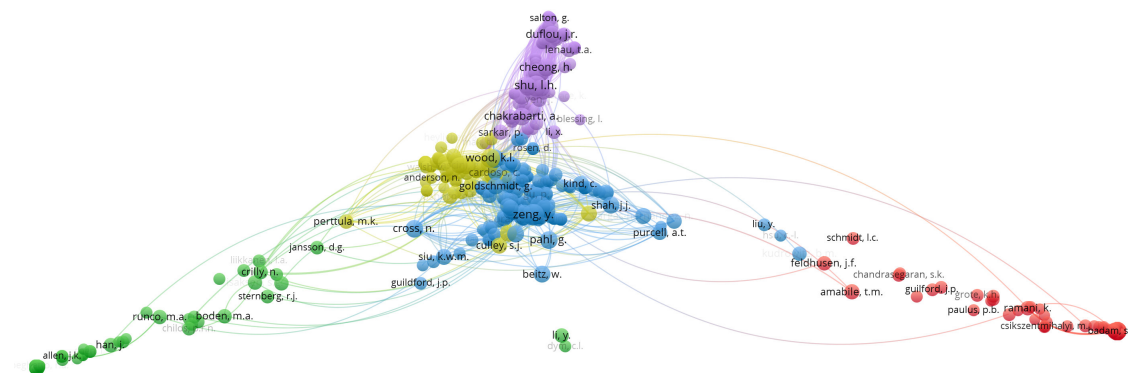
Para otros, con una perspectiva racional, la creatividad es la capacidad de producir ideas con un propósito específico, deliberado, consciente y racional, también dentro de un dominio. En economía estas ideas podrían estar relacionadas con estrategias de negocio o de mercadeo, mientras que para áreas de la salud estas ideas podrían estar relacionadas con tratamiento o causas de las enfermedades. En ingeniería, la creatividad está asociada con ideas de solución de problemas o con la forma estética de un producto.

3.1 Definición de creatividad en diseño en ingeniería

La revisión sistemática tiene el propósito de definir la creatividad de diseño en ingeniería, CDI. El procedimiento utilizado se describe en los anexos A y B. Esta definición será útil más adelante para encontrar el efecto de PBL sobre la creatividad en el presente estudio.

Con la búsqueda sistemática y posterior análisis se encontraron cinco zonas como muestra la Figura 3-1. Los tres racimos centrales corresponden a enfoques de diseño: (1) orgánico, (2) procedimental y (3) analógico mientras que los dos brazos laterales muestran dos perspectivas de la creatividad (4) cognitivo y (5) sistemático que influyen sobre dichos modelos.

Figura 3-1: Racimos por cocitación para 3.555 registros de creatividad y diseño en ingeniería. Procesado con VOSviewer v1.6.15. La gráfica muestra los primeros 1.000 enlaces más fuertes. Ver Anexo B



3.1.1 El enfoque orgánico del diseño

Este racimo corresponde a investigaciones y métodos de diseño sistemático afectadas por la gestión de los métodos utilizados. Incluye temas asociados a la organización del diseño.

Gero (1990, 1996) sostiene que el diseño es una actividad de transformación de la sociedad que depende de la percepción del mundo para cambiarlo. El diseño se desarrolla a partir de un propósito que conduce a tomar decisiones de cambio. Es decir, el diseño es una actividad orientada al propósito. La actividad de diseño se desarrolla partiendo de esquemas simples que conducen a conceptos y a la estructuración de estos para dar paso a un producto final primero representado como prototipo. Los prototipos pueden ser rutinarios, innovadores si se realizan modificaciones sobre ellos o creativos si se involucran nuevas variables en el proceso.

Los enfoques orgánicos del diseño incluyen al diseño axiomático [Suh \(1990, 1995\)](#), [Zeng \(2002\)](#) por el carácter multidimensional, el diseño acoplado ([Braha & Reich 2003](#)), el diseño infundido ([Shai & Reich 2003](#)), la teoría C-K de concepto y conocimiento ([Hatchuel & Weil 2003](#), [Masson et al. 2017](#)), y la teoría de diseño japonés ([Yoshikawa 1981](#)).

El diseño axiomático en una dirección social está compuesto de tres actividades principales, análisis del entorno, identificación de los requerimientos y generación de soluciones ([Tan et al. 2012](#)), las cuales, contienen conceptos de creatividad, pero buscan que la generación de ideas sea independiente de la persona creativa en el proceso de diseño ([Zeng 2002](#)).

El diseño por infusión se enfoca en la transmisión de soluciones a problemas complejos entre disciplinas, utilizando combinaciones y asegurando que la transferencia sea efectiva ([Shai & Reich 2003](#)).

Los métodos heurísticos proponen generar ideas en las etapas de conceptualización del producto a partir de combinaciones lingüísticas. [Nagai et al. \(2009\)](#) tanto como [Yilmaz & Seifert \(2011\)](#) proponen la generación de conceptos a partir de la combinación lingüística de otros conceptos. Dentro de estas técnicas creativas se encuentra el SCAMPER de Alex Osborn y Bob Eberle ([Serrat 2017](#)), como el TRIZ de [Altshuller \(1984\)](#).

[Suwa et al. \(1998\)](#) sostienen que las acciones de diseño se basan en los esquemas de las personas, los cuales dependen del cuatro niveles cognitivos, el físico, el perceptivo, el funcional y el conceptual. Los esquemas representan el nivel primitivo de las acciones de las personas, que les ayudan a generar ideas mientras estructuran el proceso de diseño en un nivel mayor. En la literatura existen métodos sistemáticos con utilización de esquemas que ayudan a diferenciar la frontera entre la aplicación de la ciencia, la lógica y el diseño en el proceso ([Zeng & Cheng 1991](#)).

Los modelos orgánicos incluyen estudios sobre los antecedentes de diseño creativo en las personas. [Christiaans & Venselaar \(2005\)](#) sostienen que la creatividad en diseño se favorece tanto con el tiempo dedicado a entender y formular un problema como con el conocimiento de marcos de referencia conceptuales. [Dorst & Cross \(2001\)](#) argumentan que en la fase de formulación del problema resulta importante formular simultáneamente ideas de solución, en un proceso que es conocido como coevolución, y [Cross \(2004\)](#) señala la importancia que tienen las ideas en la primera etapa ya que estas prevalecen en la solución final.

Además, hay algunos estudios sobre procedimientos cognitivos para mejorar la capacidad para el diseño. [Shah et al. \(2000\)](#) estudiaron métodos intuitivos y lógicos para generar ideas, pero su investigación no fue concluyente. [Taura \(2014\)](#) ha realizado trabajos relacionados con la motivación para abordar y razonar un problema de diseño.

3.1.2 Enfoque procedimental

En el enfoque procedimental, el diseño en ingeniería utiliza varias actividades de planeación, modelado, simulación, optimización, producción, conocimiento, prototipado, fabricación, ideación, y evaluación de productos materiales o inmateriales. El diseño involucra la participación de varias áreas del conocimiento (Le Masson et al. 2013). Finger & Dixon (1989) realizaron una revisión sobre la definición de diseño en ingeniería desde el punto de vista del proceso de desarrollo de un producto. Posteriormente la investigación de diseño se enfocó en el desarrollo de competencias y educación Dym et al. (2005), Piirto (2011) y en pensamiento de diseño (Eder & Hosnedl 2011, Akili 2015, Spuzic et al. 2016, Lammi et al. 2018). Recientemente el estudio de diseño se ha preocupado por la sustentabilidad y por introducir ciencias del comportamiento Klotz et al. (2018).

En la revisión de la literatura se encontró que existe consenso general sobre la metodología de diseño. Las variaciones que existen corresponden con las técnicas y la organización de algunos pasos de diseño en ingeniería. Sin embargo, todas las metodologías de diseño involucran una exploración inicial de un problema o con el problema ya dado, seguido de una estructura del proceso para obtener un producto (Pugh 1990, Pahl et al. 2009, Ulrich & Eppinger 2015, Ullman 2017), o hacia el desarrollo de un invento (Altshuller 1984). En las etapas iniciales, esas técnicas involucran el proceso de generación de ideas con técnicas conocidas como la lluvia de ideas de Osborne (Osborn 2009, Linsey et al. 2011). Una vez elegida una metodología de diseño en ingeniería, se realizan procesos sistemáticos donde la creatividad está involucrada junto con la generación de ideas, en encontrar y en resolver problemas.

En las primeras etapas de diseño resulta conveniente asegurarse que exista la mayor cantidad de ideas. En esta etapa las ideas que se proponen influirán en el resto del proceso de diseño. Masson et al. (2017) proponen un método sistemático de diseño para evitar la fijación de ideas utilizando convergencia y divergencia, especialmente en las fases conceptuales de diseño. Además, sostienen que la creatividad se favorece con el lenguaje técnico. Perttula & Sipilä (2007) sostienen que la presentación de ejemplos comunes sobre ejemplos no usuales favorece la generación de conceptos, pero no la variedad o novedad. Los ejemplos comunes que se presentan en las fases tempranas del diseño favorecen la fijación de ideas.

El estímulo creativo también se utiliza en las primeras etapas de diseño con imágenes, ejemplos previos y estrategias, que luego se incrementan reutilizándolas en la fase de diseño conceptual (Cascini et al. 2018). Casakin & Goldschmidt (1999), Goldschmidt & Smolkov (2006) sostienen que el estímulo visual favorece la calidad de las ideas de solución de los problemas. Además, las condiciones del entorno donde se formule la solución también afectan esta calidad. La analogía visual ayuda en la generación de ideas, pero requiere conocimiento previo sobre el tema que se aborda. Smith (1998) argumenta que la generación de ideas está constituida de mecanismos operacionales diferenciados por estrategias, tácticas y establecedores.

3.1.3 Generación de ideas por analogía

El diseño por analogía utiliza la inspiración y analogía externa para resolver el problema de diseño por similitud, pero, no para inspirar o detonar la generación de ideas en un nuevo diseño, aunque esto pueda ocurrir. Según [Goel \(1995\)](#) las ideas creativas emergen a partir de la analogía ocurriendo en grados que dependerán tanto de la extensión del problema y de la formulación de la solución como de la transferencia del conocimiento, ya que con la analogía se favorece la estructuración de los procesos psicológicos ([Gentner & Markman 1997](#)).

En la analogía existen trabajos específicos relacionados con los sistemas orgánicos de la naturaleza. Autores como [Vattam et al. \(2010\)](#) y [Shu \(2010\)](#) presentan métodos directos de solución por analogía. [Chakrabarti et al. \(2005\)](#) utilizan la analogía bioinspirada con el lenguaje de comportamiento de los artefactos y la naturaleza.

Fuera del dominio, con ejemplos de otras disciplinas se pueden resolver problemas de diseño. [Christensen & Schunn \(2007\)](#) encontraron que las analogías dentro y fuera del dominio son relevantes para la explicación, identificación y resolución de problemas.

La analogía utiliza varias estrategias durante el proceso de diseño. [Ball et al. \(2004\)](#) sostienen que los esquemas gobernados por analogías favorecen la generación de ideas en expertos mientras que en ingenieros novatos las analogías tienen efecto cuando se utilizan con ejemplos o casos. Por ejemplo, [Chiu & Shu \(2007\)](#) encontraron que la generación de ideas se facilita con el lenguaje utilizado en el proceso de diseño, es decir, con la manera en que se utilizan los verbos y el lenguaje estructurado desde lo sencillo a lo complejo.

Pahl, conocido por sus trabajos sobre metodología de diseño, sostiene que el diseño es una actividad creativa soportada en las ciencias y en la pericia, es decir, en la matemática, la física, la química como en la actividad profesional, pero que a su vez es estimulado por la analogía con la naturaleza; favoreciendo a la creatividad con la variación de las estructuras funcionales de los artefactos ([Pahl et al. 2009](#)).

3.1.4 Perspectiva de desarrollo de CDI

En la perspectiva de desarrollo a la creatividad es incentivada en el proceso, el cual puede ser sistemático. Los enfoques que la han abordado son los estudios sobre la motivación intrínseca y extrínseca, las competencias creativas ([Amabile & Pillemer 2012](#)), el pensamiento divergente ([Guilford 1968](#)), la teoría del flujo y del contexto sociocultural de [Csikszentmihalyi \(1990\)](#), y otras como la respuesta en el proceso de diseño o trabajo en grupo ([Amabile et al. 1996](#), [Silvia et al. 2009](#), [Charyton & Merrill 2009](#), [Shah et al. 2010](#), [Fürst & Grin 2018](#)).

Desde el punto de vista cultural, la creatividad es un fenómeno que produce la interacción entre sistemas complejos, como el individuo y el contexto sociocultural ([Csikszentmihalyi 2014](#)) con

factores que se relacionan entre sí; los cuales incluyen el proceso, producto, persona y lugar (Rhodes 1961, Kozbelt et al. 2010, Runco 2014).

3.1.5 Perspectiva cognitiva de CDI

La perspectiva cognitiva de la CDI relaciona la creatividad con aspectos mentales y psicológicos de una persona. La creatividad está vinculada con la inteligencia (Sternberg & Lubart 1991, Sternberg 2012), la memoria, las condiciones del problema (Liikkanen & Perttula 2010) y la fijación de ideas preestablecidas (Jansson & Smith 1991). Algunos modelos cognitivos sostienen que se nace creativo mientras que otros sostienen que la creatividad se puede aprender (Beghetto 2010, Runco 2014).

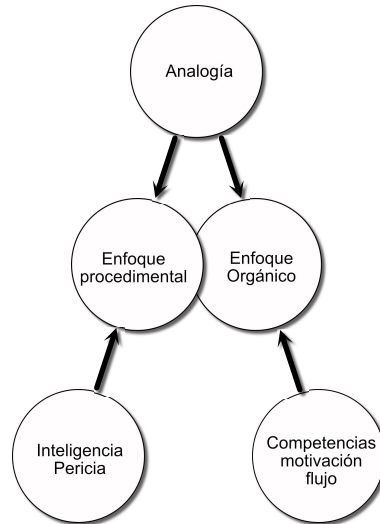
Para estudiar la creatividad, Simonton (2012) diferenció cuatro categorías psicológicas: cognitiva, diferencial, de desarrollo y social. La psicología cognitiva se enfoca en los procesos mentales que ocurren en el individuo. En la psicología diferencial se estudia a partir de las diferencias entre las personas con la inteligencia y las habilidades mentales, la motivación y los valores. En la psicología de desarrollo, se estudia con el crecimiento de las personas a lo largo de sus vidas, incluyendo su formación en edades tempranas hasta la vejez, los hábitos y la influencia del entorno. Finalmente, en la psicología social la creatividad se estudia a partir de aspectos cognitivos de desarrollo en el contexto social.

Desde el punto de vista cultural, la creatividad está afectada en tres niveles, el individual, el grupal y el sociocultural. Un producto material o inmaterial de la interacción de estos tres niveles es susceptible de ser valorado socialmente como novedoso y útil según el modo y propósito para el cual dicho producto fue creado (Plucker & Makel 2010, Simonton 2012). Algunos autores diferencian este producto como pequeño-C, si es producido por actividades cotidianas y subjetivas, y como gran-C si es valorado por la sociedad de manera objetiva (Kozbelt et al. 2010).

La perspectiva cognitiva considera que las primeras tres etapas del CDI son cognitivas. Howard et al. (2008) compararon 23 modelos del proceso de diseño propuesto entre 1967 y 2006, encontrando similitudes con varios modelos psicológicos de creatividad. Por su parte, French (1971 1999) sostiene que el diseño es un proceso mental donde una idea sigue a otra con una lógica que forma una cadena para resolver un problema. Cuando las ideas de la cadena cambian se crea un diseño nuevo.

3.1.6 Modelo de CDI

La Figura 3-2 resume la relación que tiene la creatividad con el diseño en ingeniería según el enfoque procedimental o el enfoque orgánico derivados de la Figura 3-1 y explicados en la sección anterior. La CDI está relacionada con tres aspectos conectados con las competencias creativas, la inteligencia y la analogía.

Figura 3-2: Modelo de creatividad en diseño en ingeniería

En la parte inferior, el modelo muestra las dos perspectivas de creatividad. En el lado izquierdo el uso de la creatividad se vale de aspectos mentales y psicológicos con el diseño en ingeniería utilizando el proceso como elemento fundamental del diseño. En la derecha, el diseño orgánico también utiliza métodos, pero concibe la creatividad como una competencia estimulada por dichos métodos. En ambos enfoques se utilizan los conceptos de analogía, como se muestra en la parte superior de la figura, como una herramienta para la generación de ideas que incluyen la visualización y la inspiración. Los dos enfoques se aplican indistintamente en diferentes áreas del conocimiento para el CDI.

El aspecto cognitivo de la creatividad incide en mayor grado en los modelos de diseño que se basan en el procedimiento y en menor grado en los orgánicos. Por el contrario, las competencias de diseño y el estímulo del entorno inciden en mayor grado en los enfoques orgánicos que en los procedimentales. El enfoque procedimental involucra a la persona mientras que el orgánico al efecto que tendrá el producto, el lugar y el proceso. La analogía que es una manera de generar ideas resultó ser un brazo especial que incide en las dos perspectivas creativas y enfoques de diseño.

3.2 Competencias de diseño

Las competencias de diseño creativo determinan la capacidad de una persona para generar ideas durante el proceso de diseño. Estas son el pensamiento divergente y convergente, la capacidad de asociación y analogía, el pensamiento lateral, la abducción, ideas sobre problemas, ideas de solución de problemas y la fluencia (Rodríguez-Mesa 2017)

3.2.1 Pensamiento divergente y convergente

El pensamiento divergente consiste en generar ideas diferentes en respuesta a un estímulo y el pensamiento convergente en recordar soluciones o respuestas convencionales (Guilford 1968). Cuando se formulan proyectos temáticos en PBL, se espera que los estudiantes utilicen su pensamiento convergente para aplicar su conocimiento y habilidades y el divergente para proponer alternativas para la solución, reflexión, formulación de problemas (Rittel & Webber 1973, Buchanan 1992), y síntesis (Simon 1996, Krippendorff 2006, Smith & Ward 2012).

3.2.2 Metáfora, asociación y analogía

La asociación se enfoca en encadenar las ideas propuestas, no solo las personales sino las planteadas por otros. Mednick (1962) define la creatividad desde la asociación jerárquica la cual se activa mediante tres vías, la seriedad donde los elementos de asociación se presentan en el entorno del diseñador, como cuando se descubre la utilidad de las cosas que existen para otro propósito; similitud donde la asociación es causada por la similitud que presentan las secuencias naturales o estructuras de las cosas (Gentner & Markman 1997), como ocurre con el ritmo y el lenguaje; y la mediación cuando la asociación se presenta con elementos simbólicos tal como ocurre con las matemáticas.

La analogía resulta ser una forma de asociación entre diferentes dominios y usos de los artefactos. Welling (2007) sostiene que la analogía implica el transporte desde una estructura conceptual a otra. Dunbar & Klahr (2012) sostienen que la analogía es una forma de mapear las características de un dominio a otro que es un objetivo.

A diferencia de la analogía, la combinación une dos conceptos existentes en uno nuevo. Pero en la creatividad de alto nivel, este proceso requiere abstracción. Basado en las ideas de Piaget, Welling (2007) define a la abstracción como una nueva solución a una paradoja del conocimiento. Es la movilización de la experiencia empírica a la reflexión mental para crear nuevas y más complejas estructuras.

La metáfora constituye otra forma de analogía utilizando la asimetría entre un dominio y otro que es semánticamente diferente (Holyoak 2012). La metáfora se basa en la correspondencia entre dos pensamientos. Las metáforas son necesarias para entender el lenguaje cotidiano y hacen parte del lenguaje de diseño para incentivar la creatividad (Johansson-Sköldberg et al. 2013, Le Masson et al. 2017)

3.2.3 Abducción

La abducción es un tipo de razonamiento lógico para explicar eventos inesperados y especular (Dunbar & Klahr 2012, Lombrozo 2012). La abducción es apropiada para proponer ideas de solución intuitivas tanto por novatos como expertos, para luego realizar reflexión.

3.2.4 Pensamiento lateral

El pensamiento lateral es una técnica creativa donde se cambian, reorganizan y reestructuran patrones (de Bono 1970). También es una forma de abstracción (ver Welling 2007) donde se resuelven problemas de manera inesperada y requiere flexibilización de las ideas, especialmente en los individuos expertos en un dominio.

3.2.5 Encontrar problemas

Encontrar problemas es un tipo de generación de ideas que se basa en el análisis y la observación de artefactos y eventos. Reúne un número de competencias relacionadas con la formulación de un problema, como son identificación, definición, descubrimiento, percepción y cobertura del problema y declaración del problema. Guarda una fuerte relación con el pensamiento divergente (Chand & Runco 1993).

Según (Runco 2014) encontrar problemas es mucho más importante que encontrar la solución. Desde el punto de vista de PBL, el problema comienza poco formulado o sin formulación por lo que los estudiantes deben ser creativos para encontrar y luego proponer un problema con ideas de solución y sus métodos para lograrlo. Las competencias para encontrar problemas están relacionadas con la experiencia en el dominio y con la forma como se aborda al problema (Bassok & Novick 2012).

3.2.6 Fluencia

La fluencia es la capacidad para emitir ideas. Se relaciona con el número de ideas. Al mismo tiempo la flexibilidad es la variación de estas ideas (Torrance 1974).

3.3 Modelo de CDI en PBL

El modelo de las 4p's de creatividad encaja con el enfoque orgánico que involucra proceso, producto y entorno. Este modelo presentado por Rhodes (1961) considera los efectos de la persona, los procedimientos, el producto y la presión del entorno para medir la creatividad. Ha sido utilizado

reconceptualizado y ampliado en numerosos estudios de creatividad (Cropley 2015, Glăveanu 2020).

Según Cropley (2015), el producto es lo que es creado (productos, procesos, sistemas, servicios); el proceso se refiere a la actividad cognitiva necesaria para la creación del producto. La persona se refiere a los aspectos psicológicos, los cuales incluyen los sentimientos, la motivación y otras características personales. El lugar lo define el contexto en el que ocurre, que ejerce una presión sobre los otros tres aspectos, que define lo que es o no es creativo y la cantidad de creatividad que una sociedad puede tolerar (Glăveanu 2020). Algunos autores consideran que el lugar es solamente lo físico (Dul & Ceylan 2014), pero otros consideran que es la relación personal con el entorno incluyendo influencias sociales situadas (Kapoor & Khan 2020) o el comportamiento (Katz-Buonincontro & Anderson 2020).

En el trabajo del proyecto el enfoque de las 4ps cambia ligeramente. El producto es el resultado del aprendizaje, representado en un entregable o en una solución implementada. El proceso es el efecto que los principios de aprendizaje tienen sobre la persona, soportado con la influencia intelectual explicada en la Sección 2.4. Es decir, es lo que hace que ocurra aprendizaje y desarrollo de habilidades, que en este caso son las CDI. La persona es el estudiante que incluye sus aspectos psicológicos y emocionales, como su experiencia y antecedentes. Pero el lugar es la dinámica propia del trabajo de proyecto realizado en grupo. En PBL es el entorno y las interacciones que allí ocurren, debido a la dimensión social al aprendizaje que tiene PBL.

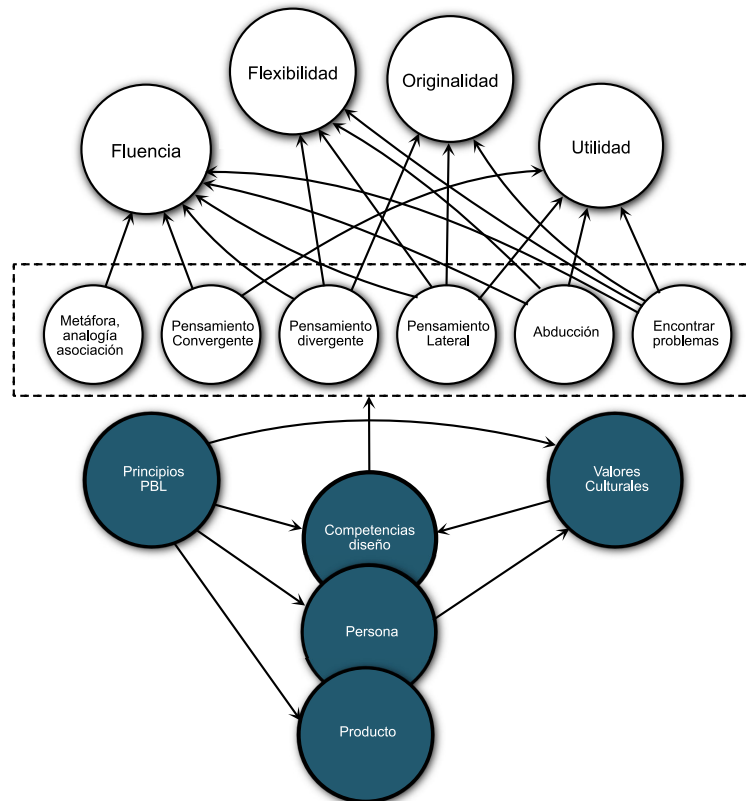
En el trabajo de proyecto la creatividad ocurre durante el proceso mismo del aprendizaje que está desarrollando otras competencias, con la participación individual y colectiva de los miembros. La participación individual está asociada con las dimensiones de aprendizaje e incentivo, mientras la participación colectiva con la dimensión social. Como la creatividad se desarrolla, ocurrirá simultáneamente a nivel personal y de grupo (cf. Paulus & Dzindolet 2008, Zhou 2015), afectando conjuntamente las CDI.

En la Figura 3-3 se presenta el modelo propuesto para explicar el mecanismo de la creatividad durante el trabajo del proyecto. El modelo de PBL está diseñado para el aprendizaje de una asignatura (proceso) influyendo las competencias CDI. A su vez incide sobre el estudiante y sobre el producto académico, para luego determinar la dinámica social de comportamiento de los miembros en el trabajo de proyecto. Mas adelante, cuando se aborde cultura este modelo explica la relación del comportamiento del grupo en la Figura 4-8.

Para operacionalizar las variables y medirlas, se utilizan las competencias creativas explicadas en la sección 3.2. Las competencias creativas que se desarrollan están encerradas en un recuadro, todas ellas relacionados con la fluencia. La medición se realizará agrupándolas en competencias para fluencia, para flexibilidad, para originalidad y para utilidad. Las variables de grupo están relacionadas con la cultura revelada por los estudiantes durante el trabajo del proyecto; las cuales serán tema en el capítulo 4.

En el modelo de las 4ps, las variables personales utilizan aspectos cognitivos y psicológicos de las personas. La interacción de los rasgos psicológicos y la dinámica del trabajo de proyecto constituyen la cultura del grupo, como se discutirá en el capítulo 4, en las secciones 4.5, p.72 y 4.6, p. 73.

Figura 3-3: Creatividad en PBL con influencia cultural.



3.4 Medición de la creatividad

La creatividad se puede medir en cualquiera de las etapas del proceso de diseño. Las técnicas populares son el pensamiento divergente, las pruebas directas e indirectas y el juzgamiento que hace el dominio. Algunas de las investigaciones recientes se centran en métodos heurísticos y automáticos (e.g. Fürst & Grin 2018, Beaty & Johnson 2020). Desde la perspectiva de este estudio, cualquiera de las herramientas de creatividad puede utilizarse en cualquier etapa del proceso de diseño en ingeniería utilizando el modelo de 4p's explicado antes para evaluar las competencias de diseño correspondientes a persona, proceso y producto. El lugar utilizará la cultura bajo el concepto explicado en el capítulo 4.

Para evaluar la persona existen varios instrumentos tradicionales, algunos de los cuales se basan en auto examen. En general implican ciertos dominios del conocimiento y categorización de productos

realizados por una persona creativa. Algunos de estos modelos tradicionales incluyen al inventario Creativo de la Conducta, -CBI (Hocevar 1979) que mide la creatividad a partir de los logros obtenidos por estudiantes en seis áreas del conocimiento en las artes, la música, las matemáticas y las ciencias. La Escala de Dominios de Creatividad de Kaufman, K-DOCS (Kaufman 2012) evalúa la creatividad en 5 dominios: el diario vivir, la escolaridad, el desempeño, la ciencia y las artes. También en esta categoría se incluye el modelo de Kaufman & Beghetto (2009) de las Cuatro-C de creatividad (mini-C, pequeño-C, Pro-C y Gran C) que miden la creatividad utilizando la auto evaluación, la prueba de Torrance (1974), datos históricos, con opinión de pares, premios y honores.

La creatividad en la persona también cuenta con cuestionarios para auto completar. El Cuestionario Creativo de Logros, CAQ (Carson et al. 2005) mide la creatividad acumulada a lo largo de la vida por un individuo con base en el producto en 10 dominios, artísticos y científicos junto con el talento deportivo en equipo, individual y para el emprendimiento.

A diferencia de los instrumentos para medir a la persona creativa, las técnicas de orientación al proceso utilizan la generación de ideas, el pensamiento divergente, convergente y otros. También utilizan periodos de tiempo definidos y pericia para evaluar el resultado. La prueba de referencia es la de Torrance de Pensamiento Creativo, -TTCT (Torrance 1974). La prueba TTCT mide la originalidad, flexibilidad, elaboración y la fluencia con respuestas verbales y gráficas, centradas en la persona.

La medición de producto de CDI es lo inherente al trabajo del proyecto. Según Baer (2010), el instrumento que suele utilizarse es la Técnica de Evaluación Consensuada, CAT de Amabile (1982). Este instrumento se enfoca en la calidad creativa y relativa del producto, pero no en las habilidades para hacerlo ni en la existencia de otras soluciones más elaboradas, utilizando jueces reconocidos en el dominio, los cuales califican desde no creativo hasta muy creativo. Por lo tanto, la evaluación es independiente del proceso y del enfoque creativo.

Cropley & Kaufman (2012) presentaron una variación denominada Escala de Diagnóstico de Solución Creativa o CSDS, utilizando jueces en general para evaluar la creatividad en consenso con relación a la relevancia, efectividad, novedad, elegancia y génesis.

Los instrumentos de medición basados en el lugar o contexto se preocupan de la influencia que una organización o lugar hace para fomentar la creatividad. Los estudios se centran en las actividades de los equipos de trabajo y su relación con las partes interesadas que causan motivación (e.g. Amabile & Gryskiewicz 1989, Amabile et al. 1996, Isaksen et al. 1999, Isaksen 2007, Goncalo et al. 2015).

La Tabla 3-1 resume los instrumentos de creatividad hallados al revisar la literatura. El Anexo C describe el procedimiento utilizado, los criterios de selección y las ecuaciones de búsqueda. Se encontraron 29 instrumentos para medir la creatividad en temas relacionados con CDI. Los instrumentos para medir la creatividad en el proceso y en la persona tienen la mayor participación con 33,9% y 30,5% cada uno, mientras el producto 18,4% y el lugar el 17,2%. Estos datos son

consistentes con la revisión inicial de creatividad de la Figura 3-2, donde existen los dos tipos de definiciones orientadas hacia la persona y orientadas hacia el proceso. Así mismo, difieren de los encontrados por Said-Metwaly et al. (2018) para el proceso, quienes encontraron 52,6% y para la persona el 28,9%.

Tabla 3-1: Enfoques para medir la creatividad

Instrumento	Sigla	Tipo	Referencias
Prueba de Getzels & Jackson (1962), GJCT	Proceso	Evalúa la fluencia, flexibilidad, originalidad y elaboración a partir de asociación de ideas con cinco pruebas: asociación de palabras, uso, formas ocultas de figuras, fábulas y proposición de problemas.	Hasan & Butcher (1966), Zeng et al. (2011)
Prueba de Wallace y& Kogan, WKCT	Proceso	Evalúa la fluencia, flexibilidad, originalidad y elaboración a partir de asociación de ideas a una pregunta.	Wallach & Kogan (1965)
SOI,	Proceso	Mide ocho habilidades cognitivas relacionadas con el pensamiento divergente así: relaciones y unidades simbólicas; unidades, relaciones y transformación de figuras; unidades, relaciones y transformaciones semánticas.	Guilford (1968) en Cropley (2015)
Prueba de Torrance de Pensamiento creativo, TTCT	Producto	Pensamiento divergente en forma verbal o gráfica	Torrance (1974)
¿Cómo piensa? HDYT	Persona	Cuestionario de 102 ítems para medir la predisposición creativa de una persona.	(Davis & Subkoviak 1975)
Escala de Personalidad Creativa, CPS	Persona	Auto test psicológico para evaluar 30 adjetivos relacionados con las personas creativas por sus actitudes, motivaciones, intereses, valores e información histórica.	Gough (1979)
Escala de Siegel de Soporte para Innovación, SSSI	Lugar	Cuestionario de 61 ítems enfocado en la creatividad, para medir la facilidad que brinda una organización a la innovación incluidos factores de pertenencia y tolerancia a la diversidad	Siegel & Kaemmerer (1979)
Inventario de Conducta Creativa. CBI	Persona	Evalúa la frecuencia en que un individuo se involucra en actividades creativas en las artes, la artesanía, la literatura, música, las matemáticas y las ciencias.	Hocevar (1979)

Continúa en la próxima página

Técnica de Evaluación Consensual, CAT	Producto	Evalúa la creatividad desde el punto de vista de expertos en el dominio, teniendo en cuenta su opinión consensuada como criterio de validez.	Amabile (1982)
Inventario de Entorno de Trabajo WEI,	Lugar	Cuestionario de 135 ítems para evaluar estímulos y obstáculos en el entorno laboral para la generación de ideas	Amabile & Grysiewicz (1989)
Evaluación del Clima Creativo, KEYS	Lugar	Mide la predisposición de una organización para promover la creatividad desde el punto de vista de la novedad y utilidad, con varias categorías que incluyen promoción de la creatividad, autonomía y libertad, recursos, presión e impedimentos. Utiliza 78 ítems que se contestan en una escala de cuatro puntos.	Amabile et al. (1996)
Cuestionario de Clima Creativo, CCQ	Lugar	Cuestionario de 50 ítems con 10 dimensiones sobre experiencias de trabajo en grupo en organizaciones. Las respuestas utilizan una escala de 4 puntos.	Ekvall (1996)
Cuestionario de logros creativos, CAQ	Persona	Logros históricos de los individuos en 13 dominios de la ciencia y las artes, los deportes y el emprendimiento.	Carson et al. (2005)
Cuestionario de perspectivas situadas, SOQ	Lugar	Es una variación del cuestionario de Ekvall realizado con papel y lápiz para evaluar 10 dimensiones creativas con una escala de 4 puntos. Se enfoca en el trabajo de equipo y las actividades que desarrolla.	Isaksen et al. (1999) , Isaksen (2007)
Inventario Biográfico de Comportamiento Creativo, BICB	Persona	Cuestionario personal de 34 ítems para evaluar la incidencia de participar en actividades creativas.	Batey (2007)
Escala-C de MMPI-2	Persona	Escala creativa desarrollada para el Indicador Multifásico Minnesota de Personalidad. Tiene 31 ítems y se utiliza para diagnóstico psicológico.	Nassif & Quevillon (2008)

Continúa en la próxima página

Escala de Dominios Creativos, CDQ	Persona	Encuentra el dominio en el cual un individuo resulta creativo, teniendo en cuenta un total de 56 dominios, utilizando el modelo de las Cuatro-C de creatividad (mini-C, pequeño-C, Pro-C y Gran C) para evaluar la creatividad. También utiliza auto evaluación, la prueba de Torrance (1974) , datos históricos, opinión de pares, premios y honores.	Kaufman & Beghetto (2009)
Prueba de Tareas de Pensamiento Divergente	Proceso & Persona	Evalúa el pensamiento divergente a partir de la asignación de tareas y un cuestionario de los cinco factores clave de la personalidad. También utiliza respuestas instantáneas por calificadores seleccionados.	(Silvia et al. 2008, 2009)
Evaluación Creativa de Diseño en Ingeniería	Proceso	Mide las habilidades de una persona en el proceso de diseño enfocándose en el bosquejo, el pensamiento divergente y convergente, número de ideas, flexibilidad, novedad, originalidad y la capacidad encontrar problemas.	Charyton & Merrill (2009)
Prueba de pensamiento divergente	Proceso	Utiliza 23 variables para evaluar habilidades para el diseño en las etapas iniciales como fluencia, flexibilidad, originalidad, calidad, abstracción, pro-fijación detalle, pro-complejabilidad.	Shah et al. (2010)
Escala de Dominios de Creatividad de Kaufman, (KDOCS)	Persona	Evalúa la percepción personal de la creatividad utilizando comparación entre pares. Incluye varios dominios de las ciencias y matemáticas como el de las artes.	Kaufman (2012)
Escala de Diagnóstico de Soluciones Creativa, CSDS	Producto	Mide la relevancia, efectividad, novedad elegancia y génesis de un producto diseñado.	Cropley & Kaufman (2012)
Escala de valoración de esquemas	Proceso	Evaluación en línea de esquemas producidos en las primeras etapas del diseño. Evalúa la novedad, utilidad y factibilidad en una escala de tres puntos.	(Kudrowitz & Wallace 2013)

Continúa en la próxima página

Rubrica de Pensamiento Creativo, VALUE	Proceso	Medición indirecta de la creatividad utilizando una fórmula con 6 de 20 factores, previamente seleccionados, del proceso de diseño y la calidad creativa del producto inicialmente evaluada por expertos.	(Yuan & Lee 2014)
Técnica de evaluación consensuada, Digital CAT	Producto	Versión digital de CAT de Amabile (1982)	(Cseh & Jeffries 2016)
Escala de Creatividad en Ingeniería	Proceso	Se diseño para medir la creatividad de estudiantes en Taiwán. Es una escala que se basa y adapta al mandarín los instrumentos de Charyton & Merrill (2009), Yeh (2004).	Chang et al. (2017)
Evaluación de la Creatividad Diaria	Persona, Proceso & Producto	Evalúa la creatividad de la persona, el proceso, el producto, la creatividad potencial y manifiesta, utilizando varios cuestionarios de personalidad, estilos cognitivos, intereses, actividades y logros. La creatividad se evalúa mediante par doble-ciego.	(Fürst & Grin 2018)
Evaluación de productividad creativa	Producto	Rúbricas para la evaluación del producto y lecciones de los estudiantes en ciencias y artes. Evalúa el grado de integración, el contenido STEM y la disciplina predominante en cuatro niveles desde primerizo hasta experto.	(Wilson & Presley 2019)
Evaluación Automática de la Creatividad, SemDIs	Proceso	Evalúa la distancia semántica de las ideas y lo novedosas para determinar la creatividad. La publicación corresponde con un estudio de casos para probar el concepto.	(Beaty & Johnson 2020)

3.5 Critica a los instrumentos para evaluar creatividad

Los instrumentos de proceso incluidos en la Tabla 3-1 pueden medir las variables de la creatividad de la Figura 3-3, pero no todos miden todas las variables o las mismas variables. Así mismo, la mayor parte de los instrumentos se enfocan en el pensamiento divergente ya que permite evaluar la creatividad en cualquier dominio (Puryear et al. 2019, Beaty & Johnson 2020). La mayoría de las variables discriminadas en la Sección 3.2 no tienen un instrumento específico de medición.

3.5.1 Proceso

Las pruebas tradicionales como el TTCT, SOI y CAP se enfocan en la fluencia a partir de la solución de problemas abiertos o poco formulados, originalidad, flexibilidad y detalle. [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#) sostienen que la confiabilidad de las pruebas para evaluar pensamiento divergente ha sido probada con varios trabajos, pero no se ha probado la validez para evaluar la creatividad. El cuestionamiento a la medición de la creatividad se origina en la propia definición que se tenga esta. Por ejemplo, la perspectiva para evaluar un producto para definir lo creativo a partir del proceso podría causar mediciones inaceptables para un dominio particular y no para otro.

En cuanto a los instrumentos para evaluar la creatividad por el pensamiento divergente, se precisa que las ideas tengan la calidad necesaria para ser consideradas ([Silvia et al. 2008](#)). [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#) sustentaron en su revisión que otros de los problemas que tienen las pruebas de [Guilford \(1968\)](#) y [Torrance \(1974\)](#) es la inexplicable alta correlación que muestran entre la fluencia y la originalidad ([Fürst & Grin 2018](#)). Esto significa que a mayor número de ideas mayor sería la originalidad de la solución en todos los casos. Esta correlación alta ocurre en la práctica profesional cuando se trabaja en grupos ya que existen metodologías de generación y selección de ideas, pero en una prueba de creatividad las ideas deben ser evaluadas según criterios de aceptación o rechazo para ser consideradas. En las metodologías de CDI se utilizan directa o indirectamente herramientas para seleccionar las mejores ideas por su calidad, desempeño, o concepción de los usuarios finales (e.g. [Pugh 1990](#), [Linsey et al. 2011](#), [Ullman 2017](#)). Así mismo las investigaciones sobre generación de ideas han utilizado esta premisa como uno de los pilares de la lluvia de ideas para la creatividad (e.g. [Paulus et al. 2011](#), [Wilson 2013](#)). Incluso algunos autores como [Kalargiros & Manning \(2015\)](#) señalan que la cantidad de ideas junto con el pensamiento divergente son la clave para la creatividad e innovación.

Otra crítica a estos instrumentos es que no tienen en cuenta la experiencia previa del participante para evaluar la creatividad ([Said-Metwaly et al. 2018](#)). Sin embargo, la evaluación de la creatividad no tiene que incluir el antecedente, ya que si se asume que si la creatividad es una competencia que se desarrolla ([Amabile & Pillemer 2012](#)), se puede medir en un instante y lugar particular sin tener que incluir en el mismo instrumento constructos relacionados con los antecedentes. En su lugar, los instrumentos que se centran en el intelecto, i.e. inteligencia y don, si debiesen tener en cuenta las variables incidentes en los estados mentales, como la experiencia previa, ya que hay una relación entre las variables de pensamiento divergente y la mente de las personas (e.g. [Hasret & Savaş 2019](#)).

[Silvia et al. \(2008\)](#) sostienen que las puntuaciones sobre respuestas únicas en las pruebas de pensamiento divergente se confunden con las puntuaciones de fluencia que corresponde al total de respuestas. Es decir, hay una dificultad inherente para discriminar cuando una respuesta es diferente de otra. Añaden que este problema se ha estudiado desde la década de los 70's para lo cual se

han propuesto múltiples variaciones en la puntuación de unicidad, como en la ponderación por la frecuencia o la categorización.

La valoración de las ideas respecto a la cantidad, flexibilidad, utilidad y originalidad no tiene en cuenta la pertinencia de las respuestas. [Zeng et al. \(2011\)](#) sostienen que los instrumentos tradicionales no consideran si las respuestas a las preguntas son apropiadas en el dominio, lo cual conduce a inclusión de respuestas fuera del tema. Pero al mismo tiempo, cuando este criterio se introduce puede caer en el error de eliminar respuestas extremas (i.e ideas locas). Más adelante, en este estudio se encontró que la combinación de fluencia y flexibilidad puede causar dificultades en la medición (Sección 8.5.12).

Otra de las desventajas de las pruebas de pensamiento divergente es la falta de relación de la creatividad con las tareas para las cuales se está valorando el trabajo. Es decir, las pruebas presentan actividades fuera del dominio al que están evaluando o utilizan deliberadamente actividades diferentes para evitar el sesgo inherente al conocimiento inmediato. [Zeng et al. \(2011\)](#) consideran que esto desconecta la creatividad del proceso como un todo. No obstante, este problema solo se presentaría cuando se investiga la creatividad en individuos y desarrollo para todo el proceso y por el proceso mismo.

3.5.2 Producto

La técnica de evaluación consensuada de [Amabile \(1982\)](#) es el instrumento de referencia para medir la creatividad del producto. Este instrumento no está construido sobre teorías de creatividad sino sobre el punto de vista de jueces con cierto grado de experiencia que evalúan el producto. Con ello, los jueces pueden sesgar la evaluación ya que el producto se estaría evaluando desde varios puntos de vista con enfoques, tal vez paradigmas distintos ([Said-Metwaly et al. 2018](#)).

Así mismo, tanto el factor cultural del producto y los jueces como los jueces y participantes podrían sesgar por su propia afinidad cultural el producto [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#). Para mitigar este efecto algunos de los instrumentos de producto utilizan evaluación doble ciega por pares.

En el caso de los productos educativos, los jueces podrían estar evaluando desde dos áreas del conocimiento diferentes y de acuerdo con lo que ellos consideran lo que debería ser un producto de una asignatura. Cuando se utilizan lúbricas marcadas, surgen los mismos problemas que tienen las evaluaciones a estudiantes.

Los antecedentes de los jueces con los estudiantes también pueden sesgar por la moderación inherente. Esto lo han mostrado algunos resultados de varios estudios comparativos, que indican que la puntuación de jueces externos es diferente de la de jueces internos ([Steinke & Fitch 2017](#), [Herde et al. 2016](#)).

La confiabilidad del instrumento la da la correspondencia entre los valores de los jueces. [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#) sostienen que ese valor no es representativo ya que no incluye factores como el conocimiento y el tiempo empleado por los participantes, así como el número de tareas que puede demandar un diseño sobre otro y las que se están juzgando.

Los instrumentos de evaluación de producto tampoco garantizan que, a pesar de la experiencia de los jueces, todos tengan la misma interpretación y lean con el mismo peso los rasgos que caracterizan a un producto, a pesar de que pueda existir consenso general a partir de la suma total de la valoración de detalles, pero en cada detalle existir diferencias.

3.5.3 Persona

Para medir la creatividad en la persona hay cuestionarios de auto reporte o evaluados por otros. Estos cuestionarios suelen estar ligados con rasgos mentales, intelectuales o psicológicos de las personas. Los rasgos psicológicos se construyen a partir de la personalidad o de la conducta de un individuo creativo. En cuanto al intelecto se construyen por correlación entre el coeficiente intelectual y la creatividad.

Estas pruebas parecen ser determinísticas ya que no tiene en cuenta ni la multidimensionalidad de la creatividad ni la influencia de las actividades y el entorno [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#). De hecho, asumen una relación directa entre personalidad, la conducta y la creatividad ([Zhang et al. 2013](#)). Por otra parte, si la relación entre la personalidad y la creatividad es directa, una persona no podría desarrollar la creatividad sin cambiar su personalidad o si por alguna razón su personalidad cambia, cambiará su creatividad.

En cuanto a la validez de las pruebas de auto reporte, [Said-Metwaly et al. \(2018\)](#) sostienen que existen diferencias significativas entre las valoraciones realizadas por una persona en su propia prueba y las valoraciones realizadas por un experto. También argumentan que la valoración de jueces procedentes entre dominios también difiere. Además, el auto reporte puede estar sesgado tanto de manera voluntaria como involuntaria por el participante, por su estado de ánimo, su actitud o por una estrategia consciente sobre lo que debe responder para obtener un resultado, aunque las pruebas sean diseñadas para la consistencia interna y con triangulación de constructos.

Otra de las desventajas es que desconocen la conexión del incentivo con la creatividad. Basados en el estudio de PBL del capítulo 2, el aprendizaje tiene una dimensión de incentivo influenciada por aspectos sociales. Esto significa que mientras que la creatividad se aprenda, se pueden aplicar las tres dimensiones de aprendizaje y por ende los factores externos tendrán una incidencia sobre la creatividad.

3.5.4 Lugar

Los instrumentos que miden la creatividad en el lugar se enfocan en aquellas situaciones que inciden en la creatividad de la persona. Estas situaciones incluyen los espacios de trabajo, las políticas de las organizaciones, las relaciones interpersonales, los recursos físicos, el trabajo de los grupos, la cooperación, el bienestar y la cultura entre otros.

Los instrumentos de medición suelen utilizar preguntas de percepción a los participantes con constructos particulares asociados a la creatividad. Suelen además discriminar entre estudios para evaluación individual o grupal.

Ya que los estudios no tienen en cuenta directamente la creatividad personal, el proceso o el producto, suelen ser complementarios. Así se utilizan para evaluar el efecto de la creatividad y de lugar junto con otros instrumentos o directamente con la percepción de los participantes.

La controversia que tienen estos instrumentos radica en la definición de los constructos y como entienden al entorno.

3.6 Instrumento de Medición en este estudio

La creatividad de CDI y del grupo puede medirse utilizando dos instrumentos. El primero, para medir las competencias de diseño y el segundo para medir la cultura.

En el caso de la creatividad, como se dijo antes, parece que no hay un instrumento documentado que mida todas las variables creativas de la Sección 3.2. Para medir la CDI, se utilizará CEDA (Creative Engineering Design Assessment), el cual mide el pensamiento divergente, convergente, la cantidad de ideas y su variación, la capacidad para solucionar y encontrar problemas, la utilidad y la originalidad. Según [Charyton & Merrill \(2009\)](#), el índice de confiabilidad es de $r = .85$, mientras que el de re-test varía alrededor de $r = .56$ ([Cruz et al. 2020](#)) para varias mediciones.

CEDA, contiene tres problemas de diseño básicos que utilizan como punto de partida dos, tres y cuatro formas básicas (cubo, cilindro, pirámide y esfera). Los participantes deben presentar diseños relacionados con sonido, comunicación y transporte contestando con dos alternativas a varias categorías que incluyen diagrama, descripción, materiales, problemas que resuelven y usuarios.

Los elementos que incluye CEDA permiten evaluar pensamiento convergente, con el número de ideas, representadas por la forma y los materiales, pensamiento divergente con el número de ideas alternativas; utilidad, con el número de ideas que declaran su uso; originalidad con la valoración del juez y capacidad para encontrar problemas con las declaraciones de los participantes. Sin embargo, CEDA no puede discriminar el grado de intervención de la analogía, la metáfora, la asociación, la abducción, el pensamiento lateral, los cuales, están aplicados indirectamente.

CEDA puede medir las seis competencias de diseño de la sección 3.2. Comparado con los instrumentos reseñados en la Tabla 3-1, CEDA parece ser el que más se aproxima a la medición de la creatividad, como indica la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Variables CDI medidas por CEDA

CDI	CEDA
Pensamiento Convergente	El número de ideas relacionadas con diseños convencionales implícita en todos los ítems. CEDA. Para su valoración se requiere conocer los antecedentes.
Pensamiento Divergente	Por las ideas alternativas y la valoración de la originalidad en un esquema, materiales y uso declarado.
Metáfora, asociación y analogía	Evaluadas en la descripción y forma del diseño presentado. Declaración explícita de uso de los materiales y del diseño utilizado
Abducción	Representada por las declaraciones al diseño presentado, a los posibles problemas a solucionar y en la descripción del uso.
Pensamiento lateral	Representada por las alternativas al segundo diseño. Se categoriza como flexibilidad, pero también incide sobre el grado de originalidad.
Encontrar problemas	Se evalúa con el número de posibles problemas que solucionan los diseños presentados y declarados por los participantes. Este ítem también está en la abducción
Fluencia	Es el número de ideas distintas que se declaran en el esquema y en el texto de los diseños presentados. Esta presente transversalmente en la prueba

El CEDA se ha utilizado recientemente en investigaciones de desempeño de innovación en estudiantes de ingeniería industrial (Morin et al. 2018), investigaciones sobre la definición e importancia de la creatividad en el programa de ingeniería (Carpenter 2016), en la capacidad para resolver problemas en la creación de productos (Dimli et al. 2018), para evaluar la capacidad de ideación (Srivathsavai et al. 2010, Pucha et al. 2016), con modificaciones para medir la originalidad y calidad de las respuestas (Genco et al. 2011, Johnson et al. 2014, Kershaw et al. 2019), o con variaciones para evaluar ideas a partir de esquemas (Zhou et al. 2020).

El CEDA ha sido cuestionado por mostrar resultados similares e incluso menores en pruebas con estudiantes de ingeniería sobre aquellos obtenidos por estudiantes de otros programas (Kim & Lee 2019). También por su bajo índice de repetitividad entre mediciones en la originalidad (Srivathsavai et al. 2010, Johnson et al. 2014).

Finalmente, para medir la persona (comportamiento) y el lugar (el tratamiento PBL) en la Figura 3-3 se utiliza el cuestionario QFR, explicado en el capítulo 5, en varios cursos donde también se mide la creatividad.

3.7 Conclusiones

En la primera parte del capítulo realizó una revisión de varios enfoques de la CDI. Los dos enfoques principales son el procedimental basado en la mente e inteligencia y el instrumental basado en las competencias creativas. Ambos enfoques utilizan la analogía como una herramienta de creatividad. Sin embargo, en el enfoque procedimental la analogía se vale de la capacidad mental, mientras que en el instrumental de las competencias de una persona.

La medición de la creatividad utiliza a la persona, el proceso, el producto y el lugar. Este estudio considera a la persona como el estudiante, el cual desarrolla las competencias creativas durante el aprendizaje, el PBL como el proceso, el lugar como el entorno cultural inmediato y el producto como el entregable de los resultados de aprendizaje. Sin embargo, este último no se considerará aquí ya que éstos son evaluados por el profesor con sesgo en otros aspectos curriculares. Por consiguiente, el instrumento creativo seleccionado solamente evaluará al proceso.

Las CDI fueron agrupadas en cuatro grupos de competencias para fluencia, para flexibilidad, para originalidad y para utilidad, las cuales son producidas por la existencia de una o varias de las competencias estudiadas en este capítulo. Esta agrupación fue realizada de acuerdo con el instrumento de medición que se seleccionó, teniendo en cuenta que no fue encontrado un instrumento publicado que midiera todos los aspectos al mismo tiempo y diferenciándolos entre sí.

La revisión de instrumentos condujo a seleccionar un instrumento enfocado en el proceso como CEDA. Este mide algunas de las CDI, como fluencia, pensamiento convergente y divergente, hallazgo, solución de problemas y satisfacción de restricciones.

4 Cultura

4.1 Introducción

El trabajo de proyecto de PBL reúne varios participantes que tienen el propósito de adquirir conocimiento y habilidades con el programa de una asignatura. Tales participantes usualmente hacen parte del mismo entorno institucional multicultural. Cuando trabajan en el proyecto deben adaptarse a un estilo predominante según sea la situación de cada práctica educativa en cada curso en el que se matriculan.

En el entorno institucional los estudiantes comienzan a formar patrones de comportamiento diferentes desde que inician sus estudios hasta que los terminan. En un modelo educativo flexible, donde los estudiantes tienden a organizar su currículo, cuando se reúnen a trabajar en un proyecto, también planean tomar diferentes asignaturas, independientemente de la opinión y del trabajo al que se han comprometido a realizar en grupo. De esta forma el trabajo de proyecto congrega circunstancias y antecedentes distintos, construyendo y reconstruyendo patrones de comportamiento grupal una y otra vez mientras avanzan en sus estudios.

En este punto, podrían existir patrones debido a la sociedad o presionados por la institución a un nivel de la organización, pero también patrones de comportamiento a nivel de grupos de trabajo en clase. La observación directa del trabajo de una clase y del desempeño de los estudiantes indica que hay diferencias entre cursos e incluso entre los grupos del mismo curso; o entre el comportamiento del mismo estudiante entre sus cursos. Así que el comportamiento podría estar mediado principalmente por la práctica educativa del curso indicando patrones con valores, símbolos y rituales que podrían encajar en una definición de cultura.

Como punto de partida, la cultura es el resultado del comportamiento colectivo de un sistema que mantiene la configuración de los hechos que ocurren en su entorno, por lo tanto, puede caracterizar al sistema donde se encuentra; teniendo consecuencias sobre los miembros que nacen o habitan en ella. Estos miembros están acostumbrados a ciertos estilos cognitivos, que se manifiestan en sus patrones de comportamiento, en la expresión del trabajo, en las formas como estructuran su ambiente y en los artefactos que producen (Groh 2020, Phillips & Reus-Smit 2020). Por lo tanto, la cultura (1) reúne varios elementos como la cognición, la emoción, el comportamiento, los valores y los símbolos; (2) influencia en la manera como las personas perciben el mundo, se sienten y actúan en él; (3) es un pilar para conformar opiniones, actitudes y valores; (4) se adquiere en sociedad, y (5) se puede distinguir entre grupos humanos (Odağ & Hanke 2019).

La distinción de cultura se puede realizar entre grupos humanos bajo dos niveles de conceptualización, macro y micro nivel. El macro-nivel o supra-nivel diferencia países o grandes regiones. El micro nivel

identifica factores relacionados con grupos culturales y etnias. Las dimensiones transculturales del macro-nivel actúan como mediadores y moderadores del nivel individual [Odağ & Hanke \(2019\)](#).

Tanto la medición como la definición de cultura se basan en el dominio. En ellas además interviene el tipo de estudio, cualitativo o cuantitativo; la extensión del estudio, si se hace en el nivel macro o en el nivel micro; en la diferenciación predeterminada de los grupos, por una etnia o por condiciones sociales, y por el tratamiento y operalización subyacente de datos ([Chatman & O'Reilly 2016](#)). Así que se han dado múltiples definiciones de cultura, con una saturación histórica, que tiene más de 300 definiciones de cultura, además desde varias perspectivas tales como el posmodernismo, poscolonialismo y la geografía ([Faulkner et al. 2006](#)), y con un exceso de constructos e instrumentos de medición disponibles ([Chatman & O'Reilly 2016](#)).

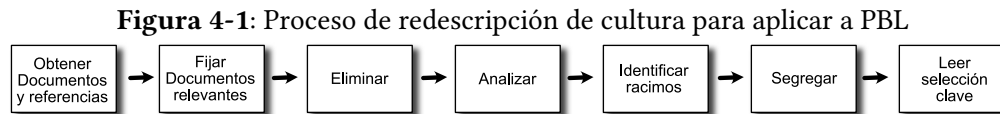
En un estudio segregado a grupos específicos institucionalizados, pero al mismo tiempo no gobernados, es complejo estudiar un tipo específico de cultura. Por ejemplo, la institución podría abordarse con una perspectiva de organización y utilizar para ellos los marcos de referencia de autores predominantes como [Triandis \(1988\)](#) o [Hofstede & Jan \(2015\)](#) o en los trabajos de [Schein \(2010\)](#) o [Alvesson & Sveningsson \(2016\)](#), pero a diferencia de muchas organizaciones, las entidades educativas suelen ser no confesionales, abiertas al pensamiento y flexibles implicando multi culturalidad dentro de ellas.

Así que, surge la pregunta central para la revisión de la literatura ¿Qué definición de cultura encaja en un estudio de trabajo de proyecto? ¿Qué variables culturales deberían ser tenidas en cuenta para el modelo de la Figura 3-3.? Esta pregunta puede contestarse examinando en la literatura los dominios principales de aplicación de cultura y para estudiar el comportamiento humano, utilizando revisión sistemática.

4.2 Revisión sistemática de la literatura

La revisión sistemática de la literatura (RSL) es una técnica que utiliza bases de datos de portales de información científica (e.g. Scopus, Web of Science o WoS), para revisar documentos de referencia, recurrencia de apariciones y enlaces entre los documentos ([Borrego et al. 2014](#), [Torgerson 2003](#)).

El procedimiento utilizado en este estudio mostrado en la Figura 4-1, sigue la metodología explicada en la sección 6.2. Comienza con una búsqueda general de documentos con sus referencias bibliográficas, luego identifica y elimina documentos que no están relacionados con el propósito de la búsqueda. Con la lista agrupada, en una tabla de datos, analizará la información procesada con técnicas de minería de datos para encontrar grupos temáticos o clústeres y segregarlos por afinidad según sea el caso. La lectura de documentos claves, según su relevancia por un índice alto de citación, ayudará a categorizar tales grupos temáticos. El Anexo D explica el proceso realizado para obtener los cinco conceptos culturales reseñados a continuación.

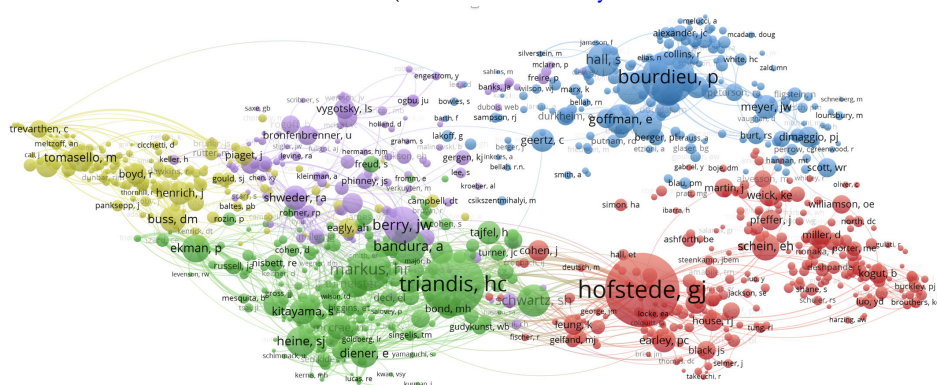


4.3 Redescrición

El tópicos de búsqueda principal “Cultur*”, arrojó documentos que incluyeron palabras genéricas como culture, cultura, culturization, culturización y cultural; tanto en el título, en el resumen como en las palabras clave. En el portal *Web of Science* -WoS, la primera búsqueda general encontró 1.800.241 registros. Ya que estos registros son de varias disciplinas con estudios propios de cultura, pero también con el tema de cultura tratado transversalmente, la búsqueda se filtró a las ciencias sociales, incluyendo psicología, sociología y comportamiento, con exclusión de referencias a estudios patológicos o médicos. De esta manera, se recopilaron 60.480 registros, incluyendo artículos de todo tipo y libros. Debido a las limitaciones tecnológicas y a la disponibilidad de un número considerable de documentos de revisión, los registros fueron filtrados nuevamente al tipo de “revisión”. La lista de análisis se redujo a 5.201 documentos, con los que el investigador realizó el análisis bibliométrico.

El análisis bibliométrico requiere una serie de etapas iterativas de refinamiento para construir la información con apoyo de gráficas. La Figura 4-2 muestra cinco racimos encontrados indicando cinco áreas de trabajo de acuerdo con las referencias utilizadas por la mayoría de los autores de los 5.201 documentos. Los racimos fueron nombrados como: (1) Cultura Nacional (2) Cultura Psicológica, (3) Sociología Cultural; (4) Cultural Evolutiva y; (5) Cultura Situada.

Figura 4-2: Racimos culturales por tópicos. Analizado con VOSviewer por cocitación de autores. Realizado con VOSviewer (Leiden University 2017, Van Eck & Waltman 2014a)



4.3.1 Cultura Nacional

Hofstede desde 1980 desarrollo un modelo cultural de 5 dimensiones o problemas sociales para identificar patrones culturales en grupos diversos (Hofstede 2001, 1980). Las 5 dimensiones na-

cionales son: (1) distancia al poder; (2) Individualismo y colectivismo; (3) Masculinidad y feminidad; (4) Evasión a la incertidumbre, y (5) orientación a largo plazo. Según Hofstede, la cultura es el programa de la mente que se manifiesta colectiva e individualmente mediante los valores (el deseo y lo deseable), símbolos, héroes y rituales (Figura 4-3). Para definir las dimensiones culturales, Hofstede se basó en datos recolectados en varios países y se enfocó en la Cultura Nacional (Hofstede & Jan 2015), pero luego comenzó a utilizarse a nivel organizacional.

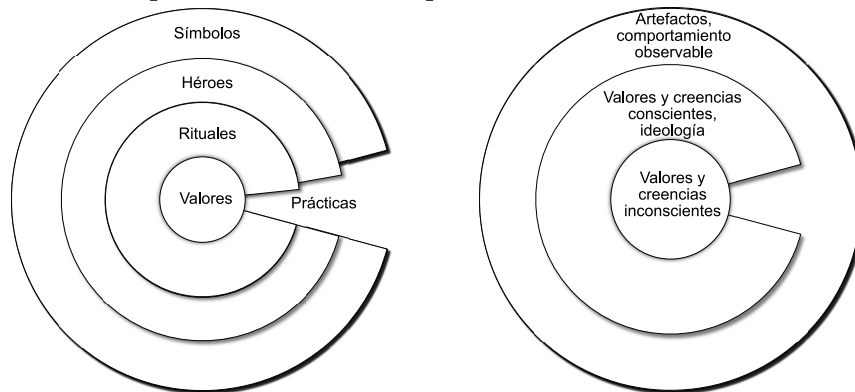
Para medir la cultura, Hofstede utilizó el concepto tradicional de valor de Kluckhohn (1951) y Rokeach (1972), citados en Hofstede (2001) como el constructo principal. Un valor es una concepción explícita o implícita distintiva de un individuo o grupo, de lo deseable, que tiene influencia sobre la selección de las formas disponibles, significados y finalización de las acciones, las cuales fijaran su conducta social o existencia. Los valores están incrustados desde muy temprano en la vida, suelen ser bipolares y se manifiestan a través del estímulo social.

Hofstede sostiene que los valores son propios de la Cultura Nacional, mientras que las prácticas son el elemento diferenciador entre la subcultura; siendo su argumento el soporte para algunos estudios de cultura organizacional (Kogut & Zander 1993, Hofstede et al. 2010, Schein 2010, Alvesson & Sveningsson 2016). Las seis dimensiones denominadas prácticas de colectivos y organizaciones, que también son bipolares son: (1) orientado al proceso o resultado; (2) orientado al empleador o al puesto; (3) parroquial vs profesional; (4) abierto al sistema; y (6) normativo vs pragmático.

Schein (2010, 1985) sostiene que las fuerzas culturales no provienen exclusivamente de la Cultura Nacional, sino que se derivan de situaciones sociales y organizacionales, que operan fuera de la consciencia individual. Como fuerza de comportamiento ayudan a comprender los eventos de un grupo. Schein, sostiene que hay tres capas de observación de la cultura y no cuatro (e.g. Hofstede). Así que la capa más visible de la cultura es la de artefactos o manifestaciones palpables; la segunda capa corresponde a las creencias, valores, normas y reglas de comportamiento que los individuos utilizan para representar su cultura, y la tercera y más profunda capa, incluye los mecanismos que subyacen a nivel individual e inconsciente (Figura 4-3). De esta manera, la cultura puede presentarse fragmentada o diferenciada dentro de las organizaciones (Martin 1992). En cuanto al trabajo, Schein (2010) sostiene que los valores y normas definen la ocupación de un individuo en la sociedad.

El trabajo de Schein ayudó a definir el concepto de clima de una organización, es decir, el significado y sentimientos compartidos de un grupo o de un colectivo durante el desarrollo de las actividades del trabajo. Su enfoque ha tenido tanta fuerza en los estudios de desempeño que algunas veces es considerado como parte de la cultura y otras como un concepto paralelo (Chatman & O'Reilly 2016, Schneider et al. 2013, Zohar & Hofmann 2011).

Figura 4-3: Modelos culturales de Hofstede (*izq.*) y Schein(*der*). Hofstede adaptado de Hofstede et al. (2010, p.8). Modelo Schein inspirado en Schein (2010)



4.3.2 Cultura Psicológica

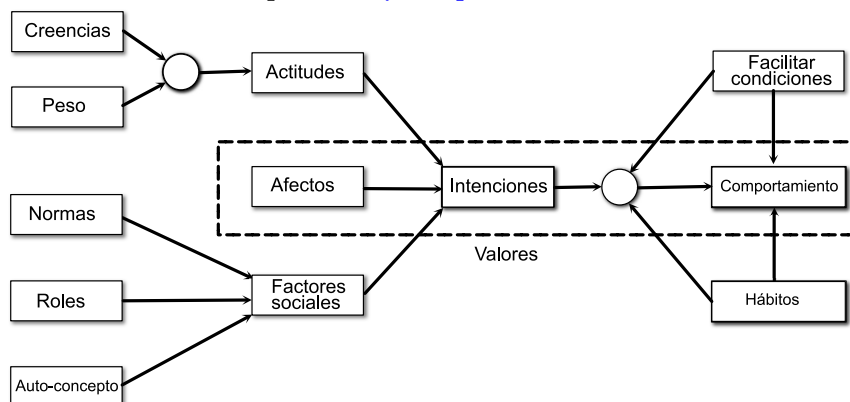
En la cultura con enfoque psicológico, como en la cultura nacional, la cultura también es un asunto de comportamiento, pero se enfoca en los efectos externos e internos de los individuos dentro de un grupo cultural. La cultura es una variable latente que se basa principalmente en los valores normativos de una sociedad y se puede interpretar a partir de las manifestaciones de las personas; las cuales, están reprimidas o favorecidas por la sociedad (Schwartz 2008), y afectadas por la familia (Triandis & Suh 2002, p.49). Consecuentemente, la cultura no podría agrupar a los individuos por sus creencias, valores, conductas y estilos de pensamientos para diferenciarlos entre sociedades, sino que es la sociedad misma la que presiona para que exista una distribución de creencias, acciones, objetivos y estilos de pensamiento. Con este argumento, el enfoque psicológico no contradice, sino que complementa las definiciones de Hofstede y Schein.

En el modelo cultural de Triandis (2004), las creencias afectan la actitud de las personas, según el peso que cada cultura les da. Las actitudes son ideas cargadas de emociones. Las normas son el comportamiento esperado de los miembros de un grupo, siendo los roles una categoría especial de las normas. Junto con la definición de los individuos en el entorno social, se produce su intención de comportamiento social. Este comportamiento es favorecido por los hábitos y por las condiciones sociales que lo facilitan. En el modelo de Triandis con la influencia de Schwartz, el valor agrupa los afectos, las intenciones y el comportamiento.

En la perspectiva transcultural existen tres enfoques que buscan entender los mecanismos que ocurren en las familias y grupos pequeños. El primero, enfocado en el individualismo y colectivismo (IC) (e.g. Triandis & Suh 2002, Gelfand 2019); el segundo en los valores (IV) (e.g. Ros 2008), y el tercero en la represión y el miedo (e.g. Solomon et al. 1991, Arndt et al. 1997).

Las diferencias culturales se originan en el cambio psicológico producido por la evolución biológica debida a la influencia ecológica del entorno, la cual hace diferentes a los humanos de otras especies,

Figura 4-4: Modelo de culturas subjetivas de Triandis después de Schwartz. Modificación de Triandis (2004) citada por Moody & Siponen (2013)



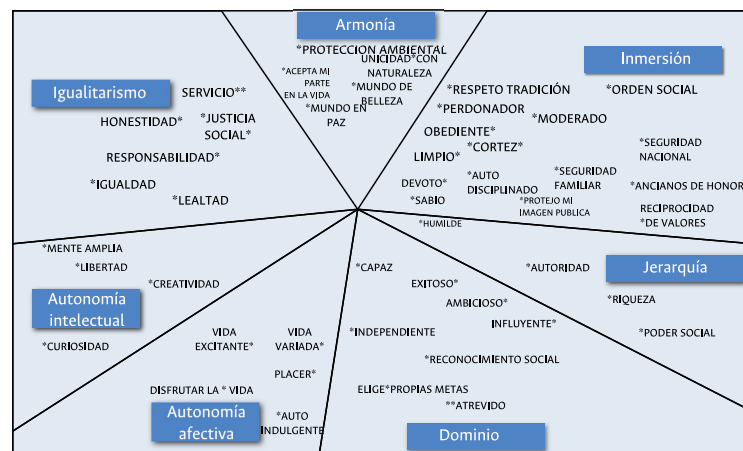
los condiciona mentalmente y los organiza (e.g. Kluckhohn 1954, Campbell 1965, Barkow et al. 1992, Sperberg 1996). Triandis sostiene que la diferenciación más importante entre grupos culturales es su condición de individualismo o colectivismo. En este caso, el comportamiento social de las culturas individualistas está regido por las metas, actitudes y valores de la familias, amigos y compañeros de trabajo; mientras que, en las culturas colectivistas, el comportamiento está determinado por las metas, actitudes y valores compartidos con alguna colectividad (Triandis 1988).

La definición de IC suele enfocarse hacia grupos grandes y naciones (e.g. Hofstede 2001), pero dentro de esos grupos existen subculturas originando cambios ligeros en la perspectiva de IC para enfocarse en la personalidad. El idiocentrismo, análogo al individualismo, enfatiza en la autosuficiencia, la competencia, la particularidad, el hedonismo y la distancia emocional. El alocentrismo, de la misma manera, análogo al colectivismo enfatiza en la interdependencia, la sociabilidad, la integridad familiar, las necesidades y deseos de otros, y en las relaciones con los demás y sus problemas (Triandis & Suh 2002).

En línea con la perspectiva IC, Markus & Kitayama (1991) sostienen que, dentro de una nación, los individuos se pueden reconocer a sí mismos como independientes o interdependientes. Las culturas individualistas están asociadas a un constructo del yo-independiente, mientras que en las culturas colectivistas del yo-interdependiente. El individuo independiente está separado del contexto social y está construido a través de la unidad, caracterizándose por tener habilidades, sentimientos y pensamientos internos en cuanto a las tareas que le gusta cumplir, que además estas sean únicas, que lo expresen como es y que cumplan con sus atribuciones interiores. Este promueve la realización de sus propias metas y es directo al expresarse. El individuo interdependiente está conectado con el contexto social, es flexible, público, le gusta el estatus, los roles y la relación en actividades públicas, tiene sentido de pertenencia y le gusta encajar. Así mismo, el interdependiente se ocupa de su propio lugar, pero promueve las metas de un grupo y de mantener armonía dentro del contexto social (Markus & Kitayama 1991, 2010).

La psicología transcultural que se enfoca en los valores se basa en los estudios de Schwartz e Inglehart (Morling & Lamoreaux 2008, Oyserman 2017). Schwartz (2009) sostiene que la cultura se puede medir mediante los valores expuestos a través de historias populares, proverbios, películas, literatura, sistemas legales y económicos. Los valores medibles son creencias afectivas, metas deseables, acciones específicas, criterios, prioridades, y acciones priorizadas. Los valores medibles clasifican las diferencias culturales de acuerdo con tres dimensiones bipolares: autonomía afectiva contra autonomía intelectual, inmersión jerarquía contra igualitarismo, y dominio contra armonía, las cuales podrían ser útiles para la medición del comportamiento de grupos (Figura 4-5).

Figura 4-5: Dimensiones bipolares culturales. Adaptado y traducido de Schwartz (2008)



En cuanto a los valores, con un enfoque nacionalista, Inglehart identificó dos dimensiones bipolares: valores tradicionales contra valores racionales y mundanos que constituyen el paso del modernismo hacia el posmodernismo, y valores de supervivencia contra valores de autoexpresión, para el paso del materialismo al posmaterialismo. Estos valores constituyen las normas y habilidades sociales que realizan las personas para sobrevivir en un determinado ambiente, que derivan en una estrategia de supervivencia para la sociedad. Como supervivencia, la cultura se aprende, evoluciona y muta de manera análoga a la evolución biológica (Inglehart et al. 1998, Inglehart & Welzel 2005, Ros 2008, Inglehart 2018). La visión de valores continúa enriqueciéndose con una encuesta de más de 100 países (en WVS 2014).

A diferencia de Schwartz e Inglehart, autores como Solomon y Greenberg sostienen que los valores son producto de la supervivencia social que se origina en el miedo. Es decir, es el tipo de antropología cultural que sostiene que la cultura es la respuesta al miedo, a la vulnerabilidad y a la muerte, que obliga a crear contextos, que hace creer a los individuos que ellos son miembros de un universo significativo (Becker 1962). Luego, la supervivencia social, creará normas para juzgar los valores de los individuos, garantizando un lugar duradero en tal cultura y en la inmortalidad (Solomon et al. 1991). En consecuencia, la participación de los individuos está regulada por la autoestima, donde los individuos se ven a sí mismos como participantes valiosos o no de la cultura.

4.3.3 Sociología Cultural

La Sociología Cultural se enfoca en estudiar la acumulación de símbolos y códigos que se heredan o transmiten, pero que se expresan de diferentes formas según como se vea el mundo. La cultura es un sistema de conceptos heredados que se manifiesta en formas simbólicas, mediante la cual los hombres se comunican, se perpetúan y desarrollan su conocimiento (Geertz 1973). Bourdieu (2018) sostiene que la cultura es una capital incorporado, objetivado e institucionalizado que genera artefactos, que la hace distinguible con símbolos. El capital se incorpora con hábitos duraderos que permiten detectar saberes y esquemas de percepción de la realidad. Por lo tanto, es acumulable y permite generar estrategias para una mayor acumulación. Así mismo, este capital es intransferible ya que pertenece al sujeto y si se transmite será en la socialización primaria dentro del ambiente familiar, pero no por el esfuerzo y dedicación. Este capital incorporado se puede convertir en capital simbólico. El capital objetivado son bienes como libros, esculturas, pinturas, los cuales pueden ser económicamente transferibles. Sin embargo, esta transmisión depende de tener la cultura necesaria para entenderlo, o de poseer el capital económico para contratar a quién si lo entiende. El capital cultural institucionalizado es el que corresponde a la capacidad de un grupo de acreditar saberes, que pueden garantizar los conocimientos de un agente. Este capital es convertible a otras formas de capital, como el capital económico o simbólico de reconocimiento científico.

Los mitos y rituales tienen un lugar preponderante en la sociología sociocultural. Por ejemplo, Emile Durkheim sostiene que la cultura es una lógica de poderes que funciona con ritos y mitos acumulados con experiencias históricas (cf. Smith 2001). Realistas como Meyer ven la cultura como una descripción de las expectativas compartidas, codificadas o construidas como modelos para conocer cómo funciona el mundo, que se manifiesta en un conjunto de instituciones que actúan como mitos poderosos cuyos rituales consisten en el cumplimiento de expectativas sociales (cf. Krücken & Drori 2009, Meyer & Rowan 1977).

Finalmente, en la Sociología Cultural, el idioma y el lenguaje también son distintivos culturales. La cultura se basa en compartir significados que se transmiten con el idioma, el cual a su vez es el depósito de los valores claves de una cultura. El lenguaje es el sistema de representación que utiliza símbolos y signos (Hall 1997, 2009).

4.3.4 Cultura Evolutiva

La Cultura Evolutiva se enfoca en estudiar los mecanismos de la acumulación del aprendizaje y la evolución cultural (Tomasello et al. 1993, Byrne et al. 2004, Meltzoff et al. 2009, Trevarthen et al. 2014, Tomasello 2016). En este proceso interviene la cultura con el aprendizaje por imitación y la instrucción de los adultos a los niños (Kagan 2006). Por ejemplo, Trevarthen et al. (2014) sostienen que existe una predisposición cultural para practicar hábitos significativos y acciones creativas y seductoras para el compañerismo, el uso de tradiciones, tareas y herramientas compartidas. Todas

estas actividades son propias de cada cultura con arraigo en su evolución; las cuales comienzan en la escuela y podrán ser diferenciadas con el trabajo en equipo. Más tarde se hará material y técnica, necesitando de una organización laboral, industrial, con valores sociales y morales guiados por explicaciones religiosas que les obligará a crear ritos y códigos centrados en la autoridad. Tanto la creatividad como la innovación se fundamentarán en la escuela y tendrán implicaciones en la evolución de la cultura (Legare & Nielsen 2015).

La cultura se moldea a partir de la búsqueda de significado durante el aprendizaje, donde interviene el entorno cultural y la mente de cada individuo, los cuales imponen restricciones a la búsqueda de significado (Bruner 1990). Si la cultura se define a partir de los valores de la familia, estos pueden ser cambiados sin que se cambie su jerarquía (Kagan 2006) por ejemplo, con programas de gobierno y educación enfocados en los padres y los profesores de los colegios.

4.3.5 Cultura Situada

La Cultura Situada, que también hace parte de la psicología transcultural, tiene en cuenta el comportamiento en el contexto de los individuos, el cual puede ser delimitado y componer un sistema. La Cultura Situada abarca varios tópicos enfocados en el transporte del conocimiento psicológico y en la manera de ver el mundo entre culturas; en el uso de este conocimiento para la exploración de fenómenos contextuales, y en la aplicación y extensión de ese conocimiento (Berry & Poortinga 2006, Kardiner 1945, Parks 2020, Whiting & Child 1953, Witkin & Berry 1975). De aquí que la Cultura Situada también examina aspectos del funcionamiento desde el punto de vista psicológico para la autoorganización, la evaluación moral, la cognición social y el desarrollo humano individual (Shweder 1993, 1999), independizándolos de los aspectos étnicos del individuo en la sociedad (Berry & Poortinga 2006).

El entorno sociocultural existe debido a la intervención del ser humano, mediada por la capacidad para resolver problemas, la comunicación verbal y las competencias sociales que son situadas (Sternberg et al. 1981); en donde los individuos se comportan de acuerdo con su percepción del mundo (Furnham 2003). Incluso algunos autores como Johnston (1981), sostienen que las condiciones del entorno cultural le permiten a un individuo aprender de manera tal como sucede con los animales; cuyo aprendizaje está influenciado por el contexto natural inmediato. Aquí se definen tres tendencias ecoculturales, la ecológica, orientado a los valores y la de sistemas según se vea la cultura con una orientación hacia el aprendizaje y comportamiento o hacia los valores.

La Cultura Situada puede ser segmentada según dos perspectivas, sociocultural histórica y ecocultural. En su perspectiva sociocultural histórica, defiende el hecho de que la actividad humana se construye y desarrolla socialmente a partir de artefactos y sistemas que están disponibles en una sociedad, reduciendo las diferencias culturales a diferencias históricas (Cole & Engeström 1993, Lave & Wenger 1991, Ogbu 1987, Vygotsky 1986, Wertsch 1993). En la perspectiva ecocultural, el

sujeto y el objeto que conviven en un sistema se necesitan el uno al otro, provocando un efecto mutuo (Bronfenbrenner 1979, Gibbs 1979, Gibson 1979, McGurk 1977).

Urie Bronfenbrenner en su teoría ecológica sostiene que el individuo se desarrolla a través de cuatro sistemas, el Microsistema, el Mesosistema, el Exosistema y Macrosistema. En el Microsistema, el individuo aprende en su familia y la educación, lo que está de acuerdo con la Cultura Evolutiva reseñada antes. En el Mesosistema el entorno de desarrollo involucra las relaciones existentes entre Microsistemas. En el Exosistema estarían los poderes que influyen en los microsistemas sociales como las autoridades en el trabajo y las instituciones. En el Macrosistema estarán los rasgos culturales generales de la sociedad (Bronfenbrenner 1979).

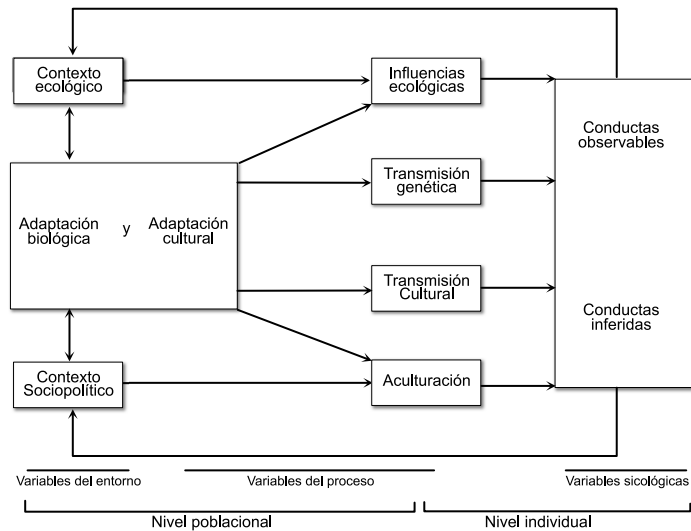
Berry & Poortinga (2006) presentan un enfoque ecocultural que utiliza como marco neutral los valores para interpretar y describir diferencias entre culturas. Ellos rechazan el concepto de jerarquía y superioridad de una cultura sobre otra y por lo tanto un patrón único de medición. En su contexto ecológico involucran el sistema social y político, los cuales influyen en los individuos en dos procesos, uno de adaptación y otro de aculturación. Ya que los individuos hacen parte de la comunidad serán aculturados produciendo un conjunto de normas y valores, los cuales socializarán por cumplimiento y afirmación del proceso de adaptación y de esta misma aculturación. Este modelo integra aspectos culturales y psicológicos de la persona.

La Figura 4-6 muestra el modelo de Berry (2012) como una especie de mapa que incluye las variables que deberían ser estudiadas para entender tanto el comportamiento humano como su diversidad. Se fundamenta en dos premisas. La primera es que la cultura es universal ya que las sociedades humanas muestran rasgos comunes expresados de diferentes formas y comparten los mismos procesos psicológicos. La segunda es que el comportamiento humano está adaptado al entorno. De esta manera las variables de la población se transmiten a variables psicológicas evaluables con el comportamiento y luego regresan al contexto inicial causando procesos de adaptación y cambio en el tiempo, en cualquier grupo de personas fijado.

Más tarde, Rohner & Carrasco (2015) agruparon los estudios sobre personalidad en varias sociedades (Kardiner 1939, Whiting & Child 1953), con el modelo ecológico de Bronfenbrenner (1979) y con el modelo eco-cultural de Berry & Poortinga (2006) presentan un nuevo enfoque hacia aspectos de la psicología humana y lo denominaron teoría de los sistemas socioculturales.

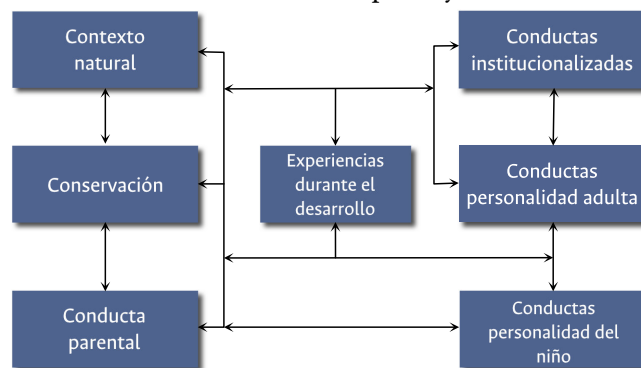
La teoría de los sistemas culturales utiliza siete dimensiones. Según la Figura 4-7, en el contexto natural participa el entorno físico y climático de los individuos; en la dimensión de conservación intervienen las instituciones y las organizaciones sociales, la política y la economía que afecta a los hogares. La conducta parental se refiere al efecto que tienen los tutores sobre los individuos durante la infancia. Así mismo, en el sistema cultural intervienen la personalidad y el temperamento del niño, como los efectos que tendrá el conjunto de experiencias durante la dimensión del desarrollo. Las tres dimensiones de la derecha representan los efectos culturales de las otras dimensiones, como las conductas institucionalizadas que pueden modificar el comportamiento de las personas

Figura 4-6: Modelo ecocultural de Berry. Adaptado y traducido de [Berry \(2012\)](#)



adultas, incluyendo la religión, el folclor, los juegos y el manejo del ocio. Estas tienen luego un efecto natural sobre las demás ([Rohner & Carrasco 2015](#)).

Figura 4-7: Modelo de sistemas socioculturales. Adaptado y traducido de [Rohner & Carrasco \(2015\)](#)



4.4 Valor y personalidad

Existen estudios sobre valores que utilizan varios conceptos tanto en el campo de la cultura como en el campo de la psicología. Esta combinación de valores, según [Hofstede & McCrae \(2004\)](#) fue abordada desde el siglo XVIII por filósofos como Hume en Inglaterra, Montesquieu en Francia y Kant en Alemania que derivaron en el concepto de 'carácter nacional'.

La psicología transcultural primero reconoció que el 'carácter nacional' se crearía a partir de un proceso de enculturación desde la niñez, donde el niño forma su personalidad a partir de la cultura de su entorno. Hofstede sostiene que en la psicología contemporánea los rasgos de la personalidad

son disposiciones biológicas que caracterizan a los miembros de una sociedad que luego están reforzadas por la cultura, haciendo que la personalidad no sea una consecuencia de la cultura sino más bien una interacción continua.

Hofstede & McCrae (2004) agregan que la personalidad se preocupa por aquellas características únicas de la persona, que se manifiesta a través del comportamiento inconsciente. Si bien, los rasgos de la personalidad han sido categorizados en modelos como el de los Cinco-Factores, es el uso social de la personalidad el que determina un comportamiento que a su vez define a una cultura.

4.5 Retrodicción

Los modelos encontrados en la revisión de la literatura se utilizan para medirla o para explicar los mecanismos que operan a nivel social y a nivel personal. Todos los modelos utilizan el comportamiento, las acciones y las formas de expresión de los individuos en una sociedad para comprender su cultura.

Los modelos centrados en la medición utilizan los valores expuestos a través del comportamiento, la personalidad o ambos. La definición de valores se confunde entre los términos propios de comportamiento y los de personalidad, pero ese problema está resuelto ya que la cultura y psicología interactúan entre sí. Los modelos que utilizan el valor son categorizados como Cultura Nacional, Cultura Psicológica y Cultura Situada, representados en sus respectivos marcos conceptuales con las Figuras 4-3, 4-4, 4-5 y 4-6. Estos modelos reconocen la existencia varios elementos en la cultura que ayudan a explicar la respuesta al comportamiento de un grupo estudiado.

Los modelos centrados en las acciones y formas de expresión se enfocan en estudiar tanto elementos culturales símbolos, héroes, rituales, y creencias como las actividades que los individuos realizan en la sociedad. Tal es el caso de la Sociología Cultural y la Cultura Situada. Estos modelos abordan su estudio utilizando la observación y los productos de la sociedad.

Los valores son adecuados para medir la cultura de un grupo de proyecto. Siendo el grupo de proyecto una entidad cultural de aprendizaje con raíces constructivistas (Dewey 1916, Vygotsky 1978b) no hay ningún impedimento para asociar la cultura y el aprendizaje. Más aún, esta relación puede hacerse utilizando triangulo de aprendizaje de Illeris (2007). Para medirla es posible utilizar como enfoque cultural el marco de Hofstede cuyo racimo en la Figura 4-2 representa una tendencia que se distancia de la orientación psicológica sin desconocer su importancia en el concepto de valor.

Al hacer un paralelo con la definición de Hofstede, en el trabajo del proyecto de PBL, los símbolos son los estilos de comunicación y la forma como acostumbra a cambiar ideas, los héroes corresponden con modelos que los estudiantes tienen sobre profesores y tradiciones académicas de referencia; los rituales serían las formas y los esquemas que han construido los estudiantes para realizar sus

actividades académicas; mientras que los valores corresponden con el comportamiento expuesto de los estudiantes y facilitadores.

En este estudio se explica el posible efecto de la cultura en la creatividad de los individuos utilizando los valores como el constructo principal. Hofstede ordena los elementos culturales en capas y Schein en jerarquías. Cada una de estas capas puede ser observada y por lo tanto medida, siendo más difícil de observar a medida que se avanza al interior. Algunos de estos elementos pueden cambiar como producto del aprendizaje. Tal es el caso de los artefactos en el modelo de Schein. Los rituales, héroes y símbolos pueden verse influenciados por circunstancias temporales y por algunos de los miembros del grupo. Las normas pueden ser producto de la práctica educativa o de la dinámica causada al configurar un grupo. Pero los valores, la capa interna, la más difícil de cambiar, resulta ser la más fácil de observar ya que el trabajo de proyecto combinada con las interacciones de los estudiantes y el método académico la pueden estimular para que emerja.

A nivel del comportamiento de un grupo, la manifestación de los valores está definida por la seguridad que puedan encontrar para una supervivencia segura, siendo esta supervivencia relacionada con el propósito de su propia educación, como por ejemplo aprobar la asignatura. Según [Inglehart \(2018\)](#), los valores y conductas de las personas se moldean de acuerdo con el grado en que su supervivencia es segura ([Inglehart 2018](#)).

En el modelo de evaluación de la creatividad de la Figura 3-3 de la Sección 3.3, la cultura reúne las variables de lugar y persona y es representada por el valor. La persona se comporta tanto como el grupo en el lugar (trabajo de proyecto) obligue a exponer sus valores, que luego tendrán efecto en el mismo trabajo de proyecto.

Los valores están relacionados con la conducta social y por ende también están relacionados con la conducta de trabajo en los pequeños grupos. Los valores tienen un carácter más general que las actitudes, pero menos que las ideologías ([Berry et al. 2011](#)). Sin embargo, los valores tienen la capacidad de cambiar sistemáticamente las ideologías y las conductas. [Inglehart \(2018\)](#) sostiene que para cambiar una cultura se deben cambiar los valores. Argumenta que la sociedad evoluciona a partir de las normas y habilidades de un entorno particular ya que la cultura se aprende. Estas normas son construidas a partir de los valores al punto tal, que han podido modificar culturas conservadoras.

La siguiente sección introduce el concepto de valor para medir la cultura en el modelo de PBL explicado en el capítulo 2

4.6 Reintroducción

Los modelos presentados son complementarios ya que cada uno procura explicar el mundo de acuerdo con el propósito del campo.

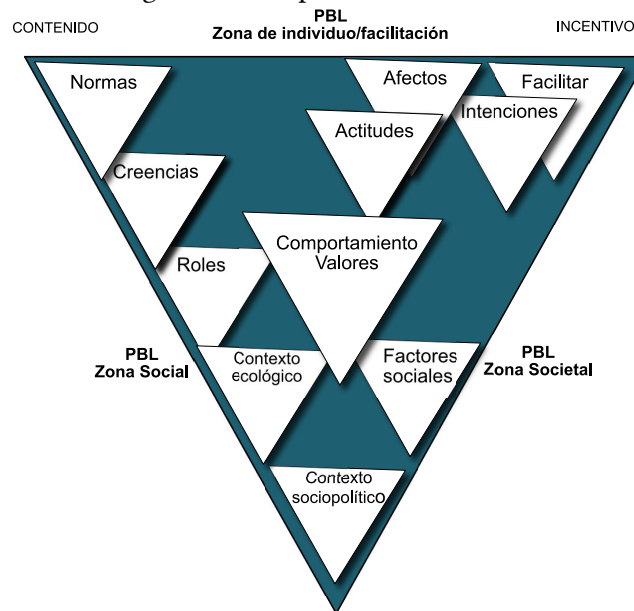
Como se señaló en el capítulo 2, una persona aprende de acuerdo con una combinación de tres dimensiones que forman un triángulo: el saber, el incentivo y lo social (Illeris 2007). Cada una de estas dimensiones corresponde con un vértice de este triángulo. Los sistemas de aprendizaje enfocados en el saber sostienen que los individuos en general aprenden por comprensión de los temas a través de enseñanza, lectura o experiencia. Por su parte, los sistemas enfocados en el incentivo sostienen que los individuos aprenden siempre y cuando estén dispuestos a realizar el gasto físico o emocional. Finalmente, los sistemas enfocados en lo social sostienen que el individuo aprende por inmersión en la sociedad. En consecuencia, el sistema de aprendizaje alentará el comportamiento de los individuos según ellos estén enfocados en su propio yo, en las emociones e interacciones que modifiquen su voluntad o en las acciones sociales.

En el trabajo del proyecto de PBL, las interacciones se dan tanto en el formato de la práctica como el desarrollo del trabajo mismo. Los grupos tienen dinámicas de comportamiento que pueden ser moderadas por las determinaciones del grupo y por facilitadores. Varios autores como Jaques & Salmon (2000), Forsyth (2010), Levi (2013), reconocen que los grupos pasan por diferentes etapas conocidas como *forming*, *storming*, *norming* y *performing* (Tuckman 1977b). En estas etapas se produce un cambio del comportamiento revelado por los miembros del grupo. En esta modificación del grupo, interviene tanto el trabajo del grupo, durante en el ciclo de vida del proyecto trabajado, como cualquier otra interacción independiente del proyecto que tengan los miembros.

El cambio de comportamiento se puede medir a partir de los valores revelados de los miembros del grupo. El trabajo del proyecto está diseñado para que los estudiantes adquieran aprendizaje en algún área del conocimiento, pero no para cambiar su cultura, aunque este cambio sea una respuesta deseable en favor del aprendizaje. Las interacciones provocadas por la práctica de PBL y el diseño del proyecto pueden ayudar a que los miembros de un grupo utilicen los valores de manera consciente o inconsciente para tomar ventaja de la realización del proyecto.

Los valores revelados del proyecto están asociados a la práctica educativa y se pueden relacionar con las dimensiones de aprendizaje con las que podrían interactuar. La Figura 4-8 muestra varios de los elementos culturales de los modelos enfocados en los valores, ubicados por su relación con alguna de las dimensiones de aprendizaje de PBL. Estos elementos estarían por debajo del propósito de aprendizaje ya que son estructuras culturales difíciles de cambiar.

Las normas y creencias se colocaron en el vértice de contenido por su relación con el saber. Las actividades del conocimiento proposicional pueden incidir o no sobre estas creencias y normas, tanto como las normas sobre ellos. Los roles sociales y el contexto ecológico están directamente asociados con el trabajo en grupo. El primero por las actividades y el segundo por las condiciones del entorno físico y biológico donde se produce este trabajo. El contexto sociopolítico ubicado en la zona inferior trasciende los aspectos del curso, ubicándose en la parte inferior, aunque esto podría incidir sobre el trabajo y relaciones con los miembros del proyecto. Mas arriba, hacia lo societal se encuentra los factores del entorno social cercano, incluido el trabajo real del proyecto con miembros

Figura 4-8: Integración de aspectos culturales al modelo de PBL

que no hacen parte de la academia, pero que determinan una dinámica de comportamiento mutuo. En el vértice superior se encuentran cuatro elementos que afectan la voluntad para realizar el proyecto, incluidos aspectos relacionados con la facilitación, la actitud de los miembros y las referencias o intenciones para realizar el trabajo. Finalmente, en la parte central se han ubicado los valores revelados durante el trabajo del proyecto que son el producto de todas las interacciones con las demás características culturales.

La presencia de este comportamiento puede estar asociada con la CDI que es una de las preguntas de investigación para resolver en este estudio. Por lo tanto, este modelo es el punto de partida para el diseño del instrumento de medición que se explica en el capítulo 5.

4.7 Conclusiones

Se presentaron y denominaron cinco perspectivas de la definición de cultura: (1) Cultura Nacional; (2) Cultura Psicológica; (3) Sociología Cultural; (4) Cultural Evolutiva y; (5) Cultura Situada. Todas las perspectivas tienen en común que estudian el comportamiento y los valores de las personas dentro de un grupo social distinguido en un estudio cultural.

Las diferencias radican en si el comportamiento y los valores se estudian como una respuesta a la psicología humana, a las normas sociales tradicionales o impuestas, o a una combinación de estas. Tanto la Cultura Nacional como la cultura organizacional se estudian a partir del comportamiento individual y colectivo de una nación o de un grupo socialmente delimitado por normas institucionalizadas, rituales, héroes y valores de una cultura grande o pequeña. La Cultura Psicológica

redefine los conceptos y los ve a partir de la psicología individual. En la Sociología Cultural los asuntos que definen a una cultura son mediados por las instituciones, ya sean políticas, religiosas o sean de grupos identificables socialmente. En la psicología evolutiva, las normas y valores son producto de la evolución social mientras que en la Cultura Situada son regidas por el entorno.

Las perspectivas nacional y psicológica parecen ser complementarias. Las diferencias radican principalmente en cómo se enfoca la respuesta de los individuos en los valores y sus prácticas, a pesar de la existencia de rituales, símbolos y creencias. En el enfoque de Hofstede, la cultura es forzada por la presión social activa o pasiva, incrustada en la familia y en la sociedad mientras que, en la perspectiva psicológica, estas mismas respuestas obedecen a la interpretación que las personas hacen desde sus estados mentales. Debido a esto, la sociedad puede ejercer presiones desde la formación de la familia o la inserción del temor para modificar el comportamiento colectivo.

En la Sociología Cultural se insinúa que el comportamiento cultural es heredado o adquirido, con pocas posibilidades de ser cambiado, siendo además transaccional. Las personas tienen un estatus social que no cambiará pese al grado de educación que se adquiera.

En la perspectiva evolutiva, la cultura es algo que se aprende y por lo tanto se desarrolla desde la familia. Es decir, la cultura actual de un individuo es el reflejo de la instrucción e imitación alcanzada desde la familia y se hará evidente en su comportamiento durante su vida normal. Desde la familia se crean las respuestas culturales que podrán ser modificadas lentamente por la influencia de agentes externos.

La Cultura Situada sostiene que los individuos pueden modificar su cultura de acuerdo con la situación en la que se encuentran, influenciados por el transporte de conocimiento y la aplicación de conocimiento. Esta perspectiva sostiene que el sistema cultural funciona dinámicamente y como un sistema ecológico de intercambio.

Tanto el enfoque nacional como el psicológico contienen los elementos necesarios para definir una cultura. Estos podrían ser utilizados para definir la cultura de un grupo pequeño, de trabajo de proyecto. No obstante, el enfoque está altamente mediado por el entorno inmediato y no por las actividades que el mismo grupo realiza. El entorno sociológico tiene un punto de vista de comportamiento inmodificable y parece estar enfocado en estudiar la cultura social para potencializar acciones políticas y económicas. El siguiente, la Cultura Evolutiva ve al comportamiento de los grupos como acertado y desarrollado desde la infancia hasta la edad adulta como un camino de aprendizaje.

Sin embargo, el enfoque ecocultural, que sostiene que la cultura es un ecosistema parece ser la perspectiva que se ajusta al cambio de comportamiento de los grupos, pero a largo plazo ya que se cimienta sobre intervenciones sistemáticas. Los valores y creencias pueden ser el eje central que hace que el trabajo de proyecto de los grupos sea distinto en cada curso, tema o proyecto.

Finalmente, la cultura subyace con la práctica de PBL utilizada estimulando la manifestación de los valores que los participantes tienen pero que podrían ser útiles para el trabajo del proyecto y por ende para el aprendizaje.

5 Diseño del cuestionario QFR

El cuestionario de factores culturales revelados, QFR está enfocado en los valores que caracterizan el trabajo del proyecto. En el capítulo 4 se realizó la RSL y se concluyó que una persona puede exponer ciertos valores cuando es estimulada socialmente con el trabajo de proyecto.

En este capítulo se muestra el procedimiento utilizado para el diseño de un instrumento de medición que integra los principios de PBL y los valores y normas culturales. El instrumento se construye a partir del análisis de las respuestas en las entrevistas.

5.1 Propósito

El cuestionario QFR está diseñado para medir los valores culturales que pudieron tener alguna incidencia durante el trabajo del proyecto. El cuestionario se basa en la percepción de los miembros del curso sobre su trabajo de proyecto en un semestre educativo.

5.2 Fundamento

Si la cultura universitaria está compuesta de subculturas donde los miembros de un grupo de proyecto pueden hacer parte de uno o varias subculturas, la cantidad de variables que se requieren para caracterizarlo, deberían cubrir todos los constructos relacionados a todas estas subculturas. Mejor es estudiar cuales son los aspectos importantes que ocurren en un grupo extraído, que trabajo con PBL, en este caso, y compuesto de miembros con diversidad cultural para luego utilizarlos como referencia en un instrumento. Si el instrumento se diseña con este fundamento, cuando se aplique a diferentes cursos se reduce el ‘desperdicio’ de tiempo con preguntas irrelevantes que luego afectan a la extracción de factores en el análisis cultural.

Los cuestionarios sobre cultura publicados son útiles para revelar cultura, pero fueron diseñados para estudios en organizaciones, enfocados en entender varios aspectos del comportamiento y desempeño. Al aplicarlos en un grupo de trabajo estudiantil revelarán algunos aspectos importantes que puedan conectarse con PBL, pero podrían no examinar otros. A continuación, se reseñan algunos instrumentos publicados.

5.3 Instrumentos de medición cuantitativa de cultura

Los instrumentos de medición de cultura tienen un interés de formación o de diagnóstico. Utilizan variables dimensionales para enfocarse en aspectos puntuales (Chatman 1991, Jung et al. 2009). En algunos casos se aplican a miembros que hacen parte de una sociedad pero que toman el rol de informantes, pero en otros casos se utilizan directamente sobre los individuos implicados. El instrumento también puede tener el propósito de perfilar a un grupo sobre otro (Chatman & O'Reilly 2016), o para comparar similitudes entre miembros de uno u otro grupo (Elfenbein & O'Reilly 2007). Cuando se utiliza un instrumento se debe tener en cuenta su aplicabilidad entre culturas. Los instrumentos podrían ser conceptualizados de diferentes formas por las expresiones del lenguaje regionales y la idiosincrasia, aún a nivel de organizaciones de un mismo país (Puppatz et al. 2017).

Existen varios cuestionarios de investigación y privados para medir la cultura en un grupo definido Denison et al. (2014). El cuestionario de perfil organizacional OCP es un instrumento de 54 ítems preparado por O'Reilly et al. (1991) para medir el desempeño del grupo. Schönborn (2010) propuso una escala de medición de cultura de 5 categorías, 13 factores y 105 ítems basada en el marco cultural de Schein (2010): Responsabilidad, identidad, cliente y mercado, confianza y liderazgo, utilizando 110 preguntas. Por su parte, Denison et al. (2014) con el instrumento de definiciones de índices y rasgos culturales (DOCS) utilizan cuatro categorías y 60 ítems para evaluar la cultura en organizaciones en cuanto a la intervención, la consistencia, la adaptabilidad y la misión. Este cuestionario está centrado en el trabajo de equipos para evaluar el desempeño en términos de los objetivos misionales de una organización. Finalmente, la encuesta Global de Valores (WVS) la utilizan redes de investigación a lo largo del mundo para estudiar el cambio de valores y su impacto en la vida pública y social (WVS 2014). El cuestionario inició en 1981, con 290 preguntas para medir valores culturales, actitudes y creencias a nivel etnográfico, pero a la fecha ha sido modificado en siete versiones denominadas olas.

Sin embargo, estos cuestionarios están preparados para organizaciones profesionales, pero se requiere un instrumento que evalúe los valores de equipos de trabajo, como lo de los cuestionarios anteriores, que aparecen cuando se realizan proyectos para aprender.

Para diseñar el cuestionario primero se realizará un estudio cualitativo sobre los sucesos durante el trabajo, visto desde el PBL y la cultura. De esta manera las declaraciones del cuestionario estarán relacionadas con asuntos relevantes al desempeño real del proyecto.

5.4 Metodología

La metodología para construir el cuestionario utiliza el razonamiento del Realismo Crítico explicado en el Capítulo 6. El procedimiento se basa en la relación de los principios de aprendizaje del PBL y la cultura. Se elige la entrevista ya que se espera extraer los aspectos relevantes de una subcultura

según la óptica de PBL. La entrevista proporciona los datos necesarios para buscar patrones de comportamiento que conduzcan a los constructos del cuestionario. Las preguntas de la entrevista fueron abiertas, pero enfocadas en el modelo de cultura y los principios de PBL abordados en el capítulo 2, mostrados en Figura 4-8 y en la influencia intelectual de algunos autores sobre los principios de PBL en la p. 17, seguido de análisis del contenido, formulación de constructos para el cuestionario QFR; y finalizando con una prueba piloto.

La herramienta debe contestar a la pregunta ¿Qué valores culturales pueden caracterizar a un grupo que utiliza el trabajo de proyecto como medio para adquirir aprendizaje?

5.4.1 Protocolo de la entrevista

La entrevista se enfoca en los resultados culturales del capítulo 4 y el desempeño del grupo (e.g. [Tuckman 1977a](#), [Jaques & Salmon 2007](#), [Stahl et al. 2010](#), [Pluut & Curşeu 2013](#))

- Declaración de privacidad y aceptación.
- Datos etnográficos como nombre, edad, estado civil, raíces geográficas y otros.
- Actividades grupales como reuniones, horarios, tareas, metas del proyecto.
- Progreso en el aprendizaje.
- Diferencias culturales como política, religión, valores, principios.
- Conflictos en el proceso.
- Generación de ideas.
- Colaboración o cooperación.
- Satisfacción grupal.

5.4.2 Selección de la muestra

Para realizar la entrevista se utilizaron dos grupos de estudiantes con el trabajo del proyecto en su práctica educativa. El primer grupo, compuesto por estudiantes de dos cursos de Introducción a Ingeniería de los programas de Ingeniería Mecánica (Maskin og Produktion) y Energía (Energii) de la Universidad de Aalborg en Dinamarca en el 2016. El segundo grupo, el curso de Automatización de Procesos de Manufactura de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Nacional de Colombia en el 2017.

Los cursos de Mecánica y Energía de la Universidad de Aalborg fueron seleccionados por ser cursos de primer semestre, en donde los estudiantes no tienen experiencia previa en el modelo de PBL. Estos cursos son representativos ya que todos los programas de ingeniería de esta universidad comienzan con el mismo proceso. Los estudiantes primero son entrenados en PBL durante un mes con un proyecto de corta duración, utilizando temas relacionados con la formulación del proyecto, el trabajo en grupo, el desarrollo de ideas y el producto. Posteriormente, para los siguientes tres

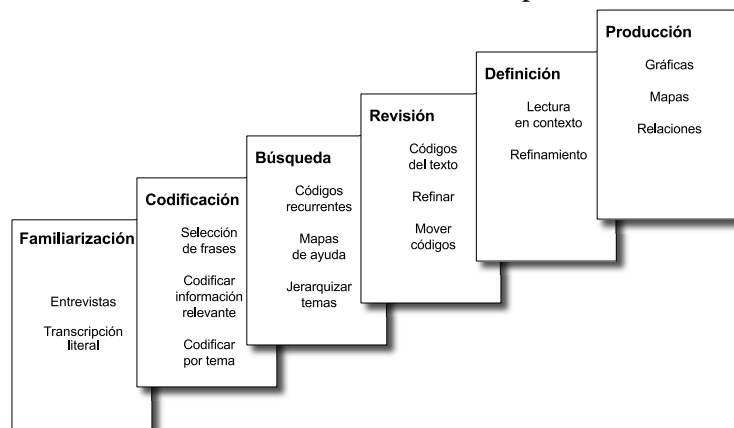
meses los estudiantes desarrollan un segundo proyecto temático enfocado en la disciplina a la que ingresaron. En este proyecto utilizan todos los principios de aprendizaje de PBL, tienen un lugar de reunión asignado y facilitación permanente por parte de un supervisor asignado.

El curso de Automatización del Proceso de Manufactura es un curso ubicado en la parte alta del plan de estudios de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Nacional de Colombia –campus Bogotá. El curso tiene 3 créditos, 9 horas de trabajo por semana por alumno. Abarca varios tópicos como programación de sistemas automáticos y robótica, comunicación para control industrial remoto y fábrica digital. El curso está a cargo de cuatro profesores, cada uno experto en un tópico. En el curso se realizan sesiones de clase tradicionales. Durante el curso los estudiantes deben desarrollar un proyecto aplicando los conocimientos de la clase. En el 2017 con el propósito de realizar el tratamiento previsto para este estudio, se introdujeron varios principios de aprendizaje para el trabajo del proyecto, sin cambiar el contenido de la clase. El curso comenzaría con 19 estudiantes y finalizaría con 18. Los estudiantes se distribuirían en tres grupos de 6-7 estudiantes cada uno con un maestro como facilitador. Comenzando el curso se realizaría una sesión explicativa del modelo de PBL.

5.4.3 Análisis

El análisis cualitativo de patrones temáticos utilizó las respuestas literales de las entrevistas individuales. El Análisis Temático (AT) es un procedimiento para buscar patrones relacionados con la pregunta de investigación y así, dar sentido a la interpretación de los participantes (Braun & Clarke 2006, Terry et al. 2017). El AT se ha utilizado en varias áreas de investigación del conocimiento, como la ingeniería, las ciencias sociales y los negocios (e.g. McLeod et al. 2012, Evans 2013, Kirkwood & Price 2014). El análisis utilizará una estrategia de abajo hacia arriba siguiendo las pautas de seis fases dadas por Braun & Clarke (2006) como se muestra en la Figura 5-1

Figura 5-1: Procedimiento de Análisis Temático TA. Inspirada en Braun & Clarke (2006)



Al finalizar el AT, los códigos son transformados en declaraciones que puedan utilizarse como sentencias o preguntas en un cuestionario. Las declaraciones se apoyarán en la literatura existente sobre cuestionarios similares. Posteriormente se realizó una prueba piloto para afinar las preguntas.

5.5 Resultados

Las entrevistas en inglés fueron presenciales en Dinamarca en 2016 durante la finalización de sus proyectos. Participaron 17/83 estudiantes de los cursos descritos antes. Las conversaciones fueron grabadas y duraron entre 25 y 50 min, completando 700 min de transcripción literal (Anexo F). En las transcripciones los nombres fueron cambiados para cumplir los protocolos de privacidad.

Las entrevistas en español también fueron presenciales y grabadas. Participaron 8/19 estudiantes voluntarios del curso al finalizar el semestre 2017 y antes de la evaluación final. La entrevista duró entre 17 y 90 minutos. Adicionalmente, los cuatro profesores del curso preguntaron a los alumnos sobre el trabajo del proyecto en la sesión de evaluación al final del curso. Los profesores incluyeron preguntas sobre el trabajo del proyecto. Las respuestas de los estudiantes también fueron grabadas, transcritas y en un conjunto especial denominado “retroalimentación”. Dado que las opiniones de los participantes incluían aspectos temáticos, la transcripción respaldó la interpretación de los patrones de las respuestas principales.

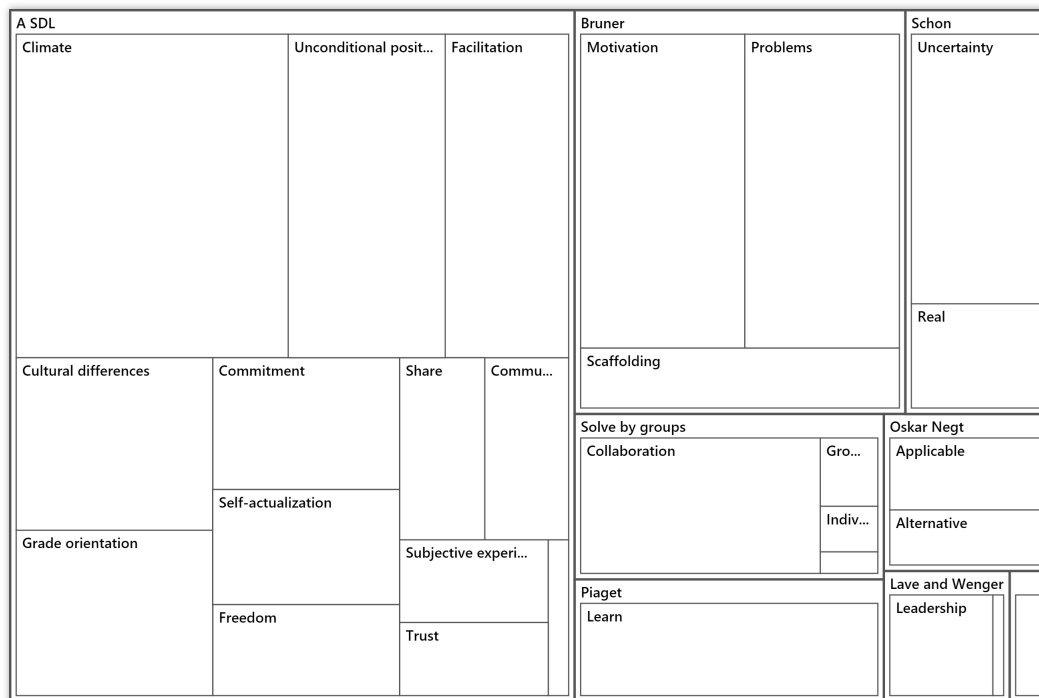
Las ocho entrevistas individuales completaron 424 min. de transcripción literal, mientras que la transcripción de la sesión de retroalimentación 138 minutos más, seleccionando solamente los comentarios relacionados con el trabajo del proyecto. La transcripción fue realizada directamente con NVIVO 11 (Anexo E). Los nombres de los participantes fueron cambiados por etiquetas y cualquier referencia que los pudiera identificar fue borrada, para mantener el compromiso de privacidad. Luego, el proceso de AT fue también realizado con NVIVO, para lo cual se utilizaron por separado las respuestas de inglés y español. No obstante, el marco temático de AT en inglés fue utilizado para el análisis posterior en español.

El AT utilizó el procedimiento señalado en la Figura 5-1. La codificación utilizó las oraciones o palabras relevantes del texto de la transcripción, resaltando el texto dentro del contexto y asignándole un tema. A continuación, en la fase de búsqueda, el investigador leyó los códigos, los ordenó y los agrupó en temas mayores y menores. Luego, en la fase de revisión, fueron reagrupados los temas obtenidos en los códigos.

El proceso de codificación de temas en español proporcionó 224 patrones en 607 referencias citadas de las entrevistas de los estudiantes y los comentarios. La lista completa está en el Anexo G.

Los códigos fueron agrupados jerárquicamente y asociados a una de las influencias intelectuales de PBL (Rodríguez-Mesa 2018). La Figura 5-2 muestra proporcionalmente la relevancia de los temas que agruparon códigos para elaborar el cuestionario en español.

Figura 5-2: Diagrama de jerarquía temática para las respuestas en español basado en el número de veces codificado con Nvivo a partir de TA



Este diagrama ayuda a definir la relevancia que las preguntas de la herramienta tuviesen sobre el contenido de las preguntas de la encuesta. La cantidad de códigos obtenidos tiene una relación directa con el flujo en el que ocurrió la entrevista y los temas que los estudiantes señalaron tanto en la entrevista como en la sesión de retroalimentación.

5.6 Discusión

El aprendizaje dirigido al yo, SDL (Rogers 1961) comprende aspectos relacionados con la disponibilidad de un individuo de gastar energía para realizar actividades del proyecto que lo conduzcan al aprendizaje. Lo afectan elementos como la motivación, la voluntad y la incertidumbre. Este tema comprendió patrones distribuidos en tres categorías. La primera relacionados con la arrogancia, el consenso, la satisfacción, los prejuicios, la competición entre los miembros, todas ellas agrupadas como clima. La segunda abordó aspectos relacionados con el sentido de importancia y soporte mutuo con el que trabajaron en los grupos, que tiene su origen las ideas de Rogers y se conoce como UPR (Unconditional positive regard). Este cubrió aspectos relacionados con la amistad, la

empatía, el agrado y aceptación como miembros del grupo. El último conjunto de patrones contiene codificaciones relacionadas con la necesidad de ayuda del profesor (Rodríguez-Mesa 2018).

El SDL puede ser afectado por las diferencias culturales, el compromiso, las motivaciones personales sobre el interés en aprender, en realizar el trabajo o en la nota; la comunicación, la confianza y la libertad para el trabajo. Las diferencias culturales se enfocaron en manifestaciones sobre religión, orientación política y clase social y el machismo. El compromiso en la responsabilidad sobre la realización de tareas.

Esta disposición a gastar energía y al trabajo es conocida en los estudios de organizaciones como la atmósfera, el clima o la satisfacción de los miembros. La satisfacción de un grupo es el producto de las experiencias positivas vividas por los miembros durante el trabajo de proyecto. En la satisfacción hay apoyo mutuo, honestidad, comprensión y tolerancia. Estos valores producen cohesión entre los miembros (Curseau 2003, Schein 2010).

Jehn & Mannix (2001) realizaron un estudio longitudinal para explicar las implicaciones del conflicto en el desempeño de equipos. En el análisis factorial encontraron que la confianza, el respeto, el gusto, la apertura y la cohesión favorecen el desempeño del grupo.

Sin embargo, el clima y la cohesión son afectadas por el conflicto en los grupos. Este es un elemento clave para mejorar y facilitar el trabajo del grupo que abarca tanto los conflictos entre las actividades como entre los miembros (Jaques & Salmon 2007). El conflicto se abordó en las entrevistas, pero siendo este un elemento observable durante el trabajo del proyecto en los estudiantes, cuando se preguntó en las entrevistas siempre lo entendieron en el campo de las relaciones personales, negando su existencia en general. En consecuencia, su codificación no tuvo relevancia (Figura 5-2). En contraste, este elemento es parte de los problemas de trabajo grupal (Jehn 1994, 1995)

El SDL cubre la mayor parte del área de la Figura 5-2 mostrando la importancia que tiene para la atmósfera del trabajo y los elementos que la incluyen.

En cuanto a la influencia intelectual de Bruner en PBL se agruparon tres categorías, la motivación, los problemas y el andamiaje educativo. La motivación agrupo aspectos relacionados con el tema del proyecto, de las actividades y la orientación inicial de la asignatura. La falta de motivación la cubrieron códigos relacionados con la superficialidad del problema, los prejuicios sobre su baja relevancia y para algunos la baja autonomía, mientras que para otros demasiada autonomía causando una falta de ayuda de los profesores. Entonces esta categoría señala la importancia que tiene el problema; ya que el proceso de solución debería ser una fuente de motivación, intrínseca o extrínseca para el aprendizaje con la ayuda del profesor (Bruner 1961, Wood et al. 1976b).

El problema es el aspecto central el trabajo del proyecto. Sin problema, se reducen las posibilidades a adquisición de aprendizaje en un proyecto. La práctica usual del problema en PBL es que este sea real y poco formulado. En consecuencia, los temas de AT de Bruner, Schön y Piaget que aparecieron como parte de los códigos son agrupados en una categoría mayor relacionada con el desempeño y

el aprendizaje. Para algunos estudiantes el problema no se pudo abordar por las actividades de la clase que demandaban tiempo.

Cuando en el problema la solución no se conoce, los estudiantes deben tratar con la incertidumbre. Este aspecto parece que emergió principalmente con la creencia que el profesor tiene la obligación de ayudar e indicar por completo el problema. Para los estudiantes la falta de ayuda es un factor que desfavorece la motivación. En contraste, con la incertidumbre se esperaba que la reflexión fuera notable (Schön 1983).

El aprendizaje está relacionado con otros factores durante la realización del proyecto. Principalmente los estudiantes manifestaron que faltaba un elemento que los guiara a como aprender y a su vez, la presión de los profesores sobre tareas específicas del proyecto. También manifestaron dificultades en el aprendizaje debido a las reuniones largas y a la consolidación y búsqueda de información. Estos factores se instrumentan con las nociones de disciplina y efectividad de equipos como lo documentan Katzenbach & Douglas (2001).

Como resultado de la codificación y la reflexión en este debate, se consolidaron los constructos generalizados mostrados en la Tabla 5-1 para el diseño en si del cuestionario en la siguiente sección. Las nueve categorías, que surgen al agrupar los constructos, fueron utilizadas para orientar la aplicación de los constructos en las declaraciones. Algunos de éstos están repetidos ya hacen parte de varias categorías.

Tabla 5-1: Reseña de categorías y constructos para el cuestionario QFR

	Área	Constructo generalizado
1	Disciplina	Metas, objetivos y propósitos personales y de grupo, integración de conocimiento y habilidades, unión de esfuerzos, adaptación, compromiso
2	Efectividad	Modo de comunicación, entendimiento, explicaciones, intercambio de ideas, roles, administración de reuniones, compromiso, sentido de contribución
3	Individualidad	Compromiso, adaptación, unión de partes, tareas
4	Confianza	confianza en las capacidades personales y de grupo, confianza en el trabajo, orgullo, influencia, satisfacción
5	Relaciones	Respeto mutuo, amistad, apertura, franqueza, extra-grupo, apoyo emocional, unión, compromiso, sentido de pertenencia, aprendizaje mutuo
6	Satisfacción	Calidad, dinámica del grupo, rendimiento, efectividad
7	Calidad	Colaboración, cooperación, consciencia de actividades, confianza, productividad, estándares de trabajo, independencia, reflexión,
8	Aprendizaje	Interacción, trabajo en grupo, contenido, objetivos de aprendizaje, solución y formulación del problema, producto final, interdependencia, retroalimentación, uso de herramientas, reflexión, sentido de contribución, conductismo, responsabilidad, logros, aprendizaje mutuo, uso

continua en la próxima página

	Área	Constructo generalizado
9	Proyecto	Motivación, preferencias, nota, logro, aprendizaje, presión, reputación, intereses, liderazgo, roles, tareas

5.7 Cuestionario QFR

La realización del cuestionario siguió las pautas para diseño de cuestionarios de [Brace \(2008\)](#). Las declaraciones se diseñaron y triangularon de manera que la consistencia interna y confianza se aumentara. El cuestionario final después de la prueba piloto está en el anexo H.

Así mismo, el cuestionario se diseñó con sentencias en sentido positivo y para contestar con una selección en escala de cinco puntos de Likert, desde muy en desacuerdo, en desacuerdo, neutral de acuerdo y muy de acuerdo. Las escalas de Likert suelen utilizarse para facilitar las respuestas de los participantes, similitud en las respuestas de triangulación de ítems, y unidimensionalidad en la selección ([Nunnally et al. 1994](#), [Price 2017](#)). Su desventaja está en el análisis estadístico por la categorización de las respuestas.

5.8 Prueba Piloto

La primera versión del cuestionario fue realizada en el curso ‘Cátedra de Ingeniería, Tecnología, Ciencia y Sociedad’ al finalizar el segundo semestre del 2019. Los detalles de los resultados de esta prueba se encuentran en [Rodríguez-Mesa et al. \(2018\)](#). También fue triangulada con una prueba Q-sort no publicada en el curso de Automatización de Procesos Industriales.

La prueba fue contestada en línea directamente en la sesión de clases con una muestra de 48/65 ($p = .78$). Las preguntas realizadas por los estudiantes fueron utilizadas para aclarar el significado de las declaraciones. Cuando esto sucedió la pregunta se cambiaba inmediatamente preguntándoles a todos. De esta manera se afinó el cuestionario final.

5.9 Conclusiones

Este capítulo describió el procedimiento utilizado para diseñar el cuestionario de cultura para el estudio de los valores culturales predominantes en la práctica educativa con trabajo de proyecto. El cuestionario utilizó como marco de referencia el PBL y la cultura, entrevistas y Análisis Temático para determinar los constructos principales de elaboración de las declaraciones cualitativas del cuestionario.

Los constructos del cuestionario son coherentes con otras publicaciones enfocadas en trabajos sobre cultura organizacional, a pesar de que el procedimiento utilizado se originó en la experiencia académica de los estudiantes de trabajo de proyecto.

La consolidación de patrones en constructos resultó en el diseño de un cuestionario de 108 declaraciones combinadas en 9 categorías. El cuestionario QFR utiliza escala de Likert de 5 puntos.

6 Metodología de investigación

Este capítulo presenta los aspectos metodológicos utilizados en la investigación, relacionados con la epistemología y la ontología utilizada. En los capítulos anteriores se abordó el concepto de aprendizaje desde la perspectiva de PBL, la creatividad y la cultura (Capítulos 2,3 y 4), que son utilizados como marco de referencia para este estudio. En su realización se utilizó el Realismo Crítico que se describe más adelante.

La perspectiva de investigación en ingeniería tradicionalmente utiliza el positivismo deductivo fundamentado en procedimientos cuantitativos. Esta perspectiva ha sido probada con efectividad, soportado con el desarrollo tecnológico, pero es limitada a la experimentación y simulación, por lo tanto, no encaja completamente en el objeto del conocimiento de este estudio. En su lugar, se utilizará Realismo Crítico (RC) como una metateoría completa, robusta, que va más allá de la investigación de las ciencias naturales, que han utilizado varias investigaciones de ingeniería locales (e.g. [John Mingers 2006](#), [Cortés-Mora 2018](#)).

6.1 El Realismo Crítico

El Realismo Crítico (RC) es una forma de investigación que sostiene que los objetos del conocimiento son relativa o absolutamente independientes de nuestro conocimiento de ellos ([Hartwig 2007](#), p.97). El RC agrupa el pensamiento de varios filósofos contemporáneos como Roy Bhaskar ([Bhaskar 1998](#), [Elliott & Collier 1994](#), [Vandenberghe & Archer 2009](#)). El RC tiene dos elementos analíticos, la ontología o realismo trascendental y su aplicación a las ciencias sociales o naturalismo crítico. Así mismo, considera varios aspectos metodológicos, como los mecanismos y la causalidad, la realidad estratificada, los sistemas abiertos y cerrados, las dimensiones transitivas e intransitivas de la realidad y la condición hermenéutica de la ciencia ([Danermark et al. 2002](#), p. 198). El RC pretende dar respuesta a las preguntas que no puede responder la visión monista (e.g. [Hartwig 2007](#), p.317) y positivista deductiva de las ciencias naturales ([Archer et al. 1998](#), p.3), que también tiene la investigación tradicional en ingeniería.

En el RC, mientras que un mecanismo es algo que impulsa la producción o generación de un evento, el poder causal es algo que impulsa a un mecanismo para generar un evento. Los mecanismos son propiedades de los objetos, los cuales pueden o no manifestarse. Estos mecanismos están en tres dominios de la realidad. En el dominio de lo Real están los mecanismos, sea que actúen o no lo hagan en el objeto del conocimiento. En el dominio de lo Actual están los eventos que ocurren, sean observados o no lo sean. En el dominio de lo Experimental están los eventos que se experimentan ([Danermark et al. 2002](#)).

Esta realidad también está estratificada de lo básico hacia lo complejo. Los estratos corresponden a diferentes agrupaciones de mecanismos como por ejemplo lo biológico, lo químico, lo psicológico. Cuando se crean mecanismos en un estrato cualquiera se denominan poderes emergentes. [Danermark et al. \(2002\)](#) sostienen que, el RC se preocupa de los poderes causales, de tal manera que, si realiza investigación social, esta debería buscar estos poderes en el estrato social, pero al mismo tiempo, teniendo en cuenta otros niveles o estratos que ayuden a entender los mecanismos y estos poderes causales, por ejemplo, el estrato de los valores.

Este conjunto de estratos y dominios funcionando o no, forman un sistema con relación a las interacciones internas o externas de los objetos del conocimiento, el cual puede ser un sistema abierto o cerrado. Según el RC, en los sistemas cerrados, como el de las ciencias naturales se pueden probar, utilizar o analizar los mecanismos generativos de manera aislada, mientras que en las ciencias sociales difícilmente se logra porque más bien los mecanismos generativos se relacionan o interactúan entre sí, potencializando o deprimiendo los poderes causales, e incluso la acción de varios al mismo tiempo podría verse como un nuevo poder causal. Debido a que el sistema de mecanismos de la investigación social es un sistema abierto, no se puede hacer el análisis experimental como tradicionalmente se hace en ingeniería. Para resolverlo, el RC propone la abstracción como alternativa a la reducción de esta complejidad presente en el dominio de lo empírico diferenciando los objetos del conocimiento.

La realidad existe independiente de que la observemos o la estudiemos, siendo además independiente del investigador. Esa realidad deja abierta la posibilidad de que sus objetos sean estudiados y el sistema se cierre. Los objetos que existen que son independientes del pensamiento y de las acciones humanas son los objetos intransitivos de la ciencia, o de que se elaboren conceptos sobre ellos y teorías naturales. Así mismo, la realidad tiene objetos transitivos, los cuales son creados por el hombre y su naturaleza como las narrativas, teorías, ideologías, teologías, corrientes tanto como la variedad de prácticas ([Pilgrim 2020](#)). La dimensión transitiva de la realidad es determinada socialmente y cambiante, pero además no se acepta el hecho de que una declaración sobre la realidad es más verdadera que otra ([Danermark et al. 2002](#)).

Entonces, en el RC los objetos intransitivos tienen una doble hermenéutica. Por un lado, son contruidos socialmente, pero por otro lado son producidos socialmente. Es decir, en el RC se estudian tanto la interpretación que los objetos le dan a las cosas, como la interpretación que los individuos le dan a estas respecto a su significado e importancia. Durante la investigación, el investigado trata de entender y explicar el significado que las acciones tienen para los individuos, produciendo entonces conceptos para que trasciendan más allá del sentido común y se obtenga un entendimiento profundo de los caracteres más abstractos. En un intento por resolver esta dificultad, con raíces en el positivismo, [Danermark et al. \(2002\)](#) sostienen lo que Habermas propuso, de separar a la investigación de las ciencias sociales y a las ciencias humanas en dos tipologías de acuerdo con los métodos y a la hermenéutica predominante. Así que, según Habermas, la investigación basada en el positivismo utilizará métodos cuantitativos, la investigación de las ciencias humanas los

métodos cualitativos, mientras que la investigación social que se enfoca en explicaciones causales debería utilizar la combinación de ambas (Danermark et al. 2002, Habermas 1972)

Este enfoque permite proponer un estudio combinando investigación cualitativa, cuantitativa e inferencias o interpretaciones tanto del investigador como de los objetos sociales investigados, es decir los individuos que conforman los grupos de estudio. Danermark (2019) propone una secuencia de cinco fases para una investigación interdisciplinaria. Si bien es cierta, esta investigación en si no es interdisciplinaria, los métodos y fuentes de información son pluralistas y multidisciplinarios ajustándose con el procedimiento RRRIC mostrado en la figura 6-1 (Danermark et al. 2002, p. 150 sig.).

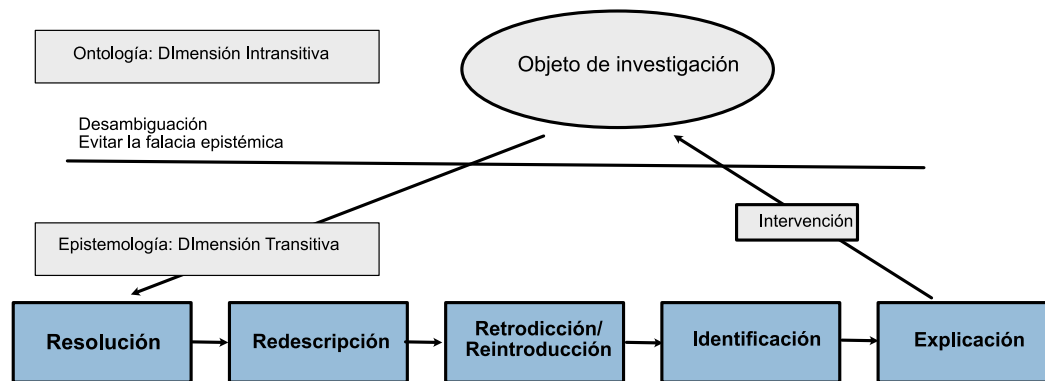


Figura 6-1: Fases de la investigación RC. Adaptado de Danermark (2019, p.372)

6.2 Concepto de cultura

En la Resolución se realizó una descripción general abierta de lo que está pasando en los grupos para proponer que en el trabajo de proyecto incide la cultura. (Capítulo 4). Para la Redescipción se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos, con Scopus y WoS empleando códigos de búsqueda y herramientas de análisis de minería de datos hasta encontrar grupos y categorizar la cultura para su definición. Los mecanismos causales son las ideas y posiciones de pensamiento expresadas en los escritos que permiten agrupar en conglomerados. Al final de esta etapa se obtuvo una estructura de definiciones de cultura y los autores predominantes en cada una de ellas.

La redescipción es una inferencia que se origina con una regla para obtener un resultado y definir un caso. Con la redescipción se observa y describe, interpreta y explica en el marco de un nuevo contexto. Según Galbrun & Miettinen (2017) la redescipción relaciona datos provenientes de otros análisis utilizando similitudes y diferencias incluso a través de patrones gráficos. En el formato de la búsqueda sistemática se establecieron las reglas de búsqueda y selección, con resultados a partir del proceso de agrupación para definir conglomerados de pensamiento cultural. Además, este procedimiento ayudó a evitar la falacia epistémica.

En la tercera fase, la Retrodicción y la Reintroducción, se describieron las estructuras que caracterizan la definición de cultura para un grupo de trabajo de proyecto. La Retrodicción describió las razones para identificar los mecanismos que operan en los grupos. En la Reintroducción se identificaron las estructuras internas que hacen que la respuesta cultural sea lo que debería ser teniendo en cuenta su contexto.

En la cuarta etapa, se identificó la variable cultural por aplicación de los supuestos de la etapa de reintroducción del investigador para identificar bajo métodos cuantitativos la cultura del trabajo de proyecto y la explicación.

6.3 Evaluación de cultura en el grupo

Como resultado de la definición de cultura, se desarrolló el instrumento (QFR) para evaluar los valores que caracterizan a un grupo de proyecto (Capítulo 5). Debido a que utiliza 108 variables estas se reducen para encontrar las características latentes por extracción de factores, como lo han presentado en varios trabajos de análisis cultural (e.g [Vasan et al. 2009](#), [Rottensteiner et al. 2013](#), [Jehn et al. 2014](#), [Nguyen 2019](#)). Este proceso constituye la retrodicción.

La extracción de factores latentes será realizada por componentes principales (ACP), el cual agrupa y reduce el número de variables de una muestra. Esta metodología se basa en estadística no descriptiva.

6.3.1 Análisis de factores

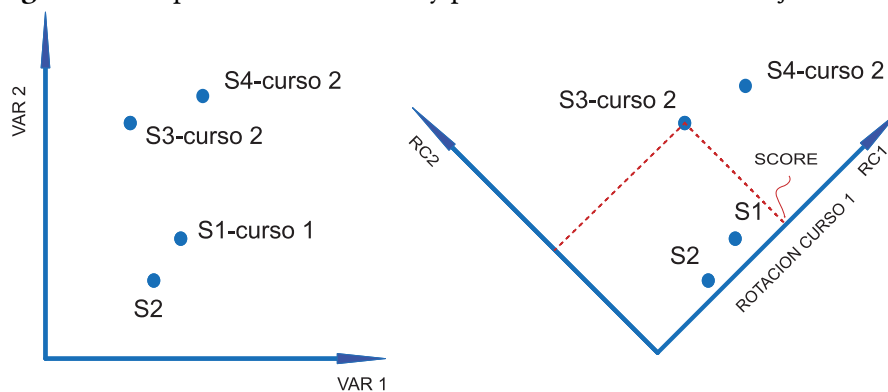
Según [Hair et al. \(2014\)](#) el análisis de factores es una técnica interdependiente cuyo principal propósito es definir la estructura subyacente en un conjunto de variables en el análisis. En las técnicas de análisis multivariadas existen herramientas que revisan las variables de estudio, definiendo conjuntos que están interrelacionados conocidos como factores. Estos grupos de variables representan dimensiones dentro de los datos reducidos que muestran las características de una muestra.

El análisis por factores tiene dos perspectivas principales, una exploratoria y la otra confirmatoria. En la perspectiva exploratoria los datos se toman tal como vienen, pero se organizan para encontrar una estructura correspondiente de las variables que se conoce como proceso de extracción de componentes. Sin embargo, cuando ya se tiene una estructura preliminar, hipótesis o teoría se suele utilizar la perspectiva de análisis confirmatoria.

El análisis por factores usualmente utiliza una muestra que sea superior a 50 casos, o superior a cinco veces la cantidad de variables incluso algunos autores recomiendan hasta unos 20 casos por variable. Sin embargo, también es admisible utilizar muestras menores acompañada de una interpretación cautelosa sobre los hallazgos ([Hair et al. 2014](#)).

El criterio utilizado está ilustrado en la Figura 6-2. La correlación de la respuesta de varios individuos de una muestra de una variable VAR1 con relación a otra variable VAR2 puede agruparse de tal forma que se pueda trazar un eje RC1 en dirección tal que maximice el número de puntos cubiertos y que minimice la varianza con relación a este eje. Este eje se denomina componente y sobre él se proyectan todos los puntos de las p variables, cada una con n observaciones de un tratamiento. En la estructura se pueden utilizar k componentes, cuya cantidad está definida bajo algún criterio (Jolliffe 2002). Además, en cada uno de estos componentes pueden proyectarse las mismas variables de otro tratamiento como muestra la imagen de la derecha. Para el obtener las ecuaciones de puntaje y peso de las respuestas se seguirá el procedimiento señalado por Revelle (2018).

Figura 6-2: Representación de ACP y puntuaciones o scores. Dibujo del autor



El valor de este eje con relación proyección de cada punto en el componente para n respuestas, p variables y k componentes está dado por la ecuación:

$$T_{n \times k} = X_{n \times p} \lambda_{p \times k} \quad (6-1)$$

Donde T es la matriz de respuestas proyectadas, X la matriz de respuestas iniciales y λ la matriz de cargas obtenida en el análisis de ACP, que actúa como matriz de transformación.

El valor de la proyección de una variable j sobre un componente k se denomina puntaje (*score*). Este valor puede estar representado estadísticamente por la correlación entre los f factores y las n observaciones en la matriz estructural F de pesos.

Sea x_{ij} la respuesta del i -ésimo individuo a la j -ésima variable, con p como el número de variables, entonces el k -ésimo componente C_k después de una regresión lineal es,

$$C_k = \sum_{j=1}^p w_{kj} x_j \quad (6-2)$$

En ACP, los componentes son una consecuencia de la respuesta de las variables reducidas. El

modelo de ACP está dado por:

$$R = FF' + U \quad (6-3)$$

El termino U se denomina varianza específica o *uniqueness*. En ACP este término se reduce, obteniendo,

$$R \approx FF' \quad (6-4)$$

Si $S_{n \times k}$ es la matriz de puntaje de los componentes, entonces la matriz de observaciones está dada por,

$$x_{n \times p} = S_{n \times k} F'_{k \times p} \quad (6-5)$$

Siendo R una matriz de covarianzas entre las variables observadas, entonces:

$$R_{p \times p} = n^{-1} x'_{p \times n} x_{n \times p} \quad (6-6)$$

Al pos multiplicar a cada lado los términos de la ecuación 6-5 por $F_{p \times k}$, y luego con la matriz de correlación de las observaciones R^{-1} se obtiene:

$$x_{n \times p} F_{p \times k} = S_{n \times k} F'_{k \times p} F_{p \times k} \quad (6-7)$$

$$x_{n \times p} F_{p \times k} R_{k \times k}^{-1} = S_{n \times k} F'_{k \times p} F_{p \times k} R_{k \times k}^{-1} \quad (6-8)$$

en donde $R_{k \times k} = F'_{k \times p} F_{p \times k} = I$, ya que es una matriz de covarianza. Reordenando términos, la matriz de puntajes obtenida es:

$$S_{n \times k} = x_{n \times p} F_{p \times k} R_{k \times k}^{-1} \quad (6-9)$$

La ecuación 6-9 permite obtener una aproximación a la matriz de puntajes de n observaciones con k componentes, relacionado la matriz de datos $x_{n \times p}$ con los pesos de los componentes $F_{p \times k}$ y la matriz de correlación de factores. Los dos últimos términos de la derecha representan los componentes obtenidos de un tratamiento (curso).

De este modo, la ecuación para estimar los puntajes de un grupo de observaciones es,

$$S_{n \times k} = x_{n \times p} W_{p \times k} \quad (6-10)$$

Los puntajes determinan la contribución de cada respuesta de los n participantes al componente. Cada columna de la matriz de puntajes contiene todas las contribuciones individuales al factor agrupado inicialmente, cuando se hace el análisis de QFR.

6.3.2 Suposiciones para la extracción

El ACP utilizado no requiere una prueba de normalidad ya que utiliza una muestra corta y variables categóricas. Para ajustar los cambios durante el proceso de correlación, las muestras se ajustan escalando los valores en el proceso de ACP. Para garantizar que el análisis puede agrupar variables se utilizan varias pruebas como la de Bartlett (sig. <.05) y la de MSA (superior a .50). Cuando la muestra no pasa estas pruebas no se puede encontrar una correlación agrupada de correlaciones

Para el ACP se utilizará la extracción basada en la varianza individual, la varianza compartida y el error entre variables correlacionadas. El ACP utiliza la varianza total para extraer factores, mientras que otras técnicas como el AFC (Análisis de Factores Comunes) utiliza solamente la varianza compartida. El ACP se utiliza cuando el enfoque principal es la reducción de variables mientras considera que la varianza individual y el error representan una proporción pequeña de la varianza total. Por otro lado, el AFC se utiliza cuando el objetivo principal es identificar las dimensiones latentes o constructos que representan las variables originales y no se tiene conocimiento previo sobre prueba, pero si sobre la teoría subyacente. Estos criterios se revisan durante el análisis estadístico.

6.3.3 Procedimiento ACP utilizado

En la Figura 6-3 se describe el procedimiento que se utilizará para reducir el número de variables de la muestra en el análisis por ACP. Los datos recolectados por medio de QFR son organizados en un archivo de valores separados por coma (CSV), cambiando los nombres de los individuos participantes para proteger cualquier información personal, mientras que los datos incompletos son borrados para no producir sesgo en las respuestas de correlación durante el ACP.

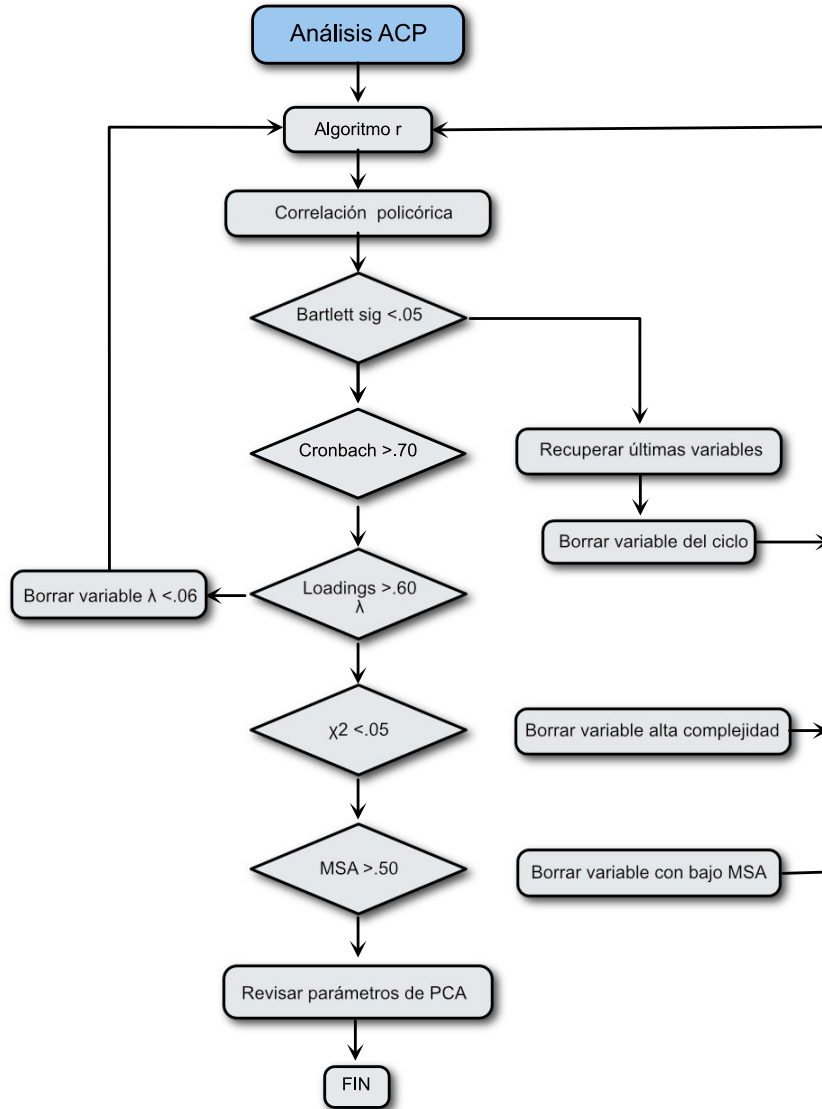
A continuación, se señalan las ecuaciones utilizadas para cada una de las etapas del proceso de la Figura 6-3.

6.3.4 Correlación latente

Las respuestas categóricas serán asociadas utilizando la correlación tetracórica. Esta es un tipo de asociación entre variables dicotómicas ordenadas o categóricas que suele utilizarse en este tipo de casos (Cohen et al. 2003, Price 2017). El coeficiente de correlación tetracórico se encuentra al resolver r_{tet} en la siguiente ecuación (Olsson 1979, Drasgow 1986):

$$\Phi(\tau_x, \tau_y; r_{tet}) = \frac{1}{2\pi(1 - r_{tet}^2)^{1/2}} \int_{-\infty}^{\tau_x} \int_{-\infty}^{\tau_y} \exp \left\{ \frac{-1}{2(1 - r_{tet}^2)} (x^2 - 2r_{tet}xy + y^2) \right\} dx dy \quad (6-11)$$

donde $\Phi(\tau_x, \tau_y; r_{tet})$ es la distribución bivariable normal, x, y son dos variables ordinales, τ_x y τ_y son los umbrales respectivos. Esta fórmula se puede generalizar si se policotomizan las dos variables.

Figura 6-3: Procedimiento para el análisis matemático de variables con ACP. Dibujo del autor.

La estimación de la correlación tetracórica de una tabla 2×2 se puede generalizar a una tabla $r \times s$ que se obtiene policotomizando las dos variables x e y en r y s categorías respectivamente.

Las respuestas categóricas no continuas pueden representarse como variables latentes continuas. Los puntos que dividen la respuesta de la variable latente continua (y^*) en un conjunto de categorías (c) se denominan umbrales (τ). El número de umbrales es $c - 1$. Para el caso de una escala de Likert de cinco puntos, la relación de y con y^* es como sigue (Finney & DiStefano 2013):

$$y = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{si } y^* \leq \tau_1 \\ 2 & \text{si } \tau_1 < y^* \leq \tau_2 \\ 3 & \text{si } \tau_2 < y^* \leq \tau_3 \\ 4 & \text{si } \tau_3 < y^* \leq \tau_4 \\ 5 & \text{si } y^* > \tau_4 \end{array} \right\} \quad (6-12)$$

Los umbrales se utilizan como puntos críticos para encontrar las correlaciones latentes, la distribución marginal y para ubicar las respuestas de los individuos en una u otra categoría así (Olsson 1979, Finney & DiStefano 2013):

$$\tau_i = \Phi^{-1} \left[\sum_{k=1}^i \frac{N_k}{N} \right], i = 1, 2, \dots, c - 1 \quad (6-13)$$

donde τ_i es un umbral particular, Φ^{-1} es la inversa de la función de distribución normal, N_k es el número de individuos que eligieron una categoría k , N es el tamaño de la muestra, y c es el total de categorías.

Para determinar la correlación policórica entre dos variables ordinales se requiere la tabla de contingencia para cada par de variables. La correlación policórica estimada representa el valor con la mayor verosimilitud de producir la tabla de contingencia de las observaciones para los umbrales estimados.

Para resolver la ecuación 6-11 se utilizan varias estrategias. Por ejemplo, utilizando series polinómicas para reemplazar el segundo término de la ecuación y resolverla mediante métodos numéricos. Pero debido al gasto computacional también se han sugerido coeficientes basados en χ^2 , en la máxima verosimilitud o estimando y ponderando mínimos cuadrados (Olsson 1979, Drasgow 1986, Finney & DiStefano 2013).

El paquete psych de *r* de Revelle (2017), utiliza la correlación latente de Pearson con la tabla de contingencia asumiendo normalidad bivalente, según el método de Olsson (1979). Los datos de frecuencia son utilizados para encontrar los umbrales con las ecuaciones descritas arriba. El proceso de estimación halla la relación de frecuencias para cada celda con el procedimiento de máxima verosimilitud de dos etapas. Cuando una celda obtiene un cero puede realizar corrección

de continuidad reemplazando la celda con el valor predeterminado de 0.5. Este procedimiento es iterativo hasta que la correlación de frecuencias marginales se aproxima a una correlación de Pearson bivalente.

6.3.5 Prueba de Bartlett

La prueba estadística de Bartlett examina la matriz de correlación en busca de suficientes correlaciones significativas entre las variables. Es sensible al tamaño de la muestra, ya que la posibilidad de encontrar correlaciones aumenta cuando la muestra aumenta (Hair et al. 2014). La aproximación de Bartlett utilizando χ^2 es (Gorsuch 2015)

$$\chi^2 = - \left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right) \ln(|R|) \quad (6-14)$$

donde p es el número de variables, n el tamaño de la muestra, R es la matriz de correlación de las variables y $\frac{1}{2}p(p - 1)$ el número de grados de libertad.

6.3.6 Medida de adecuación muestral

La medida de adecuación muestral, MSA Indica el grado de inter-correlación entre las variables. Es una función de los cuadrados de la imagen de la matriz comparada con los cuadrados de la matriz original. El índice varía entre 0 y 1 siendo 1 el valor en que cada variable se puede predecir sin error con otra variable. La medida se puede interpretar bajo las siguientes guías, sobre .80 meritorio, entre .70 y .80 medio, entre .60 y .70 mediocre, entre .50 y .60 miserable y bajo .50 inaceptable (Hair et al. 2014, Revelle 2017). Este índice se conoce como el indicador Káiser-Meyer-Olkin (KMO).

El procedimiento utilizado con psych es recurrente. Primero se procesarán los datos como se indica en la Figura 6-3, se eliminan variables candidatas hasta satisfacer progresivamente todos los criterios mostrados. El criterio de Bartlett de

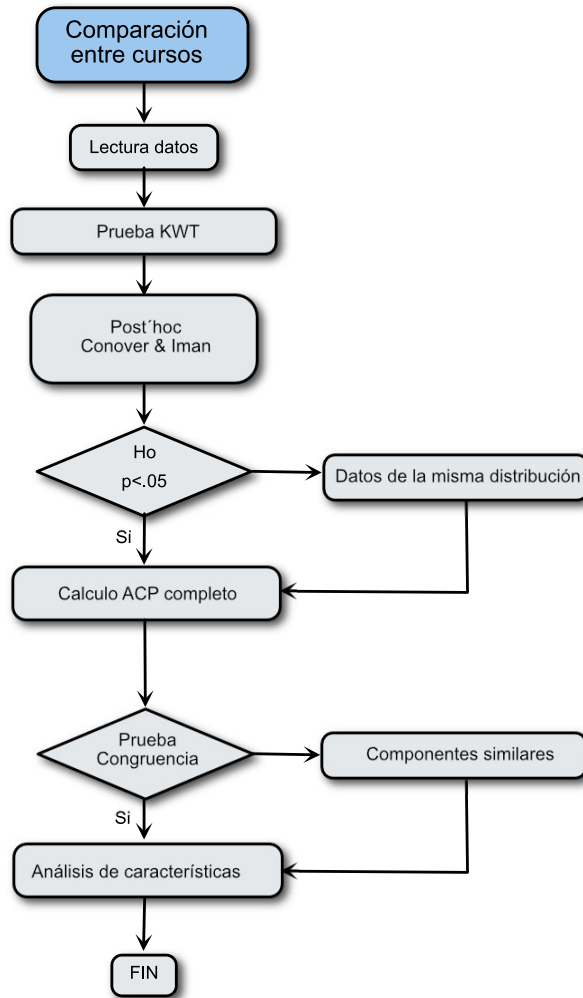
El factor de calidad de medición de la muestra (MSA) varía entre 0 y 1, alcanzando el 1 cuando una variable se puede predecir con otra variable sin error. Los valores superiores a 0,8 son meritorios, sobre 0.7 medios, sobre 0.6 mediocres, sobre 0.5 miserables y por debajo de 0.5 inaceptables. (Hair et al. 2014, p.102)

6.4 Comparación entre grupos

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (KWT) examinará las diferencias entre cursos de las respuestas al cuestionario QFR. Así mismo, con el coeficiente de congruencia se encontrará la similitud entre los factores culturales revelados en cada curso con el análisis de la sección 6.3.

En la Figura 6-4 se muestra el procedimiento utilizado. Los datos crudos de los cursos serán el insumo principal. Después de eliminar las respuestas incompletas y los datos atípicos por inspección se inicia el proceso de comparación.

Figura 6-4: Procedimiento para el análisis matemático de las posibles similitudes y diferencias entre cursos. Dibujo del autor.



La comparación se realiza antes de reducir variables por ACP en cada curso, ya que la comparación de distribución de KWT se realiza por cada variable individual. El procedimiento de ACP utiliza las características expuestas por cada curso agrupando variables que en conjunto formarán distribuciones nuevas, las cuales podrían compararse con cierta reserva.

Esta dificultad se resuelve comparando las direcciones de los componentes en cada curso. Por definición un componente de ACP es una característica, que tiene una magnitud latente y dirección basada en las puntuaciones de las variables que a su vez dependen de la varianza. Si la puntuación en un grupo es menor que en otro, pero la dirección se conserva se puede pensar que los grupos tienen la misma característica en mayor o menor grado según corresponda. Existen varios métodos

para comparar los grupos. Uno de los métodos consiste en encontrar la matriz que simultáneamente diagonaliza a las matrices de pesos de los análisis ACP que se comparan (Jolliffe 2002). Otro método como el de Krzanowski (1979) utiliza el ángulo mínimo de los primeros componentes ortogonales entre cualquier componente de un grupo con otro de otro grupo o métodos como el coeficiente de congruencia que mide el ángulo entre todos los componentes de cada grupo comparado.

6.4.1 Prueba de Kruskal-Wallis

La prueba KWT es un análogo no paramétrico de ANOVA para probar si dos o más grupos independientes tienen la misma distribución en una variable. Para medir ordena todas las observaciones de menor a mayor para asignar un rango, sin importar el grupo al que pertenezcan. Luego calcula la suma de los rangos R_j y revisa el rango promedio por cada grupo para compararlos. La hipótesis nula es verdadera si todos los grupos tienen el promedio del rango cercano (Fan & Zhang 2012, Ostertagová et al. 2014, Howitt & Cramer 2017). Esta prueba se ha utilizado para evaluar datos no paramétricos discretos u ordenados por categorías (e.g Alkin-Sahin 2015, Baggeli Kahraman & Sezer 2017, Costa et al. 2019).

El estadístico de la prueba de KWT es (Howell 2014),

$$\hat{H} = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1) \quad (6-15)$$

donde n_j y R_j es el número de observaciones y la suma de rangos en el j -ésimo grupo respectivamente, N es el total de observaciones, k es el número de grupos, H es el estadístico que se evalúa contra la distribución χ^2 sobre $k - 1$ grados de libertad.

Como es una prueba de puntuación, los empates pueden corregirse utilizando las ecuaciones 6-16 y 6-17 (Pohlert 2014).

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^r (t_i^3 - t_i)}{N^2 - N} \quad (6-16)$$

siendo t_i el número de empates del i -ésimo grupo,

$$\hat{H}^* = \frac{\hat{H}}{C} \quad (6-17)$$

Adicionalmente, la prueba de transformación de rangos *a posteriori* propuesta por Conover & Iman (1979), implementada por Pohlert (2014), puntúa todas las observaciones de la menor a la mayor con un procedimiento paramétrico de rangos.

$$|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > t_{1-\alpha/2; N-k} \sqrt{s^2 \left[\frac{N-1-\hat{H}^*}{N-k} \left[\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right] \right]} \quad (6-18)$$

donde \widehat{H}^* es la corrección de empates del KWT, $t_{1-\alpha/2;N-k}$ es el valor de *t-student*. La varianza corregida por empates está dada por (Pohlert 2014)

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \left[\sum R_i^2 - N \frac{(n+1)^2}{4} \right] \quad (6-19)$$

Las pruebas KWT y a posteriori de Conover & Iman (1979) están implementadas en PMCMR de R con las funciones `Kruskal.test` y `posthoc.kruskal.conover.test`.

6.4.2 Prueba de congruencia de Componentes Principales

El coeficiente de congruencia es el coseno del ángulo entre los dos vectores, el cual es (Lorenzo-Seva & ten Berge 2006)

$$\phi(x, y) = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}} \quad (6-20)$$

donde x_i y y_i son los pesos de las variables en los componentes.

El análisis ACP se realizará con el paquete `psych` (Revelle 2017) de R (R Core Team 2014), ya que este paquete tiene algoritmos adecuados para procesar datos provenientes de respuestas al ítem como lo es la escala de Likert de cinco puntos del cuestionario QFR que recolectará los datos.

6.5 Análisis de la variación de la creatividad

La creatividad será estudiada a partir de las variables de la CDI. En el capítulo 3 se explicó la creatividad en ingeniería y se reseñaron varios instrumentos. En la prueba CEDA de Charyton (2014), la creatividad comprende cuatro dimensiones relacionadas con el número de ideas: fluencia, flexibilidad, originalidad y utilidad. La suma de estas cuatro variables resulta en un valor asociado a la creatividad de un individuo. La diferencia entre el valor preliminar y el valor final es el desarrollo de la creatividad.

6.5.1 Prueba de creatividad

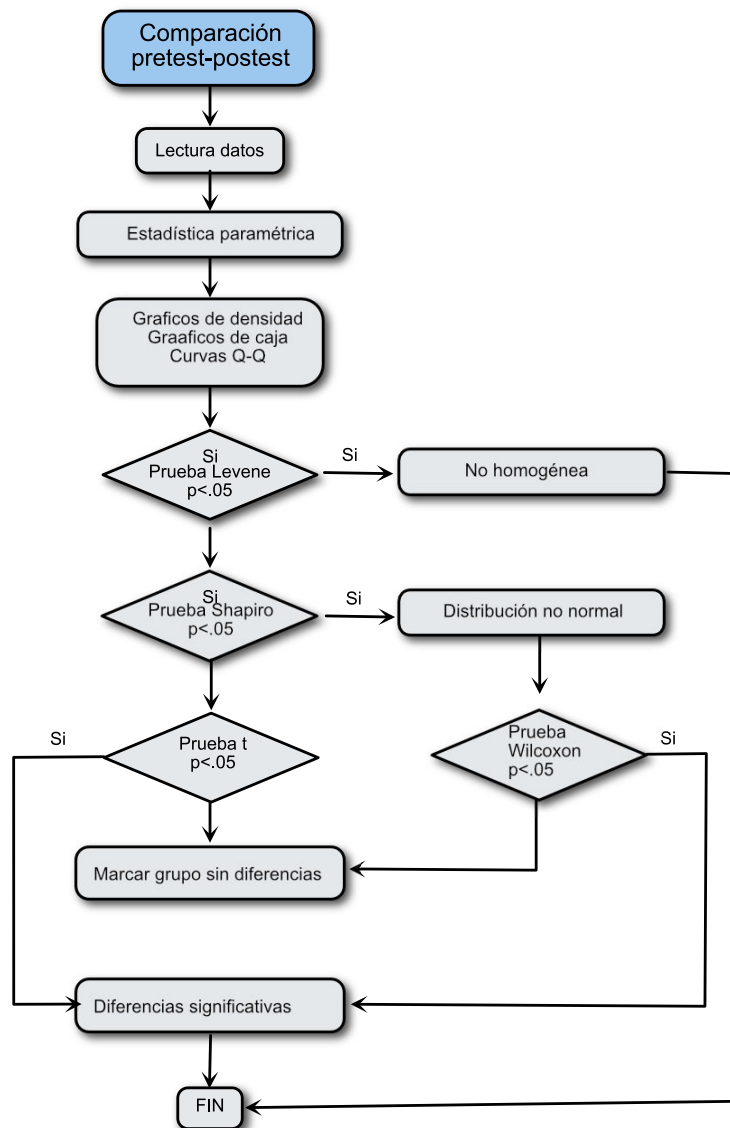
En el Anexo I se muestra el cuestionario CEDA utilizado en todos los cursos ensayados. Los estudiantes deberán diligenciar escribiendo y dibujando durante treinta minutos. Los resultados de las pruebas serán evaluados contando el número de ideas para fluencia, la diferencia entre las propuestas de la columna izquierda y derecha para fijar la flexibilidad, la originalidad de acuerdo si las ideas y dibujos son cotidianos o no a criterio del evaluador de ingeniería, y la utilidad de acuerdo con la explicación de los participantes.

La diversidad de preguntas en la encuesta ayuda a contar el número de ideas de fluencia. También pueden funcionar para evaluar la capacidad para resolver y encontrar problemas. En este estudio se descartaron estas opciones, ya que la población evaluada tiene diversos grados de pericia.

La comparación realizada solamente mide la diferencia al interior de los cursos. El constructo implica una evaluación directa de los grupos cuyo valor absoluto en cada tratamiento no es comparable, pero la diferencia entre el antes y el después sí lo es.

En la Figura 6-5 se indica el procedimiento utilizado para determinar si hay una diferencia significativa entre los datos iniciales y final de la prueba CEDA.

Figura 6-5: Procedimiento para el análisis matemático para encontrar diferencias significativas en las medias de las muestras de pretest y postest después de CEDA. Dibujo del autor.



La prueba-t apareada o de medidas repetidas permite identificar si hay alguna diferencia significativa

entre las medias de los dos cursos de la observación apareada. Esta prueba es paramétrica si se cumplen los siguientes criterios (Heiman 2011, Hair et al. 2014).

1. La variable dependiente es continua.
2. Los individuos son seleccionados aleatoriamente.
3. Los individuos son los mismos en cada prueba.
4. No se utilizan datos atípicos
5. Los datos provienen o se pueden aproximar a una distribución normal.
6. La varianza es homogénea.

El criterio 1 se cumple, ya que las cuatro variables consideradas en la prueba CEDA son continuas. El criterio 2 se cumplirá en la selección de los cursos independientemente de los estudiantes que toman el curso. El criterio 3 se cumple, ya que la prueba se aplicará al mismo curso al comienzo y final del periodo académico.

En cuanto al criterio 5, se revisará la normalidad de la muestra. Si la distribución no es normal se utilizará la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

6.5.2 Prueba t paramétrica

La prueba t está definida por la varianza de la muestra y el error estándar de la media así (Heiman 2011)

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x)^2}{n}}{n - 1} \quad (6-21)$$

donde s_x es la varianza, x los valores y n es el tamaño de la muestra apareada.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sqrt{S_x^2/n}} \quad (6-22)$$

con μ_0 el valor dado en la hipótesis nula H_0 .

La prueba t apareada puede ser evaluada con t. test de r.

6.5.3 Prueba estadística de normalidad

Las pruebas de normalidad se basan en la similitud de la distribución univariable de los datos con la distribución normal. La geometría de la curva se define con la asimetría y la curtosis obtenidas con las siguientes ecuaciones (Zeltermann 2015):

$$\hat{\gamma}_a = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s_x^{3/2}} \quad (6-23)$$

$$\widehat{\gamma}_c = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s_x^2} - 3 \quad (6-24)$$

Los valores de asimetría deben tener una magnitud entre 2 y 3 para considerar normalidad (Pituch & Stevens 2015). Así mismo, se puede utilizar el puntaje z como indicador de la variación (Hair et al. 2014):

$$z_a = \frac{\widehat{\gamma}_a}{\sqrt{\frac{6}{n}}} \quad (6-25)$$

$$z_c = \frac{\widehat{\gamma}_c}{\sqrt{\frac{24}{n}}} \quad (6-26)$$

donde n es el tamaño de la muestra, mientras que las asimetrías $\widehat{\gamma}_a$ y la curtosis $\widehat{\gamma}_c$ se obtienen con las ecuaciones 6-23 y 6-24. De acuerdo con Hair et al. (2014) el valor crítico que más se utiliza es ± 2.58 (.01 de significancia) y ± 1.96 (.05 de significancia)

Otra prueba utilizada son las curvas Q-Q que muestran las observaciones arregladas en orden incremental comparando cada valor con el valor normal esperado. Este valor es (Zelterman 2015):

$$D_i^2 = (Y_i - \bar{Y})' S^{-1} (Y_i - \bar{Y}) \quad (6-27)$$

donde D^2 es la distancia de Mahalanobis, Y es un vector de observaciones con media \bar{Y} ; S es la matriz de diagonales de la desviación estándar con $s_{ii} = \sigma^2$. La curva Q-Q dibuja D_i contra los cuantiles de χ^2 .

Adicionalmente, se utilizarán las pruebas estadísticas de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que esta puede evaluar muestras pequeñas (Shapiro & Wilk 1965, Pituch & Stevens 2015).

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6-28)$$

donde a_i son constantes que dependen del tamaño de la muestra (Shapiro & Wilk 1965, Tabla 5). EL estadístico W se utiliza para comparar el porcentaje de puntos con la curva de distribución normalidad. Es decir, valores altos indican normalidad con mayor significancia (Shapiro & Wilk 1965, Tabla 6).

Los valores de asimetría y de curtosis de las curvas se utilizan para tomar decisiones sobre el tipo de distribución de la muestra.

La función `shapiro.test` de `r` calcula el estadístico W y el valor-p para la hipótesis nula H_0 de que la muestra proviene de una distribución normal.

Los datos obtenidos en la prueba serán analizados con Manova. La encuesta obtiene datos cuantitativos y contiene varias variables.

6.5.4 Prueba de homogeneidad de la varianza

La homogeneidad de la varianza usualmente utiliza pruebas como la de Barlett, y el F_{max} de Hartley y de Levene. En este análisis se utilizará la prueba de Levene, ya que es robusta y tiene menor sensibilidad a la no normalidad de la muestra (Pituch & Stevens 2015).

La prueba de Levene se realiza desviando los puntajes individuales en cada grupo de prueba de la media del grupo y después tomando los valores absolutos así (Pituch & Stevens 2015)

$$z_{ij} = |x_{ij} - \bar{x}_j| \quad (6-29)$$

donde \bar{x}_j representa la media de j-ésimo grupo.

La prueba de Levene en `r` se puede realizar con el comando `levene.test` del paquete `car` (Fox & Weisberg 2019, Fox 2021).

6.5.5 Pruebas de rangos firmados de pares relacionados de Wilcoxon

La prueba de rangos firmados relacionados de Wilcoxon es una prueba estadística no paramétrica que compara la tendencia central de dos muestras. En esta prueba cada medida se contrasta con su par para puntuar la diferencia. Luego se clasifica el valor sin importar el signo de la diferencia para devolverles el signo algebraico después de la clasificación para finalmente sumar los rangos positivos y negativos por separado (Howell 2014).

El valor del estadístico se puede calcular con `r` utilizando el comando `wilcox.test`. Si el valor-p es menor que el nivel de significancia elegido se rechaza la hipótesis nula H_0 que dos muestras relacionadas fueron tomadas de poblaciones idénticas o simétricas con la misma media.

6.5.6 Tamaño del efecto

El tamaño del efecto o medida d de Cohen está dado por (Cohen 1988, Howell 2014),

$$d = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{s} \quad (6-30)$$

donde \bar{x}_2 y \bar{x}_1 son las medias del posttest y del pretest respectivamente y s la desviación estándar de pretest o del posttest.

Cuando las varianzas no son iguales se reemplaza el término s de la ecuación 6-30, por la desviación estándar agrupada (Cohen 1988, Howell 2014, Gravetter & State 2014),

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (6-31)$$

Para la muestra pareada del pretest y postest $n_1 = n_2$.

La función `cohen.d` del paquete `psych` calcula varios parámetros asociados con el tamaño del efecto. La expresión para la varianza s_p de ese paquete fue ajustada por el autor a la expresión de la ecuación 6-31.

6.6 Conexión de creatividad y cultura entre cursos

La relación de los factores culturales entre los cursos y la creatividad se realiza dejando un curso como referencia y proyectando sobre éste las respuestas de QFR del curso que se está revisando. Por ejemplo, si un curso exhibe como alto un grupo de variables para el componente satisfacción para un peso dado, se puede extraer cuando pesa ese componente en otro curso. Luego, sin importar si el peso es alto o bajo se puede encontrar la relación entre ese factor y la creatividad del curso, objeto de estudio.

La Figura 6-6 indica el procedimiento utilizado para encontrar la relación entre la creatividad y la cultura.

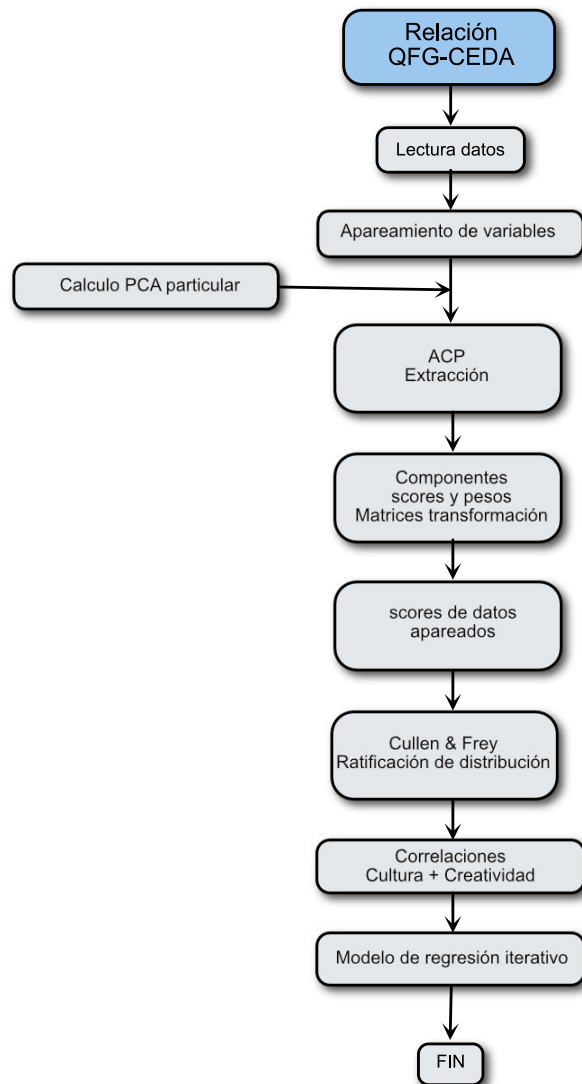
El análisis de la relación entre creatividad y cultura utiliza como punto de partida dos criterios

1. El conjunto de componentes forma subespacios del espacio euclidiano. Las variables prescritas en un espacio pueden representarse en otro espacio o transformándose a ese espacio
2. Las variables de creatividad son respuestas que pueden aplicarse a cualquiera de los espacios si hay una relación entre las respuestas de cultura y las respuestas de creatividad.

El primer criterio se demuestra trivialmente, ya que, si en el análisis de ACP el espacio inicial antes de la rotación es vectorial, por ejemplo, euclidiano; siendo este espacio el espacio común para todos los análisis, cualquier subespacio de este espacio puede relacionarse entre sí. Esta relación puede darse con matrices de rotación de ejes o proyecciones.

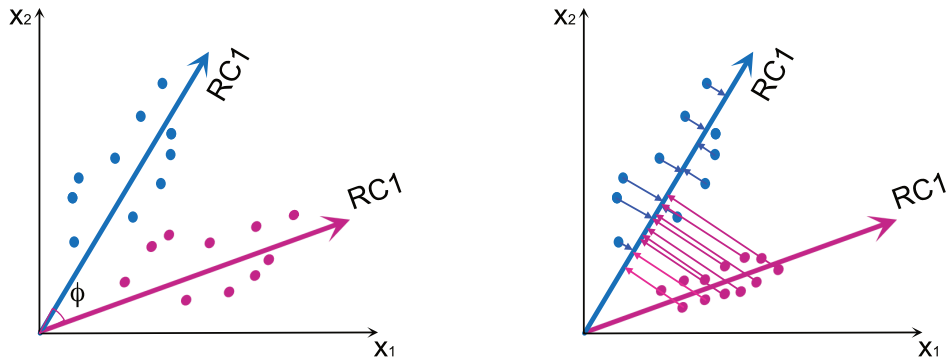
En la Figura 6-7 se representan nubes de puntos de respuestas a dos observaciones con los respectivos ejes principales. En la figura de la izquierda es evidente que las repuestas son las mismas desde el punto de vista de los ejes $RC1$ y $RC2$, pero diferentes desde el punto de vista del espacio inicial. Una transformación de ejes por rotación directa un ángulo ϕ cambiaría el sentido de los datos, ya que el eje $RC2$ representa una nueva variable que agrupa la correlación de x_1 con x_2 . En la Figura de la derecha, las respuestas originales representadas en el eje $RC1$ se pueden proyectar y puntuar

Figura 6-6: Procedimiento para el análisis matemático de la relación entre creatividad y cultura.
Dibujo del autor.



en el eje principal. A su vez, como este componente es parte de un subespacio de las respuestas de la segunda observación, también pueden ser proyectadas y puntuadas en este componente, si ambos espacios utilizan exactamente las mismas variables observadas. Si las respuestas en las dos observaciones a un grupo *A* y *B* para las variables que forman el componente fijado en este grupo *A* son iguales, los puntos de ambos casos serán exactamente los mismos, aunque en el ACP del grupo *B* se hallan encontrado componentes diferentes.

Figura 6-7: Modo de proyección de scores. Dibujo del autor.



El segundo criterio se puede aplicar sin dificultad, ya que todas las respuestas están apareadas. El constructo principal del estudio aplicó un método de PBL para observar el comportamiento cultural de un curso para establecer las características asociadas a un curso particular. Para ello, los participantes en cada grupo son distintos, de tal manera que no se asociaran efectos combinados directos al tratamiento del curso. Sin embargo, la prueba de creatividad se aplicará a muestras relacionadas apareadas con pretest y postest, asociadas al mismo grupo particular que se estudie. Para establecer la relación directa entre la creatividad del grupo y la respuesta cultural, se asociarán las respuestas de la creatividad con las respuestas de los mismos individuos del curso al cuestionario QFR. Esto crea un apareamiento que ayuda a reducir los efectos externos sobre la muestra.

Modelo matemático

La regresión lineal múltiple será la estrategia utilizada para encontrar la relación entre los valores culturales revelados del trabajo de proyecto y la creatividad. Se utiliza como punto de partida la ecuación 6-10 de la sección 6.3.1. Esta ecuación puede ser utilizada para proyectar cualquier conjunto de respuestas en un conjunto de componentes conocido como se indica en la Figura 6-2.

Las respuestas de las variables de creatividad y las repuestas de las observaciones en términos de la matriz de *scores* pueden unirse para componer un conjunto de ecuaciones lineales. En esta ecuación, la variable independiente considera los valores de cada tratamiento y la variable dependientes los valores de la creatividad.

$$CDI_{n \times 4} = S_{n \times k} \quad (6-32)$$

La matriz CDI está compuesta por cuatro vectores columna determinados por la Fluencia, la Flexibilidad, Originalidad y Utilidad obtenidos con el cuestionario CEDA, bajo los criterios de la sección 6.5.

Esta ecuación tiene la forma

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_p x_p \quad (6-33)$$

donde los términos a la izquierda son las variables independientes de creatividad y los términos a la derecha los p valores culturales con sus respectivos pesos β_i .

Esta ecuación se pudo resolver estadísticamente utilizando regresión lineal múltiple (Cohen et al. 2003, Hair et al. 2014) con ayuda de la función `lm` de `r`, junto con los criterios de aplicabilidad. Los coeficientes de las variables indicarán asociación luego de normalizar los factores (valores) culturales.

6.7 Conclusiones

Este capítulo presentó la perspectiva filosófica de investigación utilizada para análisis y elaboración de conceptos a partir del conocimiento existente, de los experimentos y observaciones realizadas como para el análisis en el presente estudio.

Los aspectos clave del Realismo Crítico relevantes para el trabajo fueron descritos, indicando la posibilidad de realizar el proceso, combinando metodologías cuantitativas y cualitativas, inferencias y triangulación de los objetos del conocimiento y sus mecanismos.

En el capítulo se presentó el procedimiento utilizado para el análisis de creatividad, cultura y PBL; con la fundamentación matemática basada en estadística no descriptiva para el análisis de los datos del cuestionario QFR (Capítulo 5) utilizando ACP, luego para la comparación de la cultura con las pruebas de Kruskal-Wallis; y finalmente los procedimientos paramétricos para obtener la variación de creatividad.

7 Descripción de la muestra

Este capítulo reseña los cursos en los que se aplicaron tratamientos válidos para el análisis de esta investigación. Los tratamientos realizados incluyeron entrevistas para el diseño del instrumento de medición de cultura, aplicación del cuestionario QFR y aplicación del cuestionario CEDA.

2.5

7.1 Selección de la muestra

La muestra seleccionada debe cubrir el marco de referencia de aplicación del proyecto explicado en el primer párrafo de la sección 2.2 donde un proyecto se realiza en grupo con interacciones entre los miembros, como se señaló en las secciones 2.4.6 y 2.5.2

7.2 Descripción de los cursos con trabajo de proyecto

7.2.1 Ingeniería y desarrollo sostenible

Ingeniería y desarrollo sostenible es un curso ofrecido como introducción a las carreras de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Universidad Nacional en la sede Bogotá. El curso tiene tres créditos, es decir, nueve horas de dedicación semanal durante 16 semanas en un semestre, con dos sesiones de clase a la semana, cada una de dos horas. La primera sesión es una conferencia magistral donde participan cuatro cursos de 40 estudiantes cada uno. La segunda sesión tiene lugar durante dos horas por separado.

En la versión del curso de II semestre de 2018 y anteriores, la clase magistral era una conferencia, con temáticas generales de ingeniería, trabajo en equipo y habilidades de comunicación en general. La sesión semanal estaba enfocada en el seguimiento del proyecto que los estudiantes desarrollaban durante todo el semestre. La clase magistral se hacía con los profesores del curso o invitados, pero en la sesión de seguimiento había un tutor adicional. En el proyecto del curso, los estudiantes formulaban un problema real ‘abierto’ y lo solucionaban mediante la composición de grupos con 4 a 6 estudiantes. El proyecto debía ser terminado y presentado con un informe. La evaluación consistía en una presentación del grupo privada y una pública del proyecto utilizando un póster.

En la versión del curso de 2019, se cambió el formato general del curso para seguir el trabajo de proyecto orientado por problemas. Con la misma duración semestral, las sesiones magistrales se alinearon completamente con el contenido del proyecto y la temática del trabajo se desarrolló

durante la clase magistral complementándola con las sesiones del curso de la semana. Así mismo, se introdujeron dos proyectos en lugar de uno para consolidar el aprendizaje. También se integró al proyecto la asignatura de Dibujo Básico.

El primer proyecto es guiado completamente durante las sesiones magistrales y de curso individual. El problema es formulado por los profesores, pero su temática tiene en cuenta lo que se hará posteriormente en el segundo proyecto. Los integrantes de los grupos, de 8 a 9 miembros, eran seleccionados por los propios estudiantes. La evaluación de este proyecto fue realizada con un informe corto, de máximo 15 páginas, y con un informe de proceso de 2-6 páginas. Luego de entregado fue socializado intercambiando información entre los grupos formados.

Entre las temáticas generales para guiar se incluyeron identificación del problema, formulación, escritura de informes, el trabajo de grupo, evaluación del proceso y generalidades sobre los informes. A diferencia del proyecto uno de cuatro semanas, este era más extenso en contenido, de elección temática por los estudiantes, con una duración de tres meses.

El segundo proyecto fue una continuación de la misma temática del primero, con la formulación de otro problema a partir del resultado. Los grupos de 8 miembros también fueron compuestos por los estudiantes. Las conferencias guiadas profundizaron temas de ingeniería de diseño que eran útiles para el desarrollo del proyecto. Tales temas se enfocaron el diseño del producto, la creatividad, la planificación, la metodología, los resultados y las conclusiones. Incluyendo temas especializados como selección de materiales, diagramas funcionales, alternativas de diseño y el proceso de diseño en ingeniería.

La evaluación del curso fue realizada mediante sustentación grupal al finalizar el semestre. Para dicha evaluación, los proyectos fueron vistos por 3 a 5 profesores de esta y de la asignatura de Dibujo Básico, y un prototipo presentado públicamente a la comunidad universitaria.

7.2.2 Taller de proyectos interdisciplinarios

El propósito del curso de taller de proyectos interdisciplinarios es integrar el conocimiento disciplinar de ingeniería al trabajo cooperativo mediante la realización de un proyecto real. Este curso fue presentado por primera vez en 2009 y desde entonces ha tenido varias modificaciones ([Duarte et al. 2011](#), [Rodríguez et al. 2015](#)). Desde su creación, el curso se ha enfocado en proyectos reales que puedan concluir con la creación de una empresa por parte de los grupos de estudiantes que los desarrollen, mientras mantiene el mismo formato tradicional de grupos de 6 estudiantes, de al menos tres carreras diferentes y guiados por un tutor con el rol de gerente.

En la versión actual de esta asignatura de cuatro créditos y 16 semanas, participan cerca de 330 estudiantes provenientes de programas de ingeniería, alrededor de 40 estudiantes más de programas de Diseño Gráfico e Industrial y algunos otros provenientes de otras universidades. Debido a la elevada cantidad de estudiantes de diversas disciplinas, la asignatura se divide en varios grupos de

12 a 18 estudiantes con un profesor cada uno para gerenciar dos o tres proyectos. En consecuencia, en TPI se están realizando de 55 a 62 proyectos actualmente.

Para determinar los grupos, proyectos y profesores, los estudiantes eligen el proyecto y al profesor después de asistir a una presentación corta o “pitch” de algunos estudiantes del curso o interesados. En los grupos, quien presenta el proyecto en el pitch suele ser el líder del proyecto (UN Radio 2019b)

A lo largo del curso se abordan cinco etapas sucesivas: ambientación, inspiración, formulación, ejecución y presentación. La ambientación tiene una duración de 3 semanas, la de inspiración de 4 semanas, mientras que formulación y ejecución duran 7 a 8 semanas dejando 2 semanas para la presentación del proyecto. Los estudiantes se reúnen en una sesión semanal de dos horas con el gerente del proyecto y dos horas en una sesión conjunta.

La sesión conjunta tiene cinco ejes temáticos: tecnología, diseño, emprendimiento, propiedad intelectual y habilidades blandas. Para ello se tiene un panel de expertos en temas tales como diseño, creación de empresas, transferencia tecnológica e innovación. Cada uno de los miembros del proyecto debe participar en una de estas conferencias para luego realizar una retroalimentación a todos los miembros del su equipo.

La evaluación del curso se realiza mediante rúbricas así: desempeño, infografía, avance del proyecto y trabajo en equipo para completar el 40% de la evaluación, mientras que el informe final y el prototipo tiene un valor de 60% de la asignatura.

7.2.3 Automatización de procesos industriales

El curso de automatización de procesos industriales está ubicado en la parte final del programa de ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia. Los estudiantes inscritos deben trabajar 12 horas semanales tanto en la temática del curso como en el desarrollo de un proyecto. El curso tiene cinco ejes temáticos que deben ser aplicados al proyecto: controladores lógicos programables, electroneumática, robótica, fabrica digital y análisis de costos. Cada uno de estos ejes está a cargo de un profesor experto que además actúa como supervisor de uno o de los grupos del proyecto. Los grupos de trabajo suelen ser de 4 y 5 miembros.

La composición del curso utiliza diversas estrategias, pero en la versión de 2017 y 2018 correspondientes a la recolección de los datos de este estudio, los estudiantes eligieron libremente con base en los conocimientos y habilidades presentados por los estudiantes. En el curso de segundo semestre del 2017 los estudiantes trabajaron un solo tema de proyecto, mientras que en la versión del primer semestre del 2018 se desarrollaron cuatro problemas diferentes y se utilizó la plataforma colaborativa 3DExperience (Rodríguez-Mesa 2018, Rodríguez & Peña-Reyes 2019).

La evaluación del curso tiene lugar en una sesión conjunta de dos horas de evaluación grupal, además de la participación de los cinco profesores de la asignatura. Los estudiantes realizan una presentación de corta duración y luego deben responder a las preguntas realizadas con base en una rúbrica de evaluación de conocimiento, habilidades y competencias.

El tiempo de dedicación al proyecto estimada es de unas 7 horas semanales de las 12 horas para el curso, teniendo en cuenta las clases presenciales y los temas que los estudiantes debía preparar indica que emplean entre el 55-60% en el trabajo del proyecto.

7.2.4 Cátedra Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad

La cátedra de Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad es un curso electivo ofrecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá para estudiantes de cualquier nivel de sus estudios de pregrado. La asignatura se enfoca en la reflexión sobre la visión convencional de las ciencias exactas, la ingeniería y su relevancia en el entorno social y político colombiano, desde la realización de proyectos en comunidades vulnerables y clases sobre teoría del conocimiento.

La cátedra ICTS de tres créditos y una sesión semanal de dos horas, utiliza presentaciones magistrales de expertos en áreas del conocimiento, realiza dinámicas de grupo con talleres, debates, teatros y otros. Simultáneamente los estudiantes deben realizar un proyecto en grupo de cinco estudiantes. El tema elegido debe resolver una problemática social de alguna comunidad en estado de vulnerabilidad. La composición de los grupos es abierta, pero se enfoca en utilizar principios de equidad de género, diversidad en semestre e interdisciplinariedad.

En la versión de 2017 había presencia de 14 disciplinas distintas incluyendo ingeniería, diseño industrial, arquitectura y política. Se realizaron 12 proyectos en tres lugares Bogotá, Iconoso y en la Guajira. Y para desarrollarlos, los estudiantes debieron trasladarse a estos lugares y convivir con la población algunos días para identificar e implementar el proyecto (Rodríguez-Mesa et al. 2018)

7.2.5 Proyecto Aplicado de Ingeniería

El Proyecto Aplicado de Ingeniería es una asignatura del programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Desde el 2009 se han realizado más de 110 proyectos, con grupos de 3 a 4 estudiantes (cf. UN Radio 2019a). En la versión del segundo semestre del 2017 había 23 proyectos y dos profesores encargados de la asignatura. Los proyectos fueron formulados a partir de una convocatoria abierta en línea de proposición de temas y problemas abiertos, pero relacionados con soluciones que involucren y diseño y construcción de un dispositivo electromecánico.

El curso se enfoca en la metodología de diseño de ingeniería mezclando conferencias relacionadas con ciertos procesos específicos. Por consiguiente, el trabajo del proyecto está marcado por el proceso de diseño aplicando conceptos normalizados de selección de piezas, cálculo de conjuntos y

partes de sistemas electromecánicos, térmicos que involucran algún tipo de control. Uno de los procesos que debían utilizar es TRIZ como técnica creativa de generación de ideas.

La evaluación del curso se centra en el producto físico entregado y funcionado. Si esto se cumple evalúa tanto el proceso de diseño relacionado con los temas explicados en la clase, como el proceso realizado para la obtención y la información técnica del producto final.

Ya que los proyectos suelen ser formulados a partir de una convocatoria abierta en línea para proponer proyectos, donde participan profesores de diferentes disciplinas y áreas de ingeniería, la supervisión del proyecto está acompañada por uno o varios expertos en el problema formulado. La supervisión es flotante, pero con apoyo externo.

7.2.6 Peama Sumapaz

El Programa Especial de Admisión y Movilidad Académica (PEAMA) de la Universidad Nacional de Colombia funciona desde el 2007 con el propósito de facilitar el acceso a la educación de la población que vive en regiones geográficas distantes y que está en desventaja frente a los aspirantes que viven cerca de las ciudades principales. Esta población se caracteriza por no tener facilidades económicas o recursos disponibles a su alcance, tanto físicos como intelectuales ([Universidad Nacional de Colombia 2007](#)).

En el programa PEAMA de Sumapaz, para ese entonces, había cinco ofertas educativas: enfermería, ingeniería agrícola, ingeniería agronómica, medicina veterinaria y zootecnia. Como en todos los PEAMAs, los estudiantes inician sus estudios y permanecen allí durante los primeros cuatro semestres de su carrera, con acompañamiento y preparación, para ser luego movilizados a las sedes educativas de su elección y de acuerdo con el programa en el que se matricularon. Para el 2017 había 27 estudiantes matriculados en total. A pesar de que en Sumapaz se ofertaron programas fuera del ámbito de la ingeniería, el desarrollo curricular era responsabilidad de la Facultad de Ingeniería.

En Sumapaz, PEAMA utiliza proyectos como eje central de la educación ([Ordóñez et al. 2017](#)) Usualmente, la planificación de los proyectos se realiza en un semestre anterior. Las temáticas se centran en los problemas reales de la región y los proyectos se formulan interdisciplinariamente, integrando en los grupos a todos los estudiantes de diferentes programas. Los temas incluyen producción agropecuaria, administración del agua y el suelo. La selección de proyectos para este programa resulta un reto por la diversidad curricular. Según [Ordóñez et al. \(2017\)](#), los proyectos deben administrar contenidos diversos pero la coordinación de estos, en cada carrera dificulta la organización con una secuencia lógica.

El aprendizaje de los estudiantes se realiza combinando clases tradicionales y el proyecto. Las primeras están a cargo de varios profesores de diferentes disciplinas que se viajan desde Bogotá para desarrollar con los estudiantes el tema durante un día. Los proyectos se enfocan en la colaboración,

con la ventaja del acompañamiento continuo ya que, los estudiantes permanecen durante la semana tanto como lo hace un grupo de 2-3 tutores en el poblado pequeño de Nazareth, de entre 194 y 327 habitantes ([Alcaldía local de Sumapaz 2018](#)). Este acompañamiento incluye tutorías en preparación de informes, organización del trabajo y aseguramiento de los recursos disponibles para los estudiantes.

La evaluación de los cursos es mixta. Una parte de ella utiliza exámenes que realizan cada uno de los profesores en su área temática. La otra parte de la evaluación es el producto del proyecto realizado durante el semestre con un valor del 70%. En esta se utiliza el reporte final y las entregas parciales tanto como una presentación oral ante un panel de profesores y utilizando una matriz de calificación.

7.2.7 Mecanismos 2017-II y 2018-II

En el curso de Mecanismos del programa de ingeniería mecánica se espera que los estudiantes apliquen conocimientos de cinemática y cinética para las síntesis de sistemas mecánicos, y que los estudiantes alcancen su aprendizaje con sesiones de clase y prácticas con herramientas informáticas. En este curso se evaluó el contenido impartido, auto aprendido y las prácticas de clase en un 60%. El proyecto transversal tenía un peso de 40%.

El proyecto fue anunciado desde el comienzo de la asignatura para cumplir cuatro etapas con entregables correspondientes. Los estudiantes realizaron la propuesta de problema de diseño, metodología de solución de acuerdo con las temáticas de la clase con cálculos manuales, con diseño asistidos por computador, incluidos programas de asistencia al diseño, Excel y Matlab. La entrega final fue un prototipo funcional.

7.2.8 Elementos de máquinas II

El curso de Elementos de máquinas está localizado en la parte superior del plan de estudios de Ingeniería Mecánica. Su propósito es enseñar principios de diseño orientados a la modelación y cálculo de ingeniería. Este curso está orientado al proyecto, pero utiliza tanto clases con contenido proposicional, en dos sesiones de dos horas semanales cada una durante 16 semanas y tres créditos como la realización de dos proyectos como una tarea para afianzar y evidenciar aprendizaje.

Los dos proyectos se propusieron al comenzar el curso. El primer proyecto se trató de ingeniería inversa con un plazo de 3 meses. El segundo proyecto comprendió el desarrollo del detalle de diseño de los componentes del problema propuesto para el proyecto. Para realizarlo, los estudiantes compusieron grupos de 4 miembros del mismo curso que se unieron a un grupo de otros 4 de Dibujo de Máquinas del segundo semestre, también del programa de ingeniería mecánica. El emparejamiento de los cuatro miembros de elementos con los cuatro de dibujo fue aleatorio. El

grupo de diseño tuvo el rol de diseñador calculista mientras que el grupo de dibujo el de delineación de los planos de fabricación. Para coordinar las actividades, cada subgrupo del proyecto nombró un gerente encargado de entre los miembros. Los dos profesores del curso de diseño y los profesores del curso de dibujo actuaron como tutores generales del trabajo de proyecto, con la ayuda de dos o tres monitores. Todos los proyectos trabajados por los estudiantes fueron diferentes ya que su tema fue seleccionado por ellos. Sin embargo, desde el comienzo se recomendó que durante su desarrollo se cumplieran los objetivos de cada una de las asignaturas.

El producto del primer proyecto fue una pieza funcional que sustituía a una pieza o componente al que se le hizo ingeniería inversa con su respectivo informe técnico. Para el segundo proyecto los estudiantes entregaron un informe técnico con bocetos y planos técnicos en formato impreso y con archivos en 3D de los conjuntos propuestos. La evaluación de estos proyectos junto a sus avances fue realizada con presentaciones conjuntas y participación de ambos cursos, es decir, el de Elementos II y el de Dibujo de Máquinas. El primer proyecto tuvo un valor del 10% de la nota del curso mientras que el segundo del 60%.

Las sesiones de clase utilizaron formato tradicional con exposiciones del profesor y participación de los estudiantes. El contenido de las clases es evaluado en un único examen final que vale el 30% de la nota total.

7.2.9 Gerencia de proyectos

Gerencia de proyectos es un curso para los nueve programas de pregrado en ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá y es requisito para graduarse en cualquiera de estos programas. Este curso de cuatro créditos, con aproximadamente 330 estudiantes se divide en varios grupos de alrededor de 35 estudiantes cada uno. Por consiguiente, sus estudiantes son de varios programas de ingeniería, resultados en grupos interdisciplinarios de 5 a 8 estudiantes del proyecto.

La asignatura combina clases y proyecto. Las clases incluyen varios temas como la formulación de proyectos, marco lógico, administración de proyectos (PM) y gerencia de proyectos. Los estudiantes trabajan para aplicar los temas de la clase al proyecto, el cual les demanda cerca del 70% del tiempo de las 16 semanas de duración.

El proyecto observado tiene tres hitos en el curso. [Herrera \(2012\)](#) sostiene que en el primero, los estudiantes fueron preparados con aprendizaje experiencial durante seis semanas de clase, abordando habilidades sociales necesarias para gerenciar el proyecto, la negociación, el trabajo en equipo, el liderazgo, el servicio al cliente y los principios básicos de proyectos. Así mismo, en esta etapa se fomentó el conocimiento mutuo y las relaciones interpersonales. El segundo hito comenzó con la selección de un número reducido de temas de proyecto, recolectando ideas de todos los estudiantes, mediante algún tipo de selección como la votación. A partir de ello se compusieron

los grupos, se seleccionó al líder y se organizó el proyecto en función de las temáticas del curso. Finalmente, el tercer hito, es a culminación del proyecto con una exposición abierta denominada “Expoideas” (Herrera 2012).

En el curso se realizaron cinco evaluaciones, cuatro de ellas correspondientes al avance del proyecto, y una de presentación final del proyecto con un porcentaje de la nota final relacionada con la dedicación total al proyecto, es decir 70%.

7.2.10 Robótica

El curso de robótica está ubicado en el octavo semestre del programa de 10 semestres de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Nacional. El curso es una combinación de clase teórica, laboratorios, talleres y dos proyectos cortos. Las clases teóricas se realizan en una sesión de dos horas con los 36 estudiantes, para luego, separarlos en tres grupos, cada uno de 12 estudiantes, con el fin de realizar laboratorios con acompañamiento constante del profesor. El objetivo de los proyectos es aplicar los temas de la clase utilizando un tutor. Para su evaluación realizan un informe sobre la experiencia. Los talleres son ejercicios de consolidación de los temas basados en solución de problemas convencionales.

La evaluación del curso tiene dos componentes grupales, uno individual y otro mixto. La evaluación grupal utiliza los dos proyectos cortos, pero la evaluación individual 5 exámenes parciales durante el curso, y la evaluación mixta utiliza taller como los proyectos.

Los dos grupos observados realizaron talleres y laboratorios individualmente. El trabajo en cada grupo fue realizado con los dos proyectos. Para trabajar se crearon subgrupos de cuatro estudiantes cuyos miembros fueron seleccionados por ellos mismos. El primero de dos proyectos ocurrió en la semana 10-11 de las 16 semanas de clase. Este proyecto fue una aplicación de los temas de las primeras semanas, que incluyeron temas de robótica industrial, háptica y robots colaborativos. Los resultados fueron presentados como producto simulado en CAD. El segundo proyecto también fue de aplicación de los temas vistos después de la semana 11 y se entregó al final, en la 16.

Ya que este curso tiene 4 créditos semanales, es decir 12 horas de dedicación semanal, y que cada proyecto se completa con una dedicación individual de 8-10 horas por estudiante, el trabajo de proyecto corresponde a aproximadamente un 10% del curso.

7.2.11 Maskin og Produktion y Energi - AAUMAP

Los cursos de Mecánica y Energía de la Universidad de Aalborg, (*Maskin og Produktion, Energi*) fueron utilizados para el desarrollo del cuestionario QFR y la prueba de creatividad con CEDA detallados en los Capítulo 5 y 3. El detalle del formato de los cursos está en Mosgaard & Spliid (2011)

Estos cursos están ubicados en el primer semestre de los programas de Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Energía, donde los estudiantes no tienen experiencia previa en el modelo de PBL. Estos cursos son representativos ya que todos los programas de ingeniería de esta universidad comienzan con el mismo proceso que corresponde con el modelo de POPBL de Aalborg ([Aalborg University 2015](#), [Hernandez et al. 2015](#)).

Al principio de sus estudios los estudiantes son entrenados con PBL durante un mes, combinando 4 módulos magistrales con un proyecto de corta duración. En el módulo magistral se incluyen temas de formulación de problema, planificación, creatividad, contrato social, producto, trabajo en equipo y documento de reflexión. Durante este tiempo los estudiantes componen grupos libremente y desarrollan el proyecto P0.

En la siguiente etapa, los estudiantes inician un proyecto de tres meses de duración. En la observación realizada, los estudiantes eligieron tema de un catálogo de 10 proyectos y compusieron los grupos de 8 miembros en una de las sesiones iniciales. Para comenzar, se les asigna un espacio exclusivo para el trabajo de proyecto.

En el modelo de Aalborg, los estudiantes tienen un facilitador permanente. El tema del proyecto está alineado con los temas de los módulos que deben tomar durante el semestre. En consecuencia, la tutoría del proyecto queda a cargo de este facilitador.

7.3 Modelo de PBL en los cursos muestreados

La Tabla 7-1 reseña los modelos de cursos seleccionados para el estudio, los cuales fueron descritos en el capítulo. Las figuras resaltan los elementos preponderantes para indicar donde se cumplen los principios de aprendizaje según el triángulo de Illeris que se obtuvo en la definición de PBL en la sesión 2.5.

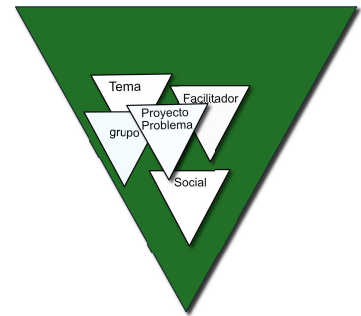
Tabla 7-1: Modelo de PBL en los cursos muestreados

Cursos	Descripción	Comentarios Dimensiones
Ingeniería y desarrollo sostenible IDS191	El modelo se basa en el de Aalborg del primer semestre. El proyecto es el eje central del curso. Utiliza conferencia con el propósito de una facilitación global y centradas en los cursos. Utiliza problemas ejemplares. Dos problemas uno inicial de corta duración y uno final. Se construye un prototipo. Grupos de 8-9 estudiantes de primer semestre.	
Ingeniería y desarrollo sostenible IDS182	Utiliza un proyecto como eje central y un facilitador flotante. Los temas de la conferencia se enfocan en la teoría general y soporte al trabajo de equipo. Utiliza un solo proyecto de larga duración. El proyecto se basa en una problemática de la sociedad. No se construye prototipo. Grupos 5-6 estudiantes de primer semestre.	
Taller de proyectos Interdisciplinarios	El proyecto es real y social. La conferencia no está alineada al tema del proyecto. Utiliza un facilitador en el grupo. Interdisciplinario. Varias entregas de proyecto. Compuesto de 6 estudiantes de semestres avanzados.	
Automatización de procesos	Proyecto ejemplar, temas disciplinares que el proyecto debe evidenciar. Facilitador dedicado. Grupos de 4-5 estudiantes.	

Continúa en la próxima página

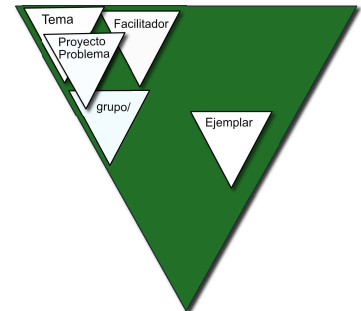
Cátedra Ingeniería,
Ciencia, Tecnología y
Sociedad, ICTS

Proyecto social y auténtico. Clases desalineadas al tema del proyecto. Facilitador flotante no perito. Grupos interdisciplinarios de 4-6 estudiantes de primer al último semestre de cualquier programa. Proyecto evaluable con otras actividades



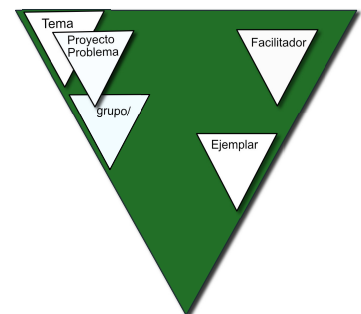
Proyecto Aplicado de
ingeniería, PAI172

El proyecto es ejemplar. Las sesiones de clase están centradas en la metodología que deben aplicar al proyecto. Facilitación global centrada en el método, con apoyo externo. Grupos de 3-4 estudiantes de dos carreras de últimos semestres.



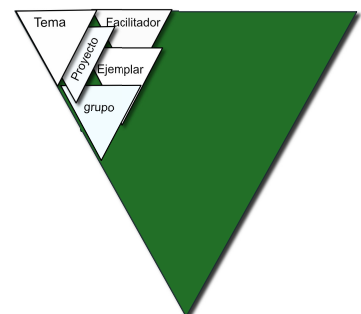
Peama Sumapaz

Proyectos auténticos y sociales. Facilitador dedicado. Grupos interdisciplinarios de primer semestre de varios programas de ingeniería. Proyecto en el lugar. Proyecto debe evidenciar los temas de la clase.



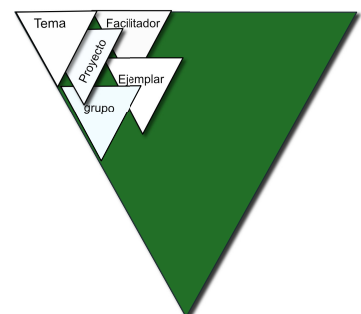
Mecanismos, MEC172182

El proyecto es de tipo tarea para demostrar los conocimientos adquiridos. Facilitador basado en contenido. No tiene un problema social sino un problema semi-estructurado. Grupos de 3-4 estudiantes de semestres intermedios. No exige interacciones extra-clase.



Elementos de máquinas
ELE191

El proyecto es de tipo tarea para demostrar los conocimientos adquiridos. Facilitador basado en contenido. No tiene un problema social sino un problema semi-estructurado. Grupos de 3-4 estudiantes de la parte alta de la carrera. A diferencia del MEC172182 debe integrar más sistemas e interactuar con otros semestres.



Gerencia de proyectos GER182	El proyecto es real enfocado en los intereses personales, no en lo social. Es interdisciplinario, tiene facilitación global, pero cuenta con ayuda externa. El proyecto está centrado en el contenido y alineado con la clase. Grupos interdisciplinarios de 4-6 estudiantes de la parte alta de la carrera.	
Robótica	Proyecto tipo tarea para aplicar conceptos a nivel de laboratorio. No tienen interacciones sociales. Un facilitador flotante pero los cursos no son grandes.	
Maskin og Produktion & Energii, AAUMAP	Modelo de Aalborg de primeros semestres. Dos proyectos tipo problema. El primer proyecto se basa en contenido, el segundo en problema catálogo. Facilitación guiada y permanente. Grupos de 8 estudiantes de primer semestre no interdisciplinario.	

7.4 Conclusiones

En este capítulo se reseñaron los aspectos relevantes para cada uno de los cursos que se estudian para la creatividad. Luego la descripción fue categorizada de acuerdo con el modelo de PBL para cada la curso según su formato, desde el punto de vista de la definición en la Sección 2.5.2.

Tanto el modelo como la descripción son indispensables para explicar la relación del incremento de la creatividad con el formato de los cursos estudiados. Es decir, la relación de las actividades que los estudiantes el marco del proyecto con las variables de la creatividad.

8 Resultados

La medición de cultura y de creatividad fue realizada en varios cursos durante los años 2017 a 2020. Los cursos fueron seleccionados cumpliendo varios criterios como se explicó en el capítulo 7. La recolección de datos se realizó con el cuestionario QFR diseñado para este estudio y la prueba CEDA. Como se indicó en el capítulo 5, el cuestionario piloto se realizó en el curso Cátedra Ciencia, Ingeniería y Sociedad como se explica en [Rodríguez-Mesa \(2018\)](#).

8.1 Cuestionario QFR

El cuestionario fue aplicado al finalizar el semestre, cuando los estudiantes ya habían entregado y cumplido con sus compromisos. Para aplicar el cuestionario, primero se concertó con el profesor sobre el momento oportuno. El cuestionario fue enviado en línea a los estudiantes del curso que habían entregado el proyecto, que en su mayoría correspondían al número de estudiantes matriculados en el curso. Para ello fueron utilizadas dos herramientas SurveyXact ([Ramboll 2018](#)) y Cuestionarios de Google. Los estudiantes recibieron una instrucción corta sobre el propósito de diligenciar este cuestionario. En todos los casos, este estuvo abierto por alrededor de un mes, con varios mensajes de correo recordando su diligenciamiento.

La prueba de QFR se aplicó en 22 cursos a una población de 1183 estudiantes. Se seleccionaron 22 cursos que cumplieran con los requisitos, especialmente por el hecho de tener un proyecto como eje central. La Tabla [8-1](#) resume los cursos donde se aplicó el cuestionario. La fecha de inicio corresponde a la fecha de la primera respuesta. La fecha final corresponde con la fecha en que se recibió la última respuesta. Los datos siguientes corresponden al número de cuestionarios diligenciados, i.e. participantes, y el número de tratamientos analizados para cada uno de los grupos. La tabla también indica en la última columna la relación entre la población y la muestra.

En el proceso de análisis fueron descartados algunos cuestionarios que no siguieron los protocolos correspondientes, otros que no fueron contestados por un número suficiente de estudiantes o porque la muestra no cumplía con el criterio de KMO (Kaiser Meyer Olkin ([Hair et al. 2014](#))). Los datos atípicos se incluyeron, ya que eran pocos y luego de varios análisis no mostraron efectos negativos. También se excluyeron los cursos donde no se completaron las dos pruebas CEDA de pretest y postest.

Posteriormente, los cursos fueron agrupados si correspondían en temática, método y profesor para simplificar el análisis. Antes de agruparlos se realizó la prueba KWT para confirmar diferencias entre los grupos, como muestra la Tabla [8-2](#), ampliada en el Anexo [V](#).

Tabla 8-1: Recolección de datos del cuestionario QFR

	Inicio	Final	Parcial	Total	Rechazo	Fix	Real	Análisis	p =
IDS182	28.02.19	14.03.19	14	81	11	3	128	84	0,66
IDS191	10.07.19	22.07.19	0	106	0	0	159	106	0,67
TI191	14.07.19	23.07.19	0	111	0	0	367	111	0,30
APM172	27.11.17	10.12.17	2	14	0	2	18	16	0,95
APM181	19.05.18	04.06.18	2	21	2	0	21	21	
ICTS172	23.11.17	23.11.17	0	48	0	19	65	48	0,74
PAI172	27.11.17	06.12.18	3	42	0	1	77	45	0,58
Peama172	25.11.17	09.12.17	6	18	3	3	26	21	0,81
Mecanismos172	29.11.17	10.11.17	4	17	0	2	30	21	0,82
Mecanismos 182	8.03.19	08.03.19	4	28	4	0	30	28	
Elementos II 191	23.07.19	02.07.19		64	0	0	84	64	0,76
Gerencia1 182	15.03.19	16.03.19	1	31	0	0	34	32	0,66
Gerencia2 182	15.03.19	15.03.19	0	13	0	0	34	13	
Robótica 172	27.11.17	11.12.17	2	26	1	2	36	27	0,82
Robótica 191	25.07.19	10.08.19	0	36	4	0	36	32	
DM191	13.07.19	24.07.19	0	27	0	0	38	27	0,71
MICRO 182	14.03.19	16.03.19	0	17	0	0	NS	N	N
Control 182	28.02.19	05.04.19	6	17	4	2	30	N	0,63
Motores	25.11.17	28.11.17	1	8	1	0	12	N	0,67
IDS 172	29.11.17	09.12.17	1	10	0	1	145	*	0,08
Elementos II 172	29.11.17	16.12.17	0	6	0	0	42	*	0,14
Procesos 172	30.11.17	02.12.17	2	8	1	1	18	N	0,50
Total							1.183	694	0,59

N: Se rechazo el análisis. NS: No suministrado. *Solo CEDA

Los datos nativos fueron organizados utilizando Excel y exportados en formato cvs a r y SPSS. Los datos incompletos fueron descartados. Los datos que tuvieron respuestas atípicas fueron eliminados de la lista.

El análisis se hizo transversalmente, entre grupos y dentro de los grupos. Este proceso se describe a continuación en las secciones 8.2 y 8.3.

8.2 Respuesta cultural de la muestra entre grupos

Las diferencias de los grupos fueron establecidas utilizando la prueba de KWT (sección 6.4.1) y la prueba a posteriori de Conover & Iman utilizando r y el paquete PMCMR (Conover & Iman 1979, Pohlert 2014) como se explicó en la sección 6.4.

Tabla 8-2: Variables QFR recolectadas por grupo

	IDS191		IDS182		ICTS172		MC172182		APM17281		PEA172		ROB17291		ELE191		GER182		PAI172		TPI191		DM191	
	n=105		n=84		n=48		n=49		n=37		n=20		n=59		n=64		n=45		n=45		n=111		n=27	
	α .97		α .97		α = .96		α = .96		α = .96		α = .96		α = .96		α = .96		α = .97		α = .97		α = .98		α = .95	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
x1	3,26	0,97	3,06	1,03	3,02	1,12	2,73	1,02	3,08	1,04	3,3	1,08	3,31	0,93	2,59	1,19	3,64	1	3,44	0,99	3,24	1,17	3	0,88
x2	4,01	0,78	3,71	1,07	3,92	0,85	3,55	0,82	4	0,71	3,9	0,79	4,19	0,66	3,61	0,81	4,07	0,84	4,24	0,8	3,91	0,99	3,96	0,9
x3	4,06	0,79	3,76	1,01	3,92	0,85	3,41	0,98	4,08	0,8	4,1	0,72	4,12	0,79	3,64	0,9	4,16	0,8	4,27	0,78	3,77	0,96	3,7	0,82
x97	3,9	0,87	3,69	1,02	3,92	0,68	3,57	0,91	4,24	0,68	3,75	1,02	3,97	0,81	3,42	1,05	4,2	0,66	4,29	0,66	3,82	0,94	3,85	0,77
x4	3,29	0,86	3,27	0,97	3,52	0,74	2,98	1,09	3,59	0,86	3,7	0,57	3,49	0,73	3,05	0,93	3,4	0,96	3,47	0,94	3,5	1,03	3,15	0,77
x5	3,57	0,73	3,38	0,82	3,56	0,74	3,41	0,76	3,81	0,7	3,75	0,72	3,56	0,79	3,59	0,87	3,56	0,92	3,69	0,76	3,76	0,81	3,48	0,85
x98	3,89	1,02	3,57	1,23	3,81	0,64	3,41	1,08	3,95	0,85	3,8	1,01	4,17	0,72	3,23	1,24	4,07	0,81	4,18	0,89	3,81	1,06	3,78	0,97
x99	4,24	0,64	4,01	0,87	4,23	0,56	3,92	0,79	4,19	0,57	4,35	0,49	4,31	0,7	4,17	0,85	4,49	0,55	4,4	0,69	4,05	0,87	4,11	0,75
x13	4,5	0,76	4,44	0,81	4,58	0,68	4,22	0,9	4,62	0,55	4,4	0,68	4,37	0,72	4,42	0,61	4,73	0,45	4,38	0,91	4,3	0,89	4,44	0,85
x14	3,15	1,12	2,79	1,21	3,12	1,36	3,16	1,12	2,89	1,33	4,4	0,68	3,17	1,16	2,61	1,2	3,2	1,24	3,36	1,11	2,98	1,17	2,74	1,13
x15	4,48	0,61	4,13	0,83	4	0,9	3,63	0,95	4,05	0,74	4,5	0,69	4,37	0,64	4,34	0,7	4,07	0,84	4,49	0,59	4,06	0,82	4,07	0,83
x16	3,97	0,69	3,96	0,91	4	0,68	3,63	0,86	4,22	0,67	3,9	0,79	4,12	0,65	3,88	0,6	4,22	0,82	4,16	0,71	4,1	0,74	3,78	0,75
x17	4,03	0,64	4,12	0,65	4,12	0,64	3,8	0,79	4,3	0,57	4,05	0,51	4,12	0,65	3,98	0,68	4,44	0,55	4,2	0,73	4,2	0,69	3,81	0,62
x18	4,21	0,79	4,15	0,88	4,31	0,59	4,04	1,02	4,3	0,74	4,1	0,85	4,53	0,57	3,95	0,79	4,42	0,87	4,4	0,69	4,23	0,82	4,04	0,85
x19	4,44	0,59	4,26	0,75	4,4	0,54	4,22	0,82	4,43	0,8	4,1	0,64	4,54	0,54	4,31	0,53	4,58	0,58	4,49	0,63	4,41	0,62	4,22	0,7
x20	3,69	0,97	3,46	1,1	3,52	1,17	3,35	1,01	3,86	0,75	3,5	1	3,88	0,87	3,72	1,02	3,73	1,01	4,18	0,89	3,68	0,99	3,52	0,89
x111	2,02	1,18	2,43	1,29	2,79	1,22	2,27	1,04	2,38	0,76	3,55	1,67	2,27	1,01	2,91	1,41	2,42	1,25	2,67	1,26	2,74	1,33	2,07	0,78
x21	3,84	0,75	3,52	1	3,6	1,05	3,33	0,97	3,78	0,79	3,9	0,79	4,07	0,72	3,5	1,01	3,76	0,91	4,13	0,69	3,84	0,88	3,44	1,01
x22	3,65	0,94	3,55	1,18	3,08	1,16	3,02	1,15	3,73	1,02	3,85	0,93	3,37	1,11	3,52	1,22	3,44	1,18	3,64	1,11	3,53	1,06	3,44	0,97

Continúa en la próxima página

Tabla 8-2: Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación)

	IDS191		IDS182		ICTS172		MC172182		APM17281		PEA172		ROB17291		ELE191		GER182		PAI172		TPI191		DM191	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
x23	3,7	0,96	3,65	0,98	3,38	1,04	3,12	1,11	3,76	0,89	3,6	0,88	3,73	0,81	3,48	1,13	3,69	0,97	3,93	0,84	3,7	0,9	3,7	0,95
x36	3,87	0,99	3,43	1,14	3,71	1,01	3,31	1,1	3,86	0,82	3,7	0,92	4	0,87	3,31	1,1	4,02	0,75	3,98	0,92	3,8	0,9	3,85	0,86
x113	4,06	0,63	4,07	0,62	3,94	0,63	3,84	0,83	4,05	0,62	4,15	0,59	4,31	0,59	4,08	0,74	4,24	0,71	4,31	0,7	4,11	0,73	3,93	0,83
x37	4,04	0,71	3,93	0,88	3,81	0,89	3,71	0,87	4	0,62	4,1	0,79	3,95	0,73	4,2	0,67	4,02	0,89	4,18	0,58	4,07	0,76	4,04	0,71
x38	4,06	0,78	3,93	0,79	3,81	0,73	3,86	0,76	3,97	0,69	4,05	0,6	4,1	0,66	4,11	0,67	4,09	0,85	4,27	0,62	4,04	0,74	3,78	0,97
x39	3,44	0,95	3,21	1,19	3,1	1,02	3,45	1,1	3,89	1,07	3,45	1	3,53	0,94	3,31	0,94	3,53	0,97	3,51	1,08	3,59	1,03	3,52	0,7
x40	3,4	1,11	3,18	1,13	2,98	1,14	3,06	1,18	3,41	1,12	2,85	0,99	3,39	1,14	3,17	1,13	3,58	0,99	3,58	0,94	3,56	1,01	3,44	1,05
x41	4,21	0,65	4,1	0,86	3,85	0,8	3,82	0,95	4,05	0,78	4,25	0,55	4,19	0,71	4,36	0,65	4,29	0,76	4,31	0,67	4,05	0,82	4,11	0,75
x42	3,93	0,84	3,67	1,08	3,75	0,96	3,24	1,07	3,97	0,73	3,85	0,81	4,14	0,73	3,67	0,94	4,11	0,8	4,16	0,88	3,86	0,9	3,93	0,83
x43	3,92	0,83	3,85	0,92	4	0,8	3,59	1	4,14	0,67	4,15	0,67	4,08	0,79	3,58	0,96	4,24	0,71	4,29	0,79	3,82	0,93	3,59	0,84
x44	3,05	0,96	3,33	0,95	3,56	1,03	3,18	1,05	3,46	0,96	3,9	0,91	3,69	0,9	3,03	1,05	3,62	0,96	3,69	1,12	3,44	1,02	3,11	1,01
x45	3,24	0,96	3,02	1,01	3,35	1,02	2,76	0,99	3,41	0,96	4	1,03	3,64	1	3,05	1,08	3,87	0,87	3,89	1,03	3,52	1,04	2,96	1,22
x46	3,32	0,88	3,31	0,97	3,33	0,97	3,06	0,99	3,89	0,84	3,95	0,69	3,69	0,88	3,23	1,02	3,73	0,94	3,96	0,8	3,49	1,07	3,11	0,97
x47	4,44	0,71	4,15	0,91	4,21	0,8	3,8	1,04	4,38	0,68	4,5	0,51	4,44	0,62	4,08	0,86	4,6	0,54	4,64	0,65	4,26	0,81	4,07	0,87
x48	4,06	0,78	3,82	0,91	4	0,85	3,59	0,93	4,03	0,83	4,35	0,59	4,14	0,73	3,86	0,87	4,42	0,75	4,31	0,7	4,01	0,88	3,56	0,93
x49	3,3	0,74	3,4	0,88	3,71	1,01	3,16	1,11	3,51	0,93	3,5	0,69	3,49	0,77	3,27	0,82	4,04	0,82	3,47	0,92	3,6	0,82	2,78	0,8
x50	3,78	1,01	3,4	1,16	3,54	0,9	3,02	1,18	3,43	0,93	4	0,65	3,59	0,77	3,33	0,99	4,07	0,84	3,64	0,98	3,41	1,08	3,3	0,95
x100	4,15	0,98	3,64	1,14	4,15	0,85	3,2	1,04	4,11	0,99	4	1,08	4,24	0,73	3,75	1,11	4,36	0,86	4,36	0,71	3,87	1,03	3,89	1,12
x101	4,28	0,67	3,98	0,88	4,17	0,72	3,78	0,82	4,27	0,9	4,15	0,75	4,25	0,71	3,94	0,85	4,27	0,91	4,33	0,67	4,19	0,81	4,11	0,7
x102	4,23	0,72	4,02	0,89	4,27	0,74	3,57	0,96	4,27	0,77	4,1	0,64	4,24	0,63	3,94	0,81	4,29	0,92	4,42	0,84	4,11	0,74	4,04	0,76
x103	4,15	0,86	3,43	1,17	3,9	0,9	3,04	1,17	3,95	1,08	4,3	0,57	4,12	0,7	3,77	0,99	4,04	0,85	4,33	0,85	3,77	0,99	3,59	1,01
x104	3,67	1,07	3,04	1,13	3,69	0,78	2,53	1,04	3,46	1,12	4	0,86	3,59	0,83	3,39	0,97	3,6	0,91	4	0,9	3,46	1,05	3,22	1,19
x105	4,14	0,85	3,51	1,07	4,1	0,81	3,16	1,05	3,86	1	3,75	1,16	4,12	0,65	3,69	0,96	4,09	0,95	4,33	0,74	3,8	0,87	3,85	0,91
x112	3,78	0,83	3,67	0,84	3,73	0,68	3,37	0,88	3,92	0,55	3,95	0,76	3,98	0,66	3,25	1,04	4,11	0,57	4,07	0,69	3,88	0,86	3,56	0,89
x106	3,4	0,91	3,36	1,05	3,38	0,89	3,18	1,03	3,46	0,84	3,6	0,94	3,64	0,8	3,31	1,02	3,8	0,73	3,8	0,87	3,71	1,05	3,44	0,8
x114	3,96	0,83	3,79	0,93	4	0,8	3,33	0,97	4,14	0,67	4,1	0,64	4,2	0,69	3,55	1,02	4,09	0,73	4,29	0,73	3,91	0,9	3,67	0,92

Continúa en la próxima página

Tabla 8-2: Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación)

	IDS191		IDS182		ICTS172		MC172182		APM17281		PEA172		ROB17291		ELE191		GER182		PAI172		TPI191		DM191	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
x115	3,7	0,94	3,6	1,01	3,81	0,87	3,14	1,02	3,81	0,7	4	0,79	4,05	0,73	3,17	1,15	4,02	0,75	4,2	0,73	3,87	0,95	3,56	0,93
x51	3,97	0,75	3,88	0,95	3,98	0,76	3,9	0,92	4,16	0,73	3,65	0,81	4,22	0,67	3,88	0,77	4,16	0,88	4,33	0,8	4,05	0,86	3,93	0,73
x108	4,17	0,83	3,69	1,14	3,98	0,76	3	1,02	3,86	0,92	4,1	0,64	4,22	0,67	3,72	0,93	4,2	0,99	4,22	0,77	3,84	1	3,78	0,89
x107	4,25	0,85	4,13	0,94	3,92	0,74	3,49	0,82	4,05	0,62	4,15	0,67	4,27	0,69	4,08	0,84	4,29	0,69	4,38	0,65	3,92	0,89	4,22	0,75
x52	4,24	0,81	3,79	1,14	3,96	0,71	3,61	1,11	3,89	1,07	4,1	0,72	4,17	0,75	4,16	0,76	4,2	0,84	4,29	0,82	3,94	0,89	3,89	1,12
x53	4,14	0,76	3,9	1,07	4,21	0,87	3,86	0,96	4,19	0,81	4,1	0,72	4,37	0,72	3,97	0,98	4,36	0,91	4,44	0,72	4,16	0,86	3,93	0,96
x54	3,74	0,9	3,65	1,09	3,83	0,83	3,35	1,13	3,86	0,75	4	0,79	3,86	0,84	3,42	1	4,02	0,99	4,04	0,9	3,8	0,89	3,37	0,84
x55	4,37	0,62	4,18	0,84	4,21	0,85	4,02	0,88	4,27	0,73	4,3	0,57	4,46	0,65	4,28	0,74	4,42	0,75	4,53	0,59	4,3	0,72	4,15	0,72
x24	2,34	1,16	2,69	1,27	2,38	1,14	2,69	1,16	2,35	1,23	3	1,17	2,34	1,25	2,53	1,07	2,31	1,24	2,24	1,23	2,83	1,26	2,15	1,03
x25	3,86	0,75	3,52	1	3,62	1,04	3,39	1	3,68	0,85	4,15	0,81	3,8	0,71	3,72	0,79	3,96	0,9	3,96	0,95	3,71	1	3,52	1,01
x26	4,12	0,73	3,83	0,95	3,81	0,87	3,63	1,05	4,14	0,71	4,1	0,79	4,1	0,76	3,83	0,88	4,18	0,75	4,4	0,69	3,94	0,83	3,96	0,76
x27	3,95	0,76	3,74	1	3,96	0,8	3,65	1,03	3,89	0,81	4,15	0,59	4,07	0,67	3,73	0,88	4,16	0,71	4,24	0,71	3,88	0,93	3,74	0,81
x28	3,66	0,98	3,55	0,96	3,54	0,8	3,24	1,05	3,54	0,87	4,15	0,75	3,85	0,66	3,3	0,92	3,91	0,85	4,11	0,78	3,77	0,94	3,33	0,88
x29	4,12	0,68	3,77	0,97	3,6	0,87	3,41	1,02	4,03	0,9	4,05	0,6	4,03	0,69	3,84	0,74	4,04	0,82	4,11	0,68	3,8	0,81	3,85	0,91
x30	4,12	0,91	3,6	1,11	3,83	0,88	3,18	1,11	3,73	0,84	4,3	0,73	3,86	0,84	3,84	0,96	4,36	0,86	4,11	0,78	3,69	1,06	3,67	0,83
x31	4,14	0,89	3,76	1,09	3,83	0,91	3,35	1,09	3,73	0,84	4,15	0,81	3,81	0,88	3,88	0,95	4,31	0,87	4,2	0,81	3,69	1,1	3,63	0,93
x32	4,21	0,85	4,26	0,75	3,42	1,11	3,86	1,1	3,57	1,07	4,25	0,72	4,25	0,9	4,44	0,71	4,67	0,6	4,11	0,98	3,5	1,14	4,15	0,77
x33	4,09	0,79	4,14	0,76	3,69	1,07	3,71	0,94	3,54	0,99	4,25	0,64	4,22	0,81	4,08	0,76	4,44	0,69	4,31	0,7	3,8	0,91	4	0,78
x34	4,14	0,79	4,5	0,69	3,17	1,15	4,22	0,9	3,46	1,12	4,15	0,81	4	0,96	4,39	0,68	4,53	0,66	3,98	0,97	3,2	1,17	4,22	0,97
x35	3,87	1,07	4,17	0,73	3,9	0,9	4,04	0,87	4,14	0,71	4,2	0,62	4,22	0,77	3,67	1,05	4,02	0,84	4,42	0,72	3,86	0,85	3,93	0,68
x56	3,86	1,11	4,1	0,72	3,83	0,88	3,84	0,99	4,03	0,76	3,85	0,81	3,97	0,93	3,42	1,05	4	0,95	4,49	0,76	3,84	0,89	3,81	0,74
x57	3,81	0,89	4,49	0,69	4,44	0,71	3,69	1,1	4,08	1,14	3,85	0,75	3,97	1	3,8	0,93	4,62	0,58	4,31	0,95	4,37	0,7	3,56	0,75
x58	3,15	1,04	3,05	1,09	3,35	0,96	3,31	1,06	3,73	1,04	3,3	0,98	3,14	0,96	3,02	0,97	3,38	1,07	3,42	0,92	3,57	1	3,41	0,93
x59	3,52	0,97	3,38	1,02	3,27	0,84	3,27	0,93	3,62	1,04	3,3	1,08	3,31	0,9	3,08	0,91	3,51	0,97	3,38	0,83	3,62	0,93	3,52	0,7
x60	3,8	0,94	3,79	0,96	3,69	0,85	3,18	0,93	3,27	1,1	4	0,73	3,73	0,85	3,61	0,99	3,8	1,12	4,09	0,73	3,82	0,91	3,67	1
x61	3,99	0,81	4,13	0,83	3,92	0,79	3,47	0,98	3,84	1,01	4,05	0,83	3,81	0,8	3,69	0,87	4,18	0,86	3,98	0,62	3,95	0,82	4,04	0,85

Continúa en la próxima página

Tabla 8-2: Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación)

	IDS191		IDS182		ICTS172		MC172182		APM17281		PEA172		ROB17291		ELE191		GER182		PAI172		TPI191		DM191	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
x62	4,35	0,9	4,26	0,97	3,85	1,15	3,84	1,18	3,76	0,86	4,6	0,5	3,73	1,11	4,17	0,83	4,51	0,89	4,49	0,79	4,14	0,87	4,04	0,98
x63	3,84	0,82	3,7	1,05	3,79	0,97	3,51	1,02	3,84	0,87	4	0,79	3,86	0,78	3,97	0,71	4,02	0,87	4,09	0,79	3,94	0,89	3,85	0,86
x64	3,95	0,8	3,75	1,07	3,96	1,05	3,63	1,05	3,86	0,89	4,15	0,75	3,95	0,88	4,02	0,77	4	1,02	4,11	0,75	4,02	0,88	4,04	0,94
x65	4,06	0,72	4,07	0,77	3,77	0,83	3,82	0,86	3,92	0,64	4,05	0,6	4,15	0,78	4,02	0,83	4,13	0,81	4,11	0,83	4,06	0,81	3,81	0,79
x66	3,42	0,98	3,18	1,23	3,38	1,16	3,02	1,23	3,59	1,01	4,15	0,67	3,08	1,24	2,91	1,23	3,44	1,14	3,71	0,87	3,22	1,25	3,11	0,97
x67	2,21	1,16	2,6	1,31	2,6	1,2	2,08	0,98	2,51	1,1	2,65	1,14	2,24	1,07	2,31	1,05	2,36	1,25	2,2	0,99	2,82	1,29	2,19	0,96
x68	4,06	0,72	3,81	0,83	3,96	0,9	3,35	1,23	4,11	0,77	3,95	0,94	3,69	0,91	3,73	0,91	4,02	0,81	4,2	0,73	3,95	0,93	4,11	0,85
x69	3,86	0,85	3,64	0,98	3,77	0,88	3,76	0,92	3,84	0,65	3,85	0,67	3,92	0,86	3,39	0,92	3,96	0,88	3,82	0,98	3,88	0,92	3,78	0,7
x70	3,9	0,8	3,9	0,77	3,38	1,06	3,73	1	3,57	1,01	3,9	0,55	3,71	0,87	3,7	0,92	4,11	0,8	3,64	0,96	3,68	1,03	3,41	0,75
x71	3,5	0,84	3,54	1,01	3,31	1,03	3,45	0,98	3,7	0,85	3,6	0,94	3,47	0,92	3,22	0,97	3,78	0,85	3,24	0,98	3,64	0,95	3,33	1
x72	3,26	0,97	3,25	1,34	3,38	1,16	3,14	1,14	3,49	0,96	3,55	0,76	3,76	0,8	3,03	1,14	3,49	1,18	3,47	0,99	3,15	1,15	3,33	0,88
x73	3,52	0,82	3,7	0,95	3,29	1,05	3,86	0,87	3,7	0,85	3,55	0,83	3,83	0,79	2,94	1,11	3,76	0,88	3,87	1,08	3,58	0,91	3,33	0,96
x74	4,13	0,9	3,69	1,02	3,96	0,92	3,16	1,12	3,62	0,98	4,15	0,88	3,71	0,85	3,72	0,95	4,33	0,88	4,24	0,91	3,68	1,04	3,56	1,05
x75	3,71	0,96	3,44	1,15	3,69	0,95	2,98	1,13	3,49	1,04	3,65	0,81	3,75	0,76	3,69	0,91	3,78	0,93	3,93	0,91	3,63	0,88	3,48	1,12
x76	3,42	0,93	3,39	0,97	3,42	1,01	2,96	1,08	3,38	1,06	3,5	0,76	3,41	0,98	3,47	0,89	3,53	1,04	3,64	1,03	3,45	0,98	3,3	1,1
x77	3,37	1,13	3,35	0,98	3,04	0,97	3,08	0,98	3,3	1,13	2,6	1,1	3,22	1,1	3,17	0,92	3	1,11	2,93	1,03	3	1,24	3,3	0,87
x78	3,51	1,09	2,76	1,3	3,48	0,99	2,33	1,07	2,86	1,16	3,55	1,05	3,49	1,1	3,45	1,07	3,27	1,32	3,6	1,05	3,26	1,29	2,74	1,43
x79	3,7	0,98	3,18	1,19	3,48	1,05	2,84	0,92	3,41	0,98	3,7	1,03	3,58	1,04	3,69	0,89	3,31	1,29	3,78	0,95	3,32	1,16	3,15	1,29
x80	3,8	0,91	3,69	0,93	3,52	1,07	3,63	0,99	4,05	0,74	3,95	0,83	4,07	0,81	3,7	0,89	4,02	0,89	4,22	1	3,47	1,11	4	0,92
x81	4,03	0,74	3,39	1,12	3,77	0,88	3,35	1,09	3,59	0,98	3,9	0,91	3,88	0,85	3,69	0,77	4,02	0,87	3,96	1	3,58	0,98	3,56	0,97
x82	3,5	1	3,1	0,99	3,19	1,07	3,1	1,03	3,27	1,19	3,55	1,23	3,46	1,06	2,95	1,1	3,71	0,97	3,4	1,05	3,06	1,23	3,3	0,87
x83	3,7	0,81	3,46	0,97	3,35	1	3,67	0,83	3,54	0,96	3,65	0,67	3,88	0,72	3,36	0,95	3,98	0,75	3,38	1,13	2,95	1,2	3,63	0,74
x84	3,01	1	2,8	1,13	3,15	1,01	3,2	1,04	2,89	0,99	2,7	0,66	2,98	0,86	3,28	0,98	2,96	1,02	2,87	0,99	3,05	1,07	3,26	0,86
x85	2,95	0,98	2,92	1,01	3,06	0,84	3,35	1,01	2,73	0,87	3	0,79	3,29	0,87	3,06	0,89	3,2	1,14	2,84	0,9	3,24	1,11	3,22	0,7
x86	3,07	1,34	2,65	1,38	2,08	1,2	2,39	1,37	2,41	1,24	2,1	0,91	2,66	1,2	2,84	1,26	2,62	1,34	2,38	1,37	2,76	1,4	3,11	1,05
x87	3,23	1,1	3,24	1	2,69	1,32	2,88	1,17	2,81	1,2	2,9	0,85	3,14	1,14	3,48	1,08	3,33	1,3	2,78	1,18	3,15	1,22	3,37	0,74

Continúa en la próxima página

Tabla 8-2: Variables QFR recolectadas por grupo (Continuación)

	IDS191		IDS182		ICTS172		MC172182		APM17281		PEA172		ROB17291		ELE191		GER182		PAI172		TPI191		DM191	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
x88	3,32	0,95	3,25	0,93	2,69	1,19	2,63	0,99	2,81	1,2	2,8	1,01	3,03	1,08	3,08	1,1	3,53	0,97	2,89	1,07	3,04	1,1	2,7	1,03
x89	3,2	0,94	3,39	1,08	3,29	1,09	2,92	1,02	3,46	1,07	3,15	0,88	3,46	0,88	2,84	0,89	3,78	1,13	3,36	0,91	3,4	1,02	3,33	0,73
x90	2,97	0,97	3,07	1,13	2,9	1,32	2,94	1,01	3,32	1,18	3,25	0,97	2,92	1,09	2,75	0,94	2,93	0,86	2,64	1,11	3,49	1,14	3,07	1,04
x91	3,16	0,96	3,25	1,26	3,23	1,19	3,29	1,1	3,46	1,12	3,25	1,07	3,08	1,13	3,14	1,05	2,96	0,95	2,98	1,2	3,68	1,13	3,41	1,08
x92	4,1	0,77	3,81	0,8	3,67	0,91	3,67	0,92	3,7	0,94	3,85	0,81	4,2	0,69	3,52	0,85	3,67	0,9	4,24	0,8	3,77	0,91	3,85	0,66
x93	1,86	0,97	1,88	1,03	2,46	1,3	1,88	0,99	1,92	0,89	2,3	0,86	2,19	1,04	1,89	0,88	2,07	0,99	1,91	1,02	2,34	1,28	2,22	1,15
x94	2,01	1,04	1,96	1,03	2,31	1,17	2,04	1,19	1,89	1,05	2,4	1,05	2,2	1,16	1,89	0,98	2,31	1,14	1,96	0,93	2,42	1,27	2,41	1,15
x95	2,2	1,24	2,4	1,35	2,4	1,18	2,33	1,39	2,19	1,33	2,65	1,31	2,49	1,21	2,3	1,26	2,22	1,29	2,36	1,32	2,6	1,36	2,78	1,28
x96	2,29	1,28	2,55	1,32	2,94	1,36	2,47	1,17	2	1,29	2,75	1,02	2,51	1,21	1,97	0,99	2,67	1,33	2,44	1,41	2,51	1,29	2,44	1,15
x109	3,51	1,17	3,49	1,23	3,46	1,05	3,18	1,29	3,84	1,14	3,15	1,09	3,44	1,12	3,39	1,12	4,02	0,87	3,8	0,94	3,94	1,01	4,15	0,86
x110	3,63	1,04	3,2	1,16	3,29	0,92	3,14	1,24	3,76	1,06	3,55	0,76	3,58	0,97	3,25	1,04	3,4	0,99	3,76	0,77	3,55	1,04	3,44	0,89

Los cursos agrupados también fueron comparados con la prueba de Kruskal-Wallis para cada una de las variables (Anexo V). Como resultado, con $p > .05$ fueron encontradas las siguientes similitudes entre los grupos (Tabla 8-3) respecto de los constructos de QFR:

Tabla 8-3: Variables dependientes sin diferencias significativas entre cursos

	Nombre	Estadístico	p	Media	Mediana
x5	Me adapté a los otros	17.85	0.09	3.59	4
x13	Comunicación redes sociales	18.70	0.07	4.44	5
x37	Cumplí mis compromisos individuales	16.37	0.13	4.01	4
x38	Mis compromisos acordes a mi conocer y hab.	15.96	0.14	4.02	4
x39	Producto unió partes individuales	19.61	0.05	3.45	3.5
x55	Era consciente de mis propias tareas	18.07	0.08	4.30	4
x63	Ayude a comprender la solución	14.93	0.19	3.86	4
x64	Recibí explicaciones	10.99	0.44	3.94	4
x65	Mi trabajo individual ayudo	14.48	0.21	4.02	4
x76	Me enfoque en enseñarle a mis compañeros	11.86	0.37	3.41	3
x77	No estaba enfocado en aprender de mis compañeros	19.38	0.05	3.15	3
x84	Lo que hacía en el proyecto dependía de los demás	16.09	0.14	3.02	3
x95	Trabajé en el proyecto para mantener mi reputación personal	11.62	0.39	2.39	2

Evaluadas 696/1183, 13/108 variables sin diferencias significativas en 12 grupos. $df=11$, $\alpha=.97$

Anexo V.2,957

Las variables de la Tabla 8-3 indican las características comunes en todos los cursos. Estas incluyen la tolerancia, el compromiso, la ayuda mutua, la interdependencia y la comunicación por redes sociales. Las variables que mostraron diferencia se analizaron curso a curso y están detalladas en el Anexo V.1, pág.897, donde se muestra el detalle de las pruebas a posteriori de Conover con corrección de Bonferroni que ayudará a comparar todos los cursos entre sí.

Debido a que la descripción de los cursos se realiza a partir de los valores culturales sin agrupación de las variables con ACP, la comparación con KWT no es suficiente. Para comparar con factores se utilizó la congruencia entre los primeros ejes, combinando los criterios de Krzanowski (1979) sobre los primeros componentes ortogonales, los puntajes de las variables (*scores*) y el ángulo entre componentes para cada uno de los cursos individuales.

En la Tabla 8-4 se muestran los dos primeros componentes no rotados que se utilizaron en la medida de congruencia entre ejes. Las variables mostradas son las que tienen mayor peso de acuerdo con los valores propios. Estos datos fueron tomados del anexo V.8, p.1012.

Tabla 8-4: Componentes PC1 y PC2 iniciales sin reducción de las variables

Variable	Nombre	PC1	PC2
x28	El grupo cree que fue muy productivo	0,83	
x108	Fuimos unidos	0,8	
x100	Me gusta ser miembro	0,79	
x115	Tuvimos alto desempeño	0,79	
x27	Confiábamos en la realización del proyecto	0,79	
x30	Aprendí a trabajar en grupo	0,78	
x114	Haríamos otro proyecto	0,78	
x112	Éramos efectivos	0,77	
x54	Hubo sincronización de tareas	0,77	
x31	Desarrolle habilidades de trabajo en grupo	0,77	
x105	Me alegra la calidad de las relaciones interpersonales	0,75	
x107	Intentamos alta calidad	0,75	
x52	Teníamos sentido de pertenencia	0,75	
x45	Mi grupo es de alto rendimiento	0,75	
x26	Sabíamos las metas y objetivos del proyecto	0,74	
x25	Había estándares de trabajo	0,73	
x48	Somos muy productivos	0,73	
x81	Los otros me ayudaron a usar mis conocimientos	0,73	
x42	El compromiso de otros fue fuerte	0,73	
x74	En el grupo desarrollamos habilidades sociales	0,73	
x43	Hubo auto confianza	0,73	
x98	Hubo compromiso	0,72	
x3	Se integraron habilidades	0,71	
x36	Hubo compromiso	0,7	
x47	Hacemos mucho si trabajamos mucho	0,69	
x104	Nos apoyamos emocionalmente	0,69	
x68	Reflexionábamos sobre las ideas	0,68	
x21	El tiempo productivo	0,68	
x101	Respetamos diferencias y contribuciones	0,68	
x53	Compartíamos la información pedida	0,67	
x2	Se integro conocimiento	0,67	
x102	Abiertamente decimos ideas y sentimientos	0,67	
x33	Desarrolle los objetivos	0,67	
x46	Resolvemos cualquier problema	0,66	
x99	Sabia el propósito del grupo	0,65	
x50	Influenciaremos a otros	0,64	
x78	Mis compañeros me motivaban	0,64	
x60	Trabajamos en conjunto cada actividad	0,64	
x1	Se excedieron expectativas	0,64	
x97	Se unificaron esfuerzos individuales	0,63	

Continúa en la próxima página

x29	Hubo interacciones personales	0,63	
x75	Me enfoque en aprender de mis compañeros	0,63	
x106	Somos más efectivos que otros	0,63	
x103	Tenemos relaciones extra-grupo	0,62	
x44	Somos inusualmente buenos y de calidad	0,62	
x64	Recibí explicaciones	0,61	
x51	Expresábamos ideas fácilmente	0,61	
x18	Se escuchaban mis ideas	0,61	
x16	Entendían mis explicaciones	0,6	
x79	Motive a otros	0,6	
x56	Obtuvimos el producto de la solución	0,58	
x4	Se adaptaron a mi trabajo	0,58	
x80	Utilice conocimiento de otros cursos	0,58	
x17	Entendía sus explicaciones	0,57	
x55	Era consciente de mis propias tareas	0,57	
x70	El producto refleja las contribuciones hechas durante la clase	0,56	
x32	Aprendí lo del curso	0,56	
x5	Me adapte a los otros	0,56	
x61	Trabajamos en conjunto intercambiando en IT	0,56	
x82	Organizamos acorde a lo que queríamos aprender	0,56	
x15	Comunicación personal	0,56	
x110	Teníamos roles y funciones claramente delimitadas	0,56	
x35	Resolvimos el problema principal	0,55	
x19	Escuchaba las ideas	0,55	
x63	Ayude a comprender la solución	0,55	
x66	Se analizaban aportes individuales	0,54	
x22	Reunión con agenda	0,54	
x23	Se cumplía la agenda	0,54	
x113	Mis objetivos contribuyeron rendimiento	0,53	
x76	Me enfoque en enseñarle a mis compañeros	0,52	
x49	No hay tarea difícil para nosotros	0,51	
x85	Las actividades que los demás hacían en el proyecto dependía de lo que yo hacía		0,56
x95	Trabaje en el proyecto para mantener mi reputación personal		0,52
	SS loadings	34,65	6,06
	Proportion Var	0,32	0,06
	Cumulative Var	0,32	0,38
	Proportion Explained	0,47	0,08
	Cumulative Proportion	0,47	0,55

Evaluadas 696/1183, 12 grupos, $df=11$, $\alpha=.97$

La congruencia de factores incluyó 696 (58.8%) participantes de la muestra de 1183 en los 12 cursos con los datos de la Tabla 8-2. Como cada curso genera componentes particulares, cada componente de un grupo es comparado con el mismo componente de otro grupo, produciendo pares de datos,

los cuales son detallados en tablas en el Anexo V.5.

En la Tabla 8-4 aparecen los dos componentes para las variables en general. Más adelante, en el análisis entre grupos de la sección 8.3 el ACP de cada grupo individual mostrará la relevancia que las variables del componente PC1 rotado tienen en mayor o menor grado sobre cada curso. Así mismo, esta similitud entre variables y componentes soporta la comparación entre las características de un grupo y la creatividad de los resultados en la sección 8.4, abordadas luego en el análisis de los resultados en el capítulo 10.

La Tabla 8-5 contiene los coeficientes que representan al coseno entre los primeros componentes de cada uno de los cursos observados. Fueron extraídos de las tablas del Anexo V.5 p.996-1012. La inspección de las tablas indica baja congruencia entre los demás componentes.

Tabla 8-5: Congruencia entre el componente PC1 de los cursos

	IDS191	IDS182	ICTS172	MEC	APM	PEA172	ROB	ELEII191	GER182	PAI172	TPI191	DM191
IDS191	1,00	0,96	0,95	0,96	0,96	0,93	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98	0,94
IDS182		1,00	0,95	0,94	0,94	0,93	0,96	0,95	0,95	0,96	0,95	0,93
ICTS172			1,00	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,93	0,95	0,94	0,93
MEC172182				1,00	0,94	0,92	0,94	0,96	0,97	0,95	0,97	0,93
APM1721812					1,00	0,92	0,95	0,95	0,96	0,95	0,95	0,91
PEA172						1,00	0,94	0,94	0,93	0,94	0,93	0,91
ROB172191							1,00	0,96	0,96	0,97	0,96	0,93
ELEII191								1,00	0,97	0,97	0,96	0,95
GER182									1,00	0,97	0,97	0,95
PAI172										1,00	0,96	0,95
TPI191											1,00	0,93
DM191												1,00

Evaluadas 696/1183, 12 grupos, df=11, $\alpha=.97$

De acuerdo con la Tabla 8-5, el primer componente tiene variaciones de .93 a .97. Según Tucker, citado en Lorenzo-Seva & ten Berge (2006), este rango indica buena congruencia (.92-.98). Sin embargo, el componente 2, indicado en la Tabla 8-6, tiene una mala o pésima congruencia entre los cursos (Tucker entre .68 y .82).

Las variables de la Tabla 8-6 resumen las características de todos los grupos, con mayor o menor grado. Sin embargo, con ACP por grupo se pueden realizar ajustes de los ejes de rotación para encontrar cuales variables tuvieron más efecto.

Tabla 8-6: Congruencia entre el componente PC2 de los cursos

	IDS191	IDS182	ICTS172	MEC	APM	PEA172	ROB	ELEII191	GER182	PAI172	TPI191	DM191
IDS191	1,00	0,76	-0,06	-0,43	0,27	-0,10	-0,37	0,70	0,63	0,64	0,49	-0,18
IDS182		1,00	-0,18	-0,50	0,32	0,06	-0,47	0,47	0,66	0,56	0,29	-0,18
ICTS172			1,00	0,45	-0,28	0,24	0,49	-0,04	-0,10	0,19	0,60	-0,02

Continúa en la próxima página

MEC172182	1,00	-0,34	0,05	0,71	-0,37	-0,28	-0,12	0,19	-0,06
APM1721812		1,00	-0,01	-0,21	0,15	0,31	0,13	-0,05	0,10
PEA172			1,00	0,08	-0,30	-0,26	0,16	0,20	0,19
ROB172191				1,00	-0,37	-0,20	-0,15	0,20	-0,08
ELEII191					1,00	0,30	0,46	0,30	-0,15
GER182						1,00	0,60	0,58	-0,03
PAI172							1,00	0,67	-0,13
TPI191								1,00	-0,10
DM191									1,00

Evaluadas 696/1183, 12 grupos, df=11, $\alpha=.97$

8.3 Respuesta cultural dentro de los grupos

El ACP de cada curso revela los valores sobresalientes para cada tratamiento de cada curso, ya que la población en general proviene de la misma cultura.

Las respuestas en todos los análisis siguientes fueron organizadas utilizando Microsoft Excel. Las categorías cualitativas fueron cambiadas a una escala numérica de 1 a 5. Los datos fueron importados desde r y analizados estadísticamente con ACP utilizando los paquetes “psych” (Revelle 2018), “GPArotation” (Bernaards & IJenrich 2005), “nFactors” (Raiche 2010) y corpcor (Schafer et al. 2017).

Entre los 11 grupos estudiados se obtuvieron 31 valores expuestos. A continuación, se detallan las características culturales en cada uno de los cursos obtenidas con el análisis ACP.

8.3.1 Ingeniería y Desarrollo Sostenible 2019-I

El ACP obtuvo 10 componentes latentes descritos con una rotación promax en la Tabla 8-7, con 24 de las 108 variables iniciales que explican el 76% de la varianza. Para este grupo de variables, el alfa de Cronbach es alto ($\alpha = .83$) y el KMO aceptable ($MSA=.75$). Los componentes fueron renombrados de acuerdo con las variables que agruparon así: alto desempeño, orientación a la información, colaboración, efectividad, orientado a la práctica, interdependencia, orientado a la agenda y uso de IT.

La percepción de desempeño del grupo explica el 15% de la varianza. Está caracterizado por el compromiso, la integración de conocimiento y habilidades. Además, de acuerdo con los datos obtenidos en la Tabla 8-8, este componente está positivamente asociado a la colaboración ($r = 0,39$), pero en menor grado por el liderazgo ($r = .21$), la auto sobrevaloración y el cumplimiento de la agenda. Esta colaboración se destacó por el intercambio mutuo de ideas.

Tabla 8-7: Componentes principales para el curso de Ingeniería y Desarrollo Sostenible 2019-1 (IDS191)

	Orientado al desem- peño	al saber	a colabo- ración	a liderazgo	al logro	a pasar	a actividad	a agenda	a Interde- pendencia	a IT	h2	u2	com
	RC1	RC2	RC4	RC5	RC7	RC3	RC6	RC9	RC8	RC10	h2	u2	com
Alto desempeño	0,89										0,82	0,18	1,2
Compromiso fuerte	0,8										0,75	0,25	1,6
Satisfacción de pertenecer	0,76										0,82	0,18	1,5
Productividad	0,69										0,67	0,33	1,3
Basado en teoría		0,82									0,68	0,32	1,4
Sentido de contribución al trabajo		0,74									0,71	0,29	1,4
Utilidad de las clases		0,72									0,69	0,31	1,7
Sentido de contribución al producto		0,7									0,72	0,28	1,4
Intercambio mutuo de ideas			0,86								0,76	0,24	1,1
Intercambio mutuo de ideas			0,85								0,8	0,2	1,2
Respeto de diferencias y contribuciones			0,7								0,71	0,29	1,6
Asignación de tareas				0,88							0,76	0,24	1,1
Liderazgo				0,87							0,78	0,22	1,2
Roles				0,71							0,72	0,28	1,6
Resolver el problema					0,94						0,88	0,12	1
Obtener el producto					0,91						0,89	0,11	1
Orientado a pasar						0,9					0,83	0,17	1,1
Orientado a la nota						0,89					0,8	0,2	1
Motivado por el proyecto							0,82				0,75	0,25	1,3
Apatía a la clase							0,82				0,72	0,28	1,2
Cumplimiento de agenda								0,83			0,79	0,21	1,2
Reunión con agenda								0,78			0,75	0,25	1,3
Dependencia mutua de tareas									0,86		0,79	0,21	1,2
Dependencia mutua de tareas									0,77		0,77	0,23	1,5
Usar IT										0,82	0,7	0,3	1,2
Usar Redes Sociales										0,74	0,66	0,34	1,4
	RC1	RC2	RC4	RC5	RC7	RC3	RC6	RC9	RC8	RC10			
SS loadings	2,87	2,51	2,46	2,11	1,88	1,75	1,62	1,57	1,5	1,44			
Proportion Var	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06			
Cumulative Var	0,11	0,21	0,3	0,38	0,45	0,52	0,58	0,64	0,7	0,76			
Proportion Explained	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07			
Cumulative Proportion	0,15	0,27	0,4	0,5	0,6	0,69	0,77	0,85	0,93	1			

$\chi^2 = 139, p < 0, 034; RMS = 0, 04; \alpha = 0, 83, Rotación "promax" con MSA=0,75$

El liderazgo del grupo se caracterizó por la asignación de roles y tareas siguiendo instrucciones, ya que está asociado positivamente con el componente de la orientación a la instrucción ($r = .33$).

La orientación al logro está positivamente asociada con los componentes extraídos que caracterizan a los grupos de alto desempeño, pero en menor grado a aquellos componentes que no favorecen el desempeño (e.g [Katzenbach & Smith 1993](#)). Ya que los grupos de proyecto estuvieron enfocados hacia PBL, y todas las temáticas abordadas en el curso estaban alineadas con el proyecto, quizá esta orientación al logro se debió a la percepción, que ellos tenían sobre las características que de un grupo de alto desempeño y que están indicados por los componentes latentes: seguir instrucciones dadas en clase, intercambiar ideas, liderazgo, interdependencia, llevar agenda y uso de IT. Esta afirmación la sugiere el hecho que el desempeño está negativamente asociado con la orientación a pasar con una nota alta ($r = -.15$).

La orientación a la actividad o práctica fue relativamente neutral ($M = 3.2$), pero esto ayuda a definir un proyecto en términos del formato de la clase, como lo sugieren las dos cargas de las variables en el factor, especialmente el de apatía. Esta orientación está levemente asociada positivamente con el logro ($r = .1$) y negativamente con el uso de IT ($r = -.1$). Podría indicar que la comunicación remota de los estudiantes por redes sociales e internet no está acorde a la práctica deseable.

Los grupos de IDS tenían agenda de reuniones y se cumplía como lo indica el factor latente. Esta agenda está asociada positivamente con el desempeño ($r = .27$), el liderazgo ($r = .24$), la colaboración ($r = .23$) y el logro ($r = .25$)

La interdependencia de tareas se caracterizó por su dependencia mutua. Al parecer existía conciencia entre los miembros sobre la importancia de culminar una tarea para que otro miembro la completara. Finalmente, los grupos también se caracterizaron por incluir comunicación a través de redes sociales e internet.

Tabla 8-8: Correlación entre componentes latentes para IDS191

Orientado	al desempeño	al saber	a colaboración	a liderazgo	al logro	a pasar	a actividades	a agenda	Interdependencia IT	
	RC1	RC2	RC4	RC5	RC7	RC3	RC6	RC9	RC8	RC10
a al desempeño	1									
al saber	0,2	1								
a colaboración	0,39	0,2	1							
al liderazgo	0,21	0,33	0,21	1						
a logro	0,25	0,25	0,27	0,24	1					
a pasar	-0,15	-0,05	-0,15	-0,06	0,05	1				
a actividades	0,07	0,07	0,06	0,07	0,1	0,07	1			
a agenda	0,27	0,11	0,23	0,24	0,25	0,05	0,04	1		
a Interdependencia	0,03	0,15	-0,05	0,14	0,13	0,08	0,06	0,01	1	
a Uso IT	0,1	0,28	0,18	0,09	0,24	0,03	-0,1	0,03	0,09	1

8.3.2 Ingeniería y desarrollo Sostenible 2018-2

El cuestionario de funcionamiento de grupo fue solicitado por correo electrónico a 128 estudiantes al finalizar el curso de Ingeniería y Desarrollo Sostenible del segundo semestre de 2018 (IDS182). El cuestionario fue contestado completamente por 84 estudiantes ($p=84/128$) y parcialmente por 11 estudiantes, utilizando el sistema SurveyXact (Ramboll 2018). Ninguna de las 84 respuestas fue rechazada durante el análisis. De esta manera se obtuvo el 66% de la respuesta del curso.

El ACP redujo de 108 variables iniciales de QFR a 20 variables. La consistencia interna de la muestra con estas variables reducidas es aceptable ($\alpha = .79$) mientras que la prueba de esfericidad de Barlett ($p \approx 0$) junto con el índice Kaiser-Meyer-Olkin o medida de adecuación muestral ($KMO=0,77$) indicaron que la muestra está correlacionada y apta para descomposición por factores (Hair et al. 2014). El gráfico de sedimentación de Catell sugirió descomponer la muestra en 7 factores que, como resultado del ACP explican el 73% de la varianza.

La Tabla 8-9 indica los componentes latentes de IDS182. Cada uno de los componentes fue renombrado de acuerdo con las variables agrupadas. Los 7 componentes renombrados son: alto desempeño, motivación mutua, pasar con alta nota, compromiso, liderazgo, individualismo y orientado a la práctica.

Tabla 8-9: Componentes principales para el curso de Ingeniería y Desarrollo Sostenible 2018-2 (IDS182)

	Desempeño	Motivación emo- cional	Orientado a pasar	Compromiso	Liderazgo	Independencia	Orientado a activi- dades	h2	u2	com
	RC1	RC3	RC2	RC7	RC6	RC4	RC5			
Alto desempeño	0,82							0,69	0,31	1,1
Integrar habilidades	0,81							0,68	0,32	1,2
Efectividad	0,81							0,65	0,35	1,2
Efectividad sobre otros	0,79							0,65	0,35	1,5
Hacer otro proyecto	0,77							0,65	0,35	1,1
Integración de conocimiento	0,75							0,65	0,35	1,2
Metas y objetivos claros	0,65							0,6	0,4	1,3
Motivar		0,9						0,8	0,2	1,1
Ser motivado		0,87						0,78	0,22	1,1
Apoyar emocionalmente		0,72						0,68	0,32	1,4
Orientado a pasar			0,89					0,85	0,15	1,1
Orientado a la nota			0,87					0,83	0,17	1,1
Compromiso fuerte				0,89				0,76	0,24	1,1
Conciencia en las actividades				0,86				0,78	0,22	1
Liderazgo					0,82			0,75	0,25	1,2
Asignación de tareas					0,82			0,79	0,21	1,2
Trabajo independiente y unir						0,84		0,72	0,28	1
Actividades independientes						0,78		0,7	0,3	1,3
Preferir proyecto							0,83	0,81	0,19	1,5
Apatía a la clase							0,71	0,77	0,23	1,9
	RC1	RC3	RC2	RC7	RC6	RC4	RC5			
SS loadings	4,23	2,23	1,94	1,7	1,63	1,53	1,38			
Proportion Var	0,21	0,11	0,1	0,08	0,08	0,08	0,07			
Cumulative Var	0,21	0,32	0,42	0,5	0,59	0,66	0,73			
Proportion Explained	0,29	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09			
Cumulative Proportion	0,29	0,44	0,57	0,69	0,8	0,91	1			

$\chi^2 = 81,7, p < 0,18; RMS = 0,05; \alpha = 0,79, Rotación "promax" con MSA=0,77$

El sentido de desempeño alto, derivado del primer componente, explica en mayor proporción la varianza (21%) con relación a cada uno de los otros componentes, doblando a la motivación

emocional (11%). El sentido de desempeño indica que los grupos de proyecto de IDS182 integraron habilidades personales y conocimiento, acompañado de metas y objetivos claros. El sentido de desempeño también se caracteriza por el deseo de realizar otro proyecto. Este factor está asociado con la motivación mutua como lo indica la correlación mostrada en la Tabla 8-10, la cual explica el 11% de la varianza, y esta motivación tiene un enfoque emocional como lo indica una de las variables del cuestionario QFR.

Los estudiantes del proyecto están orientados a la nota y a pasar la asignatura sobre los logros del proyecto. Esto se evidencia debido a la asociación negativa que tiene éste con el desempeño alto. Pero a su vez, la orientación a la nota ayuda en un grado bajo ($r = .15$) con el compromiso y parece no afectar al liderazgo, individualismo y compromiso.

El compromiso de los miembros del proyecto es otro componente que caracteriza el funcionamiento de los grupos y explica el 12% de la varianza. Esta positivamente asociado con el rendimiento, motivación mutua, la orientación a la nota y a la práctica.

Además, el grupo se caracterizó por el trabajo individual basado en el liderazgo. En este punto la existencia del liderazgo parece estar asociada con la asignación de tareas para que estas sean realizadas de manera individual, para unir las partes y entregar el producto objetivo, y quizá midiendo el éxito a partir del cumplimiento de esta, como lo muestra la baja, pero existente asociación entre individualismo ($r = .14$) y desempeño ($r = .13$).

La orientación a la práctica que indica la preferencia a la participación en clases es otra de las características culturales de los grupos. La práctica está levemente asociada con el rendimiento alto y con el compromiso sugiriendo que esta preferencia ayuda con el rendimiento del proyecto.

Tabla 8-10: Correlación entre componentes latentes para IDS182

Orientado	Autoeficacia RC1	a motivar RC3	a pasar RC2	al com- promiso RC7	al liderazgo RC6	al individ- ualismo RC4	a activi- dades RC5
Autoeficacia	1						
a motivar	0,39	1					
a pasar	-0,19	-0,12	1				
al compromiso	0,23	0,14	0,15	1			
al liderazgo	0,03	0,04	0,1	0,07	1		
al individualismo	0,13	0,08	0,01	-0,04	0,14	1	
a actividades	0,24	0,08	0,01	0,11	-0,01	-0,03	1

8.3.3 Taller de proyectos interdisciplinarios 2019-I

El cuestionario QFR fue contestado por 111 estudiantes del Taller de Proyectos Interdisciplinarios del primer semestre 2019 (TPI191).

El ACP redujo de 108 variables iniciales de QFR a 19 variables. La consistencia interna de la muestra con estas variables reducidas es aceptable ($\alpha = .83$) y el índice Kaiser-Meyer-Olkin o

medida de adecuación muestral ($KMO=.84$) indicaron que la muestra está correlacionada y apta para descomposición por factores (Hair et al. 2014). El gráfico de sedimentación de Catell sugirió descomponer en 5 factores que, como resultado del ACP explican el 73% de la varianza.

La Tabla 8-11 muestra los resultados obtenidos del ACP con los cinco aspectos culturales de TPI191: orientación al compromiso, a la autodirección, al logro, a la nota e individualismo. El compromiso del grupo de TPI se caracteriza por la unión de esfuerzos representados en habilidades, satisfacción, superación de las metas personales y el desempeño obtenido. El compromiso con el proyecto explica el 29% de la varianza y es una característica fuerte respecto a los otros cuatro componentes.

Tabla 8-11: Componentes principales para el curso de Taller de Proyectos Interdisciplinarios I-2019 (TPI191)

	Satisfacción	Autodeterminación	Orientado a la tribución	Orientado a pasar	Independencia	h2	u2	com
	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5			
Son comprometidos	0,86					0,78	0,22	1,00
Satisfacción	0,84					0,70	0,30	1,00
Unión de esfuerzos	0,82					0,69	0,31	1,10
Son comprometidos	0,82					0,71	0,29	1,10
Integración de habilidades	0,82					0,66	0,34	1,00
Superar expectativas	0,80					0,68	0,32	1,30
Sincronización de tareas	0,78					0,64	0,36	1,00
Alto desempeño	0,78					0,66	0,34	1,10
Trabajo bajo presión profesor		0,90				0,85	0,15	1,00
Cuidar reputación		0,89				0,75	0,25	1,20
Trabajo bajo presión externa		0,86				0,84	0,16	1,10
Propósito personal útil			0,85			0,72	0,28	1,00
Calidad del trabajo individual			0,84			0,70	0,30	1,10
Autoconsciencia de tareas			0,74			0,72	0,28	1,50
Recibir asignación tareas			0,58			0,44	0,56	1,20
Orientado a la nota				0,94		0,89	0,11	1,00
Orientado a pasar				0,88		0,86	0,14	1,10
Trabajo independiente						0,92	0,80	0,20
Trabajo independiente						0,79	0,76	0,24
	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5			
SS loadings	5,44	2,48	2,48	1,82	1,64			
Proportion Var	0,29	0,13	0,13	0,10	0,09			
Cumulative Var	0,29	0,42	0,55	0,64	0,73			
Proportion Explained	0,39	0,18	0,18	0,13	0,12			
Cumulative Proportion	0,39	0,57	0,75	0,88	1,00			

$\chi^2 = 72, 8, p < 0, 84; RMS = 0, 04; \alpha = 0, 83$, Rotación "promax" con $MSA=0,84$

El trabajo de los grupos de TPI se caracterizó por la autodirección, con baja presión del profesor y externa ($Mdn = 2$), y un interés neutral en mantener la reputación personal ($Mdn = 3$). Este componente explica el 13% de la varianza. Sin embargo, trabajaron con un interés en aprobar la asignatura con buena nota, ($Mdn = 4$ y $Mdn = 3$).

La orientación al logro extrae el 13% de la varianza. Se caracteriza por recibir y hacer tareas de acuerdo con las propias metas personales, como se infiere a partir de la asociación positiva con el compromiso ($r = .32$), tal como lo indica la Tabla 8-12. En el compromiso la satisfacción es uno de sus ingredientes junto con la superación de las propias expectativas; como también lo indica el hecho de la creencia en la calidad del trabajo realizado por parte de los estudiantes.

El individualismo es otra de las características de los grupos de proyecto de TPI. Los estudiantes toman actividades del proyecto y luego las unen para presentar el producto.

Tabla 8-12: Correlación entre componentes latentes para TPI191

	Satisfacción	autodeterminación	a contribuir	a la nota	a la independencia
Orientado	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5
Satisfacción	1,00	-0,08	0,32	-0,03	0,10
autodeterminación	-0,08	1,00	-0,15	0,26	0,22
a contribuir	0,32	-0,15	1,00	0,05	0,30
a la nota	-0,03	0,26	0,05	1,00	0,13
a la independencia	0,10	0,22	0,30	0,13	1,00

8.3.4 Automatización de Procesos de Manufactura 2017-II y 2018-I

La Tabla 8-13 indica los resultados del ACP para los datos recolectados en QFR. Estos datos comprenden dos cursos de Automatización de Proceso Industriales, uno en el segundo semestre de 2017 con 18 estudiantes y el otro en el primer semestre del 2018 con 22 estudiantes. El cuestionario en línea recogió un total de 37 respuestas, es decir $p=37/40$. El ACP extrajo 6 componentes latentes reduciendo a 19 de 108 variables con una consistencia interna $\alpha = .81$. Así mismo, el índice de adecuación de la muestra para extracción de componentes es de .74.

Los estudiantes del curso de APM perciben que se pueden expresar libremente caracterizando de buenas relaciones interpersonales como lo indican los dos primeros componentes, que acumulan el 29% de la varianza, es decir el 42% de todos los componentes explicados. Así lo indica la asociación positiva ($r = .24$) entre los dos componentes mostrada en la Tabla 8-14.

Tabla 8-13: Componentes principales para el curso Automatización de Procesos de Manufactura 2017-II y 2018-I (APM172 & APM182)

	Orientado a las personas	Relación interpersonales	Independencia	Cooperación	Aprendizaje mutuo	Orientado a Roles	h2	u2	com
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5	RC6			
Identificar problemas reales	0,87						0,71	0,29	1,3
Respeto mutuo	0,81						0,69	0,31	1,1
Expresión abierta	0,78						0,61	0,39	1,1
Autoconciencia sobre tareas	0,62						0,69	0,31	2,3
Reflexionar ideas	0,62						0,55	0,45	1,6
Apoyar emocionalmente		0,8					0,69	0,31	1,3
Trabajo en equipo		0,7					0,54	0,46	1,2
Relaciones extra-grupo		0,67					0,66	0,34	1,5
Autoestima		0,57					0,63	0,37	2,4
Independencia en reporte			0,84				0,68	0,32	1,1
Individualismo			0,83				0,75	0,25	1,2
Independencia en actividades			0,64				0,59	0,41	1,8
Integrar habilidades				0,86			0,74	0,26	1,2
Integrar conocimiento				0,83			0,71	0,29	1,3
Propósito individual trasciende				0,59			0,78	0,22	2,5
Explicar mutuamente					0,84		0,74	0,26	1,3
Enseñar mutuamente					0,69		0,68	0,32	1,9
Trabajo con funciones						0,92	0,79	0,21	1,1

Continúa en la próxima página

Roles	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5	RC6	0,65	0,67	0,33	2
SS loadings	3,04	2,5	2,09	2,01	1,64	1,63				
Proportion Var	0,16	0,13	0,11	0,11	0,09	0,09				
Cumulative Var	0,16	0,29	0,4	0,51	0,59	0,68				
Proportion Explained	0,24	0,19	0,16	0,16	0,13	0,13				
Cumulative Proportion	0,24	0,43	0,59	0,75	0,87	1				

$\chi^2 = 42,8, p < 1$; RMS = 0,06; $\alpha = 0,81$, Rotación "promax" con MSA=0,74

En cuanto al estilo de trabajo, los grupos de proyecto cooperaron, integrando conocimiento con explicaciones ($M = 3.6, r = .19$) y habilidades representadas en los roles ($M = 3.8, r = .34$). Sin embargo, la realización de las actividades y tareas es independiente, predominando en ella el individualismo ($M = 3.7, r = .05$), indicado en la Tabla 8-13.

Tabla 8-14: Correlación entre componentes de extraídos de APM172 y APM181

Orientado	a las personas	a relación interpersonal	a Independencia	a colaboración	a aprendizaje mutuo	a Roles
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5	RC6
a las personas	1	0,24	0,14	0,39	0,23	0,16
a relaciones interpersonales	0,24	1	-0,03	0,16	0,01	0,08
a Independencia	0,14	-0,03	1	0,05	0,03	0,2
a colaboración	0,39	0,16	0,05	1	0,19	0,34
a aprendizaje mutuo	0,23	0,01	0,03	0,19	1	0,24
a Roles	0,16	0,08	0,2	0,34	0,24	1

Desde la perspectiva del aprendizaje mutuo, los miembros explican y aprenden de otros. Este componente está asociado positivamente con la libertad de expresión percibida por los miembros la cual incluye respeto, reflexión y autoconciencia de las tareas. Finalmente, el trabajo de proyecto funcionaba con roles establecidos hacia una función específica. Los roles están positivamente asociados a la colaboración ($M = 4, r = .34$) para el trabajo independiente ($r = .2$) y el aprendizaje mutuo ($r = .24$).

8.3.5 Cátedra Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad 2017-2

La Tabla 8-15 muestra los ocho componentes culturales de la Cátedra de Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad de acuerdo con el análisis del cuestionario QFR. El ACP redujo 108 variables a 24 en un curso de 65 estudiantes y 48 respuestas ($p = .74$). La confiabilidad después del cuestionario fue $\alpha = .96$ y después de reducir las variables redujo a $\alpha = .78$. Así mismo, el índice de MSA reducido es de 0,75 indicando que se puede realizar el análisis de ACP. Como en la mayoría de los casos, el $\chi^2 = 72.8$ con una probabilidad de rechazo de $p < 1$ se debe al tamaño de la muestra, pero los datos son consistentes con los componentes de QFR total.

Tabla 8-15: Componentes principales para la Cátedra Ingeniería, Ciencia Tecnología y Sociedad 2017-II (ICTS172)

	Orientado a la calidad	Orientado a las personas	Autodeterminación	Orientado a motivar	Orientado a pasar	Liderazgo	Aprendizaje mutuo	Independencia h2	u2	com	
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC6	RC5	RC8	RC7			
Alta calidad	0,8							0,73	0,27	1,1	
Resolver todo	0,78							0,58	0,42	1,2	
Autoconfianza	0,78							0,84	0,16	1,5	
Alto rendimiento	0,76							0,57	0,43	1,4	
Compromiso fuerte	0,73							0,68	0,32	1,4	
Inusualmente bueno	0,73							0,57	0,43	1,5	
Alto desempeño	0,73							0,72	0,28	1,6	
Compromiso general	0,71							0,76	0,24	1,5	
Escuchar		0,88						0,89	0,11	1,2	
Ser escuchado		0,83						0,77	0,23	1,1	
Conocer propósito		0,78						0,77	0,23	1,7	
Presión externa			0,85					0,78	0,22	1,1	
Presión del profesor			0,82					0,7	0,3	1,2	
Cuidar reputación			0,77					0,62	0,38	1,1	
Recibir motivación				0,83				0,67	0,33	1,2	
Motivar				0,79				0,64	0,36	1,2	
Desarrollo social				0,73				0,66	0,34	1,2	
Orientación a pasar					0,88			0,8	0,2	1,1	
Orientación a la nota					0,88			0,79	0,21	1	
Liderazgo						0,86		0,75	0,25	1,1	
Asignación de tareas						0,81		0,68	0,32	1,1	
Enseñar							0,93	0,81	0,19	1,1	
Aprender							0,58	0,69	0,31	1,9	
Individualismo								0,79	0,69	0,31	1,3
Independencia en reporte								0,74	0,71	0,29	1,7
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC6	RC5	RC8	RC7			
SS loadings	4,77	2,43	2,32	2,2	1,81	1,52	1,41	1,41			
Proportion Var	0,19	0,1	0,09	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06			
Cumulative Var	0,19	0,29	0,38	0,47	0,54	0,6	0,66	0,71			
Proportion Explained	0,27	0,14	0,13	0,12	0,1	0,08	0,08	0,08			
Cumulative Proportion	0,27	0,4	0,53	0,66	0,76	0,84	0,92	1			

$\chi^2 = 72,8, p < 1$; RMS = 0,05; $\alpha = 0,78$, Rotación "promax" con MSA=0,75

Los grupos de proyecto de ICTS se caracterizaron por la orientación a la calidad ($M = 3.7$), a las personas ($M = 4.3$), la autodirección ($M = 2.6$), la motivación y el aprendizaje mutuo, el liderazgo y la independencia de tareas. La calidad de los grupos incluye elementos de autoconfianza para cumplir las metas, para el rendimiento y para la creencia de que el trabajo fue una oportunidad que les demostró a sí mismos, que son inusualmente buenos trabajando en grupo. La calidad está asociada positivamente con la motivación ($r = .32$) y el aprendizaje mutuo ($r = .27$) como se indica en la Tabla 8-16.

La motivación mutua es coherente con la orientación social que tienen los grupos hacia el proyecto y las personas ($r = .2$), ya que los temas de los proyectos de ICTS172 incluyeron el desarrollo de soluciones en sectores vulnerables de la sociedad. Mientras hubo motivación también hubo aprendizaje mutuo ($r = .35$). Sin embargo, tanto el aprendizaje mutuo como la motivación están negativamente asociadas a la orientación a pasar, con $r = -.19$ y $r = -.12$ respectivamente.

La orientación a pasar, que fue neutral ($M = 3.1$) está asociada positivamente ($r = .27$) con un nivel bajo de la autodirección ($M = 2.6$). Esta autodirección está compuesta por el deseo de trabajar sin presión externa o del profesor y el poco interés en cuidar la reputación personal. Adicionalmente, la autodirección favorece al liderazgo ($r = .15$) y a la independencia ($r = .12$).

Tabla 8-16: Componentes principales para la Cátedra Ingeniería, Ciencia Tecnología y Sociedad 2017-II (ICTS172)

Orientado	a la calidad	a las personas	Autodireccióna motivar	a pasar	a liderazgo	a apren- dizaje mutuo	a indep- endencia	
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC6	RC5	RC8	RC7
a la calidad	1	0,15	-0,04	0,32	0,08	-0,12	0,27	-0,13
a las personas	0,15	1	0,08	0,2	-0,02	-0,02	-0,12	0,05
Autodeterminación	-0,04	0,08	1	0,04	-0,27	0,15	0,08	0,12
a motivar	0,32	0,2	0,04	1	-0,19	0,03	0,35	-0,07
a pasar	0,08	-0,02	-0,27	-0,19	1	0	-0,12	-0,01
a liderazgo	-0,12	-0,02	0,15	0,03	0	1	0,01	0,21
a aprendizaje mutuo	0,27	0,12	0,08	0,35	-0,12	0,01	1	-0,01
a independencia	-0,13	0,05	0,12	-0,07	-0,01	0,21	-0,01	1

La independencia ($M = 3.2$) se explica por las variables que tiene, donde los miembros del grupo trabajaron el reporte de manera individual y luego unieron sus partes.

Ya que el liderazgo se caracterizó por la asignación de tareas (Tabla 8-16), la asociación positiva que tiene con la autodirección ($r = .15$) es coherente con asociación positiva que tiene el liderazgo y la independencia ($r = .21$), pues en algunos miembros la presión externa afectará su trabajo asignado en el proyecto. Además, la independencia está asociada negativamente con la calidad ($r = -.13$), lo cual también es coherente con el hecho de que los elementos de la calidad mostrados se basan en el trabajo en grupo, la motivación y el aprendizaje mutuo.

8.3.6 Proyecto Aplicado de Ingeniería (PAI172)

La Tabla 8-17 muestra los resultados de ACP para el curso de Proyecto Aplicado de Ingeniería del segundo semestre de 2017. El cuestionario fue diligenciado por 45 estudiantes de una muestra de 77, es decir $p = .58$. La estadística descriptiva mostró una consistencia interna de $\alpha = .97$ con 108 variables iniciales del QFR, y de $\alpha = .9$ al reducir a 22 variables. La adecuación de la muestra para el análisis por componentes es de $MSA=0,88$. El $\chi^2 = 55.8$ con $p < 1$ no afecta a la confiabilidad de los datos del ACP, ya que este resultado se debe la muestra pequeña ($n = 45$) comparada con la cantidad de variables ($x = 22$). Si se reducen las variables, eliminando las de carga baja en el ACP y manteniendo el número de componentes, la probabilidad para χ^2 se reduce sustancialmente, pero se pierde información importante para el análisis.

Los cinco componentes extraídos de ACP son: cohesión, orientación al trabajo, orientado a pasar, orientado a la instrucción y reflexión. El trabajo de proyecto de PAI 172 se caracterizó principalmente por la cohesión de los estudiantes como lo indica el 35% de la varianza de este componente que corresponde a aproximadamente el 50% del total de la varianza extraída ($\sigma^2 = 0,68$). El compromiso de los estudiantes se caracterizó por la satisfacción personal, la cohesión, la integración de conocimiento, autoconfianza y la efectividad. La cohesión durante el trabajo de proyecto está asociada positivamente con la orientación hacia el trabajo ($r = .40$).

La orientación al trabajo está asociada positivamente con la orientación a la instrucción ($r = .27$). Se caracterizó más por el valor del trabajo personal y las interacciones en el trabajo del proyecto y menos por la conciencia de las tareas y el compromiso individual (Tabla 8-18).

El trabajo de proyecto de PAI 172 fue mediado por la orientación a pasar y la reputación. Este factor está asociado negativamente con la cohesión ($r = -0,14$) indicando que los intereses personales afectan el trabajo del proyecto en grupo.

Los grupos de proyecto de PAI imponían ideas sugiriendo cierto modo de falta de reflexión, mostrado en la Tabla 8-17. Es coherente con los resultados de la Tabla 8-18, ya que está negativamente asociado con la cohesión ($r = -.26$) y con la orientación a la instrucción ($r = -.18$); mientras que está asociado positivamente con la orientación a pasar ($r = .2$).

Tabla 8-17: Resultados de ACP para Proyecto Aplicado de Ingeniería 2017-II (PAI172)

	Cohesión	Orientado al trabajo	Orientado a pasar	Orientado a la instrucción	Reflexión	h2	u2	com
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5			
Cohesión	0,87					0,69	0,31	1,1
Compromiso	0,82					0,68	0,32	1,1
Unidad	0,81					0,8	0,2	1,3
Orgullo	0,8					0,58	0,42	1,2
Integrar conocimiento	0,8					0,64	0,36	1,1
Alto rendimientos	0,79					0,62	0,38	1,2
Autoconfianza	0,78					0,68	0,32	1,6
Alto desempeño	0,77					0,74	0,26	1,2
Compromiso de los miembros	0,71					0,69	0,31	1,4
Compromiso individual	0,71					0,73	0,27	1,2
Efectividad	0,7					0,69	0,31	1,4
Integramos habilidades	0,7					0,59	0,41	1,3
Valor del trabajo personal		0,88				0,72	0,28	1,1
Compromiso		0,78				0,74	0,26	1,5
Conciencia de las tareas		0,74				0,76	0,24	1,2
Orientado a pasar			0,83			0,73	0,27	1,5
Orientado a la nota			0,72			0,65	0,35	1,4
Cuidar reputación			0,65			0,6	0,4	1,5
Orientado a la instrucción				0,81		0,67	0,33	1,6
Asignación de tareas				0,72		0,58	0,42	1
Imposición de ideas					0,85	0,74	0,26	1,1
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5			
SS loadings	7,31	2,17	1,86	1,64	1,35			
Proportion Var	0,35	0,1	0,09	0,08	0,06			
Cumulative Var	0,35	0,45	0,54	0,62	0,68			
Proportion Explained	0,51	0,15	0,13	0,11	0,09			
Cumulative Proportion	0,51	0,66	0,79	0,91	1			

$\chi^2 = 55,8, p < 1$; RMS = 0,05; $\alpha = 0,90$, Rotación "promax" con MSA=0,88

Tabla 8-18: Correlación entre componentes de ACP para el curso de PAI 172

Orientado	a cohesión	al trabajo	a pasar	a la instrucción	imponer
	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5
a cohesión	1	0,4	0,14	0,29	0,26
al trabajo	0,4	1	-0,01	0,27	0,08
a pasar	0,14	-0,01	1	-0,07	0,2
a la instrucción	0,29	0,27	0,07	1	0,18
Reflexión	0,26	0,08	0,2	0,18	1

8.3.7 Elementos de Maquinas II

El cuestionario QFR fue contestado por $n=64$ participantes de los dos cursos de Elementos de Maquinas II del primer semestre de 2019. Entre los dos grupos se reunieron 80 estudiantes, así que $p = .8$. La muestra inicial con las 108 variables de QFR tenía una consistencia interna de $\alpha = .96$ y luego de la reducción a 14 variables durante el proceso de ACP, se redujo a $\alpha = .8$. Para el análisis de ACP, el índice de adecuación de la muestra es $MSA=.82$.

El análisis de ACP para Elementos 191 obtuvo 5 componentes de una rotación promax como se indica en la Tabla 8-19 orientados al profesor, al compromiso, a motivar, a la nota y a la contribución. La orientación al profesor acumula el 23% de la varianza total extraída ($\sigma^2 = .71$), caracterizándose por el trabajo bajo influencia directa del profesor. Los indicadores de las variables de rendimiento, productividad, efectividad y alto desempeño sugieren que mientras que el profesor aprueba el trabajo del proyecto, la percepción de los estudiantes sobre su trabajo es alta. Este componente del trabajo del proyecto, de acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 8-20, está asociado positivamente con el compromiso ($r = .49$), la orientación a motivar ($r = .33$) y un poco menos con la orientación a la contribución ($r = .17$).

El compromiso del proyecto extrae el 15% de la varianza total. Este está asociado positivamente con la orientación a la motivación ($r = .25$). La motivación mutua contiene variables relacionadas con el trabajo orientado al profesor y el compromiso para lograrlo, ya que, para este caso, no tiene una asociación con los dos componentes de orientación a la nota y orientación a la contribución.

Tabla 8-19: Resultados de ACP para Elementos de Máquinas II (Elementos191)

	Orientado al profesor	Compromiso	Orientado a motivar	Orientado a pasar	Orientado a tareas	h2	u2	com
	RC1	RC5	RC3	RC2	RC4			
Orientado al profesor	0,93					0,7	0,3	1,1
Alto rendimiento	0,79					0,62	0,38	1
Productividad	0,77					0,74	0,26	1,1
Efectividad	0,69					0,57	0,43	1,2
Alto desempeño	0,65					0,72	0,28	1,5
Compromiso de miembros		0,88				0,72	0,28	1,1
Compromiso		0,83				0,7	0,3	1
Compromiso		0,72				0,68	0,32	1,3
Motivar a otros			0,91			0,8	0,2	1
Sert motivado			0,77			0,75	0,25	1,2
Orientado a la nota				0,89		0,78	0,22	1,1
Orientado a pasar				0,83		0,76	0,24	1,1
Análisis de contribuciones					0,81	0,72	0,28	1,3
Asignación de tareas					0,79	0,67	0,33	1,3
	RC1	RC5	RC3	RC2	RC4			
SS loadings	3,26	2,15	1,57	1,51	1,43			
Proportion Var	0,23	0,15	0,11	0,11	0,1			
Cumulative Var	0,23	0,39	0,5	0,61	0,71			
Proportion Explained	0,33	0,22	0,16	0,15	0,14			
Cumulative Proportion	0,33	0,55	0,7	0,86	1			

$\chi^2 = 47,9, p < 0,029; RMS = 0,06; \alpha = 0,8$, Rotación "promax" con $MSA=0,82$

Tabla 8-20: Correlación entre componentes de ACP para Elementos191

Orientado	al profesor RC1	al com- promiso RC5	a motivar RC3	a la nota RC2	a con- tribuir RC4
al profesor	1	0,49	0,33	-0,03	0,17
al compromiso	0,49	1	0,25	0,14	0,23
a motivar	0,33	0,25	1	-0,05	0,09
a la nota	-0,03	0,14	-0,05	1	0,14
a contribuir	0,17	0,23	0,09	0,14	1

8.3.8 Peama Sumapaz

En el programa Peama Sumapaz 20/26 estudiantes de primer semestre completaron el cuestionario QFR ($p = .77$). La Tabla 8-21 muestra los resultados del ACP, donde se extrajeron 6 componentes en 19 variables de 108. La consistencia inicial de la muestra $\alpha = .96$ se redujo a $\alpha = .86$, significando alta confiabilidad en los resultados obtenidos para esta muestra pequeña, con un MSA=.84, apta para el ACP. De esta manera el trabajo de proyecto se caracterizó por la colaboración, cohesión, orientación al profesor, orientación a pasar, orientación a la comunicación y orientación a la instrucción.

La colaboración explica el 26% de la varianza total y se caracteriza por tener muchos de los elementos de un grupo de alto desempeño: agenda de reuniones, sincronización de las tareas, análisis de las contribuciones, compromiso, colaboración, desarrollo de habilidades y autoconfianza. Así mismo está positivamente asociada con la cohesión del grupo ($r = .57$) y la comunicación ($r = .42$), como se muestra en Tabla 8-22, las cuales se manifiestan principalmente con la cohesión del grupo, la satisfacción, la efectividad y la comunicación interpersonal. Así mismo, la colaboración está asociada con la orientación a la asignación ($r = .25$) donde cada miembro del proyecto percibió que tenía funciones claras y que su trabajo era valorado.

La orientación al profesor y la orientación a pasar con buena nota están positivamente asociados ($r = .15$). Uno de los ingredientes de la orientación al profesor es la efectividad, indicando que mientras los grupos siguen instrucción del profesor o su aceptación, el producto resulta efectivo y con buena nota. Sin embargo, la orientación a pasar está negativamente asociada a la orientación a la asignación ($r = -.14$) indicando que el producto individual y las actividades realizadas para el proyecto afectan la nota.

Finalmente, la orientación a la asignación se caracterizó por tener las funciones claras y por hacer visible los aportes individuales de los miembros en el proyecto. Está positivamente asociada con la orientación a la comunicación ($r = .11$).

Tabla 8-21: Resultados de ACP para Peama Sumapaz 2017-II (Peama172)

	Colaboración	Cohesión	Orientado al profesor	Orientado a pasar	Orientado al diálogo	Orientado al rol	h2	u2	com
	RC1	RC5	RC2	RC3	RC6	RC4			
Agenda de reuniones	0,94						0,66	0,34	1,2
Sincronización taras	0,93						0,78	0,22	1,3
Análisis de contribuciones	0,89						0,75	0,25	1,1
Reflexión de ideas	0,86						0,65	0,35	1,2
Compromiso fuerte	0,61						0,68	0,32	2
Alto rendimiento	0,58						0,71	0,29	2,1
Colaboración en actividades	0,56						0,68	0,32	2,2
Desarrollo de habilidades	0,55						0,67	0,33	1,7
Autoconfianza	0,55						0,67	0,33	2,1
Relaciones extra-grupo		0,9					0,73	0,27	1,1
Satisfacción		0,77					0,68	0,32	1,2
Promover alta calidad		0,75					0,64	0,36	1,1
Efectividad			0,87				0,8	0,2	1,1
Producto orientado al profesor			0,79				0,67	0,33	1,1
Orientación a la nota				0,84			0,73	0,27	1,1
Orientado a pasar				0,81			0,65	0,35	1,1
Interacciones personales					0,99		0,84	0,16	1,1
Funciones claras						0,89	0,83	0,17	1,2
Producto tiene aportes individuales						0,74	0,77	0,23	1,4
SS loadings	4,97	2,38	1,74	1,62	1,42	1,47			
Proportion Var	0,26	0,13	0,09	0,09	0,07	0,08			
Cumulative Var	0,26	0,39	0,48	0,56	0,64	0,72			
Proportion Explained	0,37	0,18	0,13	0,12	0,1	0,11			
Cumulative Proportion	0,37	0,54	0,67	0,79	0,89	1			

$\chi^2 = 69,1, p < 1; RMS = 0,06; \alpha = 0,85, Rotación "promax" con MSA=0,84$

Tabla 8-22: Correlación entre componentes de ACP en Peama172

Orientado a	a colaborar	la cohesión	al profesor	a pasar	al diálogo	al rol
	RC1	RC5	RC2	RC3	RC6	RC4
a colaborar	1	0,57	0,03	-0,13	0,42	0,25
la cohesión	0,57	1	0,09	-0,05	0,3	0,2
al profesor	0,03	0,09	1	0,15	0,04	-0,05
a pasar	-0,13	-0,05	0,15	1	-0,05	-0,14
al diálogo	0,42	0,3	0,04	-0,05	1	0,11
al rol	0,25	0,2	-0,05	-0,14	0,11	1

8.3.9 Mecanismos 2017-II y 2018-II

La versión del cuestionario para los dos cursos de Mecanismos de segundo semestre del 2017 y del 2018 se unieron ya que el formato del curso fue igual y la muestra completamente independiente, ayudada por la diferencia de un semestre entre los dos. Los dos cursos tenían 30 estudiantes cada uno. En el curso de Mecanismos del 2017-II, 21 estudiantes participaron mientras que en 2018-II participaron 28 estudiantes. De esta manera, la muestra para procesar en ACP fue $n = 49$ con $p = .82$. Las 108 preguntas del cuestionario lograron una consistencia interna de $\alpha = .96$, mientras que en la muestra reducida a 24 variables $\alpha = .82$. Para esta muestra el $MSA = .8$, por lo tanto, apta para ACP.

El ACP obtuvo siete componentes latentes en una rotación promax. Estos componentes descritos en la Tabla 8-23 son: compromiso, orientación a la nota, identificación de problemas, a las metas, a la comunicación, al aprendizaje y al proceso.

Tabla 8-23: Resultados de ACP para Mecanismos 2017-II & 2018-2 (Mecanismos172&182)

	Compromiso	Orientado a la nota	Orientado al problema	Orientado a la instrucción	Orientado al diálogo	Orientado a actividades	Orientado al proceso	h2	u2	com
	RC1	RC3	RC6	RC7	RC2	RC4	RC5			
Compromiso	0,78							0,59	0,41	1,2
Compromiso	0,77							0,61	0,39	1,1
Compromiso percibido	0,63							0,58	0,42	1,3
Tolerancia a las diferencias	0,58							0,54	0,46	2,1
Auto confianza	0,55							0,64	0,36	2,9
Satisfacción en relaciones	0,55							0,44	0,56	1,3
Presión de otros		0,87						0,79	0,21	1,5
Presión del profesor		0,86						0,72	0,28	1,2
Orientación a pasar		0,53						0,65	0,35	2,4
Orientación a la nota		0,52						0,65	0,35	2,5
Identificación de problemas			0,98					0,79	0,21	1,5
Orientación al producto			0,68					0,64	0,36	1,9
Orientación al profesor			0,6					0,62	0,38	1,8
Trabajo bajo estándares				0,88				0,68	0,32	1,3
Tener metas claras				0,76				0,71	0,29	1,2
Aprender de otros					0,75			0,57	0,43	1,2
Escuchan ideas					0,7			0,67	0,33	1,4
Libertad de expresión					0,69			0,62	0,38	1,5
Activación de la clase						0,8		0,63	0,37	1,3
Apatía a la clase						0,75		0,58	0,42	1,5
Orientado al aprendizaje						0,74		0,63	0,37	1,2
Autoconfianza							0,72	0,57	0,43	1,2
Orientado a la agenda							0,68	0,57	0,43	1,6
Sentido de contribución							0,62	0,67	0,33	2,1
	RC1	RC3	RC6	RC7	RC2	RC4	RC5			
SS loadings	2,91	2,26	1,93	2,05	2,16	1,96	1,87			
Proportion Var	0,12	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08			
Cumulative Var	0,12	0,22	0,3	0,38	0,47	0,55	0,63			
Proportion Explained	0,19	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12			
Cumulative Proportion	0,19	0,34	0,47	0,6	0,75	0,88	1			

$\chi^2 = 86, p < 1; RMS = 0,06; \alpha = 0,82$, Rotación "promax" con MSA=0,8

Tabla 8-24: Correlación entre componentes de ACP en Mecanismos 172&182

Orientado	al compromiso	a la nota	al problema	a la instrucción	al diálogo	a actividades	al proceso
	RC1	RC3	RC6	RC7	RC2	RC4	RC5
al compromiso	1	0,04	0,17	0,28	0,19	0,27	0,29
a la nota	0,04	1	0,15	0,05	0,02	-0,19	-0,19
al problema	0,17	0,15	1	0,5	0,41	-0,1	-0,03
a la instrucción	0,28	0,05	0,5	1	0,34	-0,02	0,14
al diálogo	0,19	0,02	0,41	0,34	1	-0,04	0,04
a actividades	0,27	-0,19	-0,1	-0,02	-0,04	1	0,25
al proceso	0,29	-0,19	-0,03	0,14	0,04	0,25	1

8.3.10 Gerencia de proyectos

Gerencia de proyectos reunió dos cursos del segundo semestre de 2018 con la misma metodología y profesor. El cuestionario QFR fue contestado por 45 estudiantes de los dos cursos, 32 de un

curso y 13 de otro. El índice de confiabilidad para esta muestra que completó 108 preguntas es de $\alpha = .96$ y reducido a 23 variables con $\alpha = .87$ y MSA=0.84 indicando confiabilidad y suficiencia para extracción de componentes.

El ACP extrajo siete componentes con una rotación *promax*, agrupados como: satisfacción, cohesión, orientación al reconocimiento, interdependencia, motivación mutua, orientación a la agenda y a las actividades (Tabla 8-25). La satisfacción percibida del grupo se caracterizó por la calidad, efectividad, desempeño y las metas claras y su cumplimiento. Los grupos fueron unidos, como lo indica la cohesión ($M = 4.3$) la cual se caracterizaron por la tolerancia, las relaciones interpersonales, mientras que también percibieron el desarrollo de habilidades. Así mismo, los componentes de satisfacción y cohesión están asociados positivamente ($r = .5$).

El reconocimiento de los aportes y actividades realizadas por los estudiantes es otro de los componentes extraídos como contribución ($M = 3.7$). Los miembros del grupo se caracterizan por la realización de ciertas actividades interdependientemente y otras independientemente con ($M = 3, 2$), sin mostrar una tendencia marcada. Las tres primeras variables de este componente muestran como los miembros del grupo notaron que sus contribuciones fueron tenidas en cuenta mientras que la última variable indica que no estuvieron enfocados en aprender de otros. Así también la asociación positiva entre este componente y la interdependencia que el grupo también percibió ($r = .27$).

La interdependencia del grupo se caracterizó por la realización de actividades individuales, para luego ser incorporadas en el proyecto y su producto. De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 8-26 esto funcionó con armonía debido a la asociación positiva con el reconocimiento, como se dijo antes. Así mismo, la menor asociación entre la satisfacción ($r = .15$) y la ausencia de asociación con la cohesión ($r = .03$) refuerzan la idea de individualismo en condiciones de satisfacción por el proyecto y cohesión entre los miembros, como con la motivación mutua ($r = .09$).

Tabla 8-25: Resultados de ACP para Gerencia de Proyectos 182

	Satisfacción	Cohesión	Orientado a contribución	Interdependencia	Motivación mutua	Orientado a la agenda	Orientado a actividades	h2	u2	com
	RC1	RC5	RC2	RC3	RC4	RC7	RC6			
Satisfacción	0,82							0,66	0,336	1,1
Alto desempeño	0,79							0,7	0,3	1,2
Efectividad	0,77							0,72	0,282	1,2
Metas claras	0,76							0,66	0,341	1,4
Productividad	0,74							0,69	0,306	1,6
Orientado a la calidad	0,68							0,63	0,367	1,4
Cohesión		0,92						0,78	0,219	1,1
Tolerancia		0,81						0,72	0,282	1,2
Relaciones interpersonales		0,74						0,71	0,285	1,4
Desarrollo habilidades		0,63						0,68	0,315	1,5
Evidencia contribución			0,84					0,77	0,232	1
Valor de la contribución			0,82					0,82	0,18	1,3
Reporte evidencia contribuciones			0,74					0,68	0,316	1,4
Enfocado aprender de si			0,69					0,55	0,447	1,6
Interdependencia mutua				0,75				0,6	0,397	1,4
Interdependencia mutua				0,74				0,63	0,366	1,3

Continúa en la próxima página

Trabajo independiente de producto			0,72				0,67	0,329	1,5
Trabajo independiente de tareas			0,71				0,53	0,47	1,2
Motivación mutua				0,88			0,81	0,19	1,1
Motivación mutua				0,85			0,79	0,207	1
Agenda					0,82		0,75	0,251	1,2
Cumplimiento de agenda					0,78		0,68	0,32	1,1
Apatía a la clase.						0,96	0,92	0,079	1
	RC1	RC5	RC2	RC3	RC4	RC7	RC6		
SS loadings	3,79	2,77	2,77	2,29	1,89	1,55	1,11		
Proportion Var	0,16	0,12	0,12	0,1	0,08	0,07	0,05		
Cumulative Var	0,16	0,29	0,41	0,51	0,59	0,66	0,7		
Proportion Explained	0,23	0,17	0,17	0,14	0,12	0,1	0,07		
Cumulative Proportion	0,23	0,41	0,58	0,72	0,84	0,93	1		

$\chi^2 = 53,2, p < 1; RMS = 0,05; \alpha = 0,87$, Rotación "promax" con MSA=0,84

La motivación mutua de los miembros ocurre en doble vía, es decir, motivar y ser motivado por compañeros del proyecto. Esta motivación está positivamente asociada con la satisfacción y la cohesión ($r = .33$ y $r = .26$) pero no con los demás componentes extraídos. Esto podría sugerir que la motivación estuvo orientada hacia las relaciones personales y el propósito del grupo, pero no hacia las actividades propias del proyecto.

A diferencia de la motivación mutua, la orientación a la agenda parece haber sido producto de la satisfacción ($r = .39$) y la cohesión entre los miembros ($r = .36$). En la orientación a la agenda, los miembros del grupo tenían y cumplían una agenda de las reuniones, donde al parecer, pretendían desarrollar y cumplir su propósito con buenas relaciones personales, ya que así lo sugieren las variables asociadas de rendimiento, efectividad, metas claras y cohesión; tanto como la asociación positiva menor con la orientación a la contribución ($r = .13$), a la interdependencia ($r = .15$) y orientación hacia las actividades ($r = .15$).

A pesar de la baja asociación con la satisfacción ($r = .11$) y la cohesión ($r = .13$) se puede afirmar que la orientación hacia las actividades se caracteriza por la preferencia al trabajo de proyecto sobre la instrucción de la clase. Así mismo, esta orientación a las actividades sugiere la utilización de una agenda ($r = .15$).

Tabla 8-26: Correlación para Gerencia de Proyectos 182

Orientación	a satis- facción	a cohe- sión	a con- tribu- ción	a inter- depen- dencia	a Moti- vación mutua	a la agenda	a activi- dades
	RC1	RC5	RC2	RC3	RC4	RC7	RC6
a satisfacción	1	0,5	0,27	0,15	0,33	0,39	0,11
a cohesión	0,5	1	0,25	0,03	0,26	0,36	0,13
a la contribución	0,27	0,25	1	0,29	0,17	0,13	0,04
a interdependencia	0,15	0,03	0,29	1	0,09	0,15	0,06
a motivación mutua	0,33	0,26	0,17	0,09	1	0,08	0,03
a la agenda	0,39	0,36	0,13	0,15	0,08	1	0,15
a actividades	0,11	0,13	0,04	0,06	0,03	0,15	1

8.3.11 Robótica 172 y 191

Las respuestas del cuestionario QFR de los cursos de robótica del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2019 se agruparon. Los dos cursos tenían 36 estudiantes cada uno y El cuestionario fue contestado por 27 estudiantes en 2017 y 32 en 2019. De esta manera se completaron 59 respuestas ($p = .82$).

Este grupo se caracteriza por 5 componentes que fueron denominados como se indica en la Tabla 8-27. Las 59 respuestas del cuestionario QFR tenían una confiabilidad de $\alpha = .96$, siendo reducida a 17 variables con $\alpha = .75$. Para esta prueba el MSA=0,75 apropiado para la extracción de componentes.

Tabla 8-27: Resultados de ACP para Robótica del segundo semestre de 2018 y primero del 2019

	Orientado a instrucción	Sobre estima	Orientado a las relaciones	autodirección	Orientado a las tareas	h2	u2	Com
	RC1	RC3	RC5	RC2	RC4			
Aprender del curso	0,91					0,81	0,19	1,2
Desarrollar objetivos	0,75					0,75	0,25	1,5
Compartir información	0,67					0,69	0,31	1,7
Metas claras	0,63					0,61	0,39	1,5
Orientado al rendimiento		0,8				0,69	0,31	1,1
Resolver todo (autoconfianza)		0,74				0,62	0,38	1,1
Ser excepcionalmente buenos		0,7				0,59	0,41	1,4
Ser más efectivo que otros		0,7				0,56	0,44	1,2
Apoyo emocional			0,89			0,73	0,27	1,1
Relaciones interpersonales			0,85			0,77	0,23	1,1
Ser unidos			0,72			0,66	0,34	1,2
Trabajo bajo presión externa				0,8		0,73	0,27	1,4
Trabajo bajo presión profesor				0,74		0,69	0,31	1,3
Orientado a la nota				0,72		0,65	0,35	2
Liderazgo					0,83	0,65	0,35	1,3
Asignación de tareas					0,72	0,68	0,32	1,5
Reunión con agenda					0,57	0,55	0,45	2
	RC1	RC3	RC5	RC2	RC4			
SS loadings	2,58	2,55	2,44	1,98	1,87			
Proportion Var	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11			
Cumulative Var	0,15	0,3	0,45	0,56	0,67			
Proportion Explained	0,23	0,22	0,21	0,17	0,16			
Cumulative Proportion	0,23	0,45	0,66	0,84	1			

$\chi^2 = 70, p < 0, 1; RMS = 0, 06; \alpha = 0, 82, Rotación "promax" con MSA=0,75$

De acuerdo con la Tabla 8-27 la orientación a la instrucción está positivamente asociada con la sobre estima ($M = 4.2, r = .24$), las relaciones personales ($M = 4.0, r = .38$) y la orientación a las tareas ($M = 3.4, r = .26$). La orientación a la instrucción la define la variable aprender del curso, la cual tiene la mayor carga ($\alpha = .91$). La orientación al aprendizaje está acompañada del desarrollo de objetivos a partir de las guías de clase y de laboratorio entregadas por el profesor, como se especifica en la descripción del curso en la página 118.

La sobre estima o el sentido alto de orgullo ($M = 3.7$), agrupa variables que indican que los miembros se sienten superiores en efectividad y rendimiento, considerándose con la capacidad de resolver cualquier problema que enfrentasen. La sobre estima está asociada positivamente con las relaciones interpersonales ($r = .30$) y un poco menos con la orientación a las tareas ($r = .16$). Las relaciones

fuera de la clase se explican con la cohesión del grupo de acuerdo con las variables que agrupa. está asociada positivamente con las tareas ($r = .26$) y con la orientación hacia la instrucción ($r = .38$).

La autodirección ($M = 2.6$) es un valor expuesto ya que los estudiantes manifestaron que el proyecto fue hecho sin presión interna y externa, pero con una orientación neutral hacia la nota ($Mdn = 3$). A su vez, la nota está asociada negativamente con la instrucción ($r = -.24$) y en menor escala con la orientación hacia la agenda ($M = 3.4, r = -.14$).

Por último, los grupos funcionaron orientados a la agenda ($M = 3.4$). La asociación positiva con la instrucción ($r = .26$), podría deberse al seguimiento de procedimientos metodológicos de este curso y al cumplimiento. Así mismo, las relaciones interpersonales favorecen la asignación de tareas y la agenda de las reuniones ($r = .26$), que es una manifestación neutral entre los estudiantes con ($Mdn = 3$).

Tabla 8-28: Correlación para Robótica del segundo semestre de 2018 y primero del 2019

Orientado	Orientado a instrucción	Sobre estima	a las relaciones	a la presión	a las tareas
	RC1	RC3	RC5	RC2	RC4
Orientado a instrucción	1	0,24	0,38	0,24	0,26
Sobre estima	0,24	1	0,3	0,05	0,16
a las relaciones	0,38	0,3	1	0,08	0,26
Autodirección	0,24	0,05	0,08	1	0,14
a las tareas	0,26	0,16	0,26	0,14	1

8.4 Creatividad en ingeniería

La prueba de creatividad CEDA fue aplicada a los cursos seleccionados en el estudio cultural. Esta siguió los protocolos indicados por Charyton (2014). Se consolidaron y evaluaron 1125 pruebas aplicadas en varios periodos entre los años 2016, 2017 y 2018. Se descartaron 37 muestras que no lograron identificarse. La Tabla 8-29 indica las pruebas que fueron tomadas junto con el tamaño del curso reportado. La evaluación de las respuestas por participante está en el Anexo W.3.

Algunos de los cursos de la Tabla 8-29 se agruparon para el análisis ya que tenían los mismos profesores y metodología. Así, los dos cursos de Automatización de Procesos de Manufactura se agruparon como APM172182, los dos cursos de Elementos de máquinas como ELE172, los cuatro cursos de Ingeniería y Desarrollo Sostenible como IDS191 y los dos grupos de Taller de Proyectos Interdisciplinarios como TPI2017. La Tabla 8-34 contiene la información del tamaño de la muestra por cursos procesada en análisis estadístico.

Tabla 8-29: Cuestionarios de Creatividad CEDA evaluados

	Totales	Pretest	$p =$	Postest	$p =$	Fecha- pretest	Fecha- postest	Poblac.
Introducción a Energía (AAUEGI)	22	0	0,00	22	0,86	13-09-16	15-03-17	73
Introducción a Ingeniería Mecánica y Producción (AAUMAP)	70	44	0,90	26	0,86	13-09-16	16-03-17	49
Automatización de Procesos de Manufactura (APM172182) i	36	17	0,71	19	0,84	02-08-17	20-11-17	19
Elementos de Máquinas (EL2-172M)	49	22	0,80	27	0,77	14-08-17	27-11-17	60
Elementos de Máquinas (EL2-172N)	71	40	0,88	31	0,84	14-08-17	27-11-17	70
Cátedra Ingeniería, Ciencia, Tecnología y Sociedad (ICTS172)	97	58	0,86	39	0,87	10-08-17	23-11-17	59
Ingeniería y Desarrollo Sostenible (IDS172)	187	107	0,80	80	0,80	02-08-17	20-11-17	160
Ingeniería y Desarrollo Sostenible (IDS191-1)	72	36	0,81	36	0,84	30-05-19	04-07-19	40
Ingeniería y Desarrollo Sostenible (IDS191-2)	68	33	0,73	35	0,84	31-05-19	05-07-19	40
Ingeniería y Desarrollo Sostenible (IDS191-3)	63	31	0,78	32	0,88	05-06-19	03-07-19	40
Ingeniería y desarrollo sostenible (IDS191-4)	71	36	0,71	35	0,64	04-06-19	08-07-19	40
Máster en Ingeniería Civil (MSCCIVI)	25	17	0,77	8	0,90	18-10-16	20-12-16	17
Proyecto Aplicado de Ingeniería (PAI)	91	33	0,90	58	0,82	02-08-17	30-10-17	120
Peama Sumapaz (Peama172)	48	21	0,76	27	0,85	04-08-17	20-11-17	27
Taller de Proyectos Interdisciplinarios (TPI HGC)	33	20	0,78	13	0,72	21-08-17	29-11-17	24
Taller de Proyectos Interdisciplinarios (TPI-I-2017)	85	41	0,84	44	0,74	21-03-17	01-06-17	60*
Total	1088	556		532				898

* Corresponde a la población a la que se invitó a encuestar

Los datos correspondientes a la evaluación de CEDA fueron organizados para el análisis estadístico en tres etapas. La primera etapa utilizó el conjunto pretest y postest sin aparear. En el segundo análisis se realizó el procedimiento con los mismos datos apareados por participante. Finalmente, la tercera etapa analizó los cursos individualmente con las respuestas apareadas.

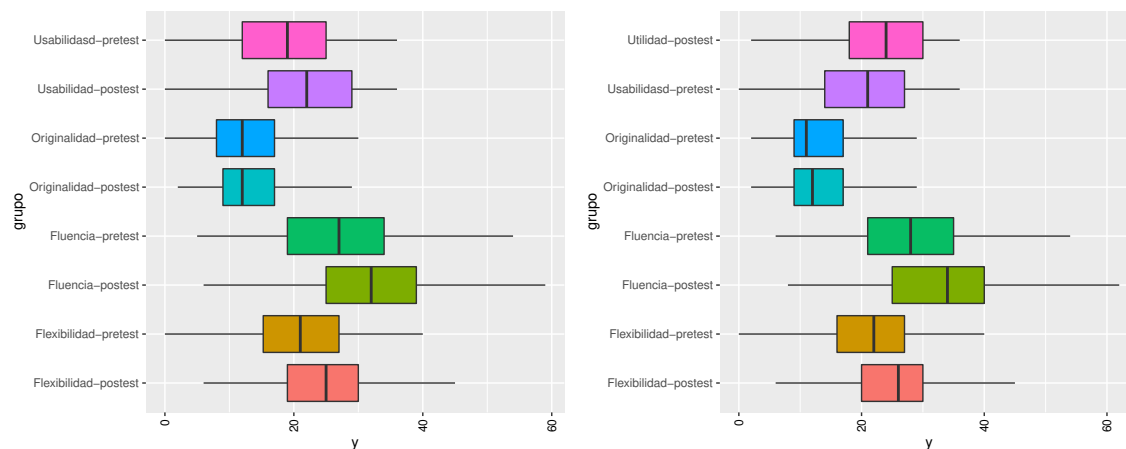
La Tabla 8-30 indica los valores de las medias del número de ideas en cada variable. Se eliminaron 30 respuestas atípicas de las 556 respuestas del cuestionario pretest de CEDA evaluadas. Así mismo, fueron eliminadas 57 respuestas atípicas de prueba postest de las 532 iniciales. El procedimiento realizado está soportado en el Anexo W.3.1

La Tabla 8-30 muestra el resumen estadístico de las cuatro variables con los cursos agrupados. Las tres primeras columnas de la izquierda muestran los resultados con datos crudos mientras que las tres últimas columnas de la derecha, los resultados después de haber eliminado las respuestas atípicas (Anexos W.3.2, W.3.5 y W.3.4). La variación de las medias en los datos se indica en la Figura 8-1 derecha.

Tabla 8-30: Reporte estadístico pretest-postest del cuestionario CEDA

	media	sd	se	media	sd	se
Pretest, $n = 556, \alpha = .82$			Pretest ajustado, $n = 526$			
Fluencia	27,66	10,37	0,44	27,08	10	0,44
Flexibilidad	21,88	7,92	0,34	21,39	7,61	0,33
Originalidad	13,99	8,13	0,34	12,78	6,1	0,27
Utilidad	18,94	8,31	0,35	18,72	8,4	0,37
Postest, $n = 532, \alpha = .81$			Postest ajustado, $n = 475$			
Fluencia	32,54	11	0,48	31,69	10,03	0,46
Flexibilidad	24,97	8,07	0,35	24,39	7,34	0,34
Originalidad	15,66	8,79	0,38	13,78	6,08	0,28
Utilidad	22,14	8,05	0,35	21,98	8,07	0,37

Figura 8-1: Comparación antes y después del tratamiento en los cursos con cursos no apareados (derecha) y apareados (izquierda) Anexos W.3.3 y W.4.3



En las páginas 1057 a 1058 del Anexo W se muestran los datos y curvas que ayudaron a definir el tipo muestra, el grado de cumplimiento de normalidad y la homocedasticidad de la varianza para los datos donde se agruparon todos los cursos por pretest y postest.

Los resultados en la Tabla 8-31 indican que los estudiantes que realizan el proyecto incrementan significativamente el número de ideas de diseño en ingeniería ($t(988) = 7.27, p < .05$), la flexibilidad ($t(995) = 6.34, p < .05$) y la utilidad ($t(995) = 6.26, p < .05$) con un tamaño de efecto medio. Las ideas cambian de $M = 27.08, SD = 10$ a $M = 31.7, SD = 10$; la flexibilidad se incrementa de $M = 21.4, SD = 7.6$ a $M = 24.5, SD = 7.3$ y la utilidad de $M = 18.7, SD = 8.4$ a $M = 21.98, SD = 8.1$). La originalidad cambia poco ($t(989) = 2.59, p = .01, cohen.d = .16$) con variación promedio de $M = 1, SD = 6$ (Ver Anexo W.3.7).

Tabla 8-31: Prueba-t pretest-postest en cursos agrupados sin aparear

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	7,27	0,00	4,61	-10,01	0,63	3,37	5,86	-0,59	-0,46	-0,33
t.flex	6,34	0,00	3,00	-7,48	0,47	2,07	3,93	-0,53	-0,40	-0,27
t.ori	2,59	0,01	1,00	-6,08	0,39	0,24	1,76	-0,29	-0,16	-0,04
t.usa	6,26	0,00	3,26	-8,24	0,52	2,24	4,28	-0,52	-0,40	-0,27

n=1001, df.flu=988,df.fle=995, df.ori=989,df.usa=995, dos-colas, Welch Two Sample t-test

El resultado obtenido de la prueba pretest y postest sin aparear es poco confiable ya que los estudiantes participantes provienen de diferentes semestres y disciplinas. Se realizó una prueba pareada por curso para eliminar este sesgo y analizar el comportamiento general.

La Tabla 8-32 resume los resultados de las observaciones agrupadas por pares. La muestra inicial de 1088 respuestas fue reducida a 393 pares (Anexo W.4.2). Posteriormente, se eliminaron 56 datos atípicos para realizar las pruebas de comparación con 337 casos, los cuales están mostrados estadísticamente en la Tabla 8-32.

Tabla 8-32: Reporte estadístico apareado pretest-postest del cuestionario CEDA aplicado. Anexo W.4.4.

	media	sd	se	media	sd	se
	Pretest, n = 393			Pretest ajustado, n = 337		
Fluencia	29,02	10,31	0,52	28,28	9,75	0,53
Flexibilidad	22,67	7,84	0,4	22,09	7,42	0,4
Originalidad	14,33	7,64	0,39	12,88	5,73	0,31
Utilidad	20,11	8,43	0,43	20,34	8,54	0,47
	Postest			Postest ajustado		
Fluencia	33,51	10,97	0,55	32,86	10,28	0,56
Flexibilidad	25,63	7,89	0,4	25,13	7,18	0,39
Originalidad	15,97	8,93	0,45	13,82	5,97	0,33
Utilidad	23,25	7,81	0,39	23,37	7,79	0,42

Los datos indicados en la Tabla 8-32 fueron examinados para revisar los criterios de normalidad en la distribución y uniformidad en la varianza. Las pruebas de Shapiro-Wilk indicaron no normalidad en algunas de las distribuciones (Anexo W.4.6). Las pruebas de Levene indicaron uniformidad en todas las varianzas de las variables agrupadas por pretest y postest (Anexo W.4.7). De este modo, se eligió la prueba de rangos de Wilcoxon para verificar la variación entre los resultados antes y después de los tratamientos.

La prueba-t para el total de cursos apareados está resumida en la Tabla 8-33. Los resultados son similares a los cursos sin aparear. La fluencia ($t(336)=8.13$, $p>.05$, $cohen.d=.46$), la flexibilidad

($t(336) = 7.26, p < .05, \text{cohen}.d = .42$) y a utilidad ($t(336) = 7.21, p < .5, \widehat{d} = .37$) muestran incrementos con $M = 4, 6, SD = 10, M = 3, SD = 7.3, M = 3, SD = 8, 2$ respectivamente. Por otro modo, la originalidad de las ideas mostró poca variación con $M = .9, SD = 5.84, t(336) = 2.74, p = .01, d = .16$. La variación se muestra gráficamente en la Figura 8-1 izquierda.

Tabla 8-33: Prueba-t pretest-postest en cursos agrupados apareados. Anexo W.4.8

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	8,13	0,00	4,58	-10,00	0,56	3,47	5,68	-0,61	-0,46	-0,30
t.flex	7,26	0,00	3,04	-7,29	0,42	2,22	3,86	-0,57	-0,42	-0,26
t.ori	2,74	0,01	0,94	-5,84	0,34	0,27	1,62	-0,31	-0,16	-0,01
t.usa	7,21	0,00	3,03	-8,16	0,42	2,20	3,85	-0,52	-0,37	-0,22

$n=337, df=336$

Los resultados anteriores indican una variación general de las cuatro variables de la creatividad para todos los cursos evaluados. Estos cursos tienen en común que en todos se realizó un proyecto durante la clase. A continuación se presenta un análisis por curso, el cual ayudará a dar respuesta a la pregunta de investigación de este estudio, sobre el efecto que tiene PBL en el trabajo del proyecto.

Los cursos fueron agrupados como se explicó antes. La Tabla 8-34 indica el tamaño de la muestra de cada curso utilizado para las pruebas de la variación en la creatividad. En la Tabla 8-29 se encuentran detallados los valores iniciales de la población.

Tabla 8-34: Resumen estadístico de cursos utilizados para el análisis pretest-postest

	Atípicos	n	Postest				Pretest			
			Fluencia	Flex.	Origin.	Utilidad	Fluencia	Flex.	Origin.	Utilidad
IDS191	antes	126	35,9(10,28)	26,3(6,79)	14,84(6,31)	25,7(7,07)	27,4(9,15)	21,1(6,93)	13,01(5,7)	20(8,86)
IDS191	después	110	35(9,52)	25,9(6,54)	13,81(4,79)	25,7(6,43)	26,5(8,75)	20,4(6,36)	11,92(4,46)	20,2(9)
IDS172	antes	58	31,2(10,38)	24,6(7,85)	12,83(5,98)	22,3(6,91)	26,8(11,67)	20,8(8,75)	10,81(5)	18,8(8,69)
IDS172	después	50	31,2(10,57)	24,5(7,61)	11,6(4,14)	22,4(7,05)	27,1(11,86)	20,9(8,91)	9,96(3,77)	19,2(8,6)
PAII172	antes	29	33,9(12,18)	25,4(9,63)	19,69(11,79)	22,9(9,27)	35,8(12,14)	27,2(8,37)	14,93(8,41)	22,3(7,87)
PAII172	después	25	35,2(11,75)	26,7(8,86)	19,84(11,99)	23,7(8,98)	34,9(8,37)	27(6,5)	14,04(5,87)	22,6(6,03)
TPI2017	antes	41	38,9(10,16)	28,8(6,91)	16,54(9,86)	26,5(6,84)	34,1(8,52)	26,6(6,28)	18,2(9,48)	24,9(6,19)
TPI2017	después	29	39,7(6,57)	29(4,48)	16,66(8,26)	29,6(3,59)	34,6(8,72)	26,9(6,14)	19,1(8,1)	26,1(5,26)
ICTS172	antes	31	36,2(9,79)	29,4(7,88)	29,77(9,05)	20,1(5,17)	29,2(9,78)	23,1(8,17)	22,61(9,42)	16,5(4,67)
ICTS172	después	16	38,9(4,31)	31,9(4,6)	31(9,51)	21,4(4,57)	25,1(4,05)	19,9(3,9)	21,44(7,44)	15,9(4,06)
APM172	antes	15	30,7(10,05)	23,6(9,26)	11,8(4,83)	22,9(8,97)	34,3(7,97)	25,9(6,4)	12,4(3,27)	22,5(6,86)
APM172	después	13	32,8(7,85)	25,3(7,1)	12,15(4,1)	24,9(7,08)	34,6(8,37)	26,5(6,68)	12,92(3,17)	24,3(5,14)
ELE172	antes	49	32,3(9,52)	24,4(7,3)	14,92(7,26)	24,9(6,56)	31,1(10,15)	24,5(8,2)	16,22(6,9)	24,7(6,62)
ELE172	después	49	32,3(9,52)	24,4(7,3)	14,92(7,26)	24,9(6,56)	31,1(10,15)	24,5(8,2)	16,22(6,9)	24,7(6,62)
Peama172	antes	18	21,5(12,78)	17,4(10,02)	17,06(12,04)	16,1(7,54)	24,4(8,35)	16,8(4,85)	14,83(9,49)	14,8(7,56)
Peama172	después	13	18,8(10,96)	15,9(9,38)	15,54(8,36)	13,1(2,93)	22,8(7,2)	15,6(5,14)	15,54(10,58)	13,5(6,79)
AAUMAP	antes	18	25,8(6,64)	24,2(5,67)	11,5(4,58)	13,5(6,35)	20,7(7,91)	19,8(7,56)	9,67(4,74)	10,2(5,95)
AAUMAP	después	18	25,8(6,64)	24,2(5,67)	11,5(4,58)	13,5(6,35)	20,7(7,91)	19,8(7,56)	9,67(4,74)	10,2(5,95)
MSSCCIVIL	antes	8	30,2(11,72)	25,6(7,87)	8,38(4,57)	17,1(7,88)	26(4,6)	24,9(4,67)	7,75(4,1)	13,9(5,17)
MSSCCIVIL	después	5	30,8(15,21)	26,2(10,16)	8,2(5,5)	15,8(9,04)	25,6(5,64)	23,6(5,13)	8,8(4,6)	14,6(4,34)

8.4.1 Creatividad en IDS191

Se analizaron 110/126 ($\alpha = .76$ a $\alpha = .83$), casos apareados para la prueba después de eliminar los datos atípicos (Anexo W.5). Las pruebas de normalidad indicaron que en general tienen una distribución normal ($p < .05$), aunque las pruebas postest de flexibilidad y pretest de originalidad ($W = 1, p > .05$) están en el límite (Anexo W.5.5). La muestra $n > 30$ podrían asumirse con distribución normal (Howell 2014, p.355), pero la varianza no es homogénea en la utilidad ($F = 1, p > .05$) según la prueba de Levene (Anexo W.5.6). En consecuencia, se utilizará la prueba de Wilcoxon para comprobar las diferencias entre los dos ensayos.

La Tabla 8-35 muestra los resultados de la prueba V (Anexo W.5.9). En el curso de IDS tiene un efecto alto en las variaciones de fluencia ($V = 5284, p < 0, d = -.932$), flexibilidad ($V = 5014, p < 0, d = .85$) y utilidad ($V = 4805, p < 0, d = .71$).

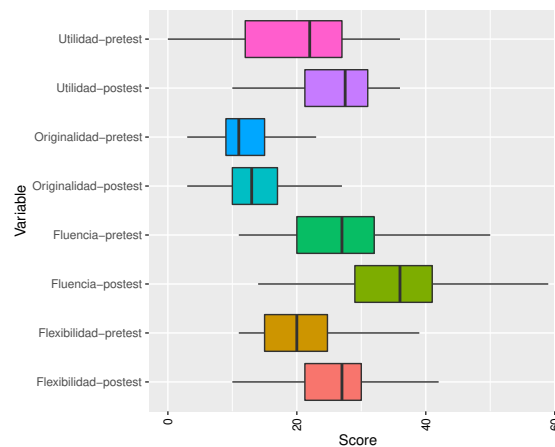
Tabla 8-35: Prueba-V pretest-postest en IDS191

	V	p.valor	Diferencia		point.pr	conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			s.media	SD		inf	sup	inf	efecto	sup
w.flu	5283,50	0,00	8,50	-9,10	0,00	7,00	10,50	-1,22	-0,93	-0,64
w.flex	5014,50	0,00	5,50	-6,42	0,00	4,00	7,00	-1,13	-0,85	-0,56
w.ori	3629,50	0,00	2,00	-4,61	0,00	1,00	3,00	-0,68	-0,41	-0,14
w.usa	4805,00	0,00	6,00	-7,79	0,00	4,00	7,00	-0,99	-0,71	-0,43

n=110, dos-colas,s,media= pseudo media

La Figura 8-2 muestra el gráfico de cajas de las cuatro variables de la creatividad. En este curso, la originalidad varía en menor grado que las demás variables ($V = 3630, p < 0, d = .41$).

Figura 8-2: Comparación antes y después del tratamiento en IDS191



8.4.2 Creatividad en IDS172

Los datos estadísticos de IDS172 están detallados en el Anexo W.6, con $n = 49$, $\alpha = .76$, $\alpha = .80$ iniciales. El análisis utilizó 49 casos luego de eliminar datos atípicos. Los resultados de las pruebas de normalidad en los Anexos W.6.5, W.6.6 y W.6.8 y de Levene con homocedasticidad en todas las variables W.6.7 sugieren que se puede realizar la prueba-t.

La flexibilidad ($t(49) = 2.4$, $p. < .05$, $\widehat{d} = .37$, $M(4.1)$, $SD(11.1)$), la flexibilidad ($t(49) = 2.7$, $p. < .05$, $\widehat{d} = .43$, $M(3.5)$, $SD(8.2)$), originalidad ($t(49) = 2.2$, $p. < .05$, $\widehat{d} = .41$, $M(1.6)$, $SD(3.9)$) y la utilidad ($t(49) = 2.7$, $p. < .05$, $\widehat{d} = .41$, $M(4.1)$, $SD(7.78)$) varían significativamente y el tratamiento tiene un efecto medio (Anexo W.6.11).

La Figura 8-3 muestra gráficamente la variación de las cuatro variables de la creatividad.

Figura 8-3: Comparación antes y después del tratamiento en IDS172

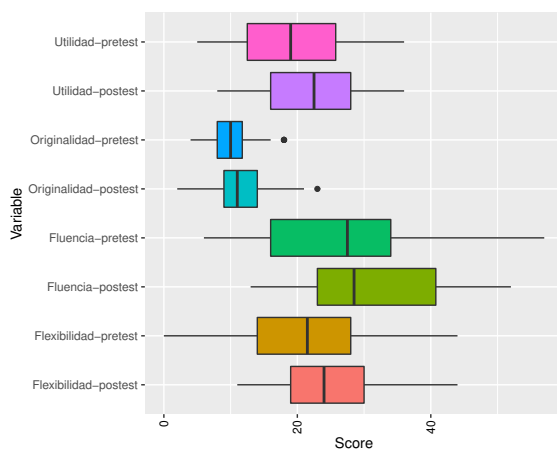


Tabla 8-36: Prueba-t pretest-postest en IDS172

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	2,44	0,02	4,10	-11,12	1,68	0,72	7,48	-0,77	-0,37	0,03
t.flex	2,72	0,01	3,54	-8,20	1,30	0,93	6,15	-0,83	-0,43	-0,03
t.ori	2,19	0,03	1,64	-3,92	0,75	0,13	3,15	-0,82	-0,42	-0,02
t.usa	2,69	0,01	3,16	-7,78	1,18	0,80	5,52	-0,80	-0,41	-0,00

DF=49, dos-colas

8.4.3 Creatividad TPI2017

El análisis de TPI2017 se realizó con $n = 29/41$ datos iniciales de pretest ($\alpha = .78$, $\alpha = .70$) detallados en el Anexo W.8. La prueba de Shapiro-Wilk y las gráficas sugieren que la variable de originalidad

pretest ($W = .8, p < .05$) y utilidad posttest ($W = .9, p = .04$) no tienen una distribución normal (Anexos W.8.5 y W.8.7). Las varianzas en las muestras de utilidad ($F = 4.84, p = .032$) tienen heterocedasticidad. (Anexo W.8.6). La muestra se analiza con la prueba de Wilcoxon.

La prueba de rangos de Wilcoxon mostrada en la Tabla 8-37 indica que la fluencia ($W = 290, p < .05, \hat{d} = .67$) y la utilidad ($W = 256, p = .01, \hat{d} = .77$) de ideas son estadísticamente diferentes en las pruebas pretest y posttest (Anexo ??). Los resultados se comprueban con la prueba- t si las muestras se consideran normales (Anexo W.8.9). La flexibilidad y la originalidad no presentan variaciones significativas con el tratamiento.

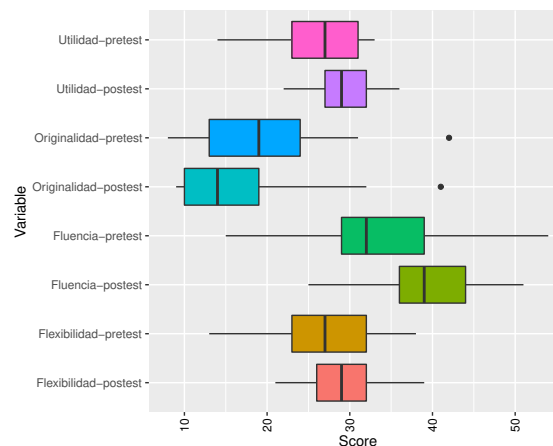
Tabla 8-37: Prueba-V pretest-postest en TPI2017

	V	p.valor	Diferencia		point.pr	conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			s.media	SD		inf	sup	inf	efecto	sup
w.flu	290,00	0,00	5,25	-7,59	0,00	1,50	9,00	-1,21	-0,67	-0,12
w.flex	231,00	0,16	2,25	-5,28	0,00	-1,00	5,50	-0,92	-0,40	0,13
w.ori	121,50	0,17	-2,25	-8,04	0,00	-6,00	1,50	-0,22	0,30	0,82
w.usa	256,00	0,01	3,75	-4,43	0,00	1,00	6,50	-1,32	-0,77	-0,21

$n=29$, dos-colas,s,media= pseudo media

La Figura 8-4 ilustra las diferencias entre las variables creativas de TPI2017.

Figura 8-4: Comparación antes y después del tratamiento en TPI2017. Anexo W.8.7



8.4.4 Creatividad en APM172

El análisis estadístico de la variación de pretest ($\alpha = .74$) y posttest ($\alpha = .82$) utilizó 13/15 casos apareados. Dos casos atípicos fueron eliminados (Anexo W.10). Las pruebas de normalidad indicaron los que la distribución se aproxima a una normal ($p < .05$, Anexos W.10.5 y W.10.7) y que en las

muestras apareadas hay homocedasticidad (Anexo W.10.6). La prueba-t comprobó las variaciones de las pruebas aplicadas.

La prueba-t detallada en la Tabla 8-38 (Anexo W.10.9) indican que no existen variaciones estadísticamente significativas en las variables de creatividad con una confianza del 95%, siendo el efecto del tratamiento relativamente bajo.

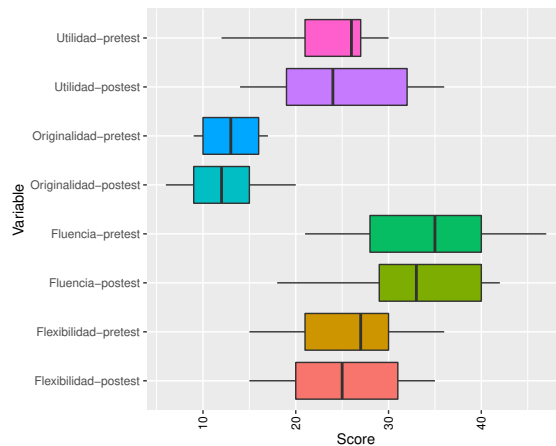
Tabla 8-38: Prueba-t pretest-postest en APM172

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	-0,58	0,57	-1,85	-7,80	3,17	-8,76	5,07	-0,54	0,24	1,01
t.flex	-0,48	0,64	-1,23	-6,62	2,57	-6,83	4,37	-0,59	0,19	0,95
t.ori	-0,49	0,63	-0,77	-3,52	1,57	-4,18	2,64	-0,56	0,22	0,99
t.usa	0,37	0,72	0,62	-5,94	1,68	-3,04	4,27	-0,87	-0,10	0,67

n=13 pares, DF=12, dos-colas

La Figura 8-5 ilustra la variación de la creatividad para APM172. De acuerdo con las cajas parece que la creatividad decreciera, pero la hipótesis nula no se puede rechazar con $p > .05$. En consecuencia, no hay diferencias significativas.

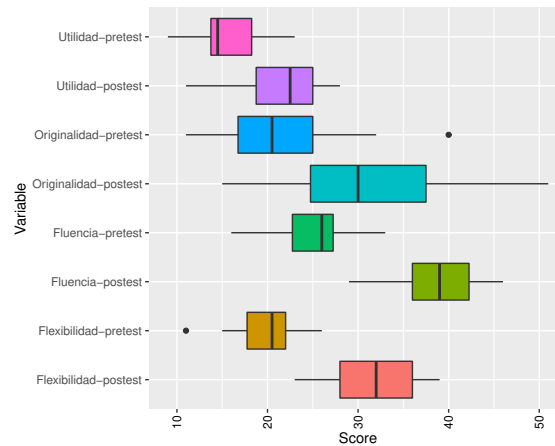
Figura 8-5: Comparación antes y después del tratamiento en APM172. Anexo W.10.4



8.4.5 Creatividad en ICTS172

En ICTS172 se evaluaron 16/31 casos apareados pretest ($\alpha = .84$) y postest ($\alpha = .83$). Las pruebas de Shapiro-Wilk ($p > .05$), el análisis de los gráficos y la prueba de Levene ($p > .05$) mostraron que las muestras pueden considerarse normales y con homocedasticidad (Anexos W.9.5, W.9.7 y W.9.6). Por consiguiente, el análisis se realiza con la prueba-t.

La Figura 8-6 muestra el incremento notable de la originalidad antes y después del tratamiento.

Figura 8-6: Comparación antes y después del tratamiento en ICTS172

La prueba-t mostrada en la Tabla 8-39 indica que todas las variables creativas son diferentes significativamente entre las dos pruebas (Anexo W.9.9), con incremento en la fluencia ($M = 13.9, SD(4.05), \hat{d} = 3.4$), en la flexibilidad ($M = 12.1, SD(4.13), \hat{d} = 2.92$), en la originalidad ($M = 9,6, SD(8.3), \hat{d} = 1.2$) y en la utilidad ($M = 5.6, SD(4.2), \hat{d} = 1.3$). Estos resultados indican el tratamiento tiene un efecto alto en la creatividad.

Tabla 8-39: Prueba-t pretest-postest en ICTS172

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	10,56	0,00	13,81	-4,05	1,31	11,03	16,60	-4,79	-3,41	-2,00
t.flex	9,29	0,00	12,06	-4,13	1,30	9,29	14,83	-4,15	-2,92	-1,66
t.ori	3,41	0,00	9,56	-8,27	2,80	3,58	15,54	-1,95	-1,16	-0,34
t.usa	3,25	0,01	5,56	-4,19	1,71	1,91	9,21	-2,15	-1,33	-0,47

$n=16, DF=15, dos-colas$

En la Figura 8-6 se ilustran gráficamente los pares de los casos apareados pretest y postest de ICTS172.

8.4.6 Creatividad en PAI172

El análisis estadístico de PAI172 comenzó con $n = 29, \alpha = .81$ muestras apareadas de pretest y postest. Posteriormente se eliminaron 3 casos atípicos (Anexo W.7). Las pruebas de normalidad están en los Anexos W.7.4 y W.7.6.

De acuerdo con la prueba de Wilcoxon el tratamiento no produjo variaciones estadísticamente significativas en las variables creativas con $p > .05$ (Anexo W.7.11). Sin embargo, existe una

variación positiva en la originalidad ($Mdn = 5.25, SD = (9, 25), \hat{d} = .63$). Estos datos también fueron confirmados con una prueba-t adicional (Anexo W.7.8).

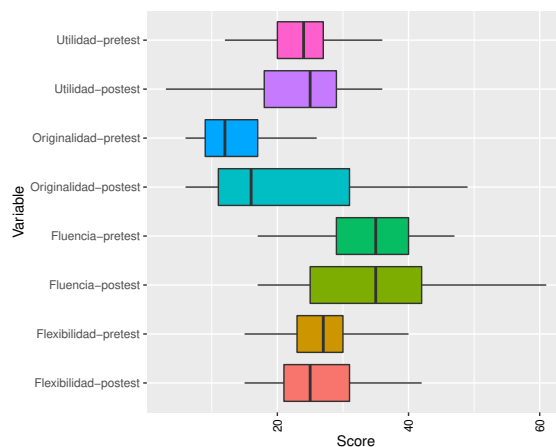
Tabla 8-40: Prueba-V pretest-postest en PAI172

	V	p.valor	Diferencia		point.pr	conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			s.media	SD		inf	sup	inf	efecto	sup
w.flu	132,00	0,86	-0,75	-10,00	0,01	-5,00	6,00	-0,58	-0,03	0,53
w.flex	121,00	0,62	-1,25	-7,61	0,01	-5,00	4,00	-0,51	0,04	0,60
w.ori	255,50	0,01	5,25	-9,25	0,00	1,00	9,00	-1,20	-0,63	-0,04
w.usa	177,50	0,44	1,75	-7,49	0,00	-3,00	5,50	-0,69	-0,14	0,42

n=49 pares, dos-colas, Exact Wilcoxon signed rank test

En la Figura 8-7 se muestra la variación de las variables de creatividad para el curso de PAI172.

Figura 8-7: Comparación antes y después del tratamiento en PAI172



8.4.7 Creatividad en ELE172

La creatividad en ELE172 fue estudiada con 49 casos apareados pretest ($\alpha = .86$) y postest ($\alpha = .84$). En el Anexo W.11 se resumen los valores estadísticos para las cuatro variables consideradas. Las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk indicaron que las distribuciones son normales para la mayoría de las variables ($p > .05$). La originalidad tanto en el pretest ($W = 1, p = .05$) y postest ($W = .9, p > .05$) indicaron que la distribución no se aproxima a una normal (Anexos W.11.5 y W.11.7). Las varianzas en todas las variables y pares de pruebas son homocedásticas (Anexo W.11.6). Se aplicó la prueba de rangos de Wilcoxon para determinar la variación entre los ensayos.

La Tabla 8-41 indica los resultados de la prueba de Wilcoxon a todos los pares de variables (Anexo W.11.10). No existen diferencias estadísticamente significativas en los resultados de pretest y postest

de las cuatro variables de creatividad ($p > .05$). De acuerdo con el tamaño del efecto indicado en tabla es bajo para todas las variables.

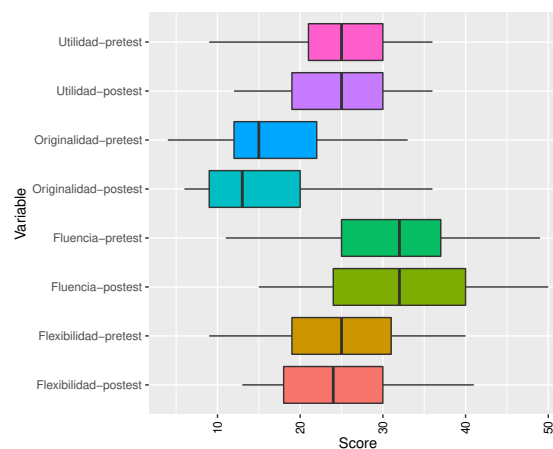
Tabla 8-41: Prueba-V pretest-postest en ELE172

	V	p.valor	Diferencia		point.pr	conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			s.media	SD		inf	sup	inf	efecto	sup
w.flu	657,00	0,33	1,25	-9,74	0,00	-1,50	4,00	-0,52	-0,12	0,28
w.flex	590,00	0,99	0,25	-7,68	0,00	-2,00	2,00	-0,39	0,01	0,40
w.ori	429,50	0,32	-1,25	-7,01	0,00	-4,00	1,50	-0,21	0,19	0,58
w.usa	598,50	0,72	0,25	-6,52	0,00	-2,00	3,00	-0,43	-0,03	0,36

n=49 pares, dos-colas, Exact Wilcoxon signed rank test

En la Figura 8-8 se ilustra las variaciones de la creatividad antes y después del tratamiento.

Figura 8-8: Comparación antes y después del tratamiento en ELE172. Anexo W.11.4



8.4.8 Creatividad en Peama172

La creatividad en Peama172 fue evaluada con una muestra de 18 casos apareados pretest ($\alpha = .76$) y postest ($\alpha = .87$), los cuales fueron reducidos a 15 luego de eliminar los casos atípicos (Anexo W.12). La muestra del pretest de originalidad no es normal ($W = 0,8, p = 0.01$) para una confianza del 95% fijada para todas las pruebas en este estudio (Anexos W.12.5 y W.12.7). Las muestras de fluencia y flexibilidad no son homogéneas ($F(1) = 3.16, p = .086$) y ($F(1) = 6.33, p = .018$) respectivamente, según los resultados de la prueba Levene en el Anexo W.12.6.

Los resultados de la prueba Wilcoxon indican que no existe una variación significativa ($p > .05$) en la creatividad de Peama172 después de aplicar el tratamiento.

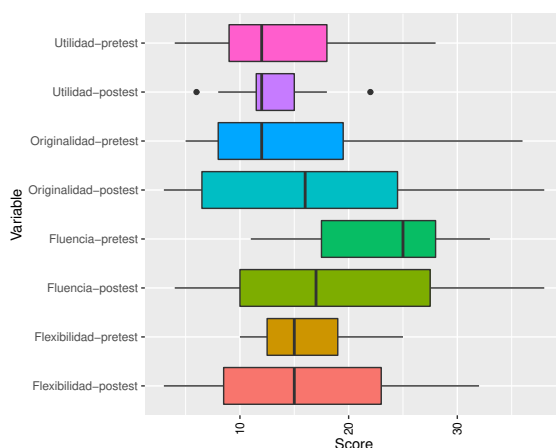
Tabla 8-42: Prueba-V pretest-postest en Peama 172

	V	p.valor	Diferencia		point.pr	conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			s.media	SD		inf	sup	inf	efecto	sup
w.flu	24,00	0,08	-4,25	-9,19	0,00	-9,50	1,00	-0,30	0,44	1,17
w.flex	43,00	0,89	-0,25	-7,47	0,03	-5,50	5,00	-0,70	0,02	0,73
w.ori	58,50	0,73	0,75	-9,80	0,01	-4,50	6,50	-0,82	-0,10	0,62
w.usa	50,00	0,89	-0,25	-5,16	0,02	-4,50	4,00	-0,73	-0,01	0,70

n=15 pares, dos-colas, Exact Wilcoxon signed rank test

La Figura 8-9 ilustra la variación de la creatividad en Peama172. Este curso a diferencias de otros incluye estudiantes de otros programas como zootecnia y enfermería

Figura 8-9: Comparación antes y después del tratamiento en Peama172



8.4.9 Creatividad en AAUMAP

La muestra de creatividad en AAUMAP fue analizada con 18 casos apareados de pretest ($\alpha = .91$) y postest ($\alpha = .88$). Se presentó un caso atípico en la utilidad, pero este no fue reducido para el análisis ya que su eliminación no tenía efecto sobre las evaluaciones de normalidad y homocedasticidad (Anexo W.13). La prueba de Shapiro-Wilk mostró que todas las distribuciones de las variables pueden considerarse normales ($p > .05$) como las curvas de distribución y cuantiles (Anexo W.13.5 y W.13.7). La prueba de Levene para cada variable indicó que hay homocedasticidad en la varianza para todas ellas (Anexo W.13.6). Por tal razón, la prueba-t cumple con los criterios para evaluar la diferencia de medias entre los ensayos antes y después del tratamiento.

Los resultados de la prueba-t se muestran en la Tabla 8-43. La fluencia tiene una variación estadísticamente significativa ($t(17) = 3.3, p < .05, \hat{d} = .73$), ($M = 5.17, SD(7.1)$) con un efecto alto. La flexibilidad de las ideas también aumento ($t(17) = 2.8, p < .05, \hat{d} = .67$), ($M = 4.33, SD(6.5)$) y la utilidad ($t(17) = 2.8, p < .05, \hat{d} = .56$), ($M = 3.3, SD(6.0)$). Con un efecto menor, no existe

variación significativa en la originalidad, $t(17) = 1.48, p = .1, \hat{d} = .41$, ($M = 1.82, SD(4.5)$) (Anexo W.13.8).

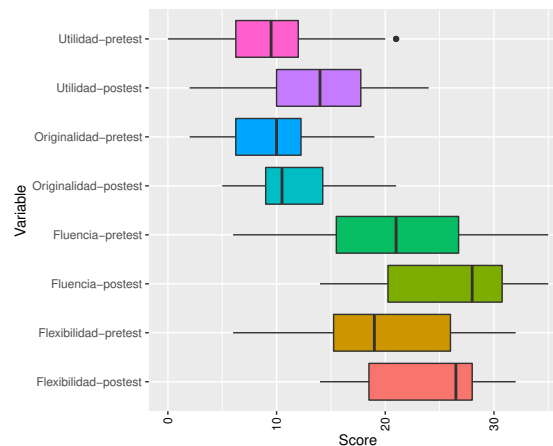
Tabla 8-43: Prueba-t pretest-postest en AAUMAP

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	3,30	0,00	5,17	-7,10	1,56	1,87	8,47	-1,42	-0,73	-0,02
t.flex	2,79	0,01	4,33	-6,49	1,55	1,06	7,61	-1,35	-0,67	0,03
t.ori	1,48	0,16	1,83	-4,53	1,23	-0,77	4,44	-1,07	-0,40	0,27
t.usa	2,80	0,01	3,33	-5,98	1,19	0,82	5,85	-1,23	-0,56	0,13

$n=18, DF=17, dos-colas$

La Figura 8-10 muestra la variación de la creatividad en las cuatro variables de los cursos AAUMAP. La fluencia, la flexibilidad y la utilidad variaron significativamente. Sin embargo, a originalidad no varió.

Figura 8-10: Comparación antes y después del tratamiento en AAUMAP



8.4.10 Creatividad en MSCCIVIL

El curso de Máster en Ingeniería Civil de la Universidad de Aalborg se incluye como referencia creativa para la creatividad de AAUMAP, pero no se incluyó en el análisis de los resultados culturales. Este curso utilizó 5 de 8 casos representativos del curso apareados de pretest ($\alpha = .76$) y postest ($\alpha = .9$) detallados en el Anexo W.14.

La prueba de Shapiro indicó que la distribución es normal ($p > .05$), aunque la lectura de las gráficas no es concluyente (Anexos W.14.5 y W.14.7). La prueba de Levene indicó homocedasticidad en la varianza de las muestras apareadas, $P > .05$ (Anexo W.14.6). Se realizó la prueba-t para comprobar el efecto del tratamiento.

La Tabla resume los resultados de la prueba-t. No existe variación estadísticamente en las variables de la creatividad antes y después del tratamiento ($p > .05$), indicando que el tratamiento no tiene efecto.

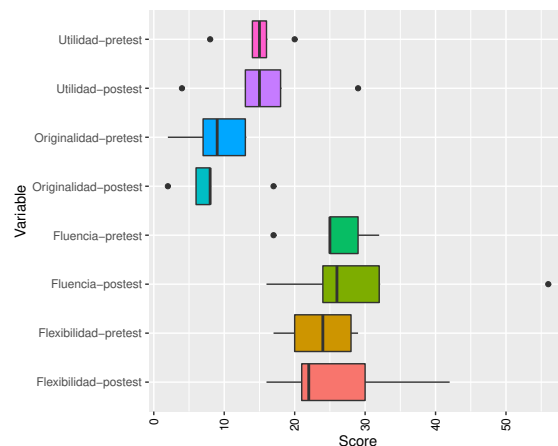
Tabla 8-44: Prueba-t pretest-postest en MSCCIVIL

	t	p.valor	Diferencia			conf.int 95%		Cohen.d 95%		
			medias	SD	stderr	inf	sup.	inf	efecto	sup
t.flu	1,09	0,34	5,20	-10,26	4,76	-8,01	18,41	-1,76	-0,51	0,81
t.flex	0,96	0,39	2,60	-7,20	2,69	-4,88	10,08	-1,60	-0,36	0,92
t.ori	-0,26	0,81	-0,60	-4,53	2,34	-7,09	5,89	-1,12	0,13	1,37
t.usa	0,27	0,80	1,20	-6,34	4,42	-11,07	13,47	-1,42	-0,19	1,07

$n=5$, pares, $DF=4$ dos-colas

La Figura 8-11 muestra la variación de las variables de la creatividad de acuerdo con los datos tomados.

Figura 8-11: Comparación antes y después del tratamiento en MSCCIVIL. Anexo W.14.6



8.4.11 Resumen de las pruebas

La Tabla 8-45 resume los resultados de la prueba CEDA aplicada. De acuerdo con la descripción de los cursos, la fluencia de ideas se produce en los cursos donde el proyecto es formulado a partir de un problema real y es el eje del curso. Por el contrario, en los cursos donde el proyecto es complemento de la clase o como resultado de las actividades de la clase, no hay una variación estadísticamente significativa de la creatividad.

Tabla 8-45: Resumen de la creatividad de los cursos analizados

	Fluencia		Flexibilidad		Originalidad		Utilidad	
IDS191	SI	$p < 0$	SI	$p < 0$	SI	$p < 0$	SI	$p < 0$
IDS172	SI	$p = 0,02$	SI	$p = 0,01$	SI	$p = 0,03$	SI	$p = 0,01$
TPI2017	SI	$p < 0$	No	$p = 0,16$	No	$p = 0,16$	SI	$p = 0,01$
APM172	No	$p = 0,57$	No	$p = 0,64$	No	$p = 0,63$	No	$p = 0,72$
ICTS172	SI	$p < 0$	SI	$p < 0$	SI	$p < 0$	SI	$p = 0,01$
PAI172	No	$p = 0,86$	No	$p = 0,62$	SI	$p = 0,01$	No	$p = 0,44$
ELE172	No	$p = 0,33$	No	$p = 0,99$	No	$p = 0,33$	No	$p = 0,72$
Peama172	No	$p = 0,08$	No	$p = 0,89$	No	$p = 0,73$	No	$p = 0,89$
AAUMAP	SI	$p < 0$	SI	$p = 0,01$	No	$p = 0,16$	SI	$p = 0,01$
MSCCIVIL	No	$p = 0,34$	No	$p = 0,39$	No	$p = 0,81$	No	$p = 0,08$

La flexibilidad en las ideas aparece en los cursos donde el proyecto es abierto y hay una intervención alta con las partes interesadas fuera del curso. Los cursos de IDS se caracterizaron por haber formulado un problema cerrado. En la primera versión de IDS172 con PBL el problema se propuso, mientras que, en la versión del 2019, IDS utilizó un problema abierto, poco formulado al principio, con el modelo cercano al de Aalborg AAUMAP (Sección 7.2.1).

Por su parte, la originalidad de las ideas se incentiva en los cursos donde el proyecto es el eje central en la asignatura y no como un entregable adicional dado por los profesores a los estudiantes. En IDS los problemas se dieron temáticamente, como ocurre con PAI. En AAUMAP el problema del proyecto fue entregado en un catálogo con 10 opciones de proyecto. En ICTS172 los proyectos se originaron temáticamente utilizando problemas reales de localidades vulnerables y con necesidades (Sección 7.2.4).

La utilidad de las ideas también apareció en los mismos cursos donde hubo crecimiento en la fluencia de las ideas en el proyecto, es decir, donde el proyecto es central en el curso.

El caso de PAI es especial ya que, si bien es un curso que utiliza un proyecto como elemento central, siendo el proyecto abierto, los entregables del proyecto, para ese entonces, están estructurados (Sección 7.2.5. En la siguiente sección se espera que el análisis de regresión lo explique.

El caso de Peama172, como se explicó en la sección 7.2.6 los estudiantes realizan el proyecto, pero siguen la estructura de una clase como ocurre con APM172 y ELE172 (Secciones 7.2.3 y 7.2.8).

Finalmente, el caso de la maestría en ingeniería civil, el proyecto es abierto, mal formulado, con estudiantes graduados. La estructura del proyecto sigue los protocolos de una investigación de posgrado.

8.5 Relación cultura y creatividad

Los datos utilizados en las secciones 8.3 y 8.4 fueron apareados con el fin de obtener una matriz con valores QFR junto con el cambio en los datos de las variables creativas antes y después. La matriz se organizó de la forma $F(Y) = X$ donde X son las respuestas culturales y $Y = x_{ipostest} - x_{ipretest}$ son las respuestas apareadas por participantes. En el modelo de regresión, las variables dependientes representan la cantidad de ideas mientras que las variables independientes representan puntuaciones de las respuestas al cuestionario QFR en el espacio de los componentes desde los cuales se estudia el modelo.

El apareamiento de QFR y CEDA produjo 154 casos (Anexo X.3). Los valores atípicos fueron revisados eliminando nueve casos. En el Anexo X.5 está la descripción estadística y los diagramas de caja para los 145 casos utilizados en el análisis de regresión múltiple, con 84 de IDS191, 27 de ICTS, 12 de APM172, 12 de PAI172, 7 de Peama172, 2 de TPI191, 1 de ROB172191.

El análisis utilizó 108 variables independientes que se agruparon por factores. Cada factor fue obtenido a partir del espacio vectorial generado en cada caso del ACP tratado en la sección 8.3 para reducir número de variables. Posteriormente se realizó regresión múltiple para cada uno de los casos ACP, con las respuestas vistas desde los factores en ese espacio, para obtener los predictores creativos en función del comportamiento cultural, mostrado en el Anexo X.6.

En cada regresión se probaron todos los factores y combinaciones para encontrar los coeficientes significativos con ayuda de las funciones `lm` y `setCor` en `r`.

8.5.1 Variables de prueba de IDS191

El modelo de regresión múltiple con todos los factores explicó el 9.3% de la varianza. Los efectos individuales de los factores fueron analizados. En la Tabla 8-46 se indica la correlación entre las variables dependientes e independientes.

Las variables de la creatividad están todas asociadas significativamente ($p < 0$). La fluencia con la flexibilidad, $r = -.83$, con la originalidad $r = .3$ y la utilidad, $r = .35$. A su vez la flexibilidad con la originalidad $r = .38$ y la utilidad $.39$, mientras que éstas dos últimas con $r = -.23$.

La orientación a las actividades, explicado en la Sección 8.3.1, está compuesta por la apatía de los estudiantes a la clase y su motivación, los cuales están asociados positivamente con la fluencia ($r = .24$) y la utilidad de las ideas ($r = .23$). Las variables creativas están asociadas entre sí, como la fluencia y la flexibilidad, lo que significa que parte de la varianza del modelo está incluida en la combinación de estas variables (Ver detalles en X.6.1).

El desempeño está asociado positivamente con el saber ($r = .32, p < 0$), la colaboración ($r = .51, p < 0$), el liderazgo ($r = .22, p < 0$), el trabajo con agenda ($r = .34, p < 0$) y el uso de IT

Tabla 8-46: Correlación entre variables independientes y dependientes

	RC1	RC2	RC4	RC5	RC7	RC3	RC6	RC9	RC8	RC10	Flu	Flex
RC1	1											
RC2	0,32	1										
RC4	0,51	0,41	1									
RC5	0,22	0,31	0,24	1								
RC7	0,39	0,3	0,41	0,23	1							
RC3	-0,14	-0,01	-0,11	0,04	0,07	1						
RC6	0,07	0,27	0,08	0,03	-0,07	0,07	1					
RC9	0,34	0,21	0,23	0,25	0,34	0,08	0,07	1				
RC8	0,01	0,12	-0,04	0,07	0,11	0,16	0,12	0	1			
RC10	0,26	0,35	0,28	0,21	0,25	0,15	-0,07	0,15	0,13	1		
Flu	0,12	0,16	0,04	0,06	-0,03	-0,1	0,24	0,09	0,03	-0,02	1	
Flex	0,1	0,12	-0,03	0	-0,08	0	0,14	0,04	0,08	-0,07	0,83	1
Ori	0,07	0,06	-0,01	0,06	-0,05	-0,03	0,03	0,11	0,15	-0,03	0,3	0,38
Uti	0,06	0,03	0,04	0,06	-0,16	-0,05	0,23	-0,03	-0,05	-0,01	0,35	0,39

RC1, Orientado al desempeño; RC2, al saber; RC4, a la colaboración; RC5, al liderazgo;

RC7, autoconfianza; RC3, a pasar; RC6, a actividades; RC9, trabajo con agenda;

RC8, Interdependencia; RC10 al uso de IT.

($r = .26, p = .01$). El saber está asociado positivamente con la colaboración ($r = .41, p < 0$), el liderazgo ($r = .31, p < 0$), la autoconfianza ($r = .3, p < 0$), la orientación a IT ($r = .35, p < 0$), las actividades ($r = .27, p < 0$) y la agenda ($r = .21, p = .01$). La colaboración está asociada al liderazgo, ($r = .24, p < 0$), a la auto confianza ($r = .41, p < 0$), a la agenda ($r = .23, p < 0$) y al IT ($r = .28, p < 0$). El liderazgo y la autoconfianza están asociados positivamente ($r = .23, p < 0$), con la agenda ($r = .25, p < 0$) y con el IT ($r = .21, p < 0$). La autoconfianza está asociada con la agenda ($r = .34, p < 0$) y con el uso de IT ($r = .25, p = .01$).

Estos resultados están indicando los efectos positivos del liderazgo, la agenda y el uso de IT para el desarrollo del proyecto.

En la regresión lineal múltiple para predecir la creatividad, el RC6 explicó significativamente el 8% de la varianza para fluencia y utilidad $F(1, 143) = 12.5, p < .01, R^2_{ajustado} = .07$. El coeficiente de regresión ($B = 3.5, 95\%CI[1.6, 5.5], p < 0$) indica que el incremento en RC6 favorece la creatividad en 3.5 puntos.

```
lm(formula = Flu + Uti ~ RC6, data = mydata.glm.p)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-44,42	-9,61	-0,52	10,71	31,77

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9,966	1,264	7,88 7,4e-13 ***
RC6	3,523	0,998	3,53 0,00056 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 15,2 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0801, Adjusted R-squared: 0,0737

F-statistic: 12,5 on 1 and 143 DF, p-value: 0,000561

La varianza explicada por RC6 es baja, pero normal para este tipo de estudios. A pesar de ello, el análisis a posteriori puede predecir la fluencia al abstraer el efecto de la flexibilidad en el modelo donde, la varianza explicada se incrementa a 72%. En este modelo sin ideas flexibles, la orientación a pasar RC3 tiene un impacto negativo sobre la fluencia $t(141) = -2.34$; mientras que la orientación a las actividades, $t(141) = 2.92$ la favorece.

```
lm(formula = Flu ~ RC3 + RC6 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:11,
12, 13, 14)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-14,825	-3,179	0,198	2,980	22,656

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,1852	0,5777	2,05 0,042 *
RC3	-1,1221	0,4803	-2,34 0,021 *
RC6	1,2125	0,4146	2,92 0,004 **
Flex	1,1564	0,0648	17,85 <2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,24 on 141 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,715, Adjusted R-squared: 0,709

F-statistic: 118 on 3 and 141 DF, p-value: <2e-16

8.5.2 Variables de prueba del espacio IDS182

La correlación en la Tabla 8-47 de las respuestas de CEDA y QFR en el espacio de los componentes de IDS182, definido en la sección 8.3.2, muestra que la orientación a la utilidad RC5 podría impactar las ideas útiles ($r = .16, p = .01$), pero nada más ya que, no hay correlaciones significativas con otros factores y variables de la creatividad (Anexo X.6.2). La eficacia RC1 está asociada positivamente con la motivación RC3 ($r = .57, p < 0$) y con el compromiso RC7 ($r = .43, p < 0$). El compromiso

Tabla 8-47: Correlación entre variables independientes y dependientes en IDS182

	RC1	RC3	RC2	RC7	RC6	RC4	RC5	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1										
RC3	0,57	1									
RC2	-0,08	-0,16	1								
RC7	0,43	0,3	0,03	1							
RC6	0,03	0,05	0,07	0,18	1						
RC4	0,14	0,07	0,13	0,03	0,24	1					
RC5	0,1	0,1	0,11	0,16	0,02	0,08	1				
Flu	0,1	0,12	-0,03	0,05	-0,03	0,05	0,12	1			
Flex	0,04	0,12	0,04	-0,02	-0,07	0,05	0,03	0,83	1		
Ori	0,13	0,1	0,05	0,11	-0,01	0,08	0,02	0,3	0,38	1	
Uti	0,01	0,01	0	0,06	-0,04	0,08	0,16	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, Desempeño; RC3, motivación emocional; RC2, pasar; RC7, compromiso RC6, líder; RC4, independencia; RC5, actividades

también está asociada a la motivación ($r = .3, p < 0$) y al liderazgo ($r = .18, p = .05$). A su vez el liderazgo RC6 y la independencia RC4 están asociados ($r = .24, p < 0$).

El modelo general de regresión múltiple no muestra una predicción significativa ($p < .05$) con alguna de las variables.

En el análisis a posteriori, la fluencia combinada en el criterio substrayendo la flexibilidad, el modelo puede explicar el 70% de la varianza ($F(3, 141) = 111, R^2 = .7, R^2_{aj} = .7, p < 01$). La orientación a las actividades puede predecir la creatividad $B = 1.2, 95\%CI[0, 2.3], p < .05$.

```
lm(formula = Flu ~ RC2 + RC5 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:11)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-16,518	-3,190	-0,125	3,024	24,366

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1,0796	0,5891	1,83	0,069 .
RC2	-0,8199	0,5058	-1,62	0,107
RC5	1,2046	0,5493	2,19	0,030 *
Flex	1,1833	0,0656	18,04	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,38 on 141 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,702, Adjusted R-squared: 0,696

F-statistic: 111 on 3 and 141 DF, p-value: <2e-16

8.5.3 Variables de prueba de TPI2017

Los valores de la correlación en la Tabla 8-48 muestran que la fluencia ($r = .19, p = 0.05$) podría estar asociadas con la satisfacción por desempeño RC1 (Anexo X.6.3).

Tabla 8-48: Correlación entre variables independientes y dependientes en TPI2017

	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1								
RC2	-0,01	1							
RC3	0,27	0,06	1						
RC4	-0,19	-0,28	0,11	1					
RC5	0,12	-0,08	0,32	0,26	1				
Flu	0,19	0,07	0,09	-0,17	0,03	1			
Flex	0,12	-0,05	0,02	-0,1	0,01	0,83	1		
Ori	0,11	-0,09	0,04	-0,01	0,08	0,3	0,38	1	
Uti	0,03	-0,09	0,03	-0,09	0,04	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, la satisfacción; RC2, Autodirección (reversado); RC3, Contribución; RC4, a pasar; RC5, independencia

Los factores culturales de la Table 8-48 muestran que la satisfacción RC1 está impactada positivamente por la orientación a contribuir RC3 ($r = .27, p < 0$) y negativamente por la orientación a la nota y a pasar ($r = -.19, p = .02$). A su vez, la orientación a la nota RC4, con ($Mdn = 3.5$) decreció con la autodirección RC2 ($r = -.28, p < 0$) o se aumenta con la presión. Además, la contribución RC3 crece con la independencia RC5 ($r = .32, p < 0$). Esta independencia de trabajo RC5 también está favorecida por la orientación a pasar RC4 ($r = .26, p = .01$)

De acuerdo con los resultados de la sección 8.4.3, el TPI produce creatividad leve. El modelo general que combina todas las variables de creatividad muestra que ninguna variable independiente puede predecir el comportamiento creativo de manera significativa. El factor RC1 de satisfacción (Tabla 8.3.3) extrae el 2.6% de la varianza del modelo, sin efecto significativo sobre la creatividad, $F(1, 143) = 3.83, p = .052, R^2 = .03, R_{aj}^2 = .02$. El coeficiente de regresión $B = 4.8$ podría indicar que un incremento en el desempeño podría causar un aumento en el número de ideas y fluencia de 4.8 puntos (Anexo X.6.3).

Cuando se subtrae el efecto de la flexibilidad, el criterio es la fluencia y el predictor es la autodirección, $F(3, 141) = 114, R^2 = .71, R_{aj}^2 = .7, p < 0$ que la afecta positivamente, $B = 2.46$. El modelo también muestra con un nivel de confiabilidad menor a la satisfacción en favor de la fluencia.

```
lm(formula = Flu ~ RC1 + RC2 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-16,402	-3,472	0,099	3,636	24,148

Coefficients:

```

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1,1088 0,5847 1,90 0,060 .
RC1 1,1080 0,5985 1,85 0,066 .
RC2 1,1356 0,4619 2,46 0,015 *
Flex 1,1758 0,0655 17,95 <2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

```

Residual standard error: 6,32 on 141 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,708, Adjusted R-squared: 0,701

F-statistic: 114 on 3 and 141 DF, p-value: <2e-16

8.5.4 Variables de prueba del espacio APM172

La correlación en la Tabla 8-49, de respuestas de CEDA y QFR en el espacio de los componentes de APM de la sección 8.3.4, en general no hay correlaciones significativas entre los factores de comportamiento cultural y la creatividad, excepto por una leve relación entre el aprendizaje y la originalidad ($p = .1$) como se indica en el Anexo X.6.4. No obstante, se presentan algunas correlaciones entre algunos valores culturales.

En el tratamiento de APM172, la orientación a las personas indica que las relaciones, la independencia, la colaboración y el aprendizaje están asociados significativamente, aunque el aprendizaje mutuo tiene un efecto leve sobre la originalidad como se verá más adelante. Los otros factores si bien están asociados, no tienen un efecto sobre la creatividad. El análisis inicial muestra que no

Tabla 8-49: Correlación entre variables independientes y dependientes en APM172

	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5	RC6	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1									
RC3	0,41	1								
RC2	0,76	0,28	1							
RC4	0,71	0,44	0,54	1						
RC5	0,3	0,28	0,2	0,28	1					
RC6	0,1	-0,14	0,1	0,17	0,39	1				
Flu	-0,03	0,07	-0,04	-0,07	-0,07	0,02	1			
Flex	-0,1	0,03	-0,12	-0,13	-0,11	-0,01	0,83	1		
Ori	0,03	0,08	0,02	-0,07	0,17	0,04	0,3	0,38	1	
Uti	0,01	0	0,01	-0,01	0,02	0,08	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, personas; RC3, relaciones; RC2, independencia; RC4, colaboración
RC5, aprendizaje mutuo; RC6, roles

hay una relación entre los factores culturales y la creatividad, consistente con los resultados de la sección 8.4.4, donde no hubo creatividad. Sin embargo, el aprendizaje mutuo puede predecir levemente a la originalidad $F(2, 142) = 3.1, R^2 = .04, R^2_{aj} = .03, p < .05$, donde el aprendizaje mutuo $t(142) = 2.35, B = 1.63, p < 0, 95\%CI [.3, 3]$ tiene un efecto positivo directo sobre la originalidad.

```
lm(formula = Ori ~ RC4 + RC5, data = mydata.glm.p[, c(1:6, 9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-20,139	-4,748	0,154	4,380	24,380

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3,028	0,604	5,02 1,6e-06 ***
RC4	-0,715	0,489	-1,46 0,15
RC5	1,632	0,695	2,35 0,02 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 7,27 on 142 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0419, Adjusted R-squared: 0,0284

F-statistic: 3,1 on 2 and 142 DF, p-value: 0,048

El análisis a posteriori, sin el efecto de la flexibilidad, también indica que el aprendizaje mutuo tiene efecto significativo sobre la fluencia.

```
lm(formula = Flu + Ori + Uti ~ RC5 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:10)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-32,06	-6,65	-0,15	6,68	31,53

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5,464	1,108	4,93 2,2e-06 ***
RC5	2,511	1,106	2,27 0,025 *
Flex	1,915	0,124	15,47 < 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 12 on 142 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,628, Adjusted R-squared: 0,623

F-statistic: 120 on 2 and 142 DF, p-value: <2e-16

8.5.5 Variables de prueba del espacio ICTS

La correlación en la Tabla 8-50, que muestra las respuestas de CEDA y QFR en el espacio de los componentes de ICTS de la sección 8.3.5, indica que la motivación RC4 ($r = .21, p = .04$) y la autodirección ($r = .19, p = .01$) están asociados positivamente con la fluencia. En contraste, la orientación a pasar ($r = -.2, p = .02$) tienen un efecto negativo. El efecto de la motivación sobre la flexibilidad ($r = .14, p = .13$) es leve y no significativo. Los factores de QFR en ICTS no tienen efecto significativo en la originalidad y la utilidad de las ideas. En el Anexo X.6.5 están los valores significativos de las correlaciones.

Tabla 8-50: Correlación entre variables independientes y dependientes en ICTS172

	RC1	RC3	RC2	RC4	RC6	RC5	RC8	RC7	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1											
RC3	0,35	1										
RC2	-0,01	0,33	1									
RC4	0,58	0,59	0,33	1								
RC6	-0,26	-0,31	-0,45	-0,35	1							
RC5	0,06	0,31	0,33	0,41	-0,17	1						
RC8	0,48	0,45	0,31	0,74	-0,29	0,49	1					
RC7	0,27	0,31	0,19	0,49	0,01	0,51	0,55	1				
Flu	0,09	0,03	0,19	0,21	-0,2	0,05	0,16	-0,01	1			
Flex	0,04	-0,06	0,08	0,14	-0,06	-0,01	0,08	-0,06	0,83	1		
Ori	0,11	0,03	0	0,07	-0,04	-0,04	0,09	-0,02	0,3	0,38	1	
Uti	0	-0,1	-0,1	-0,06	-0,03	-0,02	-0,05	-0,1	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, la calidad; RC3, a las personas; RC2, a autodirección; RC4, a motivar RC6, a pasar; RC5, al líder; RC8, a aprendizaje mutuo; RC7, independencia;

La motivación está asociada positivamente con la orientación a la calidad ($r = .58, p < 0$), a la autodirección ($r = .35, p < 0$), a las personas, ($r = .59, p < 0$), al liderazgo ($r = .43, p < 0$), a la independencia ($r = .49, p < 0$) y al aprendizaje mutuo ($r = .74, p < 0$), pero negativamente con la orientación a pasar ($r = -.35, p < 0$).

Así mismo, la orientación a las personas está asociada con la calidad ($r = .35, p < 0$), la autodirección ($r = .33, p < 0$), el liderazgo ($r = .31, p < 0$), la independencia ($r = .31, p < 0$) y el aprendizaje mutuo ($r = .45, p < 0$), pero negativamente con la orientación a pasar ($r = -.32, p < 0$).

La orientación para pasar también tiene efecto sobre la calidad ($r = .26, p = .01$), la autodeterminación ($r = -.45, p < 0$) y el aprendizaje mutuo ($r = -.29, p < 0$).

El modelo paso a paso de la regresión lineal mostró que la motivación RC4 ($t(140) = 2.9, p < .01, 95\%CI[.9, 4.6]$) tiene un efecto significativo sobre la cantidad de ideas, $F(4, 140) = 3.7, R^2 = .09, R^2_{aj} = .07, p < 0.01$, aumentándola en $B = 2.75$. Así mismo, la orientación a las personas RC3, $t(140) = -1.7, p < .05, 95\%CI[-5.3, .4]$ la afecta negativamente, pero con menor significancia estadística. La autodirección también podría afectar favorablemente a la fluencia $t(140) = 1.9, p = .05, 95\%CI[0, 3]$.

```
lm(formula = Flu ~ RC3 + RC2 + RC4 + RC7, data = mydata.glm.p[,
c(1:9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-41,96	-6,97	1,20	6,87	27,48

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5,731	0,927	6,18 6,5e-09 ***
RC3	-2,435	1,455	-1,67 0,097 .
RC2	1,541	0,784	1,96 0,051 .
RC4	2,755	0,942	2,92 0,004 **
RC7	-1,347	0,865	-1,56 0,122

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 11,2 on 140 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0947, Adjusted R-squared: 0,0688

F-statistic: 3,66 on 4 and 140 DF, p-value: 0,00721

El modelo a posteriori que se muestra a continuación explica el 73% de la varianza cuando se excluye el efecto de la flexibilidad.

```
lm(formula = Flu ~ RC6 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:12)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-16,039	-3,405	0,259	3,640	22,720

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,0401	0,5522	1,88 0,0616 .
RC6	-1,6682	0,4993	-3,34 0,0011 **
Flex	1,1760	0,0595	19,77 <2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,17 on 151 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,73, Adjusted R-squared: 0,726

F-statistic: 204 on 2 and 151 DF, p-value: <2e-16

Así se predice una reducción de ideas cuando la orientación a la nota aumenta. $t(151) = -1.7, p < .01$ en el modelo de regresión múltiple $F(2, 151) = 204, R^2 = .73, R_{aj}^2 = .73, p < .0$.

8.5.6 Variables de prueba del espacio PAI

La correlación en la Tabla 8-51, de respuestas de CEDA y QFR en el espacio de los componentes de PAI de la sección 8.3.6, muestra baja correlación entre las variables independientes y dependientes, pero algunas de las correlaciones bajas son significativas. La fluencia no tiene ninguna correlación estadísticamente significativa. El Anexo X.6.6 tiene los valores significativos de las correlaciones.

La orientación a la instrucción está asociada positivamente con la cohesión ($r = .44, p < 0$), el trabajo ($r = .53, p < 0$) y la reflexión ($r = .47, p < 0$). La orientación al trabajo y a la instrucción también crecen proporcionalmente ($r = .53, p < 0$).

Tabla 8-51: Correlación entre variables independientes y dependientes en PAI172

	RC1	RC3	RC2	RC4	RC5	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1								
RC3	0,5	1							
RC2	0,19	0,15	1						
RC4	0,44	0,53	-0,01	1					
RC5	0,32	0,47	0,38	0,16	1				
Flu	0,1	0	0,16	0,05	0,13	1			
Flex	0,02	-0,03	0,06	-0,02	0,05	0,83	1		
Ori	0,03	0	-0,02	-0,07	-0,04	0,3	0,38	1	
Uti	0,06	-0,04	-0,01	0,16	-0,01	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, cohesión; RC3, al trabajo; RC2, a pasar, RC4, a instrucción
RC5, reflexión

El modelo de regresión múltiple por pasos $F(2, 142) = 3.4, R^2 = .05, R_{aj}^2 = .03, p = .04$ explica la relación entre la orientación a la instrucción ($t(142) = 2.24, p = .03$) y la utilidad de las ideas, que se incrementan en $B = 2, 95\%CI[.5, 3.6]$ cuando la primera aumenta. Pero el modelo también mostró que la orientación al trabajo representada por el compromiso con las actividades tiene efecto negativo menos significativo ($t(142) = -1.8, p = .08, B = -1.5.CI[-2.6, .1]$).

```
lm(formula = Uti ~ RC3 + RC4, data = mydata.glm.p[, c(1:5, 9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-21,097	-5,181	-0,247	4,955	19,284

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	4,234	0,611	6,93	1,4e-10 ***

RC3	-1,250	0,704	-1,78	0,078 .
RC4	2,034	0,799	2,55	0,012 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 7,36 on 142 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0452, Adjusted R-squared: 0,0318

F-statistic: 3,36 on 2 and 142 DF, p-value: 0,0374

Al sustraer el efecto de la flexibilidad, el modelo lineal explica significativamente el impacto positivo de la orientación a pasar con el número de ideas, $F(3, 141) = 113, R^2 = .71, R_{aj}^2 = .7, p < 0$, con $B = 1, t(141) = 2.5, 95\%CI[.2, 1.8], p < .05$. En PAI, a diferencia de otros grupos, la orientación a pasar incluye cierta autodirección ya que los estudiantes manifestaron un bajo interés a proteger la reputación.

lm(formula = Flu ~ RC2 + RC4 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:9)])

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-16,719	-3,313	-0,518	3,266	22,727

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,1109	0,5861	1,90 0,060 .
RC2	1,0113	0,4108	2,46 0,015 *
RC4	0,8823	0,5831	1,51 0,133
Flex	1,1753	0,0653	18,00 <2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,34 on 141 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,706, Adjusted R-squared: 0,699

F-statistic: 113 on 3 and 141 DF, p-value: <2e-16

Cuando el criterio es la utilidad, se sustraen los efectos de la flexibilidad con la originalidad, pero la orientación a instrucción puede predecirla, $F(4, 140) = 9.2, R^2 = 0.2, R_{aj}^2 = .19, p < 0$. Este modelo explica menos varianza que el modelo anterior, pero confirma que la instrucción tiene un efecto positivo sobre la utilidad $B = 2.15, 95\%CI[.7, 3.6], p < 0.01$, pero el compromiso con la realización de tareas asignadas negativo, $B = -1.23, CI[-2.5, 0], p = 0.06$ con menos confiabilidad.

lm(formula = Uti ~ RC3 + RC4 + Flex + Ori, data = mydata.glm.p[,


```
c(1:9)]]
```

Residuals:

```
Min      1Q  Median      3Q      Max
-15,550 -4,369 -0,419  4,094  21,958
```

Coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2,6247    0,6385    4,11 6,7e-05 ***
RC3          -1,2382    0,6464   -1,92  0,057 .
RC4           2,1513    0,7349    2,93  0,004 **
Flex          0,3196    0,0749    4,27 3,6e-05 ***
Ori           0,1167    0,0826    1,41  0,160
```

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,75 on 140 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,209, Adjusted R-squared: 0,186

F-statistic: 9,22 on 4 and 140 DF, p-value: 1,21e-06

8.5.7 Variables de prueba del espacio ELE191

La correlación entre las variables mostrada en la Tabla 8-52 solamente indica que la fluencia está correlacionada levemente pero significativamente con el compromiso RC5 ($r = .17, p = .04$), ya que las otras correlaciones de factores y variables de creatividad no están significativamente correlacionadas (Anexo X.6.7)

Tabla 8-52: Correlación entre variables independientes y dependientes en ELE191

	RC1	RC5	RC3	RC2	RC4	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1								
RC5	0,62	1							
RC3	0,51	0,51	1						
RC2	-0,16	-0,15	-0,08	1					
RC4	0,23	0,23	0,36	0	1				
Flu	0,1	0,17	0,1	-0,11	0,03	1			
Flex	0,06	0,11	0,12	-0,02	-0,05	0,83	1		
Ori	0,11	0,09	0,05	0,01	0,02	0,3	0,38	1	
Uti	0	0,05	-0,03	-0,04	0,05	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, profesor; RC5, compromiso; RC3, a motivar;
RC2, pasar; RC4, a la contribución con tareas

Los factores obtenidos están explicados en la sección 8.3.7 y las correlaciones de ACP en la Tabla

8-20. La orientación al profesor RC1 impacta positivamente al compromiso RC5 ($r = .62, p < 0$), a la motivación ($r = .51, p < 0$) y a la contribución con tareas RC4 ($r = .23, p < 0$), pero no significativamente a la orientación a pasar ($r = -.16, p = .08$). La motivación RC3, además, está asociada positivamente con la contribución a las tareas ($r = .36, p < 0$) y con el compromiso en el grupo ($r = .51, p < 0$). Estos resultados son consistentes con los de la Tabla **8-20**.

El modelo de regresión múltiple explica la relación que existe entre el compromiso y la fluencia, $F(1, 143) = 4.165, R^2 = .028, R^2_{ak} = .02, 95\%CI[0, 4.1], p = .04$, cuando se incrementa el compromiso parece incrementarse la fluencia $B = 2.1, p = .04$. Esta característica parece ser propia del alto componente de instrucción que tiene este curso sobre el proyecto que es el resultado del contenido enseñados durante las clases y motivado por el profesor.

```
m(formula = Flu ~ RC5, data = mydata.glm.p[, c(1:5, 6)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-39.083	-7.205	0.181	8.551	24.563

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.7310	0.9504	6.030 1.33e-08 ***
RC5	2.0550	1.0069	2.041 0.0431 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.44 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0283, Adjusted R-squared: 0.02151

F-statistic: 4.165 on 1 and 143 DF, p-value: 0.0431

Cuando se subtrae el efecto de la flexibilidad, la orientación a pasar puede predecir la fluencia de las ideas, $F(3, 141) = 111, R^2 = .7, R^2_{aj} = .7, p < 0$.

Call:

```
lm(formula = Flu ~ RC2 + RC4 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-15,671	-3,331	-0,366	3,494	23,216

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
----------	------------	---------	----------

```

(Intercept)  1,0717    0,5893    1,82    0,071 .
RC2          -0,9741    0,4710   -2,07    0,040 *
RC4           0,8147    0,5344    1,52    0,130
Flex          1,1853    0,0656   18,06   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

```

Residual standard error: 6,38 on 141 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,702, Adjusted R-squared: 0,696

F-statistic: 111 on 3 and 141 DF, p-value: <2e-16

8.5.8 Variables de prueba del espacio Peama172

El tratamiento del proyecto en Peama no tiene efecto sobre la creatividad. En la matriz de correlaciones de la Tabla 8-53 no muestra alguna correlación con los factores culturales explicados en 8.3.8 y las variables de cultura. La Tabla indica baja correlación, que, además, no es estadísticamente significativa ($p > .05$) cuyos valores están en el Anexo X.6.8

Tabla 8-53: Correlación entre variables independientes y dependientes en Peama172

	RC1	RC5	RC2	RC3	RC6	RC4	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1									
RC5	1	1								
RC2	0.88	0.89	1							
RC3	-0.97	-0.96	-0.76	1						
RC6	0.99	0.99	0.92	-0.94	1					
RC4	0.99	0.99	0.86	-0.98	0.98	1				
Flu	-0.03	-0.03	0	0.03	-0.03	-0.04	1			
Flex	-0.06	-0.06	-0.05	0.05	-0.07	-0.06	0.83	1		
Ori	-0.03	-0.03	0.03	0.03	0	-0.01	0.3	0.38	1	
Uti	0.03	0.03	0.05	-0.03	0.03	0.04	0.35	0.39	0.23	1

Orientado a: RC1, la colaboración; RC5, la cohesión; RC2, al profesor; RC3, a pasar RC6, al diálogo; RC4, al rol

Los resultados de esta baja correlación son coherentes con los resultados de la sección 8.4.8. Sin embargo, entre los factores hay varias correlaciones altas, mayores a las obtenidas en la extracción de componentes de la Tabla 8-22. La colaboración en Peama está negativamente asociada con la orientación a pasar ($r = .96, p < 0$), pero positivamente asociada al dialogo, al rol ($r = .99, p < 0$) y al profesor ($r = .88, p < 0$). La orientación por pasar también afecta a la cohesión ($r = -.96, p < 0$), al diálogo ($r = -.94, p < 0$) y a la orientación al profesor ($r = -.74, p < 0$). Pero así mismo existe una relación entre la orientación al profesor y el diálogo ($r = .92, p < 0$) como si el profesor tuviese una influencia notoria en ello como al rol ($r = .92, p < 0$), confirmado por esta asociación positiva entre dialogo y rol ($r = .98, p < 0$). El rol está impactado por todos los factores excepto por la orientación a la nota, que a su vez parece afectar negativamente a todos los factores. El resultado

de la correlación entre la orientación al profesor y la nota ($r = -.76, p < 0$) difiere del resultado mostrado en la extracción de componentes donde se obtuvo una asociación positiva ($r = .15$).

8.5.9 Variables de prueba del espacio MEC172181

Los resultados de la correlación entre factores culturales expuestos en el tratamiento de los cursos de mecanismos y la creatividad se muestran en la Tabla 8-54.

La fluencia está asociada positivamente con el compromiso RC1 ($r = .16, p = .04$) y con la orientación al problema RC6 ($r = .19, p = -.01$). Estos dos factores están asociados entre sí positivamente ($r = .59, p < 0$). La originalidad muestra varias asociaciones con los constructos, pero ninguna es estadísticamente significativa.

Tabla 8-54: Correlación entre variables independientes y dependientes en MEC172182

	RC1	RC3	RC6	RC7	RC2	RC4	RC5	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1										
RC3	-0,19	1									
RC6	0,59	-0,19	1								
RC7	0,51	-0,14	0,71	1							
RC2	0,82	-0,02	0,62	0,45	1						
RC4	0,23	-0,48	0,05	-0,07	0,27	1					
RC5	0,72	0,02	0,35	0,41	0,59	0,03	1				
Flu	0,16	-0,06	0,19	0,05	0,07	0,13	0,06	1			
Flex	0,05	0,01	0,07	-0,04	0	0,05	0,05	0,83	1		
Ori	0,1	-0,12	0,13	-0,04	0,05	0,07	0,12	0,3	0,38	1	
Uti	0,05	-0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,01	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, compromiso; RC3, autodirección; RC6, al problema; RC7, la instrucción RC2, al diálogo; RC4, a las actividades; RC5, al proceso

El problema está asociado al compromiso ($r = .59, p < 0$), al diálogo ($r = .62, p < 0$), al proceso ($r = .35, p < 0$) y a la instrucción ($r = .71, p < 0$), pero negativamente con la autodirección ($r = -.19, p = .05$). La orientación al proceso está asociada con el compromiso ($r = .72, p < 0$), el diálogo ($r = .59, p < 0$) y la instrucción ($r = .41, p < 0$).

La autodirección está asociada negativamente con el compromiso ($r = -.19, p = .03$) y las actividades ($r = -.48, p < 0$); pero no tiene asociación significativa con la instrucción, el diálogo o el proceso.

El modelo de la primera regresión múltiple paso a paso $F(4, 140) = 3, R^2 = .078, R_{aj}^2 = .05, p < .02$ indica que tanto la orientación a la instrucción predice significativamente a la originalidad ($t(140) = -2.7, p < .01$) como la orientación al problema ($t(140) = 2.9, 95\%CI[.7, 3.5], p < .01$) y el proceso ($t(140) = 2.1, 95\%CI[.1, 2.6], p < .05$); pero la instrucción tiene un efecto negativo con $B = -2.5, 95\%CI[-4.3, .6]$. Este modelo explica el 7.8 % de la varianza. (Anexo X.6.9).

```
lm(formula = Ori ~ RC6 + RC7 + RC2 + RC5, data = mydata.glm.p[,
c(1:7, 10)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-17,183	-4,924	-0,133	4,615	22,783

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3,028	0,596	5,08 1,2e-06 ***
RC6	2,067	0,708	2,92 0,0041 **
RC7	-2,484	0,931	-2,67 0,0085 **
RC2	-0,658	0,441	-1,49 0,1379
RC5	1,318	0,637	2,07 0,0404 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 7,18 on 140 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0783, Adjusted R-squared: 0,0519

F-statistic: 2,97 on 4 and 140 DF, p-value: 0,0216

Como ha sido recurrente, la fluencia y la flexibilidad están correlacionadas ($r = .83$). Por lo tanto, si se subtrae el efecto de la flexibilidad en la regresión múltiple, la fluencia y la orientación a las actividades explican el 72% de la varianza, con $F(5, 139) = 71.6.4, R^2 = .72, R_{aj}^2 = .71, p < .01$). En este caso, la orientación a las actividades ($t(139) = 2,95\%CI[0, 1.8], p < .05$) y el problema ($t(139) = 2.3, 95\%CI[-2, 2.1], p < .05$) predicen la cantidad de ideas. Así mismo, la orientación al compromiso y al diálogo la predicen, pero en un nivel menos significativo.

```
lm(formula = Flu ~ RC1 + RC6 + RC2 + RC4 + Flex, data = mydata.glm.p[,
c(1:11)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-15,180	-3,144	0,434	3,321	22,812

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,2068	0,5763	2,09 0,038 *
RC1	1,0477	0,5807	1,80 0,073 .
RC6	1,1473	0,4935	2,32 0,022 *
RC2	-0,8993	0,4859	-1,85 0,066 .
RC4	0,9200	0,4585	2,01 0,047 *
Flex	1,1509	0,0646	17,81 <2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,23 on 139 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,72, Adjusted R-squared: 0,71

F-statistic: 71,6 on 5 and 139 DF, p-value: <2e-16

8.5.10 Variables de prueba del espacio GER182

La correlación entre las variables mostrada en la Tabla 8-55 indica que la motivación mutua RC4 está correlacionada con la fluencia ($r = .2, p = .01$) y con la flexibilidad ($r = .22, p < 0$). Así mismo la originalidad está correlacionada levemente pero significativamente con la satisfacción ($r = .16, p = .01$) y con la orientación a agendar ($r = .17, p = .02$). Estos resultados se muestran en el Anexo X.6.10.

Tabla 8-55: Correlación entre variables independientes y dependientes en GER182

	RC1	RC5	RC2	RC3	RC4	RC7	RC6	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1										
RC5	0,72	1									
RC2	-0,04	0,17	1								
RC3	0,13	0,14	0,27	1							
RC4	0,37	0,02	-0,15	-0,32	1						
RC7	0,46	0,52	0,15	-0,07	0,09	1					
RC6	0,19	0,11	0,12	0,07	0,02	0,11	1				
Flu	0,1	0,06	0	-0,04	0,2	0,07	0,07	1			
Flex	0	-0,05	0	-0,05	0,22	0,03	-0,01	0,83	1		
Ori	0,16	0,1	0,07	0,08	0,08	0,17	0,04	0,3	0,38	1	
Uti	0,03	0,06	0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,17	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, satisfacción; RC5, cohesión; RC2, la contribución; RC3, Interdependencia RC4, motivación mutua; RC7, agendar; RC6, Actividades

La motivación mutua está asociada con la satisfacción ($r = .37, p < 0$) y negativamente con la independencia ($r = -.32, p < 0$). No se encontró asociación significativa con la orientación a la contribución, a la cohesión, a las actividades y a la agenda. La orientación a las actividades está asociada con la satisfacción ($r = .19, p = .01$), pero no significativamente con los demás elementos. La orientación a la agenda está asociada positivamente solamente con la satisfacción ($r = .46, p < 0$) y con la cohesión ($r = .52, p < 0$).

El análisis paso a paso de la regresión múltiple parece mostrar que la motivación mutua puede predecir a la creatividad, $F(1, 143) = 4.394, R^2 = .03, R_{aj}^2 = .02, p = .04$ con $B = 2, 7$. Sin embargo, este resultado es explicado con poca varianza.

```
lm(formula = Flu + Flex + Uti + Ori ~ RC4, data = mydata.glm.p[,
c(1:11)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-96.364	-17.912	-0.929	16.348	64.506

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	16.924	2.163	7.824 1.03e-12 ***
RC4	2.692	1.284	2.096 0.0378 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 26.05 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.02981, Adjusted R-squared: 0.02303

F-statistic: 4.394 on 1 and 143 DF, p-value: 0.03782

La misma prueba con la fluencia combinada con la flexibilidad como criterio, muestra que la motivación también la predice con mayor varianza, $F(1, 143) = 7, R^2 = .05, R_{aj}^2 = .04, p < 0$ con $B = 2.4, 95\%CI[.9, 4.2], p < .01$. Este cambio en variables se debe a que en el modelo inicial, como ya se ha explicado antes, la fluencia y la flexibilidad tienen dependencia lineal entre sí (Anexo X.6.10)

```
lm(formula = Flu + Flex ~ RC4, data = mydata.glm.p[, c(1:7, 8, 9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-64,95	-13,46	0,12	11,25	42,31

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9,662	1,534	6,30 3,5e-09 ***
RC4	2,409	0,911	2,65 0,0091 **

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 18,5 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0467, Adjusted R-squared: 0,04

F-statistic: 7 on 1 and 143 DF, p-value: 0,00907

la orientación a la agenda puede predecir la originalidad cuando esta es el único criterio $F(1, 143) = 4.48, R^2 = .03, R_{aj}^2 = .02, p = .04$, con $t(143) = 2.13, 95\%CI[.1, 2.2]$.

```
lm(formula = Ori ~ RC7, data = mydata.glm.p[, c(1:7, 10)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-16,886	-4,243	-0,462	3,820	24,207

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3,028	0,605	5,00 1,6e-06 ***
RC7	1,140	0,539	2,12 0,036 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 7,29 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0304, Adjusted R-squared: 0,0236

F-statistic: 4,48 on 1 and 143 DF, p-value: 0,0361

La orientación a las actividades puede predecir la utilidad, con $F(1, 143) = 4.49$, $R^2 = .03$, $R_{aj}^2 = .02$, $p = .04$, $t(143) = 2.12$, $95\%CI[.1, 2.3]$

`lm(formula = Uti ~ RC6, data = mydata.glm.p[, c(1:7, 11)])`

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-22,190	-5,530	-0,242	4,980	18,708

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4,234	0,614	6,90 1,6e-10 ***
RC6	1,176	0,555	2,12 0,036 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 7,39 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0305, Adjusted R-squared: 0,0237

F-statistic: 4,49 on 1 and 143 DF, p-value: 0,0358

Cuando se tiene en cuenta la flexibilidad como el criterio y se substraen los efectos de las otras variables, teniendo en cuenta la multicolinealidad, la satisfacción y la motivación pueden predecir el a la flexibilidad creativa, $F(6, 138) = 65$, $R^2 = .74$, $R_{aj}^2 = .73$, $p < 0$. Sin embargo, la satisfacción reduce la flexibilidad $B = -1.18$, $95\%CI[-2.1, -.3]$, $p < .01$, mientras que la motivación la aumenta $B = .49$, $95\%CI[0, .9]$, $p < .05$. La flexibilidad está compuesta de las demás variables creativas.


```
lm(formula = Flex ~ RC1 + RC4 + RC6 + Flu + Ori + Uti, data = mydata.glm.p[,
c(1:11)])
```

Residuals:

```
Min      1Q  Median      3Q      Max
-15.4830 -2.2418  0.4436  2.5281 10.1185
```

Coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.05724    0.42943  -0.133  0.89415
RC1          -1.18724    0.45336  -2.619  0.00981 **
RC4           0.49483    0.22944   2.157  0.03276 *
RC6          -0.48841    0.32942  -1.483  0.14045
Flu           0.52094    0.03427  15.201 < 2e-16 ***
Ori           0.15924    0.05117   3.112  0.00226 **
Uti           0.12295    0.05176   2.375  0.01890 *
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.237 on 138 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7386, Adjusted R-squared: 0.7272

F-statistic: 64.98 on 6 and 138 DF, p-value: < 2.2e-16

8.5.11 Predicción según el espacio de ROB172191

La correlación entre las variables mostrada en la Tabla 8-56 indica que la autodirección RC2 impacta negativamente a la fluencia ($r = -.18p = .01$). Los otros factores están correlacionados significativamente con la creatividad (Anexo X.6.11).

Tabla 8-56: Correlación entre variables independientes y dependientes en ROB172182

	RC1	RC3	RC5	RC2	RC4	Flu	Flex	Ori	Uti
RC1	1								
RC3	0,31	1							
RC5	0,53	0,52	1						
RC2	0,33	-0,03	0,16	1					
RC4	0,45	0,15	0,25	0,1	1				
Flu	0,12	0,06	0,08	0,18	0,03	1			
Flex	0,04	0,04	0	0,04	-0,03	0,83	1		
Ori	0,07	0,06	0,04	-0,01	0,05	0,3	0,38	1	
Uti	0,05	0,03	0	-0,02	0,01	0,35	0,39	0,23	1

Orientado a: RC1, instrucción; RC3, sobre estima; RC5, las relaciones RC2, autodirección; RC4, las tareas

La autodirección está solamente asociada significativamente con la orientación a la instrucción ($r = .33, p < 0$), ya que los estudiantes no mostraron baja orientación a la nota ($Mdn = 3$). Así mismo, la orientación a la instrucción está asociada a la sobre estima ($r = .31, p < 0$), a las tareas ($r = .45, p < 0$) y a las relaciones ($r = .53, p < 0$). Las relaciones también están asociadas con la sobre estima ($r = .52, p < 0$) y las tareas ($r = .4, p < 0$).

La autodirección puede predecir la fluencia ya que tiene un impacto significativo sobre ella, $F(1, 143) = 4.98, R^2 = .034, R_{aj}^2 = .03, p = .03$, disminuyéndola en $B = -.2$ cuando su puntuación en uno.

```
lm(formula = Flu ~ RC2, data = mydata.glm.p[, c(1:5, 6)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-39,81	-7,16	1,06	7,83	23,76

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5,731	0,948	6,05 1,2e-08 ***
RC2	2,024	0,907	2,23 0,027 *

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 11,4 on 143 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,0337, Adjusted R-squared: 0,0269

F-statistic: 4,98 on 1 and 143 DF, p-value: 0,0271

La prueba a posteriori detallada con más casos en el Anexo X.6.11), indica como en todos los casos anteriores que si se substraee la flexibilidad de la fluencia la varianza puede explicar el 71% del modelo con la autodirección como única variable predictora, $t(142) = 3.43$ y $B = 1.7, 95\%CI[.7, 2.7], p < .01$.

```
lm(formula = Flu ~ RC2 + Flex, data = mydata.glm.p[, c(1:9)])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-15,058	-3,255	-0,032	3,502	23,010

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,1102	0,5773	1,92 0,05648 .
RC2	1,7051	0,4969	3,43 0,00079 ***

Flex 1,1755 0,0643 18,29 < 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 6,25 on 142 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0,712, Adjusted R-squared: 0,708

F-statistic: 176 on 2 and 142 DF, p-value: <2e-16

8.5.12 Resumen

La Tabla 8-57 resume los factores culturales que tienen efecto sobre la creatividad en diseño en ingeniería, en cada uno de los espacios de componentes principales de los cursos estudiados.

Tabla 8-57: Valores culturales predictores de las variables de creatividad

Espacio	Factor	B	β	F	R_{aj}^2	Flu	Flex	Ori	Uti
IDS191	Actividades	3,50**	0,24**	15,2**	0,074	c			c
APM172	Aprendizaje mutuo	1,60*	0,2*	3,1*	0,03			c	
ICTS172	Motivar	2,8**	0,32**	3,7**	0,07	c			
ICTS172	Motivar	2,1**	0,33**	3,7**	0,05		c		
ICTS172	Personas	-2,17**	-0,23*	3,7**	0,05		c		
PAI172	Instrucción	2,0**	0,25**	3,4*	0,032				c
ELE191	Compromiso	2,1*	0,17*	4,2*	0,022	c			
MEC172181	Compromiso	2,7*	0,15*	2,98**	0,08	c			
MEC172181	Problema	3,4**	0,14*	2,98**	0,08	c			
MEC172181	Diálogo	-2,7**	-0,16*	2,98**	0,08	c			
MEC172181	Actividades	2,1**	0,09*	2,98**	0,08	c			
MEC172181	Proceso	1,1*	0,22*	2,97*	0,05			c	
MEC172181	Problema	2,1**	0,39**	2,97*	0,05			c	
MEC172181	Instrucción	-2,5**	-0,32**	2,97*	0,05			c	
GER182	Motivación	12,4**	0,2**	7**	0,04	c	c		
GER182	Agenda	1,1*	0,17*	4,5*	0,02			c	
GER182	Actividades	1,2*	0,17*	4,5*	0,02				c
ROB172	Autodirección	2,02*	0,18*	5*	0,027	c			

c: criterio, p: predictor, * $p < .05$; ** $p < .01$. Basado en regresión múltiple

Cuando se substraen el efecto de la flexión en el modelo de regresión múltiple, la mayoría de los modelos fueron explicados con alrededor del 70% de la varianza. Esto se debe a que la fluencia y la flexibilidad tienen una correlación alta. Así mismo las demás variables creativas están correlacionadas entre sí con valores menores. Este se debe a la forma como se evaluó la prueba CEDA.

En la evaluación de CEDA se contaron todas las ideas y se señalaron las ideas flexibles. Pero estas ideas flexibles fueron también contadas con las alternativas de utilidad y originalidad. De allí que el conjunto de todas las ideas flexibles no está incluido en todas las ideas de fluencia. En la Tabla

8-58 se muestra las variables que predicen la creatividad cuando no se tiene en cuenta ninguna idea flexible.

Tabla 8-58: Valores culturales predictores de las variables de creatividad estandarizados

Espacio	Factor	B	β	F	R^2_{aj}	Flu	Flex	Ori	Uti
IDS191	Pasar	-1,12*	-0,11*	118**	0,71	c	p		
IDS191	Actividades	1,21**	0,13**	118**	0,71	c	p		
IDS182	Actividades	1,20*	0,1*	111**	0,7	c	p		
TPI2017	Autodirección	1,14*	0,11*	114**	0,7	c	p		
APM172	Aprendizaje mutuo	2,5*	0,23*	120**	0,62	c	p	c*	c
ICTS172	Pasar	-1,67**	-0,12*	204**	0,73	c	p		
PAI172	Pasar	1,01*	0,11	113**	0,7	c	p		
PAI172	Instrucción	2,15**	0,26**	9,2**	0,19		p	p	c
ELE192	Pasar	-0,97*	-0,1*	111**	0,7	c	p		
MEC172182	Actividades	0,92*	0,09*	71,6**	0,71	c	p		
MEC172182	Problema	1,1*	0,14*	71,6**	0,71	c	p		
GER182	Motivación	0,49*	0,1*	65**	0,72	p	c	p	p
GER182	Satisfacción	-1,19**	-0,13**	65**	0,72	p	c	p	p
GER182	Agenda	1,1*	0,16*	14,5**	0,16		p	c	
GER182	Actividades	1,21*	0,17*	16**	0,17		p		c
ROB172	Autodirección	1,71**	0,15*	176**	0,71	c	p		

c: criterio, p: predictor, * $p < .05$; ** $p < .01$. Basado en regresión múltiple

8.6 Conclusiones

El capítulo presentó los resultados de los análisis estadísticos para cultura entre cursos y cultura en los cursos. Luego presentó el análisis no paramétrico para determinar la diferencia entre los cursos desde el punto de vista de los valores culturales.

Las diferencias entre la creatividad antes y después del curso fue realizadas con pruebas estadísticas paramétrica y no paramétrica sobre la variación creativa de los cursos. A partir de los resultados, se demostró la relevancia que tiene el método de PBL centrado en el proyecto problema para incrementar las habilidades creativas en los estudiantes de ingeniería.

Los resultados de la combinación entre las variables culturales y las variables creativas permitieron primero, mostrar el impacto que tienen estas variables con la creatividad y luego mostrar diferencias entre los cursos. Se demostró con los resultados que algunas variables culturales pueden predecir creatividad.

Los hallazgos de este capítulo probaron que el marco de referencia utilizado en la metodología produce resultados coherentes, sujetos de discusión, que permiten ser analizados posteriormente desde varias perspectivas. Por lo tanto, abren el espacio a nuevas investigaciones.

9 Creatividad en el trabajo del proyecto

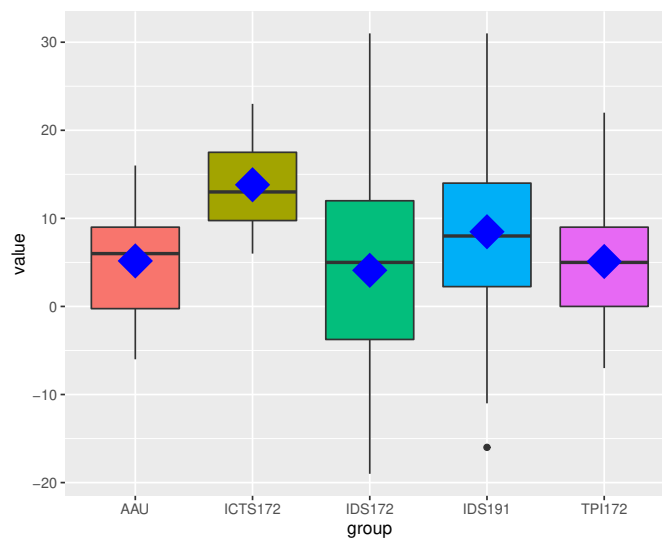
El PBL fomenta la creatividad durante el trabajo del proyecto, como lo indican los resultados obtenidos en las pruebas de pretest y postest en la sección 8.4.11. Para que esto suceda, el proyecto debe reunir algunas condiciones que se describen a continuación, las cuales se apoyan en el método del trabajo de proyecto en los cursos tratados que se describieron en el capítulo 7.

Las definiciones de fluencia, flexibilidad, originalidad y utilidad de la creatividad fueron explicadas en la sección 3.6, consideradas como competencias ya que agrupan varias de las CDI. Es decir, competencias como la fluencia, el pensamiento convergente, divergente, lateral, analogía, metáfora, asociación y hallazgo de problemas; los cuales fueron explicadas en la sección 3.2. La noción de cliente que aparece por primera vez en este capítulo es tomada de [Shea \(2020\)](#). Las definiciones que se utilizan para definir colaboración y cooperación se basan en [Davidson & Major \(2014\)](#).

9.1 Desarrollo de competencias para fluencia en PBL

La Figura 9-1 muestra cinco de los seis cursos donde la creatividad cambió significativamente. El curso con mayor variación positiva es el de ICTS ($M = 13.8$), seguido de IDS191 ($M = 8.5$), AAUMAP ($M = 5.2$), IDS172 ($M = 4.1$) y por último TPI172 ($Mdn = 5.1$).

Figura 9-1: Diferencias significativas de fluencia en cursos PBL. *Gráfica producida en r*



El curso de ICTS incluyó una combinación de sesiones magistrales sobre diferentes aspectos que estaban alineadas con el tema central del curso, pero no con los proyectos (ver sección 7.2.4). A

su vez, los proyectos fueron desarrollados con estudiantes de diversos programas, eran reales y directamente resueltos en la situación del problema. Es decir, por inmersión, fuera del entorno académico, para responder a las necesidades de grupos socialmente vulnerables, con el soporte de un facilitador flotante.

El TPI mostró una menor variación en la fluencia. Utilizó el proyecto también con estudiantes de diversos programas, con temas de las sesiones magistrales, poco alineados a los temas particulares del proyecto, pero reales. A diferencia de ICTS, el trabajo del proyecto fue desarrollado desde el entorno académico, siendo su temática abierta, con problemas de varias características que incluían o no lo social. Así mismo, el facilitador era dedicado, ya que atendía hasta tres grupos de seis estudiantes por curso, mientras que en ICTS había tres para más de 60 estudiantes.

En ambos cursos se utilizó en trabajo interdisciplinario en la práctica educativa. Este implica trabajar con diversidad de personas y de campo del conocimiento. La diversidad tiene varios ingredientes como los atributos funcionales, edad, nivel, redes, haciendo que las decisiones dentro del grupo sean complejas. Si los miembros se involucran y adquieren sentido de pertenencias se favorece la creatividad para mantener la motivación en alto (Gilson & Shalley 2004, Harrison & Klein 2007). Sin embargo, la diversidad tiene consecuencias negativas sobre la creatividad. Los cursos de IDS172, IDS191 y AAUMAP no son interdisciplinarios por definición, pero la composición de los grupos de proyecto es heterogénea ya que son estudiantes de primer semestre con diversos antecedentes.

En la composición de grupos, los miembros realizan un proceso de categorización social, por similitud o atracción, que suele estar asociado como un efecto negativo de la diversidad (van Knippenberg et al. 2013). Inicialmente se creyó que este proceso favorecía la creatividad ya que activa diferentes expectativas dentro y fuera del grupo (Williams & O'Reilly III 1998, Mannix & Neale 2005, Shin et al. 2012, van Knippenberg et al. 2013), por la inclusión de nuevos participantes (Ancona & Caldwell 1992, Agrell & Gustafson 1994); incentivando a la comunicación variada de ideas e información durante el contacto con otros (Monge et al. 1992, Amabile et al. 1996, Perry-Smith & Shalley 2003), incluso a nivel del trabajo científico parecían producirse los mismos efectos (Kasperson 1978). Mas tarde, Kanter (2009) había mostrado que, si bien la composición heterogénea favorece el intercambio de ideas creativas, se pierde ya que tienden a la homogeneidad. Recientemente, Bogilović et al. (2017, 2020) encontraron que la diversidad solamente incentiva el conocimiento, pero tiene un efecto negativo en la creatividad, principalmente por el hecho que los individuos no se involucran o comprometen del todo, deprimiendo la participación en ideas. Otros estudios demuestran que la diversidad en los miembros si funciona para la creatividad, siempre y cuando no se deprima con la incorporación de miembros, y se potencie con variación de tareas (Guo et al. 2021).

Comparado con TPI, los grupos de ICTS fueron compuestos con relativa autonomía y afinidad. En ICTS ellos mismos escogieron los miembros del grupo. Lo mismo ocurrió en AAUMAP y en IDS191 ya que los estudiantes pudieron conocerse durante la primera etapa del proyecto. Sin embargo,

en TPI tenían la restricción de buscar miembros fuera de su círculo disciplinar, y en IDS172 los miembros apenas se conocían comenzando carrera y fueron impuestos. Entonces la heterogeneidad parece haber funcionado positivamente para la generación de ideas, si esta se combina con la autonomía en la composición del grupo.

En cuanto al contacto social, por el lugar del trabajo en la situación, ICTS logró tácitamente mostrar la autenticidad del problema. Los estudiantes no solo conversaron con los clientes, sino que los visitaron y se hospedaron en sus lugares de residencia. Este tipo de interacciones auténticas facilita el intercambio de ideas en aquellos que tienen dificultades en la comunicación (Broomfield et al. 2021). Halsey et al. (2006) argumentaron que la autenticidad o relevancia del trabajo para la propia vida incentiva el valor que los estudiantes le dan al trabajo, favoreciendo la flexibilidad y provocando compromiso entre los participantes, como también lo sostienen Dym et al. (2005) y luego Ovbiagbonhia et al. (2020)

Junto con la autenticidad, el trabajo se realizó en un entorno no familiar, no académico, con interacciones culturales, el cual fomentó la utilización de conocimiento desde varias áreas. Según Leung et al. (2008) estas características favorecen a la creatividad por la conexión y la asociación activa de ideas.

Los problemas poco formulados incentivan la fluencia durante el proceso de resolución de problemas (Gallagher 2015). El proceso mismo de transformación de un problema poco formulado a una declaración de problema implica utilización de herramientas, como la lluvia de ideas que incentivan los mecanismos de creatividad. Durante la solución del problema, los estudiantes deben generar estrategias para definir el producto y cumplir con las expectativas de diseño creadas.

El curso de ICTS tenía un problema poco formulado tácito ya que en la situación del problema y en la interacción con los clientes se causó la conciencia del problema auténtico. El curso de IDS191 tenía un problema explícito poco formulado como en TPI en AAUMAP, pero tenía un grado de avance cuando fue seleccionado durante la composición de los equipos. Por último, el problema de IDS172 era medianamente formulado tenía la intención de ser real, pero no lo era ya que su proposición no motivó la indagación social. Esto sugiere un grado diferente en el efecto creativo, pero no con una incidencia tan fuerte como lo auténtico y situado del problema en el proyecto de ICTS. En la Tabla 7-1 se muestran gráficamente estas diferencias.

También hubo dos factores combinados que pudieron deprimir la generación de ideas, como son el papel del profesor en el proyecto y el desalineamiento de la teoría de sesiones magistrales con el proyecto. El rol del profesor parece influenciar negativamente ya que la creatividad se inhibió tanto en TPI como en IDS, si se compara con ICTS. Como se indicó arriba, en ICTS los estudiantes trabajaron con libertad formulando el problema en la situación, sin mediación del profesor, pero en TPI los estudiantes trabajaron el problema que se seleccionó durante la composición del grupo, con cierto grado de libertad, pero con asistencia semanal del profesor, quién a su vez tenía dos o tres grupos a cargo por curso. En IDS los estudiantes eligieron con libertad la temática del problema

desde varias opciones dadas, pero debían definir el problema con autonomía. Tanto en ICTS, en IDS172 como IDS191 el profesor era un facilitador flotante. Pero en todos los casos el producto es un entregable evaluable que pesa más en la calificación final en TPI e IDS que en ICTS.

La forma o estilo en que se hizo la facilitación o supervisión del profesor no fue observada en este estudio. Es posible que haya incidido a favor o en contra de la creatividad para cada uno de los tres cursos. Si el facilitador se enfoca en aspectos cognitivos, sociales y recursos del entorno la creatividad crece (Harvey 2014), en forma y contenido con el estilo de la retroalimentación, tanto el desempeño como el comportamiento (Lee et al. 2021). Sin embargo, si el facilitador se enfoca en el control deprime la creatividad (Deci & Ryan 1987, Shalley et al. 2004).

Esto es análogo a la forma como se percibe la calificación. Autores como Amabile (1983), Oldham & Cummings (1996), Zhou (2003) y Harvey (2014) afirman que cuando el producto o proceso está siendo evaluado, la creatividad se deprime. Los cinco cursos tenían evaluaciones, pero la evaluación de ICTS tenía menor valor con 40% del total; en TPI el proyecto tenía evaluación con avances, muestra de póster y presentación final; en IDS172 con varios hitos evaluables, presentación de avance, oral y final; en IDS191 con 25% en el primer proyecto y 75% en la entrega y presentación final del proyecto; y en AAUMAP con una presentación del proyecto al final. Si se suma PAI172, donde no hubo variación en la generación de ideas, el proyecto tenía evaluación permanente con varias entregas. Es decir, donde había mayor cantidad de evaluaciones o la evaluación del proyecto era más representativa la fluencia no se incrementó.

Los dos cursos de IDS191 e IDS172 tienen la misma temática (ver sección 7.2.1), pero el efecto en la creatividad fue menor en IDS172. Este curso utilizó un proyecto como eje central e involucró algunas actividades no alineadas con los proyectos, presentando temas preestablecidos. Para el 2019, el curso hizo algunos cambios alineando el proyecto con todas las sesiones magistrales, se enfocó en entrenar a los estudiantes en el problema y su solución, las actividades se hicieron complejas ya que utilizaron la ejemplaridad con la incorporación de piezas de partes reales para compararlas con las que ellos debían diseñar. Así mismo, utilizó la incertidumbre como punto de partida para generar conocimiento en cada temática del currículo. Pero en el caso de este estudio parece haber obrado positivamente, cuando el tema de disciplinar que se aborda con el trabajo de proyecto es inicialmente desconocido para los estudiantes.

Existen pocos estudios que muestren la incidencia del principio de ejemplaridad en el proceso de ideación y originalidad del diseño. Hendry & Tomitsch (2014), en un estudio explorativo encontró que este proceso en la práctica produce resultados contradictorios ya que por una parte incentiva la creatividad, pero por otra produce dificultades en los estudiantes al fijar ideas.

El espacio de diseño tiene implicaciones directas sobre la creatividad o indirectas ya que fomenta hábitos de trabajo en equipo que favorecen la creatividad (Man et al. 2020). Forest et al. (2014) sostienen que el diseño del espacio de trabajo adecuado puede favorecer todos los aspectos de una comunidad de práctica (e.g. Lave & Wenger 1991). En PBL el espacio de trabajo es el lugar

donde los estudiantes se reúnen para colaborar y trabajan en el proyecto con privacidad y sentido de pertenencia (Hmelo-Silver 2004, Hmelo-Silver et al. 2008). Para estimular la creatividad, los espacios están evolucionando, implementando instrumentos de desarrollo para todo el espectro de STEM (*Science, Technology, Engineering and Math*) con instrumentos de laboratorio y máquinas de prototipado rápido entre otras (Garibay et al. 2019, Mersand 2021).

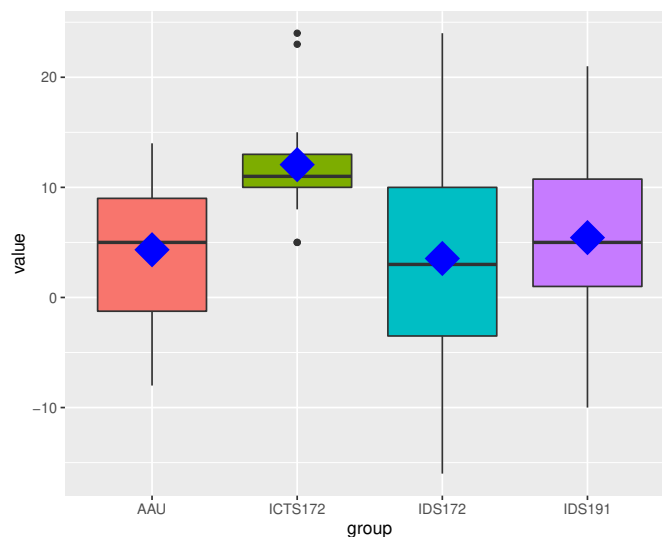
De acuerdo con lo anterior el mayor impacto sobre la generación de ideas lo da el grado de libertad del proyecto en tema y contenido, seguido del lugar de la realización y la interdisciplinariedad. Según los principios de PBL, el proyecto de ICTS estuvo enfocado en la zona social, cerca al vértice inferior del triángulo de Illeris, mientras que en TPI se ubica en una zona intermedia entre los social y el contenido, y en IDS hacia el otro lado en la zona de central.

9.2 Desarrollo de competencias para flexibilidad en PBL

La flexibilidad que comprende la presentación de ideas alternas de solución al problema está asociada al pensamiento divergente, a la iluminación, al pensamiento lateral, a la abducción o al hallazgo de problemas.

En la Figura 9-2 la variación más alta de flexibilidad la tiene ICTS172, $M = 12.1$, seguida de IDS191 $M = 5.4$, AAUMAP $M = 4.3$ e IDS172 $M = 3.5$. La formulación de un proyecto abierto, libre y auténtico parecen haber incidido sobre las ideas flexibles. También parece que la percepción de los estudiantes de realizar un proyecto cuyo proceso o contenido disciplinar es poco relevante en la evaluación. Esto dos aspectos están sugeridos por la diferencia en el formato de PBL de ICTS y los cursos de introducción, IDS72, IDS191 y AAUMAP.

Figura 9-2: Diferencias significativas de flexibilidad en cursos PBL. *Gráfica producida en r*



El proceso para la solución del problema de diseño de IDS172, IDS191, AAUMAP es análogo al de las organizaciones ambidiestras, es decir las que son explorativas y explotativas en su estrategia, que tienen la habilidad de comprometerse en la exploración y la explotación (Jansen et al. 2006, Rosing et al. 2011). La exploración implica cumplir con las necesidades de clientes emergentes, creando nuevos diseños e indagando alternativas, los cuales requieren de nuevo conocimiento o partir de uno existente. La explotación implica incrementar lo que ya se sabe que funciona, cumpliendo con las necesidades de cliente, mejorando los diseños que ya tiene, las habilidades para realizarlo y la eficiencia de todo el proceso involucrado

La creatividad está asociada a las actividades explorativas y explotativas (Rosing et al. 2011, Poon et al. 2020, Zhao et al. 2020). Según Enkel et al. (2017), los individuos que buscan información de fuentes diferentes son impulsados a crear nuevas combinaciones de conocimiento interno y externo, contribuyendo a la ambidestreza; pero este proceso no es automático, sino que requiere de habilidades para identificar el conocimiento relevante, pensamiento independiente, ambición, y habilidades sociales de comunicación. Mas aún, Du (2021) sostiene que no hay una relación clara entre el conocimiento y la creación de nuevas ideas productivas, ya que el conocimiento básico o profundo incide positivamente, pero la heterogeneidad de las ideas puede producir un efecto negativo.

El modelo de IDS191 es ambidiestro ya que el problema de diseño fue abierto, ante un problema conocido, pero incentivando a los estudiantes a adquirir nuevo conocimiento para ellos, trabajando sobre sus bases de educación secundaria, con ejemplos tácitos de alternativas para introducir mejoras a su diseño. Pero el modelo AAUMAP, utiliza temas cerrados, centrándose en el proceso para solucionar el problema, el cual se presenta medianamente formulado a los estudiantes en un catálogo. Su solución se centra en la explotación, más que en la exploración. En IDS172 ocurrió algo similar, cuando se presentaron temas cerrados para una solución al problema formulado, que no tenía como requerimiento mejorarlo.

La formulación abierta del problema provoca flexibilidad. La autonomía fomenta la participación incidiendo sobre la confianza con efecto positivo en la creatividad (Brophy 2006). Los problemas poco definidos motivan a los estudiantes a preguntar a las partes interesadas, cuyas respuestas contribuyen a la formación de nuevas ideas y a realizar conexiones a nivel de la persona que luego redundarán en el grupo. También ayuda a abrir la mente a perspectivas múltiples (Gallagher 2015).

El tipo de formulación del problema incide sobre la flexibilidad en la medida que el problema sea poco formulado, sea situado e incentive naturalmente las interacciones sociales fuera del espacio académico. En todos los cursos con proyecto central y creatividad había un problema con cierto grado de formulación, pero solamente cuatro fomentaron la interacción social, presentando incremento en la flexibilidad, siendo mayor donde la formulación fue auténtica. Esto mismo debería haber ocurrido en PAI, pero hubo otros factores desconocidos, como el desarrollo metodológico tan

guiado que tiene, o los antecedentes con el prejuicio sobre la solución que deben obtener, que quizá deprimieron a la creatividad, o quizá en los otros cursos hubo acciones fuera de lo tradicional para los estudiantes que fomentó el incremento en de la flexibilidad.

La falta de experiencia y antecedentes disciplinares de los cursos introductorios de ingeniería parece haber incidido sobre la flexibilidad. Runco (1992) sostiene que cuando existe menos conocimiento la respuesta típica creativa de los individuos es más flexible.

En varias investigaciones se ha encontrado que el intercambio cultural pasivo, como vista a museos y lugares de interés favorece al pensamiento divergente (Burgess & Addison 2007, Puente-Diaz et al. 2020). En ICTS esto funcionó cuando los estudiantes se movilizaron del ambiente académico al lugar del problema. Además, fue inmersivo creando lazos y fomentando la sensibilidad con personas, lo cual sugiere haber creado compromiso y participación en favor de la creatividad (Saad et al. 2013, Harvey 2014, Sparkman & Hamer 2020).

El desalineamiento del currículo, que tiene efectos negativos sobre el aprendizaje (Cowan & Harding 1986, Biggs 2003), parece favorecer a la creatividad otorgando mayor autonomía al proyecto. Las sesiones alineadas de clase parece que hacen que, voluntaria o involuntariamente, las ideas se generen de acuerdo con el cumplimiento de lo expuesto en clase. En ICTS los temas de la clase fueron bastante diferentes a los del proyecto. Se incluyeron sesiones como teorías filosóficas del conocimiento, tendencias sociales y políticas educativas, mientras que el proyecto era una solución aplicada de ingeniería. En TPI la diferencia fue menor, con sesiones basadas en gestión de proyectos, estrategias y métodos a nivel general, pero desarticuladas con la agenda y metodología de los proyectos. Como TPI si produjo fluencia y no flexibilidad, el cumplimiento de la agenda de entregables y el estilo de facilitación pudieron haber deprimido la generación de ideas flexibles.

En asignaturas como PAI los estudiantes tienen un problema abierto cuando eligen proyecto y tienen la libertad de planear el diseño, pero su desarrollo está delimitado por la metodología impuesta normativa, que deben seguir para llegar a una solución válida de acuerdo con los objetivos de la asignatura. En este curso, como en TPI tampoco hubo variación significativa de la flexibilidad.

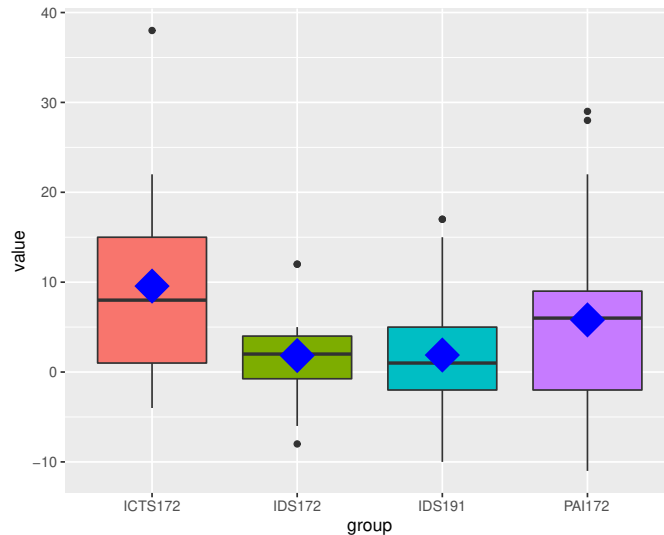
De acuerdo con lo anterior el mayor impacto sobre la flexibilidad lo produce la movilización de ideas a otros espacios, el problema poco formulado y los antecedentes. Según los principios de PBL, el proyecto creativo flexible debería ubicarse en la zona media derecha, compartiendo aspectos sociales, incertidumbre y falta de conocimiento.

9.3 Desarrollo de competencias para producir ideas originales

En la Figura 9-3, la variación más alta de originalidad la tiene ICTS172, $M = 9.6$, seguida de PAI $M = 5.8$, IDS191 $M = 1.9$. e IDS172 $M = 1.8$. Desde el punto de vista de PBL, en los dos cursos donde la originalidad fue alta, el método de proyecto, el formato de la clase, la facilitación de grupos

y el contenido son diferentes; aunque son similares en la cantidad de estudiantes en sus clases y el formato magistral. Esto sugiere que la originalidad de uno o del otro se debe a causas diferentes.

Figura 9-3: Diferencias significativas de originalidad en cursos PBL. *Gráfica producida en r*



El aprendizaje colaborativo parece incentivar el desarrollo de la originalidad. Como ICTS172 y TPI2017 son estructuralmente similares, se esperaría en ambos cursos coherencia con los resultados. En ICTS la heterogeneidad estaba en los antecedentes, tanto disciplinares como académicos que los forzó a un esquema colaborativo que pudo favorecer la presencia de ideas novedosas. Es decir, en los grupos había estudiantes de primeros semestres que quizá aportaban más en ideas que en soluciones profesionales, como quizá si lo hacían los de semestres avanzados. En TPI2017, como los estudiantes eran de carreras diversas, pero con antecedentes relativamente homogéneos, la capacidad de generar soluciones a los temas propuestos se desarrolló en un ambiente cooperativo, tal como los sugiere el comportamiento cultural expuesto explicada en la Sección 8.3.3.

Miron-Spektor & Beenen (2015) sostienen que las metas combinadas y simultáneas de aprendizaje y desempeño fomentan la generación de ideas novedosas. Las metas de aprendizaje hacia el producto original o novedoso son incentivadas por integración de dominios del conocimiento. En consecuencia, el formato de ICTS172 de integración de conocimientos disciplinares y metas de aprendizaje diferentes, junto con el compromiso de desempeño hacia los clientes, directa y naturalmente, parece haber fomentado el desarrollo de ideas originales.

En PAI se impuso una metodología de desarrollo del proyecto que incluyó técnicas de creatividad que la afectaron positivamente. En este curso se exploraron técnicas de creatividad como el TRIZ (Altshuller 1984) y de desarrollo de pensamiento lateral de De Bono (1985), las cuales suelen ser utilizadas para procesos de innovación (Mao et al. 2009, Sun et al. 2020). Además, en PAI, los estudiantes tenían que realizar varias actividades inéditas para ellos, que incluían la postulacion de requerimientos a partir de clientes reales, la formulación de funciones y el diseño por factores.

Como estas tareas eran variadas, pese a que son impuestas, le dieron flexibilización, que aunque fue controlada, estimuló la creatividad (Brophy 2006).

No obstante PAI no se caracterizó por la fluencia, sugiriendo que no hubo una correlación entre la generación de ideas y la originalidad; contradiciendo los hallazgos de autores como Rietzschel et al. (2007), quienes sostienen que a mayor cantidad de ideas propuestas y a mayor exploración del conocimiento profundo, mayor es el chance de que una de esas ideas sea novedosa.

La facilitación también sugiere un efecto en la generación de ideas originales. Los cursos donde hubo variación de la originalidad tenían dos o tres facilitadores flotantes, siendo además cursos grandes, con sesiones magistrales de 60 a 160 estudiantes. Al parecer la falta de sesiones grupales permanentes de facilitación para cada uno de los grupos, redujo el control del profesor sobre el proceso y con ello favoreció la creatividad.

Esto también lo evidencian otros factores como la experiencia disciplinar que tenían los facilitadores en cada curso. En ICTS los profesores de las sesiones magistrales no eran expertos en el contenido técnico de cada proyecto, y tampoco lo era el grupo de facilitación. En PAI los profesores tenían el conocimiento técnico temático y metodológico del proyecto como para influenciar el proceso de su desarrollo, pero no eran suficientes como para asistir semanalmente a más de 20 grupos. Esta situación reduce el control de la facilitación favoreciendo la flexibilidad (Amabile 1983, Shalley et al. 2004, Harvey 2014).

La presión ejercida por los tutores puede tener un efecto positivo cuando produce estrés en los estudiantes, lo que ayudaría explicar el aumento de la originalidad en los cursos de PAI172 e IDS191. Byron et al. (2010) sostienen que el estrés deprime la creatividad si es producido para evaluación, pero recientemente Luis et al. (2020) encontraron que el estrés en la realización de tareas en grupo eleva la originalidad con un efecto en "U", es decir que crece y decrece; ya que de acuerdo con Tian et al. (2020), si la depresión es percibida como un abuso, produce decrecimiento en la generación de ideas. En AAUMAP no hubo variación significativa de las ideas originales a pesar de que en estos cursos los estudiantes trabajan bajo estrés. Sin embargo, este se debe al efecto que produce recolectar y gestionar la información (Rodríguez-Mesa & Spliid 2020) o el tiempo para finalizar el trabajo y tareas como lo indicaron las entrevistas a los estudiantes de AAUMAP (Anexo F-1).

A diferencia de AAUMAP, en los cursos IDS191 e IDS172 hubo variación significativa en el desarrollo de originalidad. En estos cursos los niveles de estrés pudieron ser diferentes, quizá más bajos. Esto debería ser sujeto de investigación para un trabajo futuro. Los tres son modelos de PBL con diferencias en el formato (Sección 7.2.1, p. 7.2.1), pero tienen en común que los estudiantes están comenzando sus estudios. Incluso, tanto en IDS191 como en AAUMAP, los grupos eran de 8 miembros, mientras que en IDS172 de 4 a 5, como los grupos de los cursos de ICTS172 y PAI172.

Como estos tres cursos son de primeros semestres, la falta de variación en la originalidad en AAUMAP es atribuible al tipo de facilitación que es intensa ya que hay un facilitador dedicado a un

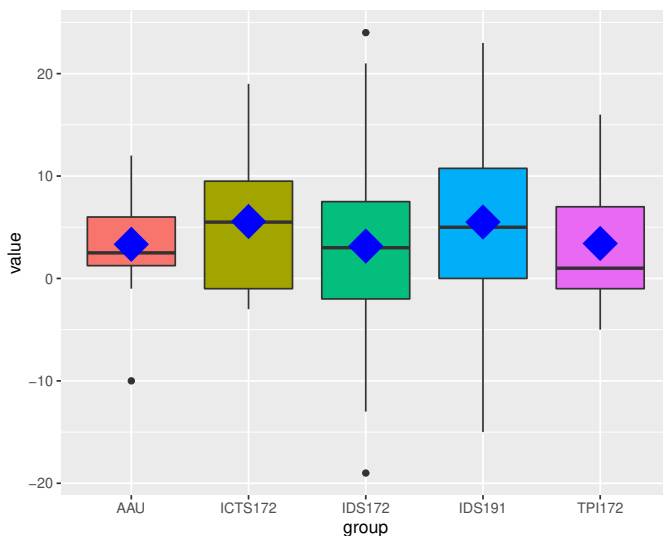
grupo, elegido de acuerdo con el tema del proyecto, que se enfoca en el aprendizaje. En los cursos introductorios de IDS la facilitación existe, pero no es intensa, y como se dijo antes, el facilitador es flotante.

De acuerdo con lo anterior el mayor impacto sobre la originalidad lo produce el entrenamiento en las ideas, el trabajo colaborativo y la estrategia de facilitación que debe centrarse en reflexión y producir incertidumbre. No se requiere de un aspecto social motivacional. Según los principios de PBL, el proyecto creativo original debería ubicarse en la parte superior.

9.4 Desarrollo de competencias para producir ideas útiles

En la Figura 9-4 la variación más alta de utilidad la tiene IDS191, $M = 5.5$, seguida de ICTS $M = 5.6$, TPI $M = 3.4$, IDS172 $M = 3, 2$ y AAUMAP $M = 3.3$. El incremento de la utilidad se mantuvo dentro de los mismos niveles en todos los cursos, excepto en PAI172.

Figura 9-4: Diferencias significativas de utilidad en cursos PBL. *Gráfica producida en r.*



La utilidad de las ideas comienza con la habilidad de un individuo para identificar si una idea es útil o no (Steele et al. 2018), implicando conocimiento acumulado. La habilidad para generar ideas útiles se desarrolla si se incentiva la adquisición de nuevo aprendizaje. En los cursos de introducción a ingeniería los estudiantes, en su mayoría, están recibiendo conocimiento disciplinar por primera vez, de tal forma que, de comienzo a fin del semestre, tácitamente estarían adquiriendo dicha habilidad. En contraste, en los cursos donde no hay variación, como en PAI172, hay mayor conocimiento acumulado, como lo confirma el número de ideas útiles promedio inicial superior en los cursos de la parte alta de los programas en la Tabla 8-34. No obstante, no sucedió lo mismo en TPI2017, ya que, siendo también estudiantes de la parte alta de los programas, mostraron desarrollo de habilidades creativas relacionadas con la utilidad.

Esta contradicción sugiere que el conocimiento favorece el desarrollo creativo relacionado con la utilidad si está acompañado de estrategias sobre el proceso, como podría ser el aspecto interdisciplinario en TPI2017 o su facilitación. [Christiaans & Venselaar \(2005\)](#) en un estudio sobre el progreso de la creatividad y la adquisición de conocimiento encontraron que el incremento de conocimiento básico favorece la creatividad mientras que, también encontraron una correlación negativa entre estos dos factores al enriquecer a los estudiantes con conocimiento estructural del proceso de diseño, concluyendo que se debía al materialismo del diseño propio de los cursos avanzados. Mas tarde, [Ibrahim et al. \(2016\)](#) no hallaron una correlación significativa entre el conocimiento de diseño y la creatividad. En contraste, [Esjeholm \(2015\)](#) encontrando bajos indicadores de creatividad en estudiantes de secundaria, concluyó que se debía a la falta de conocimiento técnico.

En los cursos de ICTS172 la inmersión fuera del espacio académico y el contacto con la diversidad parecieron enriquecer el conocimiento, ganando en la habilidad para generar ideas útiles, más que en los otros cursos. Esto lo sugiere el hecho que en TPI2017 había diversidad, pero no inmersión, con incremento menor, pero significativo, en la habilidad para generar ideas.

La utilidad de las ideas se fomenta incrementando el grado de desempeño y el deseo de adquirir conocimiento para hacerlo, tal como lo señala [Miron-Spektor & Beenen \(2015\)](#). Este parece haber sido el caso de los cursos donde los estudiantes encontraron valor en el resultado del proyecto. En ICTS172 con la creencia de los estudiantes de presentar la solución adecuada para los clientes con los que habían interactuado. En IDS191, IDS172 y AAUMAP con el deseo y curiosidad sobre el programa académico que acaban de comenzar. No obstante, TPI2017 se centra en el trabajo en equipo y PAI172 en la aplicación de conocimiento, sugiriendo que estos mecanismos no operaron.

Los cursos con desarrollo de habilidades para generar ideas útiles y originales también presentaron ambidestreza como se explicó anteriormente (p.195).

De acuerdo con lo anterior el mayor impacto sobre el desarrollo de la habilidad para identificar ideas útiles lo produce el conocimiento acumulado junto al deseo de incrementarlo. También lo favorece el compromiso social emocional de generar ideas para diseños útiles. La generación de ideas útiles se produce en la zona intermedia superior del triángulo de Illeris, donde los estudiantes tienen intereses sociales de adquirir conocimiento.

9.5 Elementos de PBL que fomentan la creatividad

A continuación se muestra el resumen de los factores del método del proyecto que afectan a la creatividad, de acuerdo con las discusión presentada antes.

- **Solución situada del problema.** Si el problema del proyecto se resuelve directamente en el entorno donde ocurre. La generación de ideas, la flexibilidad, la originalidad y la utilidad de las ideas se fomentan cuando existe una interacción entre el individuo y su entorno,

o entre el problema y la situación donde este debe resolverse. Allí ocurren una serie de transacciones que conducen al desarrollo de una idea. [Glăveanu \(2020\)](#) sostiene que, en la teoría sociocultural, el potencial creativo de una persona es (a) situado y depende de la diversidad del entorno; (b) es reconceptualizada debido al diálogo entre perspectivas; (c) fomenta el descubrimiento a descubrir las posibilidades de este diálogo; y (d) ofrece un lugar para el descubrimiento de nuevas posibilidades.

Cuando se realizan actividades situadas, los individuos encuentran significado en lo que hacen, lo cual está ligado al aprendizaje experiencial de [Dewey \(1916\)](#). En las etapas tempranas del diseño, durante la ideación el significado se encuentra a partir de la reflexión incentivada por el entorno.

- **Heterogeneidad y diversidad.** Si los grupos son heterogéneos y se promueven la comunicación e integración de los participantes se incentiva el desarrollo de pensamiento fluencia y flexibilidad. La heterogeneidad se produce componiendo grupos provenientes de diferentes dominios del conocimiento o diferentes antecedentes.
- **Trabajo en espacios no familiares.** Si se promueve la movilización de los estudiantes durante el trabajo del proyecto a otros contextos activos o pasivos se promueve la generación de ideas, la flexibilidad y la originalidad.
- **Baja intervención en el método y contenido del proyecto.** La incertidumbre en los métodos de solución producirá habilidades para desarrollar fluencia, flexibilidad y originalidad.
- **Interdisciplinarietà.** Los entornos interdisciplinarios facilitan el significado personal de las cosas creando ambientes propicios para la creatividad ([Katz-Buonincontro & Anderson 2020](#)).
- **Espacio de trabajo.** El espacio de trabajo favorece el desarrollo de habilidades para generar ideas
- **Ambidestreza.** Si se orienta el desarrollo del proyecto hacia la exploración y explotación de la solución se favorece la fluencia y la flexibilidad, tanto como la generación de ideas útiles y novedosas.
- **Formulación del problema.** La formulación del problema es inherente a PBL. La formulación del problema favorece el desarrollo de fluencia y flexibilidad. Si la formulación del problema induce a la movilización a otros espacios no familiares en entornos auténticos se producirán mejores resultados que cuando el problema se formula solamente desde las fuentes de información.
- **Desalineamiento del currículo y el proyecto.** Diseñar estrategias con precaución para no afectar el aprendizaje, donde el currículo no esté alineado con la solución de los problemas de los proyectos, pero pueda utilizar el principio de ejemplaridad favorecerá el desarrollo de habilidades para generar pensamiento fluencia y flexibilidad.
- **No producir control.** En la estrategia de supervisión, facilitación, diálogo o exposición de temas no se debería ejercer ningún control para favorecer el desarrollo de fluencia y originalidad.

- **Facilitación no evaluativa.** si el facilitador no induce a la generación de soluciones que puedan producir valor en los estudiantes se incrementará la habilidad para desarrollar ideas novedosas. Paradójicamente, si el facilitador no es reconocido o no es experto se favorecerá también esta habilidad durante el desarrollo del proyecto.
- **Producir nuevo conocimiento.** Si los estudiantes deben adquirir nuevo conocimiento, útil para el desarrollo del proyecto y la solución del problema, se desarrollará en ellos habilidades para generar ideas útiles.
- **Entrenamiento en técnicas creativas.** El entrenamiento en técnicas creativas favorece el desarrollo de habilidades para producir ideas originales.
- **Combinación de calidad y deseo de adquirir conocimiento para lograrlo.** Si se introducen estrategias de calidad y se motiva a los estudiantes para alcanzarla, se desarrollarán habilidades para generar ideas útiles y novedosas.

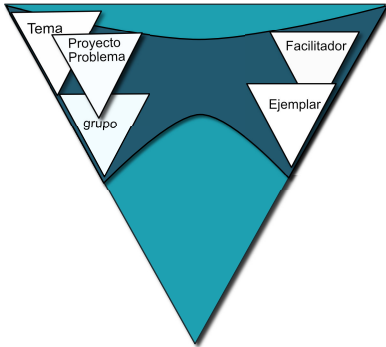
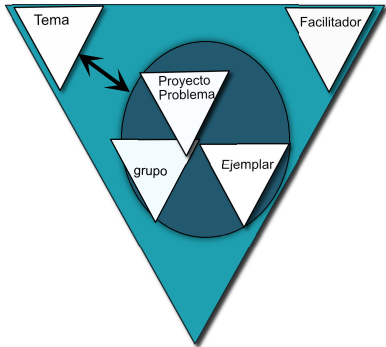
9.6 Emancipación creativa

La Tabla 9-1 muestra el triángulo de Illeris que se ha utilizado para la definición de PBL a lo largo de este estudio, indicando los sectores donde se desarrollan las competencias de creatividad estudiadas.

Tabla 9-1: Principios de creatividad según el modelo PBL

Competencia	Descripción	Principios y creatividad
Fluencia	La fluencia ocurre en mayor grado por inmersión auténtica desde donde debe originarse el tema que producirá contenido. La facilitación debe orientarse hacia la motivación social. Los principios de ejemplaridad y de trabajo en grupo se desarrollan desde este sector	
Flexibilidad	La flexibilidad ocurre movilizando conocimiento al contexto social, hacia nuevo conocimiento. El problema puede ser originado desde el contenido o desde lo social. La facilitación estratégica orientada hacia la incertidumbre, sin control, con elementos de motivación social.	

Continúa en la próxima página

Originalidad	<p>Las competencias para producir ideas originales en CDI se desarrollan utilizando técnicas provenientes desde la parte temática. La facilitación se orienta hacia ellas, de acuerdo con la estrategia del conocimiento. No se requiere motivación, pero si producir niveles de incertidumbre en el trabajo de proyecto. La ejemplaridad debe ser utilizada con cautela.</p>	
Utilidad	<p>Las competencias utilidad en CDI se desarrollan cuando existe un interés en realizar proyectos sociales de alta calidad. Se apoya en el conocimiento en el área del problema para identificar las ideas útiles. Se enfoca en la colaboración. La facilitación se debería enfocar en aspectos relacionados con el desempeño hacia el producto de calidad.</p>	

9.7 Conclusiones

El capítulo discutió la relación entre la práctica de PBL y la creatividad. De acuerdo con los resultados de las pruebas estadísticas reseñadas en el Capítulo 8 se demostró como las actividades que los estudiantes realizan como consecuencia del formato de la estrategia de la clase tienen efecto sobre la creatividad.

La formulación del problema, la situación donde se realiza el problema y el modo como los estudiantes cooperan para realizar el proyecto tienen efectos sobre el desarrollo de las cuatro competencias creativas.

En la parte final del capítulo se reseñan las actividades del método educativo que tienen relevancia sobre la generación creativa, con implicaciones para el diseño o ajuste de modelos de PBL, diseño de prácticas educativas y entrenamientos. Incluso los hallazgos son propositivos en cuanto pueden contribuir con otro tipo de prácticas educativas para fomentar el desarrollo de habilidades creativas.

10 Cultura y creatividad

En este capítulo se discute el efecto de los valores culturales sobre la creatividad en cursos que tienen el trabajo de proyecto como parte de su práctica educativa.

En el capítulo 8 se utilizó una secuencia de procedimientos cuantitativos para encontrar el efecto del trabajo de proyecto en la CDI. Se encontró que este efecto es positivo si la asignatura utiliza el proyecto como eje central. Luego en el capítulo 9 se explicaron los factores del proyecto que inciden en dicho efecto. Ahora, este capítulo aborda la relación entre los valores culturales y la creatividad

El trabajo de proyecto incluye métodos que los estudiantes desarrollan, al mismo tiempo incentiva ciertos valores, que luego operan a favor, pero reprime a otros en contra de la creatividad, produciendo un efecto final favorable o desfavorable. Por esta razón, en la discusión se utilizarán todos los resultados de los tratamientos detallados en el capítulo 8.

En la primera parte, la discusión aborda la diferencia de valores culturales entre los cursos, basada en los resultados de las secciones 8.3 y 8.5. Estas fueron un paso necesario para encontrar la relación entre valor y creatividad en la sección 8.5. En la segunda parte, se aborda la relación en conjunto que produce creatividad.

10.1 Diferencias culturales entre cursos

Los cursos observados utilizaron las metodologías de su clase con el formato del proyecto de manera diferente. Todos los cursos mostraron diferencias en los valores expuestos con el cuestionario QFR, con el cual se obtuvieron resultados confiables y consistentes como se muestra en toda la sección 8.3.

En primer, lugar la comparación uno a uno entre cursos, para cada de las 108 variables de QFR, utilizando KWT muestra donde existen diferencias de percepción de los estudiantes entre los cursos comparados. La Tabla 8-3 muestra las variables sin diferencias significativas (13/108) en todos los cursos. Valores como la adaptación, la comunicación, el cumplimiento en las tareas, el aprendizaje mutuo, la conciencia del aporte individual, están presentes en todos los grupos caracterizando a los estudiantes de esta muestra universitaria.

Además, para esta muestra que utilizó una escala de Likert de 5 puntos (1-5), la comunicación en redes sociales ($M = 4.4$), la autoconciencia en la realización de las tareas personales ($M = 4.3$), el cumplimiento del compromiso ($M = 4$) acorde con las propias capacidades ($M = 4$) y la percepción de la importancia del trabajo para ayudar a terminar con el proyecto, son los valores más altos expuestos

por los estudiantes. En menor grado, pero en sentido positivo es común que los estudiantes se adapten entre sí ($M = 3.6$), trabajen de manera cooperativa uniendo partes individuales ($M = 3.5$); pero al mismo tiempo ayuden a otros a comprender la solución de aquello que se comprometen a realizar ($M = 3.9$) cuando ellos lo piden, aceptando recibir explicaciones ($M = 3.9$) o aprender de otros ($M = 3.2$), ya que no están muy enfocados en enseñarle a otros ($M = 3.4$).

Los cursos mostraron dos comportamientos que no favorecen el trabajo del proyecto. Es común que los estudiantes no muestren interés o presten atención a la importancia de la interdependencia de tareas, $M = 3.0$. Esto resulta coherente con el hecho de que los estudiantes unen partes individuales y que cada uno se compromete a realizar actividades de acuerdo con sus habilidades. La organización estructurada de las tareas produce beneficio en el trabajo del proyecto (Balve et al. 2017). Además, el carácter colaborativo del proyecto requiere que los estudiantes trabajen tareas individuales, pero también el proyecto como un todo (Lehmann et al. 2008). En adición, el PBL espera que los estudiantes desarrollen habilidades para realizar tareas complejas, lo cual implica coordinación e interdependencia (Stauffer et al. 2006, Wibeck et al. 2007). Esta interdependiente puede inhibirse por la percepción que cada uno tiene sobre sus propias capacidades individuales para resolver el problema del proyecto (Scarborough et al. 2004).

Es común que los estudiantes no se preocupen por cuidar la reputación ($Mdn = 2$). La reputación incluye varias dimensiones como la pericia, la competencia, la confianza y la objetividad de las personas (Hochwarter et al. 2007). Por lo tanto, es un factor que deberían tener en cuenta los estudiantes cuando componen los grupos de proyecto.

Las competencias individuales tienen efecto sobre las del grupo. Hinds et al. (2000) sostienen que los miembros suelen escoger a otros por su grado de familiaridad, pero no por sus competencias, desfavoreciendo la capacidad de trabajo mutuo que luego será clave en el formato profesional. Esto sucede a pesar de que los miembros del entorno conozcan la reputación de unos con otros, por la preferencia que tienen de seguir el “pensamiento seguro” sobre el riesgo hacia nuevas experiencias.

Esto indica que la reputación no es tenida en cuenta para el trabajo del proyecto. Pero la reputación, a pesar de la falta o exceso de competencias, tiene efecto luego sobre la confianza de los miembros del grupo entre sí, con implicaciones en los resultados esperados de un grupo (Hochwarter et al. 2007, Cuesta et al. 2015, de Vries et al. 2018). La confianza en el grupo es la percepción mutua de pertenecer al mismo grupo demográfico, profesional y social Nilsson & Mattes (2015). Así que la falta de confianza baja la asignación de tareas y afecta negativamente las interacciones del grupo, tanto en el trabajo cooperativo, naturalmente preferido por los estudiantes en todos los esquemas de trabajo de proyecto estudiados, como en el trabajo colaborativo.

La reputación fue una de las características de los valores culturales expuestos, lo que inicialmente se había denominado autodeterminación, paso a autodirección para alinear con las definiciones de valor Schwartz (1992), tiene un efecto sobre la creatividad.

La falta de asignación de tareas e interacciones en el grupo indica falta de confianza. Esta falta de confianza la causa una mala reputación, pero la reputación no es observada explícitamente o no les interesa a los estudiantes ya que para componer los grupos priman otros factores como la familiaridad y el compromiso. Por ejemplo, De Cremer & Tyler (2005) sostiene que la reputación está asociada solamente con la necesidad de pertenecer; así que, si en la composición no existe esta restricción social, la reputación es descartada, pareciendo poco importante.

La reputación también tiene efecto en las relaciones sociales sobre el trabajo producido (Gulati & Gargiulo 1999) redundando en un efecto negativo en la creación de comunidades de práctica (ver 2.4.7). Según Nilsson & Mattes (2015) la confianza es gradual, pero comienza con una inferencia en la reputación, con una pequeña fracción del trabajo cooperativo (Cuesta et al. 2015). Esta inferencia suele producirse por la conversación entre terceros y por el chisme.

El bajo interés en la reputación fue mostrado como parte de la orientación a la autodirección en los cursos de ICTS ($Mdn = 2$) y TPI ($Mdn = 3$), y con la orientación a la nota en PAI172 ($Mdn = 2$). Esta orientación a la presión es opuesta a la autodirección, ya que los estudiantes prefieren trabajar sin presión.

Las diferencias culturales reflejadas en los valores confirman lo que se describió en el capítulo 4. Fue tomada una población de una misma universidad, proveniente de los mismos y de varios programas de ingeniería, pero en todos fue posible la extracción por ACP, encontrando diferencias entre los cursos. Sin embargo, también se encontraron coincidencias desde el punto de vista de las variables de QFR. Algunas de ellas no fueron significativamente diferentes. Esto es normal porque donde había similitud no había una variación dramática entre las metodologías de las clases y los estudiantes de cada una de ellas. Estas variables de QFR comunes tendrían una incidencia directa sobre la creatividad si esta hubiese aumentado en todos aquellos cursos. Pero el resultado no mostró eso, sino que mostró una incidencia indirecta ya que algunas de estas variables hacen parte de algunos de los componentes de ACP en ciertos cursos.

En la Tabla 8-4 se muestra el primer y segundo componente de todas las respuestas QFR unida en los cursos donde se realizó el tratamiento. El primer componente contiene todos los valores culturales que son expuestos en mayor o menor grado en cada uno de los grupos. Esta tabla se calculó con el fin de mostrar que todas las características del componente PC1 luego estarán en cada uno de los componentes extraídos en los cursos individuales.

Una vez fue confirmado que en efecto los valores del componente PC1 están revelados en mayor o menor grado, en cada componente PC1 se realizó una comparación entre cursos con la dirección del componente. Esta dirección está determinada por los puntajes de las variables en cada extracción, es decir en cada curso. Esto fijó las diferencias entre factores culturales, como se muestra en la Tabla 8-5 y para el segundo componente en la Tabla 8-6. Todos los constructos de PC1 están presentes de una u otra manera en el primer eje rotado, RC1, de ACP para cada uno de los tratamientos, los cuales se analizan en 10.2.

Con esta comparación entre cursos, se encontraron diferencias dadas por los ángulos de los ejes (Tabla 8-5). Al observar cada curso desde la perspectiva del componente 1, el curso de PEAMA, que es el curso de referencia diferente por los programas que contiene y la situación social de sus participantes, es justamente el curso con las mayores diferencias respecto a los demás cursos, con índices de .92 y .93 (21° a 23°). Los cursos con problemas de diseño en ingeniería tienen variaciones similares, entre .96 y .98 (11°-16°). El curso de ICTS comparado con los demás tiene valores más bajos, indicando una tendencia diferente en los componentes, pero este curso es interdisciplinario como TPI, ambos en la parte alta de la carrera o como PEAMA que evaluó estudiantes de primer semestre.

Los ejes rotados en cada tratamiento también tienen variables de PC1. Esto se debe a que en cada PC1 no se realizó un ajuste a la mejor solución con rotación de los ejes, tal como se hizo en cada uno de los tratamientos analizados. Sin embargo, al ser el mismo espacio vectorial inicial antes de rotación, los cursos se pueden comparar con las direcciones de todos los ejes RC1 para explicar diferencias entre cursos. No solo este hecho ayuda a confirmar las diferencias, sino que soporta la afirmación de que los valores están presentes y pueden ser expuestos con mayor o menor grado.

10.2 Diferencias culturales en cursos creativos

En esta sección se describen los cursos que mostraron variaciones creativas de fluencia, flexibilidad, originalidad y utilidad, como se vio en las Figuras 9-1, 9-2, 9-3, y 9-4 respectivamente. Para analizar esta variación se utilizan los resultados mostrados en las Tablas 8-7, 8-9, 8-11, 8-15, y 8-17. Mas adelante se analiza la relación de los valores a partir de los resultados de la regresión lineal múltiple.

El trabajo del proyecto de ICTS se caracterizó por la orientación a la calidad ($M = 3.7$) más que cualquiera de los otros cursos. Los grupos trabajaron percibiendo alto desempeño, compromiso y autoconfianza entre sus miembros. Esta característica es similar a la autoestima o satisfacción de otros grupos donde no varió la creatividad. Esta combinación confirma las inferencias realizadas en la sección 9.3 y es coherente con Miron-Spektor & Beenen (2015).

Así mismo, en ICTS hubo armonía y comprensión en la comunicación ($M = 4.3$), como en la motivación ($M = 3.6$) y el aprendizaje ($M = 3.6$) entre ellos mismos, ya que estaban orientados a las personas. Los miembros escuchaban y eran escuchados pensando en que se trabajaba por el proyecto. Esto tres factores pudieron haber incidido en la cantidad y flexibilidad de las ideas para CDI, ya que fueron manifiestos durante el trabajo del proyecto y no se presentan en directamente en los demás cursos creativos.

El trabajo se desarrolló con un líder ($M = 3.3$) tal como ocurrió en los IDS191 ($M = 3.5$) e IDS182 ($M = 3.3$). El líder pudo haber tenido un efecto positivo también sobre la utilidad de las ideas ya

que sus valores son superiores a TPI. Más adelante, la discusión aborda el mecanismo que subyace con el liderazgo en el soporte y planeación sin jerarquización.

Por otro lado, trabajaron orientados a la nota y a pasar la asignatura como ocurrió en todos los cursos creativos ($M = 3.1$); realizando actividades del proyecto independientemente ($M = 3, 2$) como en IDS182 ($M = 3.2$) y TPI ($M = 3.6$). Esto pudo favorecer o deprimir a la creatividad. El mecanismo para que la orientación incentive el desarrollo de fluencia, es el grado de reflexión y dedicación al trabajo como se explica adelante.

Los estudiantes de ICTS también funcionaron con autodirección, sin presión externa, quizá por la condición situada del proyecto, de ellos mismos y del profesor ($M = 2.4$) como ocurrió en TPI ($M = 2, 5$).

El curso de IDS191 mostró mayor cantidad de valores expuestos. A diferencia de todos los demás cursos creativos, este mostró colaboración ($M = 4.3$), conocimiento siguiendo el contenido teórico y la instrucción del profesor ($M = 4.0$). También utilizaron agenda para planear las actividades ($M = 3.2$) con interdependencia ($M = 3.0$) como el uso de IT ($M = 4.4$). De acuerdo con la discusión elaborada adelante, esto sugiere la intervención activa del liderazgo.

A diferencia de los otros cursos creativos, TPI se caracterizó por la satisfacción del trabajo ($M = 3.8$), ya que hubo compromiso, integración y sincronización de tareas percibiendo alto desempeño, lo que también ocurrió con la autoestima de IDS191 ($M = 3.9$) o en arte en la calidad de ICTS. Esto parece que no incidió sobre la cantidad de ideas, si se tiene en cuenta que en PAI solamente hubo variación en la originalidad.

TPI también se caracterizó por la orientación a la contribución ($M = 4.0$), pero este factor contiene características de calidad e intercambio de tareas como en ICTS o IDS. Es decir, el intercambio de tareas parece afectar a la fluencia y a la flexibilidad.

Los estudiantes de PAI e ICTS mostraron alto nivel de compromiso con $M = 4$ y $M = 3.7$ en el factor de cohesión y calidad. Estos dos ingredientes no aparecen en los otros, entonces parece que esto incidió sobre la originalidad, teniendo en cuenta que esta es baja en los IDS's.

10.3 Relación directa entre la creatividad y los valores culturales

La relación entre el valor tratado como variable independiente y la creatividad como variable dependiente fue hallada utilizando regresión múltiple. Los resultados se mostraron en la sección 8.5.

Después de análisis se encontró que el cuestionario CEDA tiene un problema en la manera de calcular la flexibilidad ya que tiene en cuenta el número de ideas que ya se habían contado en fluencia, más la diferencia de ideas en los diseños gráficos. En consecuencia, cuando se utiliza en

regresión estadística hay multicolinealidad entre estos dos criterios y parte de la varianza explicada está combinada. La misma situación puede presentarse al evaluar la originalidad y la utilidad.

La Tabla 8-57 mostró los resultados con todos los cuatro criterios utilizados. A su vez, en la Tabla 8-58 muestra los criterios y coeficientes substrayendo el número de ideas flexibles.

En la Figura 10-1 se muestra el modelo resultante del análisis de regresión múltiple. Se indican en círculo con interconexiones los valores culturales que predicen la creatividad y los valores moderadores en círculos contiguos. Las líneas continuas indican asociación positiva, mientras que las líneas segmentadas negativa.

10.3.1 Orientación al problema

En la cultura orientada al problema, las personas identifican situaciones problemáticas, se enfocan en el producto y siguen recomendaciones de expertos, como los profesores. Esta orientación cultural fue identificada en el curso de MEC172182 con tres constructos uno de los cuales es la orientación al profesor, que fueron confirmados con el análisis de regresión ($r = 0.71, p < .01$)

La orientación al problema está asociada al desarrollo de la fluencia y la originalidad con $\beta = .39, p < .01$. En ambos casos es moderada o modera a varias características deseables en los grupos de alto desempeño (e.g. [Katzenbach & Smith 2005](#), [Jaques & Salmon 2007](#)) como la orientación al proceso ($r = 0.35, p < .01$), al diálogo ($r = 0.62, p < .01$) y al compromiso ($r = 0.59, p < .01$). Sin embargo, está negativamente afectada por la orientación a la autodirección ($r = -0.19, p < .05$), en la que los individuos no les gusta la presión y están orientados a pasar.

El problema por definición es el punto de partida y es un principio del PBL. Es considerado como el detonador del desarrollo de aprendizaje, habilidades y competencias de los ILO (*Intended Learning Outcomes*), como se explicó en detalle en el Capítulo 2 ([Kolmos 1996](#), [De Graaff & Kolmos 2003](#), [Jonassen 2011](#), [Kolmos & De Graaff 2015](#)). Los beneficios de PBL incentivando la creatividad son reconocidos en varias publicaciones (e.g. [Armitage et al. 2015](#), [Ulger 2018](#), [Kardoyo et al. 2020](#), [Palupi et al. 2020](#)).

El curso con el que se evidenció el efecto estaba curso enfocado en la instrucción con problema tipo tarea, tal como lo define [Kolmos \(1996\)](#), pero a su vez, no hubo desarrollo de habilidades creativas en sus estudiantes.

10.3.2 Motivación social

En la cultura orientada a la motivación, los estudiantes se apoyan uno a otros emocionalmente con el propósito de modificar la voluntad, como lo sugieren los hallazgos sobre el sentimiento social en ICTS descrito en la sección 8.3.5. Esta definición es coherente con la de la teoría de acción

(VandenBos 2015), donde un individuo actúa por deseo y sentimiento sin un incentivo material, sino personal. En otros estudios la motivación que incrementa la creatividad está definida con los factores intrínsecos y extrínsecos que mantienen a una persona en una actividad o no, donde en general hay consenso sobre su importancia para incrementar varios aspectos de la creatividad (e.g Amabile & Pillemer 2012, Zhou 2012, Beghetto & Kaufman 2014, Bozkurt Altan & Tan 2020, Yuan & Woodman 2021).

En la regresión múltiple se encontró que la motivación emocional y contextual, o prosocial, favorece el desarrollo de la fluencia ($M = 3.6, \beta = .32, p < .01$) y la flexibilidad ($M = 3.0, \beta = .32, p < .01$) directamente, a pesar de que la motivación no fue alta. En otros estudios la motivación social tiene efecto sobre la motivación epistémica (De Dreu et al. 2008), especialmente si está es elevada, favoreciendo a la creatividad (Van Damme et al. 2019), pero no directamente. Sin embargo, también encontramos que el aprendizaje mutuo, el individualismo, el liderazgo y la calidad moderan a la motivación social en la producción de ideas, pero no en su flexibilización, la cual es moderada por la satisfacción ($M = 4.2$). Así mismo, cuando los estudiantes combinan la independencia con las tareas que son interdependientes pierden la motivación social (ver Secciones 8.3.5 y 8.3.10 para el detalle de los cursos).

10.3.3 Orientación al proceso

En la cultura orientada al proceso, las personas se preocupan por la planeación y valoran la contribución del trabajo en equipo ya que confían en la capacidad para resolver el problema, con compromiso alto ($r = 0.72, p < .01$) y orientación a la instrucción ($r = 0.71, p < .01$), fomentando significativamente el diálogo ($r = 0.59, p < .01$).

La orientación al proceso incide indirectamente, tanto en el desarrollo de fluencia como en el desarrollo de utilidad al moderar el problema, compromiso e instrucción.

Así mismo, la orientación al proceso incentiva el desarrollo de habilidades para la generación de ideas originales ($\beta = .22, p < .05$).

10.3.4 Orientación al diálogo

La cultura orientada al diálogo resalta el valor que las personas le dan a aprender de otros, escucharlos y a la tolerancia sobre ideas y opiniones.

Este valor cultural tiene un efecto leve negativamente significativo sobre la fluencia ($\beta = -.16, p < .05$). Sin embargo, como era de esperarse, modera otros efectos positivos sobre la fluencia, tales como la orientación al compromiso ($r = 0.82, p < .01$) y al problema ($r = 0.62, p < .01$).

Así mismo, la orientación al diálogo tiene un efecto indirecto sobre la originalidad, al moderar el efecto de la orientación al proceso ($r = .59, p < .01$).

10.3.5 Orientación a las actividades

En la cultura orientada a las actividades, las personas prefieren realizar tareas o experimentar ya que tienen apatía a la clase. Su interés principal es aprobar la asignatura y trabajan bajo presión intrínseca o extrínseca ($r = -.48, p < .01$), en ocasiones la nota los incentiva.

La orientación a las actividades favorece la fluencia ($\beta = .13, p < .01$) y al desarrollo de habilidades para identificar ideas útiles ($\beta = .17, p < .05$). Especialmente en los cursos donde no se da ningún tipo de instrucción, se incentiva la generación de ideas.

Las actividades son cruciales para encontrar la solución durante la realización del proyecto, siendo relevante en varios cursos como fue indicado en el resumen de la sección 8.5.12. La importancia que tienen las actividades permanece en estudio. Meslec et al. (2020) encontraron que cuando los grupos de proyecto realizan tareas diferentes aumentan su fluencia. Tran et al. (2020) en un estudio de caso encontraron que la originalidad se incrementa cuando los participantes realizan tareas preferentes. En otro estudio Ma & Corter (2019) encontró que, si las tareas son incentivadas, favorecen a la originalidad, pero no a la fluencia o flexibilidad de las ideas. Finalmente, si las actividades tienen un carácter científico pueden incentivar el desarrollo de habilidades creativas (Chae et al. 2015).

10.3.6 Orientación a la autodirección

En la cultura orientada a la autodirección, los individuos trabajan sin presión de otros y sin interés en cuidar su reputación, siendo neutrales en cuanto a la nota o en cuanto a aprobar la asignatura ($Mdn = 3$). Este valor es propio de personas que son abiertas al cambio (Schwartz 2012).

Los cursos que mostraron autodirección con efecto significativo en la fluencia fueron el de ROB172191 ($\beta = .11, p < .05$) y el TPI191 ($\beta = .11, p < .05$), detallados en las secciones 8.3.11 y 8.3.3 respectivamente. La autodirección favorece levemente al desarrollo de la fluencia, está asociada positivamente con la motivación y la instrucción ($r = .33, p < .01$). Sin embargo, afecta negativamente a la orientación al problema ($r = -.19, p < .05$) y al compromiso ($r = -.19, p < .01$).

Las personas orientadas a la autodirección prefieren la instrucción ($M = 4.2, r = .33, p < .01$) a las actividades de clase, $\beta = -.48, p < .01$, tal como lo sugieren los datos del modelo de regresión múltiple en MEC172192. Ya que les gusta la instrucción, cuando pertenecen a cursos donde reciben algún tipo de guía, producen ideas. Shalley et al. (2000) encontraron una correlación similar con $r = .43, p < .01$, pero en contraste, ninguna relación entre la autodirección y la satisfacción, como se encontró aquí.

La autodirección estudiada supone la ausencia de presión del entorno. Sin embargo, [Luis et al. \(2020\)](#) encontraron que la presión del tiempo tiene efectos positivos sobre la creatividad. Por su parte, [Byron et al. \(2010\)](#) y recientemente [Antwi et al. \(2019\)](#) encontraron que la presión y el conflicto producen estrés, el cual incentiva a la creatividad.

10.3.7 Orientación al compromiso

Las personas orientadas al compromiso se caracterizan por el deseo interno racionalizado y mediado por la voluntad de hacer algo ([Ashkanasy et al. 2011](#)). Este involucra elementos como la pasión, el entusiasmo, el esfuerzo en mantenerse enfocado y el deseo de gastar energía mental ([Macey & Schneider 2008](#)). En el grupo deriva en un comportamiento funcional que tiene un efecto directo sobre el deseo de realizar tareas. El compromiso es el mediador de efecto sobre la creatividad de grupos heterogéneos ([Hoever et al. 2012](#)) y de la motivación intrínseca [Chaudhary & Akhouri \(2018\)](#).

La orientación al compromiso incentiva al desarrollo de fluencia ($\beta = .17, p < .01$), moderando la orientación al problema y siendo moderada por el liderazgo.

10.3.8 Orientación a la Satisfacción

La satisfacción es un valor reconocido en el trabajo de grupos en todos los niveles. La satisfacción comprende emociones de bienestar y alegría por el producto y trabajo realizados. En el estudio se caracterizó por los niveles altos de desempeño percibidos, la efectividad de haber resuelto el problema y el cumplimiento de las metas ([Locke \(1976\)](#) en [Fried et al. 2008](#)).

La orientación a la satisfacción tiene un efecto negativo sobre el desarrollo de la flexibilidad ($\beta = -.13, p < .05$), pero no incentiva directamente al desarrollo de otras habilidades creativas. Tiene un efecto positivo sobre la motivación social ($r = .37, p < .01$), la cual, a su vez, favorece al desarrollo de la flexibilidad y sobre la orientación a las actividades que favorece a la utilidad ($r = .19, p < .05$).

Estos hallazgos son coherentes con [Woisetschläger et al. \(2016\)](#), quienes sostienen que la satisfacción produce el deseo de recolectar ideas, pero no de compartirlas, afectando la creatividad. Sin embargo, contradicen a [Shalley et al. \(2000\)](#) quienes encontraron que la creatividad y satisfacción están directamente asociadas ($r = .18, p < .01$).

10.3.9 Orientación a pasar o a la nota

La orientación a pasar y a la nota involucra estudiantes cuyo interés primordial es aprobar la asignatura, incluso sin importar la nota, como lo indican los valores de las variables x90 y x91 en la

Tabla 8-2, con ($Mdn = 3$).

Tiene un efecto negativo en todos los cursos, $\beta = -.11$, $p < .05$, excepto en PAI172 donde mostró un efecto positivo. En los cursos, la variable está moderada negativamente por la orientación al profesor, a la calidad y al aprendizaje mutuo. Pero en PAI moderó al grado de reflexión y la orientación al trabajo, bueno o malo. Esto sugiere que su efecto negativo se puede suprimir fomentando la reflexión y el trabajo con compromiso.

10.3.10 Orientación a las personas

En la cultura orientada a las personas, los estudiantes se preocupan por escuchar y ser escuchados entendiendo los propósitos de cada uno. Está asociado con la motivación social ($r = .59$, $p < .01$), con el aprendizaje mutuo ($r = .45$, $p < .01$), con la calidad ($r = .35$, $p < .01$), las cuales fueron relativamente preponderantes en el ICTS172 (ver Sección 8.3.5), lo que sugiere que estas actividades estaban centradas en varios aspectos.

La orientación a las personas tiene efecto negativo en el desarrollo de la flexibilidad ($\beta = -.23$, $p < .01$), pero tiene un efecto positivo sobre la motivación social ($r = .59$, $p < .01$).

En el aprendizaje centrado en los estudiantes, con fundamento en las ideas de Rogers (1951), es importante escuchar y entender lo que el cliente dice al ser escuchado, que son clave en producir voluntad de trabajo en grupo y de aprendizaje, como se explicó en la sección 2.4.5. Está asociado con el sentimiento mutuo de aceptar lo que una persona dice y hace (Rodríguez-Mesa et al. 2018).

Mientras que este estudio encontró que el efecto directo que tiene la orientación a las personas en la flexibilidad es negativo e indirecto si modera a la motivación social, Sparkman & Hamer (2020) encontraron un efecto directo positivo en la creatividad.

10.3.11 Orientación a la instrucción

En la cultura orientada a la instrucción, los estudiantes siguen al programa, sus objetivos, sus normas, sus metas, y trabajan con asignación de tareas.

La orientación a la instrucción fue mostrada por los estudiantes en los cursos de PAI172 ($M = 3.5$), MEC172182 ($M = 3.6$) y en ROB172191 ($M = 4.2$) de las secciones 8.3.6, 8.3.9 y 8.3.11 respectivamente. Sin embargo, solamente en ROB172182 los estudiantes mostraron interés en el aprendizaje.

La orientación a la instrucción tiene efecto positivo sobre la utilidad ($\beta = .26$, $p < .01$), pero negativo sobre la originalidad ($\beta = .32$, $p < .01$). Este efecto solamente lo presentó PAI172 y MEC172182, los cuales estaban enfocados más en el cumplimiento del programa que en adaptarse al aprendizaje y normas.

La orientación a la instrucción, que se enfoca en los objetivos del curso, está moderada por las variables que incentivan a la fluencia, pero no a la inversa. [Ovbiagbonhia et al. \(2020\)](#) encontraron que la creatividad incentiva el deseo de aprender, pero no directamente, sino a través del comportamiento de los estudiantes con el que tiene una incidencia doble, tanto sobre la creatividad como sobre la necesidad de buscar la instrucción para resolver el problema.

En la regresión múltiple la instrucción está correlacionada con la orientación al problema ($r = .71, p < .01$), al proceso ($r = .41, p < .01$), al compromiso ($r = .51, p < .01$) y a la autodirección ($r = .33, p < .01$). Con ayuda de la Figura 10-1, la correlación mutua entre las orientaciones muestra que el problema es el elemento diferenciador ya que hace parte del método educativo. Por lo tanto, explica la falta de creatividad en los cursos que no tenían un proyecto como eje central, como se vio el capítulo 9. También explica la falta de efecto de la originalidad en el curso de ROB172191, en el cual las actividades son guiadas por la instrucción.

La instrucción tuvo un efecto positivo para el desarrollo de habilidades relacionadas con la utilidad en el curso de PAI172, de acuerdo con los resultados de la regresión múltiple. Sin embargo, no fue suficiente para producir una variación significativa en este curso. En su lugar, el cambio significativo estuvo en la originalidad. Esto se debe al efecto combinado del método como se muestra en la Figura 10-1, en donde el problema y el proceso que siguió PAI tuvieron mayor efecto que la instrucción, indicado por los coeficientes β .

Si bien los estudiantes no estaban orientados al problema, en PAI172, el proyecto tiene un problema, que, si bien es poco formulado, se va desarrollando sucesivamente con la instrucción y la guía de entregables del curso. Por esta misma razón, se incentiva el proceso con la instrucción ($r = .41, p < .01$) afectando a la originalidad. Esta tendencia es sugerida en PAI172 con la instrucción asociada significativamente a la cohesión ($r = .44, p < .01$) y al trabajo ($r = .38, p < .01$).

La instrucción deprime a la originalidad ($\beta = -.32, p < .01$) pero favorece al problema ($r = .71, p < .01$). No obstante, si esta instrucción se enfoca en técnicas de generación de ideas, debería tener un efecto positivo, tal como sucedió en PAI con la técnica de TRIZ. [Beghetto \(2006\)](#) sostiene que, si la instrucción está dirigida al desarrollo de la auto creatividad, se puede incentivar el desarrollo de ideas novedosas en los estudiantes. Esta comprende la generación e identificación de ideas potencialmente novedosas.

Es decir, si la instrucción está acompañada de metas claras, se favorece el desarrollo de la originalidad; tal como lo encontraron recientemente [Emre Yildiz et al. \(2021\)](#). Este hallazgo no es coherente con la percepción que tienen los profesores del poco o nulo efecto que tiene el ambiente de aprendizaje sobre el desarrollo de competencias para producir e identificar ideas útiles ([Ovbiagbonhia et al. 2020](#)).

10.3.12 Orientación a la agenda o a la seguridad

En la cultura orientada a agenda los estudiantes se caracterizaron por asistir y cumplir con el plan de las reuniones programadas. Este valor cultural fue mostrado por los cursos de IDS191 (3.7) y GER182 (M=3.6) (sección 8.3.1 y 8.3.10).

El constructo que definió la originalidad fue obtenido de los valores expuestos en GER182. Inicialmente es difícil comprender como el mecanismo de la agenda y el cumplimiento de esta pueden afectar la originalidad. En el análisis de regresión múltiple se encontró que la agenda está correlacionada significativamente con cohesión ($r = .52, p < .01$), con la satisfacción ($r = .46, p < .01$), y con la contribución ($r = .15, p < .01$), resultados que son coherentes con la Tabla 8-26. Sin embargo, la orientación a la agenda en IDS191 estuvo asociada con el desempeño ($r = .34, p < .01$), el liderazgo ($r = .25, p < .01$), la colaboración ($r = .23, p < .01$) y el logro ($r = .34, p < .01$) y en menor grado al saber ($r = .21, p < .05$), tal como lo indican los valores de la correlación consistentes con los de la Tabla 8-8.

Esto sugiere que la orientación a la agenda que desarrolla el pensamiento la originalidad es la que produce la amistad y cohesión de un grupo, pero no la que se realiza por desempeño y cumplimiento de un plan. En otras palabras, la orientación a la agenda está guiada por la seguridad mutua ajustándose a las definiciones de Schwartz (1992) y Schwartz & Boehnke (2004). Esta declaración es coherente con Amabile et al. (1996), quienes sostienen que aquellos guiados por la pasión y satisfacción son más creativos que aquellos que los guían intereses personales.

Ya que en IDS la orientación a la agenda está asociada con valores de autodisciplina (e.g. Schwartz 2012, Triandis 2004), se denomina orientación a la autodisciplina. Según Kaufman & Beghetto (2009), Zhang et al. (2013) o recientemente (Tran et al. 2020), la autodisciplina desarrolla habilidades creativas. Por el contrario, el análisis de correlación en este estudio no encontró alguna relación con el desarrollo de habilidades creativas directamente.

10.3.13 Orientación al aprendizaje mutuo

La orientación al aprendizaje corresponde a la tendencia para explicar y recibir explicaciones, con la intención de ayudar, que se basa en las relaciones personales.

Este valor cultural fue expuesto en los cursos APM172181, explicados en la Sección 8.3.4. El aprendizaje mutuo tiene efecto sobre la originalidad de las ideas ($\beta = .23, p < .05$).

El análisis de regresión múltiple mostró que el aprendizaje mutuo está correlacionado significativamente con la orientación a las personas ($r = .3, p < .01$), las relaciones interpersonales ($r = .28, p < .01$), la cooperación ($r = .28, p < .01$) y los roles.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos sobre el desarrollo de habilidades creativas (Beghetto 2006, Gong et al. 2009), aunque pueden ser atenuadas con una elevada orientación hacia el aprendizaje (Hirst et al. 2009). Sin embargo, estudios recientes muestran que los equipos que tienden hacia el aprendizaje suelen desarrollar sus habilidades creativas (Zhao et al. 2020).

10.4 Efectos moderadores de los valores que inciden en la creatividad

10.4.1 Interdependencia

En la cultura orientada a la interdependencia, los estudiantes prefieren realizar actividades del proyecto individualmente y luego unir sus contribuciones. Este comportamiento fue exhibido en los cursos de IDS191 y GER 182, con valores culturales neutrales, con $M = 3$ y $M = 3.3$ respectivamente.

En IDS191 la interdependencia tiene correlación con algunas variables, pero no son estadísticamente significativas (Tabla 8-8). Así mismo, en GER182 la interdependencia está asociada significativamente solamente a la contribución ($r = .27, p < .01$) y negativamente a la motivación social ($r = -.32, p < .01$), lo cual resulta coherente con la orientación a la motivación social que se explicó antes. Ya que la interdependencia modera negativamente a la motivación social tiene un efecto inhibitor de la fluencia, contradice a algunos estudios sobre la relación de la motivación con la asignación de tareas y el desarrollo de la creatividad (e.g. Gilson & Shalley 2004, Amabile et al. 1996).

En este sentido, también contrario lo encontrado aquí, Fong et al. (2018) sostienen que la interdependencia tiene un efecto moderador leve sobre el conocimiento oculto desfavoreciendo a la creatividad. Al contrario, en la regresión múltiple la correlación con la orientación a la contribución muestra que es cooperativa, más que colaborativa, sugiriendo que incentiva poco la comunicación de intercambio de ideas.

Por otro lado, la comunicación y la interacción facilitarían la creatividad, siempre y cuando los lazos sociales no sean débiles (Perry-Smith & Shalley 2003)

10.4.2 Orientación al liderazgo

En la orientación al liderazgo los estudiantes trabajan con un líder que asigna tareas y define roles.

Reconocer o necesitar una autoridad para realizar el trabajo es uno de los valores que impulsa a las personas en su auto mejora (Schwartz 2012). Fue expuesto en los cursos donde hubo mayor

creatividad, en ICTS172, IDS191 e IDS182, cuya descripción se encuentra en las secciones 8.3.1, 8.3.2 y 8.3.5.

En ICTS se encontró que el liderazgo no fue preponderante sino neutral ($M = 3.2$). Esto explica la correlación significativa entre otras orientaciones culturales como la independencia ($M = 3.2, r = .51, p < .01$) y la autodirección ($M = 2.6, r = .33$), las cuales también fueron bajas. Pero también hubo otras correlaciones significativas esperadas como con la orientación a las personas ($M = 4.3, r = .31, p < .01$), la motivación ($M = 3.6, r = .41, p < .01$) y el aprendizaje mutuo ($M = 3.6, r = .48, p < .01$). En consecuencia, el liderazgo moderó a la motivación y a la autodirección para incentivar el desarrollo de la fluencia. A su vez, moderó a la orientación a las personas positivamente, pero esta tuvo un efecto negativo sobre la creatividad.

En IDS191 el liderazgo fue mayor ($M = 3.5$) que en ICTS172, está correlacionado positivamente con el desempeño ($M = 3.9, r = .22$), el saber ($M = 4, r = .31$), la colaboración ($M = 4.3, r = .24$), el logro ($M = 3.9, r = .23$), el uso de IT ($M = 4.4, r = .21$) y la agenda ($M = 3.7, r = .25$). Todos estos valores hacen parte del liderazgo de grupos para el aprendizaje (Jaques & Salmon 2007). Sin embargo, este tipo de liderazgo parece no haber tenido mayor efecto sobre la creatividad, ya que en este grupo solamente incidió sobre la orientación a la autodisciplina (antes agenda) y la originalidad.

De acuerdo con estas características, el liderazgo de asignación de tareas solamente tiene incidencia sobre la creatividad cuando existe autodisciplina y está orientado a la motivación social. Estos resultados son consistentes con Lee, Lee, Seo & Choi (2015) y Gu et al. (2020) quienes han realizado estudios con liderazgo jerárquico y compartido, encontrando que el liderazgo compartido produce mejores efectos creativos. Este tipo de liderazgo compartido es paralelo al liderazgo neutral de ICTS172, mientras que el jerárquico se parece más al de IDS191 e IDS182 donde no hubo mayor moderamiento de la creatividad, explicada por las correlaciones entre predictores poco significativas encontradas en el análisis de regresión.

El liderazgo neutral es un tipo de liderazgo que implica cierto grado de soporte, orientación y ayuda como ocurría en ICTS. Por lo tanto, los hallazgos son consistentes con las revisiones de Shalley et al. (2004), Brophy (2006). Recientemente, Li et al. (2021) sostienen que el líder debería tener una estrategia para relacionarse con los miembros del equipo de manera que la generación de ideas pueda ser reconocida e implementada en favor de la originalidad. Así mismo, Homan et al. (2020) sostienen que el liderazgo debe ser dirigido por expertos que sean proactivos con los miembros del equipo.

10.5 Mecanismos culturales que incentivan la creatividad

La Tabla 10-1 resume los mecanismos que operan sobre la creatividad encontrados a partir de la orientación cultural expuesta por los grupos y su relación con la creatividad.

Tabla 10-1: Mecanismos que activan el comportamiento y la creatividad

Orientación	Mecanismo	Efecto	Descripción
Problema	Solicita/busca instrucción	+	Es el punto de partida. Incentiva fluencia y originalidad
	Activa un proceso	+	
	Propone actividades	+	
	Deprime autodirección	-	
	Activa el diálogo	+	
Motivación social	Activa autodirección	+	Opera en el desarrollo de fluencia y flexibilidad
	Crea satisfacción	+	
	Fomenta relaciones	+	
	Deprime incentivo intrínseco/extrínseco	+	
	Independencia	-	
Proceso	Es activado por el problema	+	Opera en el desarrollo de la originalidad
	Fomentado por el diálogo	+	
	Facilitado por la instrucción	+	
	Favorece al compromiso	+	
Diálogo	Incentiva el compromiso	+	Inhibe el desarrollo de la fluencia
	Favorece la solución del problema	+	
	Favorece al proceso	+	
	Fomenta la instrucción	+	
Actividades	Deprime la autodirección	-	Desarrolla la fluencia y habilidades para identificar ideas útiles
	Crea satisfacción	+	
	Compromete	+	
	Favorece la orientación a pasar	-	
Satisfacción	Motivación social	+	Deprime el desarrollo de la originalidad directamente, si está asociada a las relaciones personales y el bienestar. Favorece a la motivación social y a las actividades que tienen repercusión en la flexibilidad e identificación de ideas útiles y originales
	Actividades	+	
	Auto seguridad	+	
	Fortalece el proceso	+	
	Favorece la autodirección	+	
Autodirección	Motivación social	+	Favorece al desarrollo la fluencia, con cierta cautela. Es moderada por la instrucción
	Deprime el compromiso	-	
	Favorece reticencia al problema	-	
Compromiso	Favorece al diálogo	+	Favorece al desarrollo de la fluencia.
	Favorece al proceso	+	
	Favorece la solución del problema	+	
		+	

Continúa en la próxima página

	Es facilitado por la instrucción	+	
	Favorece al desarrollo de actividades	+	
	Se opone a la autodirección	+	
Pasar o aprobar	Actividades	+	Deprime la generación de ideas en general. Si está acompañada de trabajo y reflexión favorece el desarrollo de la fluencia.
	Deprime la motivación social	-	
Personas	Motivación social	+	Deprime al desarrollo de flexibilidad, pero favorece a la motivación social.
Instrucción	Compromete más	+	Desarrolla la originalidad y habilidades para identificar ideas útiles si está enfocada en entrenamiento de actividades para ideación original o para identificación de utilidad. Modera los efectos existentes de los efectos que se indican en la columna anterior.
	Favorece al diálogo	+	
	Fortalece la solución al problema	+	
	Fortalece el proceso	+	
	Favorece la autodirección	+	
Seguridad	Satisfacción	+	Favorece al desarrollo la originalidad si las reuniones son producidas por el deseo interno del encuentro con otros para trabajar.
	Fomenta la cohesión	+	
	Fomenta la contribución	+	
	Activada para desempeño	-	
	Tiene liderazgo jerárquico	-	
	Se enfoca en el logro	-	
Aprendizaje mutuo	Personas	+	Favorece al desarrollo de la originalidad
	Relaciones sociales	+	
	Cooperación	+	
Interdependencia	Inhibe la motivación social	-	Deprime el desarrollo de la fluencia
	Cooperación	+	
Liderazgo	Independencia	+	Deprime el desarrollo de la creatividad si es un liderazgo jerárquico. Favorece la creatividad si el liderazgo está orientado al clima
	Autodirección	+	
	Motivación	+	
	Aprendizaje mutuo	+	

10.6 Conclusiones

El capítulo presenta la relación cultural con la creatividad. De acuerdo con los hallazgos, PBL produce efectos en la creatividad que luego están relacionados con la cultura.

Se identificaron y explicaron 13 valores culturales con efectos directos en la producción creativa. Uno de estos valores es la orientación a la realización de problemas, el cual es inherente a PBL, pero que es una característica cultural que puede ser expuesta en grupos.

Como consecuencia de los valores creativos expuestos, se identificaron los mecanismos que operan para el desarrollo de la creatividad. Se encontró que algunos de estos mecanismos no fueron producidos en cursos con el modelo de PBL orientado al problema sino a la tarea. Esto tiene implicaciones en la introducción de estrategias o modificación de los modelos de PBL. Por ejemplo, se encontró que el facilitador flotante es clave para el desarrollo la flexibilidad y la originalidad, como para fluencia. También se encontró que la instrucción enfocada en los procesos creativos fomenta a la originalidad.

En la discusión se presentaron argumentos soportados en los hallazgos de la investigación y hallazgos de otros estudios contemporáneos con el desarrollo de esta investigación. Esto tiene implicaciones sobre la temáticas y ejes de trabajo sobre la creatividad.

Algunas de los valores creativos, como la orientación al aprendizaje mutuo, la orientación a la nota, el compromiso y la orientación a las personas, todas con incidencia directa en la creatividad, sobre los cuales se encontró poca información desde el punto de vista de los mecanismos. Por lo tanto, contribuyen con el entendimiento de la creatividad.

11 Conclusiones

En este estudio se realizaron observaciones sobre el desarrollo de competencias creativas de estudiantes durante el trabajo del proyecto de PBL, con incidencia de la respuesta cultural producida por los estudiantes en un entorno educativo. La muestra utilizó mediciones a priori y a posteriori para creatividad a un total de 16 cursos con una muestra de 1088 participantes, 556 a priori y 532 a posteriori, a una población de 898 estudiantes ($1088/1796, p = .06$). El análisis estadístico para establecer la variación de la creatividad se realizó apareando las 393 respuestas entre los cursos.

Los cursos evaluados fueron caracterizados según las actividades que hacen los estudiantes en el trabajo del proyecto junto con los principios de aprendizaje. De esta forma, el modelo de PBL de cada curso fue organizado en el triángulo de Illeris de aprendizaje. Este proceso mostró las variaciones relevantes de uno con respecto a otro. El trabajo del proyecto fue también caracterizado según el tipo de proyecto que realiza.

Para la categorización, según los principios de aprendizaje tuvo en cuenta, que la muestra tenía cursos con proyectos que se originan en un problema poco definido, definido o como una tarea asignada. Tenían programas académicos enfocados en la disciplina, centrados en el contenido o programas de curso, enfocados en el proyecto que realizan los estudiantes.; proyectos que debían ser terminados a lo largo del semestre, realizados en grupo de estudiantes. Así mismo había cursos ubicados en los primeros semestres como en semestres avanzados del programa de estudios, cursos con estudiantes de varios programas y semestres.

La creatividad fue evaluada según las competencias creativas agrupadas en fluencia, flexibilidad, originalidad y utilidad. Estos cuatro grupos comprendían varios aspectos como el pensamiento convergente, divergente, lateral, asociación de ideas, analogía, metáforas, hallazgo de problemas, solución de problemas. Para obtener los resultados utilizó estadística descriptiva y no descriptiva.

El resultado de la evaluación de la creatividad mostró que varía positiva y significativamente con el PBL, pero solamente en los cursos cuyo eje principal es el proyecto real, con los principios de aprendizaje centrados en lo social. Además, entre cursos la creatividad tuvo mayor variación significativa cuando realizaron un proyecto auténtico, fuera del entorno académico, eran heterogéneos, tenían la mayor autonomía y facilitación flotante, que no se basó en la experiencia del facilitador. La evaluación también mostró que la creatividad varía en todos los aspectos en los cursos de introducción a ingeniería, pero la originalidad solamente se desarrolla si el facilitador no ejerce control disciplinar o el desarrollo de las actividades no está acompañada del conocimiento en las disciplinas.

El análisis mostró que los cursos que tienden a realizar enseñanza tradicional centrada en el tema impartido y pocas actividades extra clase, no tienen variación en ninguna de las competencias agrupadas. Además, también evidenció que las CDI se desarrollan en cursos centrados en ingeniería.

La combinación de los resultados de creatividad con los principios de PBL fue localizada gráficamente en el triángulo de Illeris. La zona social central y la motivación social aplicada por el facilitador parecen tener los mayores efectos en la creatividad en general. Sin embargo, también se encontró la relevancia de las técnicas de la clase para el desarrollo de la originalidad.

En la investigación se realizó una evaluación del efecto de la cultura. El estudio sistemático de la literatura mostró que el comportamiento representado en los valores es la variable observable en los grupos, lo cual tiene relevancia en el trabajo del proyecto. También se encontró que el valor está conectado con los aspectos psicológicos del individuo. A partir de estos resultados fue diseñado un instrumento de medición de valores culturales relevantes denominado QFR.

El propósito del diseño personalizado de un instrumento era tomar la percepción de los estudiantes durante el trabajo del proyecto desde el punto de vista de los valores para así caracterizar el comportamiento del grupo. Este cuestionario se denominó Cuestionario de Factores Culturales Revelados. El diseño del QFR en este trabajo implicó la realización de entrevistas abiertas, no estructuradas para conocer los valores relevantes de la muestra donde se realizó el estudio combinado con los resultados preliminares de una universidad con currículo PBL. Para el primer caso se realizaron 17/83 entrevistas aproximadamente 30 minutos, mientras que para el segundo 8/19 entrevistas; las cuales fueron analizadas en busca de patrones. Finalmente se obtuvo un cuestionario de 108 declaraciones en escala de Likert de 5 puntos.

El cuestionario fue aplicado en línea a una muestra de 22 cursos con una población de 1183 estudiantes, logrando 694 cuestionarios válidos para el análisis ($p = .59$). Algunos de los cursos fueron agrupados y otros descartados por no alcanzar suficiente participación; de tal forma que la muestra fue reducida a 12 cursos. Los datos del cuestionario fueron analizados estadísticamente con ACP para encontrar los factores relevantes o caracterizadores de cada curso.

Los resultados de la evaluación cultura de los cursos extrajo un total de 34 valores culturales diferentes entre todos los cursos, con distinta manifestación entre los cursos. Estos valores fueron utilizados para fijar la relación de cultura, creatividad y PBL.

Los datos del cuestionario QFR también fueron utilizados para determinar la existencia o no de diferencia cultural entre los grupos. Se encontró que el formato del curso tiene un efecto sobre el comportamiento revelado de los estudiantes en general. Al mismo tiempo, encontró 13 valores de los estudiantes que son independientes del tipo de la clase que se resumen en los siguientes: la adaptación al entorno, la comunicación por IT, el compromiso en el trabajo de acuerdo con las capacidades individuales, la dependencia del trabajo de otros, pero al mismo tiempo la baja

interdependencia en las tareas, la conciencia de las tareas, el sentido de aporte del trabajo, el interés neutral en aprender de otros, la neutralidad y el poco interés mutuo en la reputación.

Los datos del cuestionario QFR y de la prueba de CEDA fueron apareados en 154 casos validados provenientes de diferentes cursos para encontrar el efecto entre cultura y creatividad. Como había pocos datos en algunos cursos, se optó por utilizar una estrategia de transformación de coordenadas, la cual produjo relaciones coherentes entre sí. Es decir, como los componentes principales conforma un espacio vectorial caracterizando a cada curso, las respuestas de cualquier curso podrían ser transformadas en respuestas aparentes de otros cursos y procesarlos para encontrar los efectos. Los datos fueron analizados con ACP y regresión lineal múltiple.

Fueron encontrados 13 valores expuestos por los grupos durante el trabajo que tienen efecto en la creatividad, que explicaron los mecanismos por los cuales los principios de PBL favorecen el desarrollo de CDI. Los valores encontrados son: la orientación al problema, la motivación social, la orientación al proceso, la orientación al diálogo, orientación a las actividades, orientación a la autodirección, orientación al compromiso, a la satisfacción, a pasar o a la nota, a las personas, a la instrucción, a la agenda segura y al aprendizaje mutuo. Algunos de estos valores son deseables para favorecer a alguna competencia mientras que desfavorecen a otra, como la instrucción enfocada en el contenido que afecta positivamente a la utilidad, pero negativamente a la originalidad. Así mismo se encontraron efectos secundarios de tres valores culturales sobre la creatividad que afectan a otras variables. La interdependencia orientada a la cooperación y el liderazgo

El análisis combinado de las pruebas a priori y a posteriori, junto con el análisis de la tipología de cada curso y cultural, discutidos en los Capítulos 9 y 10, permitió cumplir con el objetivo principal de esta investigación, de explicar el efecto de PBL en la creatividad y el efecto de la cultura.

El marco general para estudiar cultura lo presenta la Metodología en el Capítulo 6, que implementó los resultados de los estudios en PBL de los capítulos 2, Creatividad 3 y Cultura 4. De esta forma presentó un proceso apoyado en cuatro diagramas de flujo para estudiar la creatividad y la cultura. Dichos procedimientos fueron implementados en el Capítulo 8.

La Creatividad fue explicada en un contexto amplio en el capítulo 3. Se extrajo información por medio de revisión sistemática de la literatura sobre la relevancia de la creatividad para diseño en ingeniería. A partir de los resultados se explicaron las nociones de creatividad en general y en el campo de ingeniería para encontrar la relevancia de la noción de las 4p's de la creatividad y aplicarla en la encuesta.

En este estudio también se explicó la relación de la creatividad con el trabajo de proyecto de PBL. En particular en el Capítulo 7 se describe la muestra y se implementa la relación con los principios de aprendizaje de PBL. Posteriormente en el capítulo 9 se explican la relación del PBL con la creatividad, la cual incluye las actividades que los estudiantes realizan. De esta manera se exceden los objetivos de encontrar la relación de las actividades del proyecto con la creatividad.

El trabajo explica la relación entre el trabajo del proyecto y las actividades de los cursos donde los estudiantes participan. No solo incluye aspectos de las reuniones del grupo, sino que el análisis se extendió a los aspectos generales que desde el PBL tienen efecto sobre la creatividad.

11.1 Implicaciones

El estudio de la relación de cultura y creatividad fue desarrollado en cursos con mayor y menor grado de trabajo de PBL. Es decir, había cursos que se parecía más a un curso tradicional centrado en el profesor o tema, que a un curso con PBL centrado en el estudiante. En estos cursos no hubo variación de la creatividad, pero tenían valores expuestos que la favorecen. Se requieren estudios adicionales que expliquen por qué estos cursos no tienen desarrollo creativo, sobre aspectos que deprimen. Si bien, este estudio explicó cada curso según la perspectiva de PBL, el formato de algunas de esas clases no utiliza conscientemente estos principios sino otros. Con esto surge una segunda pregunta ¿Qué principios de aprendizaje tienen efecto neutral o negativo sobre la creatividad en la enseñanza centrada en el profesor o en el tema?

Como los resultados de este estudio confirman el desarrollo de la creatividad con PBL con los mecanismos que operan para producirla, se puede utilizar como herramienta para ayudar a diseñar estrategias de fomento de la creatividad en cursos de ingeniería y en programas de entrenamiento.

La reputación fue un valor que no es tenido en cuenta y tampoco incentivado por los estudiantes. Se necesita estudiar el efecto del incremento de la reputación en la confianza, en el desempeño del grupo y en la creatividad.

También se generaron algunas preguntas relacionadas con la reputación. Llama la atención el bajo interés que tienen los estudiantes en su reputación personal. En este estudio se encontró que la reputación es el polo opuesto de la autodirección, con efectos contradictorios. Parece que la autodirección favorece a la creatividad, pero al mismo tiempo no favorece al liderazgo o a la colaboración que son elementos clave en el trabajo en equipo. Se requiere más investigación sobre la relación de esta variable con la creatividad y el aprendizaje para tenerlo en cuenta en la generación de nuevos modelos de PBL:

Una situación similar a la anterior se presenta con el efecto negativo que tienen las relaciones interpersonales con la creatividad y el efecto positivo que tienen para el trabajo en grupo. Se encontró un efecto negativo de la agenda centrada en la planeación en contra de uno positivo producido por el trabajo con la agenda centrada en la persona. Estos efectos cruzados causan cierto grado de incertidumbre sobre cómo deben ser estas relaciones, cómo debe ser el tono de las relaciones, cómo debe ser la relación con el líder o con el facilitador para no afectar negativamente a la creatividad.

Las relaciones sociales dentro del trabajo del proyecto están afectadas por la orientación a las personas ($r = .39, p < 0$), a la independencia ($r = .28, p < 0$), al aprendizaje mutuo ($r = .28, p < 0$). Aunque se logró explicar la relación entre estas variables se requiere investigación sobre la correlación entre la orientación a las personas, la colaboración, el aprendizaje mutuo y la creatividad.

11.2 Limitaciones

Este trabajo realiza contribuciones sobre los mecanismos que operan para desarrollar la creatividad con PBL. Sin embargo, tiene varias limitaciones.

La principal limitación es que el estudio fue realizado en una universidad cuyo currículo predominante es tradicional, centrado en la instrucción y en el profesor. Así que los cursos con PBL introducen forzosamente comportamientos conductivistas. En consecuencia, se recomienda realizar estudios que confirmen los hallazgos en entornos educativos que tengan a PBL como eje principal.

La diferencia entre los antecedentes de los estudiantes y la heterogeneidad de la muestra no permitió la comparación de la respuesta creativa con resultados numéricos entre curso en todos los casos. Solamente unos valores absolutos de referencia en pruebas a priori de creatividad. Sin embargo, como la medición fue relativa y emparejada el único valor de referencia es el de la diferencia relativa por curso, los cuales si pueden compararse entre sí con este y otros estudios.

La medición de las CDI fue agrupada, reduciéndola a cuatro constructos. Por un lado, no existen un instrumento de medición para evaluar todas las competencias señaladas, por otro lado, la cantidad de criterios se incrementa dificultando el modelo de regresión lineal. Las variables agrupadas en todo caso muestran competencias creativas no discriminadas.

Los datos de recolección de cursos fueron extensos pero limitados por la participación de los profesores y de los cursos. Era recomendable realizar algún tipo de triangulación de los resultados para reforzar los hallazgos con observación directa.

La evaluación de la creatividad limitó el modelo al proceso por dos razones. La primera, los instrumentos que miden la persona tiene un carácter psicológico, por lo cual debería ser acompañado por profesionales en esta área. La segunda, la evaluación del producto de la clase por parte del investigador, podría causar un conflicto con la valoración de los profesores de los cursos. La valoración del profesor agrupa otros aspectos de desempeño fuera de la creatividad, lo que podría dar resultados poco fiables.

La creatividad del producto no pudo ser evaluada por la heterogeneidad de los productos. Estos productos de cada curso correspondían con resultados de aprendizaje distintos. La valoración basada en la nota, que es una alternativa que suelen utilizar indiscriminadamente para evaluar desempeño o eficiencia de un curso, no es adecuada ya que incluye otros aspectos no creativos

del producto que sesgarían los resultados. El autor pidió recibir los productos en los cursos, pero solamente pudo recoger algunos por varias razones incluidas la prevención de algunos profesores sobre estos y en otros casos las normas de protección de datos.

La evaluación de personas dificulta la aplicación de varios instrumentos de medición. En el caso de esta investigación no se aplicó un instrumento complementario para medir algunas variables específicas como la analogía, la metáfora y la asociación de ideas. Estas era parte tácita del instrumento de medición de la creatividad.

La prueba de creatividad CEDA deber ser evaluada por tres jueces, como lo indican las instrucciones. Sin embargo, por la configuración de esta investigación la valoración fue realizada solamente por el autor. En CEDA se requiere la participación de jueces para evaluar la originalidad y la utilidad. La evaluación de fluencia y flexibilidad es por conteo. Sin embargo, la introducción de jueces por un lado perjudicaba la valoración de originalidad y utilidad, pero, por otro lado, tales jueces no eran parte de esta investigación y debían ser pagos introduciendo conflictos éticos. Siendo estos un problema, constituyo una ventaja ya que la perspectiva de medición, alta o baja, solamente se utilizó para comparar los resultados de la muestra exclusivamente para este estudio, a priori y posteriori favoreciendo la comparación total.

La prueba de creatividad de CEDA no cumplió con la eficiente reportada en varios artículos. El análisis encontró un factor consistente de correlación entre los resultados de la fluencia y la flexibilidad, alrededor de ($r = .83$). Como fue constante, facilitó el análisis incluyendo y excluyendo su efecto. Esto, sin embargo, puede originar un estudio de revisión de resultados comparativo con otras pruebas de creatividad.

El efecto cultural se enfocó en los aspectos particulares de un curso. La encuesta QFR fue cuidadosa en preguntarle a los estudiantes sobre la percepción del trabajo de su proyecto en un curso en particular. Sin embargo, pudo existir algún tipo de sesgo por la experiencia de ellos en otros cursos.

Si bien, los resultados de diferencias significativas entre los cursos ayudaron a evaluar los factores que afectan al trabajo del proyecto y las preguntas estaban restringidas a la percepción del trabajo del proyecto, dichas variables también están indicando el efecto combinado de la clase tradicional, de las sesiones de clase, apoyándose en la práctica en si de las propias conferencias de la clase. Por lo tanto, se requiere un estudio confirmatorio en los cursos con instrucción y sin instrucción apoyados en un grupo de control. El tema se abordó en la sección 10.1

11.3 Principales aportes de esta investigación

Esta investigación es un estudio de caso que obtuvo resultados estadísticamente significativos de que el PBL favorece la creatividad. Los resultados tienen aplicación a otros contextos educativos y

organizacionales como fuente inspiradora de modelos y estrategias requeridos actualmente (e.g. [Draper et al. 2021](#)). Para el caso de la Universidad Nacional este trabajo aportará directamente en el desarrollo de programas académicos en ingeniería orientados hacia el desarrollo de la creatividad.

El estudio contribuye en el campo del conocimiento de los mecanismos por los cuales el PBL desarrolla competencias creativas. La comprensión de estos mecanismos permanece en estudio actualmente. Al respecto un artículo reciente escribió:

“...While studies identified the potential of PBL in promoting diverse learning skills, its effectiveness on advancing students’ innovation capabilities is still in initial stages (e.g., Kuo et al., 2019; Usher & Barak, 2020).

Higher education nowadays is taking the endeavor to train students with strong innovation ability (Barak & Usher, 2019; Barak, Watted, & Haick, 2020; Cropley, 2015). This has led higher educational institutions to deliver innovation courses, such as integrated projects of entrepreneurship and graduate level programs that include modules enhancing students’ innovative thinking (e.g., Andrews & Clark, 2018; Cropley, 2015; Barak & Usher, 2019). *However, developing and implementing pedagogical methods that effectively promote undergraduate students’ innovation capabilities is still a challenge* (Andrews & Clark, 2018; Usher & Barak, 2020).” ([Barak & Yuan 2021](#), p.1, *cursivas mías*)

La relación de la creatividad y principios de aprendizaje es reportada con variables medidas sobre la muestra, produciendo una relación directa entre variables y hallazgos. Usualmente los reportes utilizan datos de desempeño reportados por los profesores como se evidencia en algunas publicaciones (e.g. [Gallagher 2015](#)).

Para realizarlo, el estudio diseño un marco de referencia de cuatro etapas, descrito en la metodología, el cual contribuye con métodos de análisis para resolver algunas dificultades al respecto. Esto lo ilustra un artículo reciente así,

“However, *educators typically adopt students’ final products, their innovation abilities, and their responses to summative questionnaires as the criteria for assessing creativity; thus, the development of creativity in the learning process has rarely been analyzed. Although creativity has been explored using learning records, most studies have defined and explored the development process through some single aspect of creativity. However, creativity is multivariate and multidimensional. The creative process is affected by intelligence, knowledge, cognitive style, personality, motivation, affect, and physical and sociocultural environmental contexts* (Lubart, Zenasni, & Barbot, 2013; Sternberg & Lubart, 1991). Therefore, *understanding the creativity of learners during creativity activities is difficult.*” ([Chien et al. 2020](#), p.2, *cursivas mías*)

Este estudio encontró el efecto de variables que inciden con varios aspectos de la creatividad contribuyendo con las preocupaciones actuales para entender los mecanismos que producen creatividad.

Para el caso de algunas variables no solamente encontró su relación con la creatividad, sino el aspecto que la afecta. Trabajos recientes como el de [Jalinus et al. \(2020\)](#), [Ovbiagbonhia et al. \(2020\)](#) y [Emre Yildiz et al. \(2021\)](#) abordan el tema de la instrucción, el de [Davidsen et al. \(2020\)](#) sobre el efecto del diálogo en los resultados de PBL, de las tareas ([Ma & Corter 2019](#), [Meslec et al. 2020](#), [Tran et al. 2020](#)), los efectos de la presión en la creatividad ([Antwi et al. 2019](#), [Luis et al. 2020](#)), los efectos directos o indirectos del compromiso ([Chaudhary & Akhouri 2018](#)), a las personas ([Sparkman & Hamer 2020](#)), el efecto del aprendizaje mutuo ([Zhao et al. 2020](#)), las estrategias de liderazgo para producir originalidad ([Homan et al. 2020](#)).

En el estudio también se encontraron algunas orientaciones culturales que pueden afectar la creatividad, como la forma en que los individuos abordan la agenda, que pueden enmarcarse con estudios actuales sobre la disciplina, como el de [Tran et al. \(2020\)](#), o la orientación a la nota o a pasar una asignatura.

La encuesta QFR producida en esta investigación puede ser utilizada para un estudio longitudinal de comportamiento cultural o caracterización de curso, ya que fue probada repetidamente en varios cursos con índices elevados de confiabilidad. El aporte sustancial es que es situada. Así mismo ayuda a implementar metodología para la comprensión del efecto cultural sobre la creatividad en educación, los cuales demandan comprensión actualmente ([Barak & Yuan 2021](#)).

11.4 Trabajo futuro

Los resultados de esta investigación sugieren los siguientes temas:

- Investigación sobre el efecto del aprendizaje centrado instrucción en la creatividad
- Estudio longitudinal sobre el comportamiento expuesto. El cuestionario QFR tiene aplicación transversal disciplinar lo cual podría favorecer el desarrollo de estrategias académicas a nivel institucional
- Replicar el estudio en otra universidad. El procedimiento explicado en la metodología es marco de referencia para otros estudios similares, con el soporte teórico.
- Diseño de un modelo educativo basado en un currículo creativos. El marco de estudio de esta tesis puede ser utilizado para una tesis de maestría o de doctorados.
- Estudios sobre la combinación de los efectos de orientaciones culturales combinadas en estudios comparativos a nivel de PBL.
- Diseño de un instrumento de medición de las competencias creativas que las pueda diferenciar entre sí. Por ejemplo, medir el pensamiento lateral o medir el pensamiento divergente. Esto puede contribuir comprensión de la generación de ideas enfocadas, a la selección de métodos de diseño e implementar la estrategia para producir innovación.

Bibliografía

Aalborg University (2015), 'PBL- The Aalborg Model'.

Aalto University (2020), 'PBL South Asia - Aalto Global Impact'.

URL: <https://aaltoglobalimpact.org/pbl-south-asia/>

AAU (2020), 'Aalborg University - Knowledge for the world'.

URL: <https://www.en.aau.dk/>

Adams, N., Pienaar, J. & Hayes, C. (2016), 'Project based learning or problems becoming learned', *ANZIAM Journal* 57(July), 82.

Agrell, A. & Gustafson, R. (1994), 'The Team Climate Inventory (TCI) and group innovation: A psychometric test on a Swedish sample of work groups', *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 67(2), 143–151.

Akili, W. (2015), 'Perspectives on engineering design learning: Realities, challenges, and recommendations'.

Albanese, M. A. & Mitchell, S. (1993), 'Problem-based learning'.

Alcaldía local de Sumapaz (2018), Identificación y priorización de escenarios de riesgo, Technical report, Alcaldía de Bogotá.

URL: <https://www.idiger.gov.co/documents/>

Alkin-Sahin, S. (2015), 'The relationship between the educational beliefs and learning approaches', *Anthropologist* 22(2), 301–308.

Allen, D. E., Duch, B. J. & Groh, S. E. (1996), 'The power of problem-based learning in teaching introductory science courses', *New Directions for Teaching and Learning* 1996(68), 43–52.

URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/tl.37219966808>

Altshuller, G. S. (1984), *Creativity As an Exact Science*, Gordon and Breach publisher.

Alvesson, M. & Sveningsson, S. (2016), *Changing Organizational Culture: Cultural Change Work in Progress*, second edn, Routledge.

Amabile, T. M. (1982), 'Social psychology of creativity: A consensual assessment technique', *Journal of Personality and Social Psychology* 43(5), 997–1013.

Amabile, T. M. (1983), 'The social psychology of creativity: A componential conceptualization', *Journal of Personality and Social Psychology* 45(2), 357–376.

Amabile, T. M., Conti, R., Coon, H., Lazenby, J., Herron, M. & Amabile, T. M. (1996), 'Assessing the Work Environment for Creativity', *The Academy of Management Journal* 39(5), 1154–1184.

URL: <http://www.jstor.org.zorac.aub.aau.dk/stable/256995>

- Amabile, T. M. & Gryskiewicz, N. D. (1989), 'The creative environment scales: Work environment inventory', *Creativity Research Journal* 2(4), 231–253.
URL: <http://dx.doi.org/10.1080/10400418909534321>
- Amabile, T. M. & Pillemer, J. (2012), 'Perspectives on the Social Psychology of Creativity', *The Journal of Creative Behavior* 46(1), 3–15.
- Ancona, D. G. & Caldwell, D. F. (1992), 'Demography and Design: Predictors of New Product Team Performance', *Organization Science* 3(3), 321–341.
- Andernach, T. & Saunders-smits, G. (2006), The Use of Teaching Assistants in Project Based Learning at Aerospace Engineering, in 'Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference', IEEE, pp. 11–14.
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4117032/>
- Andersen, A. S., Heilesen, S. B. & Kjeldsen, T. H. (2015), *The Roskilde Model: Problem-Oriented Learning and Project Work*, Vol. 12, Springer International Publishing, Department of Psychology and Educational Studies, Roskilde University, Roskilde, Denmark.
- Anderson, J. R. (1993), 'Problem Solving and Learning ill', *American Psychologist* 48(1972), 35–44.
- Antepohl, W., Domeij, E., Forsberg, P. & Ludvigsson, J. (2003), 'A follow-up of medical graduates of a problem-based learning curriculum', *Medical Education* 37(2), 155–162.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2923.2003.01401.x>
- Antepohl, W. & Herzig, S. (1999), 'Problem-based learning versus lecture-based learning in a course of basic pharmacology: a controlled, randomized study', *Medical Education* 33(2), 106–113.
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2923.1999.00289.x>
- Antwi, C. O., Jun Fan, C., Aboagye, M. O., Brobbey, P., Jababu, Y., Affum-Osei, E. & Avornyo, P. (2019), 'Job demand stressors and employees' creativity: a within-person approach to dealing with hindrance and challenge stressors at the airport environment', *Service Industries Journal* 39(3-4), 250–278.
URL: <https://doi.org/10.1080/02642069.2018.1520220>
- Arana-Arexolaleiba, N. & Zubizarreta, M. I. (2017), PBL Experience in Engineering School of Mondragon University, in A. Guerra, R. Ulseth & A. Kolmos, eds, 'PBL in Engineering Education: International Perspectives on Curriculum Change', SensePublishers, Rotterdam, pp. 89–102.
URL: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-905-8_6
- Archer, M., Bhaskar, R., Collier, A., Lawson, T. & Norrie, A., eds (1998), *Critical Realism: Essential Readings*, Routledge.
- Armitage, A., Pihl, O. & Ryberg, T. (2015), 'PBL and Creative Processes', *Problem-based learning in Higher Education* 3(1), I–IV.
- Arndt, J., Greenberg, J., Pyszczynski, T. & Solomon, S. (1997), 'Subliminal Exposure to Death-Related Stimuli Increases Defense of the Cultural Worldview', *Psychological Science* 8(5), 379–385.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00429.x>
- Ashkanasy, N. M., Wilderom, C. P. & Peterson, M. F., eds (2011), *The handbook of organizational culture and climate*, second edn, SAGE Publications Inc.

- Australia, T. U. o. N. (2020), 'Work Integrated learning'.
URL: <https://www.newcastle.edu.au/work-integrated-learning>
- Ayas, K. & Zeniuk, N. (2001), 'Project-based Learning: Building Communities of Reflective Practitioners', *Management Learning* **32**(1), 61–76.
- Ayaz, M. F. & Söylemez, M. (2015), 'The effect of the project-based learning approach on the academic achievements of the students in science classes in Turkey: A meta-analysis study', *TED EĞİTİM VE BİLİM* **40**(178), 255–283.
- Azer, S. A. (2001), 'Problem-based learning', *Saudi Medical Journal* **22**(3), 389–397.
URL: <http://www.rfwp.com/samples/engaged-educated-keynote.pdf>
- Baer, J. (2010), Is Creativity Domain Specific?, in J. C. Kaufman & R. J. Sternberg, eds, 'The Cambridge Handbook of Creativity', Cambridge University Press, pp. 321–341.
- Baggeli Kahraman, P. & Sezer, G. O. (2017), 'Relationship between Attitudes of Multicultural Education and Perceptions Regarding Cultural Effect of Globalization', *Eurasian Journal of Educational Research* **17**(67), 233–249.
URL: <http://www.ejer.com.tr/index.php?git=22&kategori=164&makale=1116>
- Ball, L. J., Ormerod, T. C. & Morley, N. J. (2004), 'Spontaneous analogising in engineering design: A comparative analysis of experts and novices', *Design Studies* **25**(5), 495–508.
- Balve, P., Krüger, V. & Tolstrup Sørensen, L. (2017), 'Applying the Kanban method in problem-based project work: a case study in a manufacturing engineering bachelor's programme at Aalborg University Copenhagen', *European Journal of Engineering Education* **42**(6), 1512–1530.
URL: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1350143>
- Barak, M. & Yuan, S. (2021), 'A cultural perspective to project-based learning and the cultivation of innovative thinking', *Thinking Skills and Creativity* **39**, 100766.
URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871187120302406>
- Barkow, G., Cosmides, L. & Tooby, J., eds (1992), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture.*, Oxford University Press.
- Barron, B. J. S. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L. & Bransford, J. D. (1998), 'Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning', *Journal of the Learning Sciences* **7**(3-4), 271–311.
- Barrows, H. S. (1986), 'A taxonomy of problem-based learning methods', **20**, 481–486.
- Barrows, H. S. & Tamblyn, R. M. (1980), *Problem-Based Learning An Approach to Medical Education*, Springer.
- Bas, G. (2011), 'Investigating the effects of project-based learning on students', *The online journal of New Horizons in Education* **1**(4).
URL: <http://www.tojned.net/>
- Bassok, M. & Novick, L. R. (2012), *Problem Solving*, Oxford University Press.
- Batey, M. (2007), A psychometric investigation of everyday creativity, PhD thesis, University College.

- Beaty, R. E. & Johnson, D. R. (2020), 'Automating creativity assessment with SemDis: An open platform for computing semantic distance', *Behavior Research Methods*.
- Beck, U. (1992), *Risk Society*, SAGE Publications.
- Becker, E. (1962), *The birth and death of meaning*, Free Press.
- Beghetto, R. A. (2006), 'Creative self-efficacy: Correlates in middle and secondary students', *Creativity Research Journal* **18**(4), 447–457.
- Beghetto, R. A. (2010), Creativity in the Classroom, in J. C. Kaufman & R. J. Sternberg, eds, 'The Cambridge handbook of creativity', Cambridge University Press, pp. 447–463.
- Beghetto, R. A. & Kaufman, J. C. (2014), 'Classroom contexts for creativity', *High Ability Studies* **25**(1), 53–69.
URL: <http://dx.doi.org/10.1080/13598139.2014.905247>
- Belland, B. R., Gu, J., Kim, N. J., Jaden Turner, D. & Mark Weiss, D. (2019), 'Exploring epistemological approaches and beliefs of middle school students in problem-based learning', *Journal of Educational Research* **112**(6), 643–655.
URL: <https://doi.org/10.1080/00220671.2019.1650701>
- Berkson, L. (1993), 'Problem-based learning: have the expectation been met?', *Academic Medicine* **68**(10), 579–588.
- Bernaards, C. A. & IJennrich, R. (2005), 'Gradient Projection Algorithms and Software for Arbitrary Rotation Criteria in Factor Analysis', *Educational and Psychological Measurement* **65**, 676–696.
- Berry, J. W. (2012), 'The ecocultural framework: a stocktaking', *Fundamental Questions in Cross-Cultural Psychology* (1934), 95–114.
- Berry, J. W. & Poortinga, Y. H. (2006), Cross-cultural theory and methodology, in J. Georgas, J. W. Berry, F. J. R. van de Vijver, C. Kagitcibasi & Y. H. Poortinga, eds, 'Families Across Cultures', Cambridge University Press, Cambridge, pp. 51–71.
- Berry, J. W., Poortinga, Y. H., Breugelmans, S. M., Chasiotis, A. & Sam, D. L. (2011), *Cross-Cultural Psychology*, number January, Cambridge University Press, Cambridge.
URL: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511974274>
- Bhaskar, R. (1998), Philosophy and Scientific Realism, in M. Archer, R. Bhaskar, A. Collier, T. Lawson & A. Norrie, eds, 'Critical Realism: Essential Readings', Routledge, pp. 16–47.
- BIE (2020), 'Why Project Based Learning (PBL)?'.
URL: http://bie.org/about/why_pbl
- Biggs, J. B. (2003), *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does*, 2. ed edn, Society for Research into Higher Education and Open University Press.
- Bjerg, J., Callewaert, S., Elle, B., Mylov, P., Nissen, T. & Silberbrandt, H. (1995), 'Danish Education, Pedagogical Theory in Denmark and in Europe, and Modernity', *Comparative Education* **31**(1), 31–48.

- Blair, K., Miller, D. W., Darmofal, D., Young, C. P. W. & Brodeur, D. (2002), Problem Based Learning In Aerospace Engineering Education, in '2002 Annual Conference Proceedings', ASEE Conferences, pp. 7.940.1–7.940.8.
URL: <http://peer.asee.org/10974>
- Blumberg, P. & Michael, J. A. (1992), 'Development of self-directed learning behaviors in a partially teacher-directed problem-based learning curriculum', *Teaching and Learning in Medicine* 4(1), 3–8.
URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10401339209539526>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991), 'Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning', *Educational Psychologist* 26(3/4), 36398.
- Bogilović, S., Bortoluzzi, G., Černe, M., Ghasemzadeh, K. & Žnidaršič, J. (2020), 'Diversity, climate and innovative work behavior', *European Journal of Innovation Management* .
- Bogilović, S., Černe, M. & Škerlavaj, M. (2017), 'Hiding behind a mask? Cultural intelligence, knowledge hiding, and individual and team creativity', *European Journal of Work and Organizational Psychology* 26(5), 710–723.
URL: <https://doi.org/10.1080/1359432X.2017.1337747>
- Borrego, M., Foster, M. J. & Froyd, J. E. (2014), 'Systematic literature reviews in engineering education and other developing interdisciplinary fields', *Journal of Engineering Education* 103(1), 45–76.
URL: <http://dx.doi.org/10.1002/jee.20038>
- Bourdieu, P. (2018), *Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste**, in 'Food and Culture', Routledge, Fourth edition. | New York : Routledge, 2018. | "Third edition published by Routledge 2013"—T.p. verso., pp. 141–150.
URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781317396901/chapters/10.4324/9781315680347-10>
- Bozkurt Altan, E. & Tan, S. (2020), 'Concepts of creativity in design based learning in STEM education', *International Journal of Technology and Design Education* .
URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10798-020-09569-y>
- Brace, I. (2008), *Questionnaire Design*, second edi edn, Kogan Page.
- Braha, D. & Reich, Y. (2003), 'Topological structures for modeling engineering design processes', *Research in Engineering Design* 14(4), 185–199.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006), 'Using thematic analysis in psychology', *Qualitative Research in Psychology* 3(2), 77–101.
URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bronfenbrenner, U. (1979), *The Ecology of Human Development: Experiments by Nature and Design*, Harvard University Press.
- Broomfield, K., Craig, C., Smith, S., Jones, G., Judge, S. & Sage, K. (2021), 'Creativity in public involvement: supporting authentic collaboration and inclusive research with seldom heard voices', *Research Involvement and Engagement* 7(1), 17.
URL: <https://researchinvolvement.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40900-021-00260-7>

- Brophy, D. R. (2006), 'A comparison of individual and group efforts to creatively solve contrasting types of problems', *Creativity Research Journal* **18**(3), 293–315.
- Bruner, J. (1990), *Acts of Meaning*, Cambridge University Press.
- Bruner, J. S. (1959), 'Learning and thinking', **1**, 24–30.
- Bruner, J. S. (1960), *The process of education*, Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1961), 'The act of discovery', *Harvard Educational Review* **31**, 21–32.
- Bruner, J. S. (1978), The Role of Dialogue in Language Acquisition, in A. Sinclair, R. J. Jarvelle & W. J. M. Levelt, eds, 'The Child's Concept of Language', Springer-Verlag.
- Buchanan, R. (1992), 'Wicked Problems in Design Thinking', **8**(2), 5–21.
- Bullock, D. K. (2015), The Integration of Culturally Relevant Pedagogy and Project-Based Learning in a Blended Environment, in 'Curriculum Design and Classroom Management', Vol. 3, IGI Global, North Carolina State University, United States, chapter 67, pp. 1220–1244.
URL: <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-4666-8246-7.ch067>
- Burgess, A., Bleasel, J., Hickson, J., Guler, C., Kalman, E. & Haq, I. (2020), 'Team-based learning replaces problem-based learning at a large medical school', *BMC Medical Education* **20**(1), 492.
URL: <https://bmcomeduc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-020-02362-4>
- Burgess, L. & Addison, N. (2007), 'Conditions for learning: partnerships for engaging secondary pupils with contemporary art', *International Journal of Art and Design Education*, **26**(2), 185–198.
- Buttrick, R. (2019), *The projec workout: Directin and managing business-led projects*, fifth edit edn, Routledge.
- Buus, L. (2012), 'Scaffolding teachers integrate social media into a problem-based learning approach?', *Electronic Journal of e-Learning* **10**(1), 13–22.
- Byrne, R. W., Barnard, P. J., Davidson, I., Janik, V. M., McGrew, W. C., Miklósi, Á. & Wiessner, P. (2004), 'Understanding culture across species', *Trends in Cognitive Sciences* **8**(8), 341–346.
- Byron, K., Khazanchi, S. & Nazarian, D. (2010), 'The Relationship Between Stressors and Creativity: A Meta-Analysis Examining Competing Theoretical Models', *Journal of Applied Psychology* **95**(1), 201–212.
- Campbell, D. (1965), Variation and selective re- tention in socio-cultural evolution, in H. Barringer, G. Blanksten & R. Mack, eds, 'Social Change in Developing Areas', Cambridge, pp. 19–49.
- Capraro, M. M. & Jones, M. (2013), Interdisciplinary STEM project-based learning, in 'STEM Project-Based Learning an Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach', Springer, Department of Teaching, Learning and Culture, Texas A and M University, United States, pp. 51–58.
- Car, L. T., Myint Kyaw, B., Dunleavy, G., Smart, N. A., Semwal, M., Rotgans, J. I., Low-Beer, N. & Campbell, J. (2019), 'Digital problem-based learning in health professions: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration', *Journal of Medical Internet Research* **21**(2), 1–12.

- Carpenter, W. (2016), 'Engineering Creativity : Toward an Understanding of the Relationship between Perceptions of Creativity in Engineering Design and Creative Performance **', *International Journal of Engineering Education* **32**(5), 2016–2024.
- Carson, S. H., Peterson, J. B. & Higgins, D. M. (2005), 'Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire', *Creativity Research Journal* **17**(1), 37–50.
- Casakin, H. & Goldschmidt, G. (1999), 'Expertise and the use of visual analogy: Implications for design education', *Design Studies* **20**(2), 153–175.
- Cascini, G., Fiorineschi, L. & Rotini, F. (2018), 'Impact of Design Representations on Creativity of Design Outcomes', *Journal of Integrated Design and Process Science* **23**(2), 31–60.
- Chae, S., Seo, Y. & Lee, K. C. (2015), 'Effects of task complexity on individual creativity through knowledge interaction: A comparison of temporary and permanent teams', *Computers in Human Behavior* **42**, 138–148.
- Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B. & Nataraju, B. S. (2005), 'A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas', *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM* **19**(2), 113–132.
- Chand, I. & Runco, M. A. (1993), 'Problem finding skills as components in the creative process', *Personality and Individual Differences* **14**(1), 155–162.
- Chang, T., Wang, H., Hsieh, S., Hsieh, M. & Lai, S. (2017), The development of engineering creativity scale, in 'Proceedings of the 45th SEFI Annual Conference 2017 - Education Excellence for Sustainability, SEFI 2017', pp. 1442–1450.
- Charyton, C. (2014), *Creative Engineering Design Assessment*, Springer.
- Charyton, C. & Merrill, J. A. (2009), 'Assessing general Creativity and Creative engineering Design in first year engineering students', *Journal of Engineering Education* **98**(2), 145–156.
- Chatman, J. A. (1991), 'Matching People and Organizations: Selection and Socialization in Public Accounting Firms', *Administrative Science Quarterly* **36**(3), 459–484.
URL: <http://www.jstor.org/stable/2393204?origin=crossref>
- Chatman, J. A. & O'Reilly, C. A. (2016), 'Paradigm lost: Reinvigorating the study of organizational culture', *Research in Organizational Behavior* **36**, 199–224.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.riob.2016.11.004>
- Chaudhary, R. & Akhouri, A. (2018), 'Linking corporate social responsibility attributions and creativity: Modeling work engagement as a mediator', *Journal of Cleaner Production* **190**, 809–821.
URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261831223X>
- Chien, Y. C., Liu, M. C. & Wu, T. T. (2020), 'Discussion-record-based prediction model for creativity education using clustering methods', *Thinking Skills and Creativity* **36**(October 2019), 100650.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100650>
- Chiu, I. & Shu, L. H. (2007), 'Using language as related stimuli for concept generation', *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM* **21**(2), 103–121.

- Christensen, B. T. & Schunn, C. D. (2007), 'The relationship of analogical distance to analogical function and preinventive structure: The case of engineering design', *Memory and Cognition* **35**(1), 29–38.
- Christiaans, H. & Venselaar, K. (2005), 'Creativity in design engineering and the role of knowledge: Modelling the expert', *International Journal of Technology and Design Education* **15**(3), 217–236.
- Clark, R. M. & Mahboobin, A. (2018), 'Scaffolding to Support Problem-Solving Performance in a Bioengineering Lab - A Case Study', *IEEE Transactions on Education* **61**(2), 109–118.
- Cohen, J. (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, second edn, Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G. & Aiken, L. S. (2003), *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, third edn, Lawrence Erlbaum Associates.
- Cole, M. & Engeström, Y. (1993), A cultural-historical approach to distributed cognition: psychological and educational considerations, in G. Salomon, ed., 'Distributed cognitions. Psychological and educational considerations', Cambridge, pp. 1–47.
- Coleman, E., Shealy, T., Grohs, J. & Godwin, A. (2020), 'Design thinking among first-year and senior engineering students: A cross-sectional, national study measuring perceived ability', *Journal of Engineering Education* **109**(1), 72–87.
- Colliver, J. A. (2000), 'Effectiveness of problem-based learning curricula: Research and theory', *Academic Medicine* **75**(3), 259–266.
- Conover, W. J. & Iman, R. L. (1979), On multiple-comparisons procedures, Technical report, Los Alamos.
- Cortés-Mora, H. G. (2018), Estructuración de la sustentabilidad en la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia.
- Costa, E., Almeida, M., Pinho, A. S. & Pipa, J. (2019), 'School Leaders' Insights Regarding Beginning Teachers' Induction in Belgium, Finland and Portugal', *Eurasian Journal of Educational Research* **19**(81), 1–22.
URL: <http://ejer.com.tr/en/archives/2019-issue-81/school-leaders-insights-regarding-beginning-teachers-induction-in-belgium-finland-and-portugal>
- Cowan, J. & Harding, A. G. (1986), 'A Logical Model for Curriculum Development', *British Journal of Educational Technology* **17**(2), 103–109.
- Coyne, R. (2005), 'Wicked problems revisited', *Design Studies* **26**(1), 5–17.
- Crawford, C. M. & Di Benedetto, C. A. (2011), *New Products Management*, tenth edit edn, McGraw Hill.
- Creswell, J. W. (2014), *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*, SAGE Publications.
- Cropley, D. H. (2015), *Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems*, Academic Press.
- Cropley, D. H. & Kaufman, J. C. (2012), 'Measuring functional creativity: Non-expert raters and the creative solution diagnosis scale', *Journal of Creative Behavior* **46**(2), 119–137.
- Cross, N. (2004), 'Expertise in design: an overview', *Design Studies* **25**(5), 427–441.

- Cruz, M. L., Saunders-Smits, G. N. & Groen, P. (2019), 'Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review', *European Journal of Engineering Education* **0**(0), 1–29.
URL: <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810>
- Cruz, M. L., Saunders-Smits, G. N. & Groen, P. (2020), 'Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review', *European Journal of Engineering Education* **45**(5), 729–757.
URL: <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810>
- Cseh, G. M. & Jeffries, K. K. (2016), A DigitalCAT : A Fusion of Creativity Assessment Theory and HCI, in 'Proceedings of the 30th International BCS Human Computer Interaction Conference, HCI 2016', pp. 1–3.
- Csikszentmihalyi, M. (1990), *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper Collins e-books.
- Csikszentmihalyi, M. (2014), 'The Systems Model of Creativity', *The Creative System in Action* pp. 99–125.
- Cuesta, J. A., Gracia-Lázaro, C., Ferrer, A., Moreno, Y. & Sánchez, A. (2015), 'Reputation drives cooperative behaviour and network formation in human groups', *Scientific Reports* **5**.
- Curseau, P. (2003), *Formal group decision-making*, Tilburg University.
- Danermark, B. (2019), 'Applied interdisciplinary research: a critical realist perspective', *Journal of Critical Realism* **18**(4), 368–382.
URL: <https://doi.org/10.1080/14767430.2019.1644983>
- Danermark, B., Ekstrom, M., Jakobsen, L., Karlsson, J. C. & ch. Karlsson, J. (2002), *Explaining society*, Routledge.
- Dauphinee, W. D. (1993), 'Canadian medical education: 50 years of innovation and leadership', *Canadian Medical Association Journal* **148**(9), 1582–1593.
- Davidson, J., Ryberg, T. & Bernhard, J. (2020), "Everything comes together": Students' collaborative development of a professional dialogic practice in architecture and design education', *Thinking Skills and Creativity* **37**(August 2018), 100678.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100678>
- Davidson, N. & Major, C. H. (2014), 'Boundary Crossings: Cooperative Learning, Collaborative Learning, and Problem-Based Learning', *Journal on Excellence in College Teaching* **25**(3 & 4), 7–55.
- Davis, G. A. & Subkoviak, M. J. (1975), 'Multidimensional analysis of a personality-based test of creative potential', *Journal of Educational Measurement* **12**(1), 37–43.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-3984.1975.tb01007.x>
- de Bono, E. (1970), *Lateral thinking*, Penguin Books.
- De Bono, E. (1985), *Six Thinking Hats*, Little Brown and Company.
- De Cremer, D. & Tyler, T. R. (2005), 'Am I respected or not?: Inclusion and reputation as issues in group membership'.
- De Dreu, C. K., Nijstad, B. A. & Van Knippenberg, D. (2008), 'Motivated information processing in group judgment and decision making', *Personality and Social Psychology Review* **12**(1), 22–49.

- De Graaff, E. (2015), Empowerment of the Students in Problem Based learning, in 'Lecture notes - COBENGE,' Sao Paulo.
- De Graaff, E. (2016), 'The Transformation from teaching to facilitation; experiences with faculty development training', *International Journal of Engineering Education* **32**(1), 396–401.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2003), 'Characteristics of Problem-Based Learning', *International Journal of Engineering Education* **19**(5), 657–662.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2007), History of problem-based and project-based learning, in E. De Graaff & A. Kolmos, eds, 'Management of change: Implementation of problem-based and project-based learning in engineering', Sense Publishers, Rotterdam, pp. 1–8.
- de Vries, J. R., van Bommel, S. & Peters, K. (2018), 'Trust at a distance-trust in online communication in environmental and global health research projects', *Sustainability (Switzerland)* **10**(11).
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1987), 'The support of autonomy and the control of behavior.', *Journal of Personality and Social Psychology* **53**(6), 1024–1037.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0022-3514.53.6.1024>
- DeFillippi, R. J. (2001), 'Introduction: Project-Based Learning, Reflective Practices and Learning', *Management Learning* **32**(1), 5–10.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1350507601321001>
- Denison, D., Nieminen, L. & Kotrba, L. (2014), 'Diagnosing organizational cultures: A conceptual and empirical review of culture effectiveness surveys', *European Journal of Work and Organizational Psychology* **23**(1), 145–161.
- Dewey, J. (1916), *Democracy and Education: an introduction to the philosophy of education*, The Macmillan company.
URL: <http://www.gutenberg.org/files/852/852-h/852-h.htm>
- Dewey, J. (1938), *Experience and education*, Mac. Millan, New York.
- Dimli, R., Ülkebas, S. D. & Oygür, I. (2018), Creative problem-solving assessment and product design education, in 'International conferences on Engineering and product design education', number September, London.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003), 'Effects of problem-based learning: A meta-analysis', *Learning and Instruction* **13**(5), 533–568.
- Dolmans, D. H. J. M., Grave, W. D., Wolfhagen, I. H. A. P. & Vleuten, C. P. M. V. D. (2005), 'Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research', *Medical Education* **39**(7), 732–741.
- Dolmans, D. H. J. M., Wolfhagen, I. H. A. P., Van Der Vleuten, C. P. M. & Wijnen, W. H. F. W. (2001), 'Solving problems with group work in problem-based learning: Hold on to the philosophy', *Medical Education* **35**(9), 884–889.
- Dornan, T., Boshuizen, H., King, N. & Scherpbier, A. (2007), 'Experience-based learning: a model linking the processes and outcomes of medical students' workplace learning', *Medical Education* **41**(1), 84–91.
URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02652.x> <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2929.2006.02652.x>

- Dorst, K. & Cross, N. (2001), 'Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution', *Design Studies* **22**(5), 425–437.
- Dos Santos, S. C., Figuerêdo, C. O. & Wanderley, F. (2013), 'PBL-test: A model to evaluate the maturity of teaching processes in a PBL approach', *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE* pp. 595–601.
- Draper, J. T., Freeling, B. S. & Connell, S. D. (2021), 'Sparking Creativity in Science Education', *Journal of Creative Behavior* **0**, 1–6.
- Drasgow, F. (1986), Polychoric and Polyserial Correlations, in S. Kotz & N.L. Johnson, eds, 'Encyclopedia of statistical sciences', Vol. 6, John Wiley & Sons, pp. 68–74.
- Du, L. (2021), 'How knowledge affects incremental innovation in SMEs: Knowledge base and knowledge heterogeneity', *Journal of General Management* **46**(2), 91–102.
- Duarte, O., Orjuela, Á., Rodríguez, G., Salazar, J. & Soto, R. A. (2011), Taller de proyectos Interdisciplinarios: Una experiencia innovadora en la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Acciones y Cambios en las facultades de ingeniería, in 'ACOFI- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería'.
- Duke School (2020), 'Duke School: Learn Project work'.
URL: <https://www.dukeschool.org/learn/project-work#>
- Dul, J. & Ceylan, C. (2014), 'The impact of a creativity-supporting work environment on a firm's product innovation performance', *Journal of Product Innovation Management* **31**(6), 1254–1267.
- Dunbar, K. N. & Klahr, D. (2012), Scientific Thinking and Reasoning, in K. J. Holyoak & R. G. Morrison, eds, 'The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning', Oxford University Press, USA, chapter 35, pp. 701–718.
- Dusek, J., Faas, D., Ferrier, E., Goodner, R., Sarang-Sieminski, A. L. & Waranyuwat, A. (2018), 'Proactive inclusion of neurodiverse learning styles in project-based learning: A call for action', *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 2018-June*.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., Leifer, L. J., Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. & Leifer, L. J. (2005), 'Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning.', *Journal of Engineering Education* **94**(1), 103–119.
- Eder, W. & Hosnedl, S. (2011), *Introduction to Design Engineering*.
- Ekvall, G. (1996), 'Organizational climate for creativity and innovation', *European Journal of Work and Organizational Psychology* **5**(1), 105–123.
URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13594329608414845>
- Elfenbein, H. A. & O'Reilly, C. A. (2007), 'Fitting In: The Effects of Relational Demography and Person-Culture Fit on Group Process and Performance', *Group & Organization Management* **32**(1), 109–142.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10534512070420030401>
- Elliott, G. & Collier, A. (1994), *Critical Realism: An Introduction to Roy Bhaskar's Philosophy*, Vol. 69, Verso.
- Elsevier (2020), 'SCOPUS'.
URL: www.scopus.com

- Emre Yildiz, H., Murtic, A., Klofsten, M., Zander, U. & Richtnér, A. (2021), 'Individual and contextual determinants of innovation performance: A micro-foundations perspective', *Technovation* **99**(August), 102130.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102130>
- Enkel, E., Heil, S., Hengstler, M. & Wirth, H. (2017), 'Exploratory and exploitative innovation: To what extent do the dimensions of individual level absorptive capacity contribute?', *Technovation* **60-61**(August 2015), 29–38.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2016.08.002>
- Erdogan, N. & Bozeman, T. D. (2015), Models of project-based learning for the 21st century, in 'A Practice-Based Model of STEM Teaching: STEM Students on the Stage (SOS)', Sense Publisher, Faculty of Education, Balikesir University, United States, pp. 31–42.
- Esjeholm, B. T. (2015), 'Design knowledge interplayed with student creativity in D&T projects', *International Journal of Technology and Design Education* **25**(2), 227–243.
- European Commission (2020), Skills for industry: Curriculum Guidelines 4.0 - Futureproof education and training for manufacturing in Europe, Technical Report January, European Commission, Brussels.
URL: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/skills_en
- Evans, C. (2013), 'Making Sense of Assessment Feedback in Higher Education', *Review of Educational Research* **83**(1), 70–120.
URL: <http://rer.sagepub.com/cgi/doi/10.3102/0034654312474350>
- Fan, C. & Zhang, D. (2012), 'A note on power and sample size calculations for the kruskal-wallis test for ordered categorical data', *Journal of Biopharmaceutical Statistics* **22**(6), 1162–1173.
- Faulkner, S. L., Baldwin, J. R., Lindsley, S. L. & Hecht, M. L. (2006), Layers of Meaning: An Analysis of Definitions of Culture, in J. R. Baldwin, S. L. Faulkner, M. L. Hecht & S. L. Lindsley, eds, 'Redefining Culture: Perspectives Across the Disciplines', Lawrence Erlbaum Associates Publishers, pp. 27–52.
- Fernández-Samacá, L., Nielsen, K. M., Ramírez-Scarpetta, J. M. & Kolmos, A. (2011), 'Comparison of PBL Curricula within Control Engineering Education', *International Journal of Engineering Education* **27**(6).
- Finger, S. & Dixon, J. R. (1989), 'A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part I: Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes', *Research in Engineering Design* **1**, 51–67.
- Finney, S. J. & DiStefano, C. (2013), Nonnormal and Categorical Data in Structural Equation Modeling, in R. G. Hancock & R. O. Mueller, eds, 'Structural equation modeling: a second course', second edn, Information Age Publishing, chapter 11, pp. 439–492.
- Fong, P. S., Men, C., Luo, J. & Jia, R. (2018), 'Knowledge hiding and team creativity: the contingent role of task interdependence', *Management Decision* **56**(2), 329–343.
- Forest, C. R., Moore, R. A., Jariwala, A. S., Fasse, B. B., Linsey, J., Newstetter, W., Ngo, P. & Quintero, C. (2014), 'The invention studio: A university maker space and culture', *Advances in Engineering Education* **4**(2), 1–32.
- Forsyth, D. R. (2010), *Group Dynamics*, fifth edn, Wadsworth Gengage Learning.

- Fox, J. (2021), 'CAR r package'.
URL: <https://www.rdocumentation.org/packages/car>
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019), *An R Companion to Applied Regression*, third edn, Sage.
- Frank, M., Lavy, I. & Elata, D. (2003), 'Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course', *International Journal of Technology and Design Education* **13**(3), 273–288.
- French, M. J. (1999), *Conceptual Design for Engineers*, third edit edn, Springer.
- Fried, Y., Shirom, A., Gilboa, S. & Cooper, C. L. (2008), 'The Mediating Effects of Job Satisfaction and Propensity to Leave on Role Stress-Job Performance Relationships: Combining Meta-Analysis and Structural Equation Modeling', *International Journal of Stress Management* **15**(4), 305–328.
- Friess, W. A. & Goupee, A. J. (2020), 'Using Continuous Peer Evaluation in Team-Based Engineering Capstone Projects: A Case Study', *IEEE Transactions on Education* **63**(2), 82–87.
- Furnham, A. (2003), 'Belief in a just world: research progress over the past decade', *Personality and Individual Differences* **34**, 795–817.
URL: www.elsevier.com/locate/paid
- Fürst, G. & Grin, F. (2018), 'A comprehensive method for the measurement of everyday creativity', *Thinking Skills and Creativity* **28**(613344), 84–97.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.007>
- Galbrun, E. & Miettinen, P. (2017), *Redescription Mining*, Springer.
- Gallagher, S. A. (2015), 'The role of problem-based learning in developing creative expertise', *Asia Pacific Education Review* **16**(2), 225–235.
URL: <http://link.springer.com/10.1007/s12564-015-9367-8>
- Gao, M. (2012), A theoretical model for the effectiveness of project-based learning in engineering design education, Phd, Loughborough University.
- Garibay, M. T., Gomez, J. C., Terissi, L., Soria, L., Marcuzzi, R., Moya, M., Bertinat, L., Massetti, A., Neumann, L. & Chavarini, A. (2019), 'Space maker: A place where creativity, innovation and hands-on learning join to improve engineering education', *2018 World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council, WEEF-GEDC 2018*.
- Geertz, C. (1973), *La interpretación de las culturas*, 12 edn, Gedisa editorial.
- Gelfand, M. J. (2019), 'A lifetime of contributions, Harry C. Triandis'.
URL: <https://www.sietarusa.org/blog/7811953>
- Genco, N., Johnson, D., Hölttä-Otto, K. & Seepersad, C. C. (2011), 'A study of the effectiveness of empathic experience design as a creativity technique', *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* **9**(January), 131–139.
- Gentner, D. & Markman, A. B. (1997), 'Structure mapping in analogy and similarity.', *American Psychologist* **52**(1), 45–56.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0003-066X.52.1.45>

- Gero, J. S. (1990), 'Design prototypes : A knowledge-based schema for design', *The AI Magazine* **11**(4), 26–36.
- Gero, J. S. (1996), 'Creativity, emergence and evolution in design', *Knowledge-Based Systems* **9**(1996), 435–448.
- Gibbs, J. C. (1979), 'The meaning of ecologically oriented inquiry in contemporary psychology', *American Psychologist* **34**(2), 127–140.
- Gibson, J. J. (1979), *The Ecological Approach To Visual Perception*, Psychology Press & Routledge Classic Editions.
- Gilson, L. L. & Shalley, C. E. (2004), 'A little creativity goes a long way: An examination of teams' engagement in creative processes', *Journal of Management* **30**(4), 453–470.
- Glăveanu, V. P. (2020), 'A Sociocultural Theory of Creativity: Bridging the Social, the Material, and the Psychological', *Review of General Psychology* **24**(4), 335–354.
- Goel, V. (1995), *Sketches of thought*, MIT press.
- Goldschmidt, G. & Smolkov, M. (2006), 'Variances in the impact of visual stimuli on design problem solving performance', *Design Studies* **27**(5), 549–569.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142694X06000172>
- Goncalo, J. A., Chatman, J. A., Duguid, M. M. & Kennedy, J. A. (2015), 'Creativity from Constraint? How the Political Correctness Norm Influences Creativity in Mixed-sex Work Groups', *Administrative Science Quarterly* **60**(1), 1–30.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0001839214563975>
- Gong, Y., Huang, J. C. & Farh, J. L. (2009), 'Employee learning orientation, transformational leadership, and employee creativity: The mediating role of employee creative self-efficacy', *Academy of Management Journal* **52**(4), 765–778.
- Gorsuch, R. L. (2015), *Factor Analysis: Classic Edition*, Taylor & Francis.
- Gough, H. G. (1979), 'A creative personality scale for the Adjective Check List', *Journal of Personality and Social Psychology* **37**(8), 1398–1405.
- Graham, R. (2010), *UK Approaches to Engineering Project-Based Learning*, White Paper sponsored by the Bernard M. Gordon/MIT Engineering Leadership Program.
- Graham, R. (2018), *The global state of the art in engineering education*, MIT Press.
- Grant, M. M. (2002), 'Getting a grip on project-based learning: Theory, cases and recommendations', *Meridian* **5**(1).
- Gravetter, F. J. & State, L. B. W. (2014), *Essentials of setatistics for the behavioral sciences*, 8th editio edn, Wadsworth Gengage Learning.
- Groh, A. (2020), *Theories of Culture*, Routledge (Taylor & Francis).

- Gu, Q., Liang, B. & Cooke, F. L. (2020), 'How does shared leadership affect creativity in teams? A multilevel motivational investigation in the Chinese context', *International Journal of Human Resource Management* **0**(0), 1–29.
URL: <https://doi.org/10.1080/09585192.2020.1783345>
- Guerra, A. (2017), 'Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer?', *International Journal of Sustainability in Higher Education* **18**(3), 436–454.
- Guerra, A. & Holgaard, J. E. (2016), 'Enhancing critical thinking in a PBL environment', *International Journal of Engineering Education* **32**(1), 424–437.
- Guerra, A. & Rodríguez-Mesa, F. J. (2017), Revolución en la educación de ingeniería: ¿Cómo puede contribuir PBL?, in F. J. Rodríguez-Mesa, A. Kolmos & A. Guerra, eds, 'Aprendizaje basado en problemas en ingeniería Teoría y práctica', Aalborg University Press, Aalborg, Denmark, chapter 1, pp. 1–11.
URL: [http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-\(1\)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx](http://aauforlag.dk/Shop/laering-og-uddannelse-(1)/aprendizaje-basado-en-problemas-en-ingenieria.aspx)
- Guerra, A., Rodríguez-Mesa, F. J. & González, F. A. (2017a), Los cambios hacia el PBL: Lecciones aprendidas, in A. Guerra, F. Rodríguez-Mesa, F. González & M. C. Ramírez, eds, 'Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano', Aalborg University Press, Aalborg University, Denmark, chapter 12, pp. 212–225.
- Guerra, A., Rodríguez-Mesa, F. J. & González, F. A. (2017b), Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL, in A. Guerra, F. J. Rodríguez-Mesa, F. González & M. C. Ramírez, eds, 'Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano', Aalborg University Press, Aalborg University, Denmark, chapter 1, pp. 2–18.
- Guilford, J. P. (1968), *Creativity, intelligence, and their educational implications*, R. R. Knapp.
- Gulati, R. & Gargiulo, M. (1999), 'Where Do Interorganizational Networks Come From?', *American Journal of Sociology* **104**(5), 1439–1493.
- Guo, W., Gan, C. & Wang, D. (2021), 'When Does Educational Level Diversity Foster Team Creativity? Exploring the Moderating Roles of Task and Personnel Variability', *Frontiers in Psychology* **12**(March).
- Habermas, J. (1972), *Knowledge and human interes*, Beacon Press, Translated by Jeremy J. Shapiro.
- Haidet, P., Levine, R. E., Parmelee, D. X., Crow, S., Kennedy, F., Kelly, P. A., Perkowski, L., Michaelsen, L. & Richards, B. F. (2012), 'Perspective: Guidelines for reporting team-based learning activities in the medical and health sciences education literature', *Academic Medicine* **87**(3), 292–299.
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2014), *Multivariate Data Analysis*, seventh edn, Pearson.
- Hall, S. (1997), The work of representation, in S. Hall, ed., 'Representation: Cultural Representation and Signifying Practices', The open University -Sage Publications Ltd., pp. 1–63.
- Halsey, K., Jones, M. & Lord, P. (2006), *What Works in Stimulating Creativity Amongst Socially Excluded Young People*, National Foundation for Educational Research.

- Han, S., Capraro, R. M. & Capraro, M. M. (2015), 'How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (Stem) Project-Based Learning (Pbl) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: the Impact of Student Factors on Achievement', *International Journal of Science and Mathematics Education* **13**(5), 1089–1113.
- Harrison, D. A. & Klein, K. J. (2007), 'What's the difference? Diversity constructs as separation, variety, or disparity in organizations', *Academy of Management Review* **32**(4), 1199–1228.
- Hartwig, M. (2007), *Dictionary of Critical Realism*, Critical Realism: Interventions Edited, Taylor & Francis Routledge.
- Harvey, S. (2014), 'Creative synthesis: Exploring the process of extraordinary group creativity', *Academy of Management Review* **39**(3), 324–343.
- Hasan, P. & Butcher, H. J. (1966), 'Creativity and intelligence: a partial replication with Scottish children of Getzels and Jackson's study.', *British journal of psychology (London, England : 1953)* **57**(1), 129–135.
- Hasret, N. & Savaş, A. (2019), 'Analysis of the relation between creativity level and problem solving skills of gifted and talented students', *Educational Research and Reviews* **14**(15), 518–532.
- Hatchuel, A. & Weil, B. (2003), 'A new approach of innovative design: An introduction to C_K theory', pp. 1–15.
- Heiman, G. W. (2011), *Basic statistics for the behavioural sciences*, sixth edn, Wadsworth Gengage Learning.
- Helle, L., Tynjälä, P. & Olkinuora, E. (2006), 'Project-based learning in post-secondary education - Theory, practice and rubber sling shots', *Higher Education* **51**(2), 287–314.
- Hendry, G. D. & Tomitsch, M. (2014), 'Implementing an exemplar-based approach in an interaction design subject: Enhancing students' awareness of the need to be creative', *International Journal of Technology and Design Education* **24**(3), 337–348.
- Herde, C. N., Wüstenberg, S. & Greiff, S. (2016), 'Assessment of Complex Problem Solving: What We Know and What We Don't Know', *Applied Measurement in Education* **29**(4), 265–277.
URL: <http://dx.doi.org/10.1080/08957347.2016.1209208> <https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209208>
- Hernandez, C., Ravn, O. & Valero, P. (2015), 'The Aalborg University PO-PBL Model from a Socio-cultural Learning Perspective', *Journal of Problem Based Learning in Higher Education* **3**(2), 16–36.
- Herrera, A. (2012), 'Una experiencia de aprendizaje por comprensión en educación superior', *Boletín Virtual REDIPE* -(18), 34–40.
URL: <https://www.unisabana.edu.co/>
- Heywood, J. (2005), *Engineering Education: Research and Development in Curriculum and Instruction*, Wiley-IEEE Press, Middletown, Conn.
- Hinds, P. J., Carley, K. M., Krackhardt, D. & Wholey, D. (2000), 'Choosing Work Group Members: Balancing Similarity, Competence, and Familiarity', *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **81**(2), 226–251.

- Hirst, G., Van Knippenberg, D. & Zhou, J. (2009), 'A cross-level perspective on employee creativity: Goal orientation, team learning behavior, and individual creativity', *Academy of Management Journal* **52**(2), 280–293.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004), 'Problem-based learning: What and how do students learn?', *Educational Psychology Review* **16**(3), 235–266.
- Hmelo-Silver, C. E., Chernobilsky, E. & Jordan, R. (2008), 'Understanding collaborative learning processes in new learning environments', *Instructional Science* **36**(5-6 EFFECTS OF CONSTR), 409–430.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007), 'Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006)', *Educational Psychologist* **42**(2), 99–107.
- Hocevar, D. (1979), The Development of the Creative Behavior Inventory (CBI), in 'Annual Meeting of the Rocky Mountain Psychological Association', April 16-19.
- Hochwarter, W. A., Ferris, G. R., Zinko, R., Arnell, B. & James, M. (2007), 'Reputation as a moderator of political behavior-work outcomes relationships: A two-study investigation with convergent results', *Journal of Applied Psychology* **92**(2), 567–576.
- Hoever, I. J., van Knippenberg, D., van Ginkel, W. P. & Barkema, H. G. (2012), 'Fostering team creativity: Perspective taking as key to unlocking diversity's potential.', *Journal of Applied Psychology* **97**(5), 982–996.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/a0029159>
- Hofstede, G. (2001), *Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions and Organizations Across Nations*, second edn, Sage Publications, Inc.
- Hofstede, G. H., Hofstede, G. J. & Minkov, M. (2010), *Cultures and organizations: software of the mind : intercultural cooperation and its importance for survival*, McGraw-Hill.
- Hofstede, G. H. & Jan, G. (2015), 'Home Page'.
URL: <http://www.geerthofstede.com/index.aspx>
- Hofstede, G. & McCrae, R. R. (2004), 'Personality and Culture Revisited: Linking Traits and Dimensions of Culture', *Cross-Cultural Research* **38**(1), 52–88.
- Hoic-Bozic, N., Mornar, V. & Boticki, I. (2009), 'A blended learning approach to course design and implementation', *IEEE Transactions on Education* **52**(1), 19–30.
- Holyoak, K. J. (2012), *Analogy and Relational Reasoning*, Oxford University Press.
URL: <http://oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199734689.001.0001/oxfordhb-9780199734689-e-13>
- Homan, A. C., Gündemir, S., Buengeler, C. & van Kleef, G. A. (2020), 'Integrative conceptual review: Leading diversity: Towards a theory of functional leadership in diverse teams', *Journal of Applied Psychology* **105**(10), 1101–1128.

- Howard, T. J., Culley, S. J. & Dekoninck, E. (2008), 'Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature', *Design Studies* **29**(2), 160–180.
URL: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X08000173/Users/Fernando/Documents/Project Based learning/PBL Articles/thinking/Howard2008.pdf](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X08000173/Users/Fernando/Documents/Project%20Based%20learning/PBL%20Articles/thinking/Howard2008.pdf)
- Howell, D. C. (2014), *Fundamental Statistics for the Behavioral Sciences*, 8th edition, Cengage Learning.
- Howitt, D. & Cramer, D. (2017), *Understanding Statistics in Psychology with SPSS*, seventh edition, Pearson.
- Hsu, P. L. (2020), "It's the magic circle"! using cogenerative dialogues to create a safe environment to address emotional conflicts in a project-based learning science internship', *Cultural Studies of Science Education* **15**(1), 75–98.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9906-9>
- Hung, W., Woei, H. & Hung, W. (2011), 'Theory to reality: A few issues in implementing problem-based learning', *Educational Technology Research and Development* **59**(4), 529–552.
- Huntzinger, D. N., Hutchins, M. J., Gierke, J. S. & Sutherland, J. W. (2007), 'Enabling sustainable thinking in undergraduate engineering education', *International Journal for Engineering Education* **23**(2), 218–230.
- Ibrahim, B., DeMiranda, M. A. & Siller, T. J. (2016), The correlation between creativity and engineering knowledge among engineering undergraduate students, in '2016 IEEE 8th International Conference on Engineering Education (ICEED)', number c, IEEE, pp. 38–43.
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7856090/>
- Illeris, K. (1991), 'Project education in Denmark', *Butterworth-Heinemann* **9**(1), 45–48.
- Illeris, K. (2007), *How we learn: Learning and non-learning in school and beyond*, Routledge.
- Illeris, K., ed. (2018), *Contemporary Theories of Learning*, second edition, Kagan Cooperative learning.
- Inglehart, R., Basanez, M. & Moreno, A. (1998), *Human Values and Beliefs: A Cross-Cultural Sourcebook*, University of Michigan Press.
- Inglehart, R. F. (2018), *Cultural Evolution*, Cambridge University Press.
URL: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781108613880/type/book>
- Inglehart, R. & Welzel, C. (2005), *Modernization, Cultural Change, and Democracy: The Human Development Sequence*, Cambridge University Press.
- Isaksen, S. G. (2007), 'The situational outlook questionnaire: Assessing the context for change', *Psychological Reports* **100**(2), 455–466.
- Isaksen, S. G., Lauer, K. J. & Ekvall, G. (1999), 'Situational outlook questionnaire: A measure of the climate for creativity and change', *Psychological Reports* **85**(2), 665–674.
- Jalinus, N., Syahril, Nabawi, R. A. & Arbi, Y. (2020), 'How project-based learning and direct teaching models affect teamwork and welding skills among students', *International Journal of Innovation, Creativity and Change* **11**(11), 85–111.

- Jansen, J. J., Van Den Bosch, F. A. & Volberda, H. W. (2006), 'Exploratory innovation, exploitative innovation, and performance: Effects of organizational antecedents and environmental moderators', *Management Science* **52**(11), 1661–1674.
- Jansson, D. G. & Smith, S. M. (1991), 'Design fixation', *Design Studies* **12**(1), 3–11.
- Jaques, D. & Salmon, G. (2000), *Learning in groups*, fourth edn, Routledge.
- Jaques, D. & Salmon, G. (2007), *Learning in groups : a handbook for face-to-face and online environments*, fourth edn, Routledge.
- Jehn, K. A. (1994), 'Enhancing effectiveness: an investigation of advantages and disadvantages of value-based intragroup conflict', *International Journal of Conflict Management* **5**(3), 223–238.
URL: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/eb022914>
- Jehn, K. A. (1995), 'A Multimethod Examination of the Benefits and Detriments of Intragroup Conflict', *Administrative Science Quarterly* **40**(2), 256–282.
URL: <https://www.jstor.org/stable/2393638?origin=crossref>
- Jehn, K. A. & Mannix, E. A. (2001), 'The dynamic Nature of Conflict: a longitudinal study of intragroup conflict and group performance', *Academy of Management Journal* **44**(2), 238–251.
URL: <http://amj.aom.org/cgi/doi/10.2307/3069453>
- Jehn, K. A., Mannix, E. A. & Jehn, K. A. (2014), 'The Dynamic Nature of Conflict: A Longitudinal Study of Intragroup Conflict and Group', **44**(2), 238–251.
- Jiang, Z., Chandrasekaran, S., Zhao, G., Liu, J. & Wang, Y. (2020), 'Teaching towards design-based learning in manufacturing technology course: Sino-Australia joint undergraduate program', *Sustainability (Switzerland)* **12**(9), 1–19.
- Johansson-Sköldberg, U., Woodilla, J. & Çetinkaya, M. (2013), 'Design Thinking: Past, Present and Possible Futures', *Creativity and Innovation Management* **22**(2), 121–146.
- John Mingers (2006), *Realising Systems Thinking : Knowledge and Action in Management Science*, Springer.
- Johnson, B., Ulseth, R., Smith, C. & Fox, D. (2015), The impacts of project based learning on self-directed learning and professional skill attainment: A comparison of project based learning to traditional engineering education, in 'Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE', Vol. 2015-Decem, Itasca Community College, Grand Rapids, MN, United States, pp. 1–5.
- Johnson, D. G., Genco, N., Saunders, M. N., Williams, P., Seepersad, C. C. & Hölttä-Otto, K. (2014), 'An experimental investigation of the effectiveness of empathic experience design for innovative concept generation', *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME* **136**(5), 1–12.
- Johnston, T. D. (1981), 'Contrasting approaches to a theory of learning', *Behavioral and Brain Sciences* **4**(1), 125–139.
- Jolliffe, I. (2002), *Principal Component Analysis*, second edn, Springer.
- Jonassen, D. H. (2011), *Learning to Solve Problems*, Routledge.

- Jones, B. F., Rasmussen, C. M., Moffitt, M. C. & Approach, C. (1997), *Real-Life Problem Solving: a collaborative approach to interdisciplinary learning*, American Psychological Association.
- Jung, T., Scott, T., Davies, H. T. O., Bower, P., Whalley, D., McNally, R., Mannion, R., Bower, P., Mannion, R., Scott, T., Jung, T., McNally, R., Davies, H. T. O., Scott, T., Davies, H. T. O., Bower, P. & Mannion, R. (2009), 'Instruments for Exploring Organizational Culture: A Review of the Literature', *Public Administration Review* **69**(6), 1087–1096.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1540-6210.2009.02066.x>
- Kagan, J. (2006), Culture, Values, and the Family, in L. E. Harrison & J. Kagan, eds, 'Developing Cultures: Essays on Cultural Change', Routledge (Taylor & Francis), pp. 3–20.
- Kalargiros, E. M. & Manning, M. R. (2015), Divergent Thinking and Brainstorming in Perspective: Implications for Organization Change and Innovation, in 'Research in Organizational Change and Development', pp. 293–327.
- Kanter, R. M. (2009), 'When a thousand flowers bloom: Structural, collective, and social conditions for innovation in organizations', *Knowledge Management and Organisational Design* **10**, 93–131.
- Kapoor, H. & Khan, A. (2020), 'Creators and Presses: The Person–Situation Interaction in Negative Creativity', *Journal of Creative Behavior* **54**(1), 75–89.
- Kardiner, A. (1939), *The Individual and his society*, Columbia University Press., New York.
- Kardiner, A. (1945), *The psychological frontiers of society*, Columbia University Press., New York.
- Kardoyo, Nurkhin, A., Muhsin & Pramusinto, H. (2020), 'Problem-Based Learning Strategy: Its Impact on Students' Critical and Creative Thinking Skills', *European Journal of Educational Research* **9**(3), 1141–1150.
URL: <https://www.eu-jer.com/problem-based-learning-strategy-its-impact-on-students-critical-and-creative-thinking-skills>
- Kasperson, C. J. (1978), 'Psychology of the Scientist: XXXVII. Scientific Creativity: A Relationship with Information Channels', *Psychological Reports* **42**(3), 691–694.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.2466/pr0.1978.42.3.691>
- Katz-Buonincontro, J. & Anderson, R. C. (2020), 'A Review of Articles Using Observation Methods to Study Creativity in Education (1980–2018)', *The Journal of Creative Behavior* **54**(3), 508–524.
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jobc.385>
- Katzenbach, J. R. & Douglas (2001), *The discipline of teams*, John Wiley & Sons Inc.
- Katzenbach, J. R. & Smith, D. K. (1993), 'The Discipline of Teams The Discipline of Teams The Idea in Brief The Idea in Practice'.
URL: www.hbr.org
- Katzenbach, J. R. & Smith, D. K. (2005), 'The Discipline of Teams'.
- Kaufman, A., Mennin, S., Waterman, R., Duban, S., Hansbarger, C., Silverblatt, H., Obenshain, S. S., Kantrowitz, M., Becker, T. & Samet, J. (1989), 'The New Mexico experiment', *Academic Medicine* **64**(6), 285–94.
URL: <http://journals.lww.com/00001888-198906000-00001>

- Kaufman, J. C. (2012), 'Counting the muses: Development of the kaufman domains of creativity scale (K-DOCS)', *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* **6**(4), 298–308.
- Kaufman, J. C. & Beghetto, R. A. (2009), 'Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity', *Review of General Psychology* **13**(1), 1–12.
- Kershaw, T. C., Bhowmick, S., Seepersad, C. C. & Hölttä-Otto, K. (2019), 'A decision tree based methodology for evaluating creativity in engineering design', *Frontiers in Psychology* **10**(JAN), 1–19.
- Kilpatrick, W. H. (1918), *The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Educative Process*, Teachers College, Columbia University.
- Kim, K. H. & Lee, J. S. (2019), 'CQ: Creativity quotient for climates, attitudes, and thinking skills with eye-tracking', *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science* **233**(2), 465–475.
- Kirkwood, A. & Price, L. (2014), 'Technology-enhanced learning and teaching in higher education: what is 'enhanced' and how do we know? A critical literature review', *Learning, Media and Technology* **39**(1), 6–36.
- Klotz, L., Weber, E., Johnson, E., Shealy, T., Hernandez, M. & Gordon, B. (2018), 'Beyond rationality in engineering design for sustainability', *Nature Sustainability* **1**(5), 225–233.
URL: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-018-0054-8>
- Kluckhohn, C. (1951), Values and Value-Orientations in the Theory of Action: An Exploration in Definition and Classification., in T. Parsons & E. Shils, eds, 'Toward a General Theory of Action', Harvard University Press, Cambridge, MA and London, England, pp. 388–433.
- Kluckhohn, C. (1954), Culture and behavior, in G. Lindzey, ed., 'A handbook of social psychology', Vol. 2, Cambridge, pp. 921– 976.
- Kogut, B. & Zander, U. (1993), 'Knowledge of the Firm and the Evolutionary Theory of the Multinational Corporation', *Journal of International Business Studies* **24**(4), 625–645.
URL: <http://link.springer.com/10.1057/palgrave.jibs.8490248>
- Kolb, D. A. (1984), *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Kolmos, A. (1996), 'Reflection on projet work and problem-based LEARNING', *European journal of engineering education* **21**(2), 141–147.
- Kolmos, A. & De Graaff, E. (2015), Problem-based and project-based learning in engineering education: Merging models, in D. Johri & B. M. Olds, eds, 'Cambridge Handbook of Engineering Education Research', Cambridge University Press, Aalborg University, Denmark, chapter 8, pp. 141–160.
- Kolmos, A., De Graaff, E. & Du, X. (2009), Diversity of PBL- PBL learning principles and models, in X. Du, E. de Graaff & A. Kolmos, eds, 'Research on PBL practice in Engineering Education', Sense Publishers, pp. 57–69.
- Kolmos, A. & Holgaard, J. E. (2010), 'Responses to problem based and project organised learning from industry', *International Journal of Engineering Education* **26**(3), 573–583.

- Korsgaard, M. T. (2019), 'Exploring the role of exemplarity in education: two dimensions of the teacher's task', *Ethics and Education* **14**(3), 271–284.
URL: <https://doi.org/10.1080/17449642.2019.1624466>
- Kozbelt, A., Beghetto, R. A. & Runco, M. A. (2010), Theories of Creativity, in J. C. Kaufman & R. J. Sternberg, eds, 'The Cambridge Handbook of Creativity', Cambridge University Press, pp. 20–47.
- Krippendorff, K. (2006), *The semantic turn: a new foundation for design*, Taylor & Francis.
- Krücken, G. & Drori, G. S., eds (2009), *World society: The writings of John W. Meyer*, Oxford University Press.
- Kruger, C. & Cross, N. (2006), 'Solution driven versus problem driven design: strategies and outcomes', *Design Studies* **27**(5), 527–548.
- Krzanowski, W. J. (1979), 'Between-Groups Comparison of Principal Components', *Journal of the American Statistical Association* **74**(367), 703.
URL: <https://www.jstor.org/stable/2286995?origin=crossref>
- Kudrowitz, B. M. & Wallace, D. (2013), 'Assessing the quality of ideas from prolific, early-stage product ideation', *Journal of Engineering Design* **24**(2), 120–139.
- Kueth, J. L. (1968), *The teaching-Learning Process*, Scott, Foresman & Company.
- Lammi, M., Denson, C. & Asunda, P. (2018), 'Search and review of the literature on engineering design challenges in secondary school settings', *Journal of Pre-College Engineering Education Research* **8**(2), 49–66.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press.
- Laware, G. W. & Walters, A. J. (2004), Real world problems bringing life to course content, in 'Proceedings of the 5th conference on Information technology education - CITC5 '04', ACM Press, New York, New York, USA, p. 6.
URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1029533.1029536>
- Le Masson, P. P., Dorst, K. c. K. & Subrahmanian, E. E. (2013), 'Design theory: History, state of the art and advancements', *Research in Engineering Design* **24**(2), 97–103.
- Le Masson, P., Weil, B. & Hatchuel, A. (2017), *Design Theory*.
- Lee, D., Huh, Y. & Reigeluth, C. M. (2015), 'Collaboration, intragroup conflict, and social skills in project-based learning', *Instructional Science* **43**(5), 561–590.
- Lee, D. S., Lee, K. C., Seo, Y. W. & Choi, D. Y. (2015), 'An analysis of shared leadership, diversity, and team creativity in an e-learning environment', *Computers in Human Behavior* **42**, 47–56.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.064>
- Lee, W. R., Choi, S. B. & Kang, S. W. (2021), 'How leaders' positive feedback influences employees' innovative behavior: The mediating role of voice behavior and job autonomy', *Sustainability (Switzerland)* **13**(4), 1–13.

- Legare, C. H. & Nielsen, M. (2015), 'Imitation and Innovation: The Dual Engines of Cultural Learning', *Trends in Cognitive Sciences* **19**(11), 688–699.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.005>
- Lehmann, M., Christensen, P., Du, X. & Thrane, M. (2008), 'Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education', *European Journal of Engineering Education* **33**(3), 283–295.
URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03043790802088566>
- Leiden University (2017), 'Welcome to VOSviewer'.
URL: <http://www.vosviewer.com/publications>
- Leung, A. K.-y., Maddux, W. W., Galinsky, A. D. & Chiu, C.-y. (2008), 'Multicultural experience enhances creativity: The when and how.', *American Psychologist* **63**(3), 169–181.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0003-066X.63.3.169>
- Levi, D. J. J. (2013), *Group Dynamics for Teams*, SAGE Publications Ltd.
- Li, Y., Fu, F. & Ma, L. (2021), 'Fostering Team-Level Idea Implementation: Leader's Upward Exchange Relationship as a Key Facilitator', *British Journal of Management* **0**(2020), 1–17.
- Liikkanen, L. A. & Perttula, M. (2010), 'Inspiring design idea generation: Insights from a memory-search perspective', *Journal of Engineering Design* **21**(5), 545–560.
- Lin, J. & Chen, C. (2017a), A study on the course types of challenge-based learning - Based on the relevant courses in Tsinghua University, in '2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)', IEEE, pp. 166–172.
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8467159/>
- Lin, J. & Chen, C. (2017b), 'A study on the course types of challenge-based learning - Based on the relevant courses in Tsinghua University', *Proceedings - 2017 7th World Engineering Education Forum, WEEF 2017- In Conjunction with: 7th Regional Conference on Engineering Education and Research in Higher Education 2017, RCEE and RHed 2017, 1st International STEAM Education Conference, STEAMEC 201* pp. 166–172.
- Lin, J. W., Tsai, C. W., Hsu, C. C. & Chang, L. C. (2019), 'Peer assessment with group awareness tools and effects on project-based learning', *Interactive Learning Environments* **0**(0), 1–17.
URL: <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1593198>
- Linsey, J. S., Clauss, E. F., Kurtoglu, T., Murphy, J. T., Wood, K. L. & Markman, A. B. (2011), 'An experimental study of group idea generation techniques: Understanding the roles of idea representation and viewing methods', *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME* **133**(3), 1–15.
- Locke, E. A. (1976), The nature and causes of job satisfaction., in M. D. Dunnette, ed., 'Handbook of industrial and organizational psychology', Rand McNally, Chicago, pp. 1297–1349.
- Lombrozo, T. (2012), 'Explanation and Abductive Inference', *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*

- Lorenzo-Seva, U. & ten Berge, J. M. F. (2006), 'Tucker's Congruence Coefficient as a Meaningful Index of Factor Similarity', *Methodology* 2(2), 57–64.
URL: <https://econtent.hogrefe.com/doi/10.1027/1614-2241.2.2.57>
- Luis, D. J., Ruth, C. J. & Zhuofan, Z. (2020), 'Does Stress Lead to Creativity?: The Relationship between Occupational Stress and Individual Innovative Behavior', *Studies in Business and Economics* 15(1), 21–30.
- Lyons, J. S. & Brader, J. S. (2004), 'Using the learning cycle to develop freshmen's abilities to design and conduct experiments', *International Journal of Mechanical Engineering Education* 32(2), 126–134.
- Ma, Y. & Corter, J. E. (2019), 'The effect of manipulating group task orientation and support for innovation on collaborative creativity in an educational setting', *Thinking Skills and Creativity* 33(July), 100587.
- Macey, W. H. & Schneider, B. (2008), 'The Meaning of Employee Engagement', *Industrial and Organizational Psychology* 1(1), 3–30.
- Man, X., Zhu, X. & Sun, C. (2020), 'The Positive Effect of Workplace Accommodation on Creative Performance of Employees With and Without Disabilities', *Frontiers in Psychology* 11(June), 1–11.
- Mannix, E. & Neale, M. A. (2005), 'What Differences Make a Difference?', *Psychological Science in the Public Interest* 6(2), 31–55.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1529-1006.2005.00022.x>
- Mao, X., Zhang, X. & AbouRizk, S. M. (2009), 'Enhancing Value Engineering Process by Incorporating Inventive Problem-Solving Techniques', *Journal of Construction Engineering and Management* 135(5), 416–424.
- Markus, H. R. & Kitayama, S. (1991), 'Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation.', *Psychological Review* 98(2), 224–253.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0033-295X.98.2.224>
- Markus, H. R. & Kitayama, S. (2010), 'Cultures and selves: A cycle of mutual constitution', *Perspectives on Psychological Science* 5(4), 420–430.
- Martin, J. (1992), *Cultures in organizations: three perspectives*, Oxford University Press.
- Masek, A. (2016), 'An Appropriate technique of facilitation using students' participation level measurement in the PBL environment', *International Journal of Engineering Education* 32(1), 402–408.
- Masson, P. L., Weil, B. & Hatchuel, A. (2017), *Design Theory: Methods and Organization for Innovation*, Springer.
- McGurk, H., ed. (1977), *Ecological factors in human development*, North Holland, New York.
- McKenzie, L. J., Trevisan, M. S., Davis, D. C. & Beyerlein, S. W. (2004), 'Capstone design courses and assessment: A national study', *ASEE Annual Conference Proceedings* pp. 1545–1562.
- McLeod, L., Doolin, B. & MacDonell, S. G. (2012), 'A Perspective-Based Understanding of Project Success', *Project Management Journal* 43(5), 68–86.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1002/pmj.21290>

- McQuade, R., Ventura-Medina, E., Wiggins, S. & Anderson, T. (2020), 'Examining self-managed problem-based learning interactions in engineering education', *European Journal of Engineering Education* **45**(2), 232–248.
- Mednick, S. (1962), 'The associative basis of the creative process', *Psychological Review* **69**(3), 220–232.
- Meltzoff, A. N., Kuril, P. K., Movellan, J. & Sejnowski, T. J. (2009), 'Foundations for a new science of learning', *Science* **325**(5938), 284–288.
- Mennin, S. (2007), 'Small-group problem-based learning as a complex adaptive system', *Teaching and Teacher Education* **23**(3), 303–313.
- Mersand, S. (2021), 'The State of Makerspace Research: a Review of the Literature', *TechTrends* **65**(2), 174–186.
- Meslec, N., Graff, D. & Clark, M. A. (2020), 'Increasing team ideation by sequencing the task type and content', *Design Studies* **70**, 100947.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2020.100947>
- Meyer, J. W. & Rowan, B. (1977), 'Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony', *American Journal of Sociology* **83**(2), 340–363.
URL: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/226550>
- Michaelsen, L. K. & Sweet, M. (2008), 'The essential elements of team-based learning', *New Directions for Teaching and Learning* **2008**(116), 7–27.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/tl.330>
- Michaelsen, L. K. & Sweet, M. (2011), 'Team-based learning', *New Directions for Teaching and Learning* **2011**(128), 41–51.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/tl.467>
- Mihelcic, J. R., Crittenden, J. C., Small, M. J., Shonnard, D. R., Hokanson, D. R., Zhang, Q., Chen, H., Sorby, S. a., James, V. U., Sutherland, J. W. & Schnoor, J. L. (2003), 'Sustainability Science and Engineering: The Emergence of a New Metadiscipline', *Environmental Science & Technology* **37**(23), 5314–5324.
- Miron-Spektor, E. & Beenen, G. (2015), 'Motivating creativity: The effects of sequential and simultaneous learning and performance achievement goals on product novelty and usefulness', *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **127**, 53–65.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.obhdp.2015.01.001>
- MIT (2020), 'MIT Blossoms project-based learning units'.
URL: <https://blossoms.mit.edu/projects>
- Mohd-Yusof, K., Helmi, S. A., Jamaludin, M.-Z. & Harun, N.-F. (2011), 'Cooperative Problem-Based Learning (CPBL)', *International Journal of Emerging Technologies in Learning* **6**(11), 12–20.
- Monge, P. R., Cozzens, M. D. & Contractor, N. S. (1992), 'Communication and Motivational Predictors of the Dynamics of Organizational Innovation', *Organization Science* **3**(2), 250–274.
- Moody, G. D. & Siponen, M. (2013), 'Using the theory of interpersonal behavior to explain non-work-related personal use of the Internet at work', *Information and Management* **50**(6), 322–335.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2013.04.005>

- Morgan, A. (1983), 'Theoretical Aspects of Project-Based Learning in Higher Education', *British Journal of Educational Technology* **14**(1), 66–78.
- Morin, S., Robert, J. M. & Gabora, L. (2018), 'How to train future engineers to be more creative? An educative experience', *Thinking Skills and Creativity* **28**(September 2017), 150–166.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.05.003>
- Morling, B. & Lamoreaux, M. (2008), 'Measuring culture outside the head: A meta-analysis of individualism-collectivism in cultural products', *Personality and Social Psychology Review* **12**(3), 199–221.
- Mosgaard, M. & Spliid, C. M. (2011), Evaluating the impact of a PBL-course for first-year engineering students learning through PBL-projects, in 'Evaluating the impact of a PBL-course for first-year engineering students learning through PBL-projects', Vol. 0, Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), pp. 1–6.
- Nagai, Y., Taura, T. & Mukai, F. (2009), 'Concept blending and dissimilarity: factors for creative concept generation process', *Design Studies* **30**(6), 648–675.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2009.05.004>
- Nassif, C. & Quevillon, R. (2008), 'The development of a preliminary creativity scale for the MMPI-2: The C scale', *Creativity Research Journal* **20**(1), 13–20.
- Neame, R. L. B. (1989), Problem-based Medical Education: The Newcastle Approach, in 'New Directions for Medical Education', Springer, pp. 112–146.
URL: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4612-3472-2_9
- Negt, O. (1975), *Soziologische Phantasie und exemplarisches Lernen. Zur Theorie und Praxis der Arbeiterbildung*, 6th edn, Kagan Cooperative learning, Frankfurt am Main.
- Neufeld, V. R. & Howard S (1974), 'The "McMaster Philosophy": An approach to medical education', *Journal of medical education* **49**, 1040–1050.
- Neufeld, V. R., Woodward, C. A. & MacLeod, S. M. (1989), 'The McMaster M.D. program: a case study of renewal in medical education', *Academic Medicine* **64**(8).
- Neville, A. J. (2008), 'Problem-based learning and medical education forty years on: A review of its effects on knowledge and clinical performance', *Medical Principles and Practice* **18**(1), 1–9.
- New Tech Network (2016), 'Project-Based Learning'.
URL: <http://www.newtechnetwork.org/about/project-based-learning>
- Nguyen, L. H. (2019), 'Relationships between Critical Factors Related to Team Behaviors and Client Satisfaction in Construction Project Organizations', *Journal of Construction Engineering and Management* **145**(3), 04019002.
- Nielsen, N. M. (2020), 'Problem-oriented project learning as a first year experience: a transformative pedagogy for entry level PPL', *Education Sciences* **10**(1).
- Nilsson, M. & Mattes, J. (2015), 'The spatiality of trust: Factors influencing the creation of trust and the role of face-to-face contacts', *European Management Journal* **33**(4), 230–244.

- Norford, L. (2007), 'Project-based learning: One perspective on project-based learning'.
URL: <http://web.mit.edu/fnl/volume/194/norford.html>
- Nunnally, J. C., Bernstein, I. H., Hundleby, J. D., Nunnally, J. C. & Bernstein, I. H. (1994), *Psychometric Theory*, Vol. 3, third edn, McGraw Hill.
URL: http://scholar.google.com.vn/scholar?q=Psychometric+Theory+3rd&btnG=&hl=vi&as_sdt=0,5#0
- Odağ, Ö. & Hanke, K. (2019), 'Revisiting Culture', *Journal of Media Psychology* **31**(4), 171–184.
URL: <https://econtent.hogrefe.com/doi/10.1027/1864-1105/a000244>
- OECD (2019), OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Learning Compass 2030. A Series of Concept Notes.
URL: http://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compact_2030_Concept_Note_Series.pdf
- Ogbu, J. U. (1987), 'Variability in Minority School Performance: A Problem in Search of an Explanation', *Anthropology & Education Quarterly* **18**(4), 312–334.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1525/aeq.1987.18.4.04x0022v>
- Oldham, G. R. & Cummings, A. (1996), 'Employee creativity: Personal and contextual factors at work', *Academy of Management Journal* **39**(3), 607–634.
- Olin College of Engineering (2020), 'Project-based learning'.
- Olsson, U. (1979), 'Maximum likelihood estimation of the polychoric correlation coefficient', *Psychometrika* **44**(4), 443–460.
- Ordóñez, C. L., Cortés, H. G., Sánchez, C. M. & Peña-Reyes, J. I. (2017), Práctica del Aprendizaje Basado en Proyectos de la Universidad Nacional de Colombia en la localidad de SUMAPAZ de la ciudad de Bogotá D.C, Colombia, in A. Guerra, F. J. Rodriguez, A. Kolmos & I. P. Reyes, eds, '6th International Research Symposium (IRSPBL' 2017)', pp. 53–64.
- O'Reilly, C. A., Chatman, J. & Caldwell, D. F. (1991), 'People and Organizational Culture: a Profile Comparison Approach to Assessing Person-Organization Fit', *Academy of Management Journal* **34**(3), 487–516.
- Osborn, A. (2009), *Your Creative Power*, Hamilton books.
- Ostertagová, E., Ostertag, O. & Kováč, J. (2014), 'Methodology and application of the Kruskal-Wallis test', *Applied Mechanics and Materials* **611**, 115–120.
- Ovbiagbonhia, A. R., Kollöffel, B. & Den Brok, P. (2020), 'Teaching for innovation competence in higher education Built Environment engineering classrooms: teachers' beliefs and perceptions of the learning environment', *European Journal of Engineering Education* **45**(6), 917–936.
URL: <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1784097>
- Oyserman, D. (2017), 'Culture Three Ways: Culture and Subcultures Within Countries', *Annual Review of Psychology* **68**(1), 435–463.
URL: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-122414-033617>

- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2009), *Engineering Design: A Systematic Approach*, third edn, Springer.
- Palupi, B. S., Subiyantoro, S., Triyanto, T. & Rukayah, R. (2020), 'Creative-Thinking Skills in Explanatory Writing Skills Viewed from Learning Behaviour: A Mixed Method Case Study', *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)* **15**(01), 200.
URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/11487>
- Parker, J. M. & Polston, J. D. (2012), Using Hybrid and Problem-Based Learning Techniques to Enhance Teaching Effectiveness in a Large Feedback Controls Lecture Course, in 'Volume 5: Education and Globalization; General Topics', American Society of Mechanical Engineers, pp. 139–146.
URL: <https://asmedigitalcollection.asme.org/IMECE/proceedings/IMECE2012/45219/139/260140>
- Parks, M. M. (2020), 'Explicating ecoculture: Tracing a transdisciplinary focal concept', *Nature and Culture* **15**(1), 54–77.
- Parmelee, D. X. & Michaelsen, L. K. (2010), 'Twelve tips for doing effective Team-Based Learning (TBL)', *Medical Teacher* **32**(2), 118–122.
- Passow, H. J. & Passow, C. H. (2017), 'What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review', *Journal of Engineering Education* **106**(3), 475–526.
- Paulus, P. B. & Dzindolet, M. (2008), 'Social influence, creativity and innovation', *Social Influence* **3**(4), 228–247.
- Paulus, P. B., Kohn, N. W. & Arditti, L. E. (2011), 'Effects of Quantity and Quality Instructions on Brainstorming', *The Journal of Creative Behavior* **45**(1), 38–46.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/j.2162-6057.2011.tb01083.x>
- Perry-Smith, J. E. & Shalley, C. E. (2003), 'The Social Side of Creativity: A Static and Dynamic Social Network Perspective', *Academy of Management Review* **28**(1), 89–106.
URL: <http://journals.aom.org/doi/10.5465/amr.2003.8925236>
- Perttula, M. & Sipilä, P. (2007), 'The idea exposure paradigm in design idea generation', *Journal of Engineering Design* **18**(1), 93–102.
- Phillips, A. & Reus-Smit, C., eds (2020), *Culture and Order in World Politics*, Cambridge University Press.
- Piaget, J. (1950), *The Psychology Of Intelligence*, Taylor & Francis, Ltd.
- Piaget, J. (1952), *The origins of intelligence in children*, International Universities Press.
- Piirto, J. (2011), *Creativity for 21st Century Skills: How to Embed Creativity into the Curriculum*, Sense Publisher.
- Pilgrim, D. (2020), *Critical Realism for Psychologists*, Routledge (Taylor & Francis).
- Pituch, K. A. & Stevens, J. P. (2015), *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences: Analyses with SAS and IBM's SPSS*, sixth edn, Routledge.
- Plucker, J. A. & Makel, M. C. (2010), Assessment creativity, in J. C. Kaufman & R. J. Sternberg, eds, 'The Cambridge Handbook of Creativity', pp. 48–73.

- Pluut, H. & Curşeu, P. L. (2013), 'The role of diversity of life experiences in fostering collaborative creativity in demographically diverse student groups', *Thinking Skills and Creativity* **9**, 16–23.
- Pohlert, T. (2014), 'The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR)', *R package* p. 27.
URL: <https://cran.r-project.org/package=PMCMR> <http://cran.r-project.org/package=PMCMR>
- Points, K. E. Y. (2019), 'Knowledge_for_2030_concept_note.pdf'.
- Poon, W. C., Mohamad, O. & Yusoff, W. F. W. (2020), 'Examining the Antecedents of Ambidextrous Behaviours in Promoting Creativity among SMEs in Malaysia', *Global Business Review* **21**(3), 645–662.
- Popescu, E. (2012), Project-Based Learning with eMUSE, in 'Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)', Vol. 7558 LNCS, Springer, University of Craiova, Computers and Information Technology Department, A. I. Cuza 13, 200585 Craiova, Romania, pp. 41–50.
URL: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-33642-3_5
- Price, L. R. (2017), *Psychometric Methods*, The Guilford Press.
- Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006), 'Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and reserach bases', *Journal of engineering education* **95**(2), 123–138.
- Pucha, R., Utschig, T. T., Newton, S. H., Alemdar, M., Moore, R. & Noyes, C. R. (2016), 'Critical and creative thinking activities for engaged learning in graphics and visualization course', *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 2016-June*(October).
- Puente-Diaz, R., Toptas, S. D., Cavazos-Arroyo, J., Wimschneider, C. & Brem, A. (2020), 'Creative Potential and Multicultural Experiences: The Mediating Role of Creative Self-Efficacy', *Journal of Creative Behavior* **54**(4), 815–823.
- Pugh, S. (1990), *Total Design*, Addison-Wesley.
- Puppatz, M., Burmeister, A. & Deller, J. (2017), 'The assessment of organizational culture in cross-cultural settings: Investigating the psychometric quality and cultural equivalence of three quantitative instruments', *International Journal of Selection and Assessment* **25**(1), 43–60.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijsa.12159>
- Purdue Univesity (2020), 'Team project-based learning'.
URL: <https://polytechnic.purdue.edu/technology-transformed/team-project-based-learning>
- Puryear, J. S., Kettler, T. & Rinn, A. N. (2019), 'Relating Personality and Creativity: Considering What and How We Measure', *Journal of Creative Behavior* **53**(2), 232–245.
- R Core Team (2014), 'R: A Language and Environment for Statistical Computing'.
URL: <http://www.r-project.org/>
- Raiche, G. (2010), 'an R package for parallel analysis and non graphical solutions to the Cattell scree test'.
URL: <https://cran.r-project.org/package=nFactors>
- Ramboll (2018), 'SurveyXact'.
URL: <https://www.surveyxact.com/>

- Revelle, W. (2017), 'psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research'.
URL: <https://cran.r-project.org/package=psych>
- Revelle, W. (2018), 'psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research'.
URL: <https://cran.r-project.org/package=psych>
- Rhodes, M. (1961), 'An Analysis of Creativity'.
- Rietzschel, E. F., Nijstad, B. A. & Stroebe, W. (2007), 'Relative accessibility of domain knowledge and creativity: The effects of knowledge activation on the quantity and originality of generated ideas', *Journal of Experimental Social Psychology* **43**(6), 933–946.
- Rittel, H. W. & Webber, M. M. (1973), 'Dilemmas in a General Theory of Planning', *Policy Sciences* **4**, 155–169.
- Robson, C. (2002), *Real world research*, second edn, Blackwell Publishing Ltd.
- Rodríguez, F. J., Peña, J. I. & Peña-Reyes, J. I. (2015), Achievements in interdisciplinary engineering education at universidad nacional de colombia: showing six years of experiences, in E. de Graaff, A. Guerra, A. Kolmos & N. A. Arexolaleiba, eds, '5th International Research Symposium on PBL, part of International Joint Conference on the Learner in Engineering Education (IJCLEE 2015) : Development of a Global Network for PBL and Engineering Education', Aalborg University Press, San Sebastián, España, pp. 106–115.
- Rodríguez, F. J. & Peña-Reyes, J. I. (2019), The role of the dummy student to improve creative ideas, in '11th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)', Universidad Nacional de Colombia, Hammamet, Tunisia.
- Rodríguez-Mesa, F. J. (2016), Estudio de creatividad para diseño en ingeniería en un entorno de Aprendizaje Basado en Proyectos: Propuesta de proyecto, PhD thesis, Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez-Mesa, F. J. (2017), Estudio de creatividad para diseño en ingeniería en un entorno de Aprendizaje Basado en Proyectos, Propuesta de tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez-Mesa, F. J. (2018), Introducing PBL project-work to engineering students in a traditional school, Master thesis, Aalborg University.
- Rodríguez-Mesa, F. J., Guerra, A., Graaff, E. D. & Reyes, J. I. P. (2017), Trends in Engineering Education Research: A systematic database analysis, in 'Research in Engineering Education Symposium 6-8 July 2017', Bogota.
- Rodríguez-Mesa, F. J., Molina, A. & Peña, J. (2018), Interdisciplinary humanitarian projects with PBL to motivate team performance, in 'Proceedings of the 7th International Research Symposium on PBL (IRSPBL 2018)', pp. 1–10.
- Rodríguez-Mesa, F. J. & Peña-Reyes, J. I. (2018), Facilitating process competencies with digital workspace, in 'Proceedings of the 7th International Research Symposium on PBL (IRSPBL 2018)', Beijing, China.
- Rodríguez-Mesa, F. & Spliid, C. M. (2020), Information management impacts when students configure the project-work, in '8th International Research Symposium on PBL (IRSPBL), Aalborg, Denmark, 18 August', pp. 527–537.

- Rodríguez Montequín, V., Mesa Fernández, J. M., Balsera, J. V. & García Nieto, A. (2013), 'Using MBTI for the success assessment of engineering teams in project-based learning', *International Journal of Technology and Design Education* 23(4), 1127–1146.
- Rogers, C. R. (1951), *Client-centered therapy*, T. Gordon and N. Hobbs.
- Rogers, C. R. (1961), *On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy*, Houghton Mifflin Company, Boston.
- Rohner, R. P. & Carrasco, M. Á. (2015), 'Teoría de la Aceptación-Rechazo Interpersonal (IPARTheory): Bases Conceptuales, Método y Evidencia Empírica [Interpersonal Acceptance-Rejection Theory (IPARTheory): Theoretical Bases, Method and Empirical Evidence]', *Acción Psicológica* 11(2), 9.
- Rokeach, M. (1972), *Beliefs, attitudes and values: a theory of organization and change*, Jossey-Bass.
- Ros, M. (2008), 'Los valores culturales y el desarrollo socioeconómico: Una comparación entre teorías culturales', *Revista de Psicología Social* 23(3), 347–365.
- Rosing, K., Frese, M. & Bausch, A. (2011), 'Explaining the heterogeneity of the leadership-innovation relationship: Ambidextrous leadership', *Leadership Quarterly* 22(5), 956–974.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.leaqua.2011.07.014>
- Rottensteiner, C., Laakso, L., Pihlaja, T. & Konttinen, N. (2013), 'Personal reasons for withdrawal from team sports and the influence of significant others among youth athletes', *International Journal of Sports Science and Coaching* 8(1), 19–32.
- RUC (2020), 'Students are researchers'.
URL: <https://ruc.dk/en>
- Runco, M. A. (1992), 'On Creativity and Human Capital', *Creativity Research Journal* 5(4), 373–378.
- Runco, M. A. (2014), *Creativity: Theories and themes, research, development, and practice*, second edn, Elsevier.
- Rush, M., Newman, D. & Wallace, D. (2007), Project-Based Learning in First Year Engineering Curricula: Course Development and Student Experiences in Two New Classes at MIT, in 'International Conference on Engineering Education – ICEE 2007', pp. 1–18.
- Saad, C. S., Damian, R. I., Benet-Martínez, V., Moons, W. G. & Robins, R. W. (2013), 'Multiculturalism and Creativity: Effects of Cultural Context, Bicultural Identity, and Ideational Fluency', *Social Psychological and Personality Science* 4(3), 369–375.
- Said-Metwaly, S., den Noortgate, W. V. & Kyndt, E. (2018), 'Approaches to Measuring Creativity: A Systematic Literature Review', *Creativity. Theories – Research - Applications* 4(2), 238–275.
- Savery, J. R. & Duffy, T. M. (1995), 'Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework', *Educational Technology* 35(1991), 31–38.
URL: http://cauepublishing.net/files/duffy_publ6.pdf
- Savin-Baden, M. (2006), 'Challenging models and perspectives of problem-based learning', *Management of change: Implementation of problem-based and project-based learning in engineering* pp. 9–29.

- Savin-Baden, M. (2007), Challenging models and perspectives of problem-based learning, in E. de Graaff & Kol, eds, 'Management of Change', Sense Publishers, Rotterdam, pp. 9–29.
- Savin-Baden, M. & Major, C. H. (2004), *Foundations of Problem Based Learning*, Open University Press/SRHE.
- Sawyer, K. R. (2012), *Explaining Creativity*, second edi edn, Oxford University Press.
- Scarborough, H., Bresnen, M., Edelman, L. F., Laurent, S., Newell, S. & Swan, J. (2004), 'The processes of project-based learning an exploratory study', *Management Learning* **35**(4), 491–506.
- Schafer, J., Opgen-Rhein, R., Zuber, V., Ahdesmaki, M., Silva, A. P. D. & Strimmer., K. (2017), 'corpcor: Efficient Estimation of Covariance and (Partial) Correlation'.
URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/corpcor/corpcor.pdf>
- Schein, E. H. (2010), *Organizational culture and leadership*, fourth edi edn, Jossey-Bass.
- Schmidt, H. G. (1983), 'Problem-based learning: rationale and description', *Medical Education* **47**(1), 11–16.
- Schmidt, H. G. (1989), Part III Problem-based Learning : Rationale and Examples, in H. G. Schmidt, M. Lipkin, M. W. de Vries & J. M. Greep, eds, 'New Directions for Medical Education: Problem-based Learning and Community-oriented Medical Education', *Frontiers of Primary Care*, Springer-Verlag, chapter Part III, pp. 101–105.
- Schmidt, H. G., Rotgans, J. I. & Yew, E. H. J. (2011), 'The process of problem-based learning: what works and why', *Medical Education* **45**(8), 792–806.
- Schmidt, H. G., van der Molen, H. T., TE WINKEL, W. W. R. & WIJNEN, W. H. F. W. (2009), 'Constructivist, Problem-Based Learning Does Work: A Meta-Analysis of Curricular Comparisons Involving a Single Medical School', *Educational Psychologist* **44**(4), 227–249.
URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00461520903213592>
- Schneider, B., Ehrhart, M. G. & Macey, W. H. (2013), 'Organizational Climate and Culture', *Annual Review of Psychology* **64**(1), 361–388.
URL: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-psych-113011-143809>
- Schön, D. A. (1983), *The reflective practitioners*, Basic Books.
- Schönborn, G. (2010), 'Value performance: On the relation between corporate culture and corporate success', *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology* **218**(4), 234–242.
- Schunk, D. H. (2011), *Learning Theories: An Educational Perspective*, Addison Wesley.
- Schwartz, S. H. (1992), 'Universals in the content and structure of values: Theoretical advances and empirical tests in 20 countries', *Advances in Experimental Social Psychology* **25**(C), 1–65.
- Schwartz, S. H. (2008), *Cultural Value Orientations: Nature & Implications of National Differences*, PhD thesis, The Hebrew University of Jerusalem.
- Schwartz, S. H. (2009), 'A theory of cultural value orientations: Explication and applications', *International Studies in Sociology and Social Anthropology* **109**(January 2009), 173–219.

- Schwartz, S. H. (2012), Values: cultural and individual, in 'Fundamental Questions in Cross-Cultural Psychology', number 921, pp. 463–493.
- Schwartz, S. H. & Boehnke, K. (2004), 'Evaluating the structure of human values with confirmatory factor analysis', *Journal of Research in Personality* **38**(3), 230–255.
- Serrat, O. (2017), Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance, in 'Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance', pp. 1–1140.
- Servant, V. F. C. (2016), Revolutions and Re-iterations, Phd, Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Shah, J. J., Kulkarni, S. V. & Vargas-Hernandez, N. (2000), 'Evaluation of idea generation methods for conceptual design: Effectiveness metrics and design of experiments', *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME* **122**(4), 377–384.
- Shah, J. J., Millsap, R. E., Woodward, J. & Smith, S. M. (2010), Applied Tests of Design Skills: Divergent Thinking Data Analysis and Reliability Studies, in 'Volume 5: 22nd International Conference on Design Theory and Methodology; Special Conference on Mechanical Vibration and Noise', ASMEDC, pp. 367–380.
- Shai, O. & Reich, Y. (2003), Infused design: A brief introduction, in 'International conferences on engineering design, ICED 03', Stockholm.
- Shalley, C. E., Gilson, L. L. & Blum, T. C. (2000), 'Matching creativity requirements and the work environment: Effects on satisfaction and intentions to leave', *Academy of Management Journal* **43**(2), 215–223.
- Shalley, C. E., Zhou, J. & Oldham, G. R. (2004), 'The effects of personal and contextual characteristics on creativity: Where should we go from here?', *Journal of Management* **30**(6), 933–958.
- Shapiro, A. S. S. & Wilk, M. B. (1965), 'An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)
Published by : Biometrika Trust Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2333709>', *Biometrika* **52**(3/4), 591–611.
- Shea, G., ed. (2020), *NASA systems engineering handbook*, NASA.
URL: <https://www.nasa.gov/connect/ebooks/nasa-systems-engineering-handbook>
- Shin, S. J., Kim, T. Y., Lee, J. Y. & Bian, L. (2012), 'Cognitive team diversity and individual team member creativity: A cross-level interaction', *Academy of Management Journal* **55**(1), 197–212.
- Shpeizer, R. (2019), 'Towards a successful integration of project-based learning in higher education: Challenges, technologies and methods of implementation', *Universal Journal of Educational Research* **7**(8), 1765–1771.
- Shu, L. H. (2010), 'A natural-language approach to biomimetic design', *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM* **24**(4), 507–519.
- Shweder, R. (1993), 'Cultural Psychology: Who Needs It?', *Annual Review of Psychology* **44**(1), 497–523.
URL: <http://psych.annualreviews.org/cgi/doi/10.1146/annurev.psych.44.1.497>
- Shweder, R. A. (1999), 'Why Cultural Psychology?', *Ethos* **27**(1), 62–73.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1525/eth.1999.27.1.62>

- Siegel, S. M. & Kaemmerer, W. F. (1979), "Measuring the perceived support for innovation in organizations": Correction to Siegel and Kaemmerer.', *Journal of Applied Psychology* **64**(2), 118–118.
- Silvia, P. J., Martin, C. & Nusbaum, E. C. (2009), 'A snapshot of creativity: Evaluating a quick and simple method for assessing divergent thinking', *Thinking Skills and Creativity* **4**(2), 79–85.
- Silvia, P. J., Winterstein, B. P., Willse, J. T., Barona, C. M., Cram, J. T., Hess, K. I., Martinez, J. L. & Richard, C. A. (2008), 'Assessing creativity with divergent thinking tasks: Exploring the reliability and validity of new subjective scoring methods.', *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* **2**(2), 68–85.
URL: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/1931-3896.2.2.68>
- Simon, H. A. (1973), 'The structure of ill structured problems', *Artificial Intelligence* **4**(3-4), 181–201.
- Simon, H. A. (1996), *The Sciences of the Artificial*, third edn, MIT Press.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0898122197829410>
- Simons, K. D. & Klein, J. D. (2007), 'The Impact of Scaffolding and Student Achievement Levels in a Problem-based Learning Environment', *Instructional Science* **35**(1), 41–72.
URL: <http://link.springer.com/10.1007/s11251-006-9002-5>
- Simonton, D. K. (2012), 'Teaching Creativity: Current Findings, Trends, and Controversies in the Psychology of Creativity', *Teaching of Psychology* **39**(3), 217–222.
- Smith, G. F. (1998), 'Idea-generation techniques: A formulary of active ingredients', *Journal of Creative Behavior* **32**(2), 107–134.
- Smith, P. (2001), *Cultural Theory: An Introduction*, Blackwell Publishing.
- Smith, S. M. & Ward, T. B. (2012), Cognition and the Creation of Ideas, in K. J. Holyoak & R. G. Morrison, eds, 'The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning', Oxford University Press, chapter 23, pp. 456–474.
URL: <http://oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199734689.001.0001/oxfordhb-9780199734689-e-23>
- Solomon, S., Greenberg, J. & Pyszczynski, T. (1991), 'A Terror Management Theory of Social Behavior', *Advances in Experimental Social Psychology* **24**, 93–159.
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065260108603287>
- Somerville, M., Anderson, D., Berbeco, H., Bourne, J. R., Crisman, J., Dabby, D., Donis Keller, H., Holt, S. S., Kerns, S., Kerns, D. V., Martello, R., Miller, R. K., Moody, M., Pratt, G., Pratt, J. C., Shea, C., Schiffman, S., Spence, S., Stein, L. A., Stolk, J. D., Storey, B. D., Tilley, B., Vandiver, B. & Zastavker, Y. (2005), 'The Olin Curriculum: Thinking Toward the Future', *IEEE Transactions on Education* **48**(1), 198–205.
- Sparkman, D. J. & Hamer, K. (2020), 'Seeing the human in everyone: Multicultural experiences predict more positive intergroup attitudes and humanitarian helping through identification with all humanity', *International Journal of Intercultural Relations* **79**(January), 121–134.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijintrel.2020.08.007>
- Spaulding, W. B. (1969), 'The undergraduate medical curriculum (1969 model): McMaster university.', *Canadian Medical Association journal* **100**(14), 659–64.

- Sperberg, D. (1996), *Explaining Culture: A Naturalistic Approach*, Blackwel, Oxford.
- Spuzic, S., Narayanan, R., Abhary, K., Adriansen, H., Pignata, S., Uzunovic, F. & Guang, X. (2016), 'The synergy of creativity and critical thinking in engineering design: The role of interdisciplinary augmentation and the fine arts', *Technology in Society* **45**, 1–7.
- Srivathsavai, R., Genco, N., Hölttä-Otto, K. & Seepersad, C. C. (2010), 'Study of existing metrics used in measurement of ideation effectiveness', *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* **5**(January), 355–366.
URL: <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1612345>
- Stahl, G. K., Maznevski, M. L., Voigt, A. & Jonsen, K. (2010), 'Unraveling the effects of cultural diversity in teams: A meta-analysis of research on multicultural work groups', *Journal of International Business Studies* **41**(4), 690–709.
URL: <http://link.springer.com/10.1057/jibs.2009.85>
- Stauffacher, M., Walter, A. I., Lang, D. J., Wiek, A. & Scholz, R. W. (2006), 'Learning to research environmental problems from a functional socio-cultural constructivism perspective: The transdisciplinary case study approach', *International Journal of Sustainability in Higher Education* **7**(3), 252–275.
- Steele, L. M., Johnson, G. & Medeiros, K. E. (2018), 'Looking beyond the generation of creative ideas: Confidence in evaluating ideas predicts creative outcomes', *Personality and Individual Differences* **125**(November 2017), 21–29.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.12.028>
- Steinke, P. & Fitch, P. (2017), 'Minimizing Bias When Assessing Student Work', *Research & Practice in Assessment* **12**, 87–95.
- Sternberg, R. J. (2012), 'The Assessment of Creativity: An Investment-Based Approach', *Creativity Research Journal* **24**(1), 3–12.
- Sternberg, R. J., Conway, B. E., Ketron, J. L. & Bernstein, M. (1981), 'People's conceptions of intelligence', *Journal of Personality and Social Psychology* **41**(1), 37–55.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1991), 'An Investment Theory of Creativity and Its Development', *Human Development* **34**(1), 1–31.
- Suh, N. (1990), *The Principles of Design*, Oxford University Press.
- Suh, N. (1995), 'Designing-in of quality through axiomatic design', *IEEE Transactions on Reliability* **44**(2), 256–264.
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/387380/>
- Sun, M., Wang, M. & Wegerif, R. (2020), 'Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: The impact of individual creative potential and domain knowledge', *Thinking Skills and Creativity* **37**(July), 1–10.
- Suwa, M., Purcell, T. & Gero, J. (1998), 'Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions', *Design Studies* **19**(4), 455–483.

- Tan, S., Zeng, Y., Chen, B., Bani Milhim, H. K. & Schiffauerova, A. (2012), 'Environment based design approach to integrating enterprise applications', *Journal of Computing and Information Science in Engineering* **12**(3), 1–9.
- Taura, T. (2014), Motive of Design: Roles of Pre- and Post-design in Highly Advanced Products, in 'An Anthology of Theories and Models of Design', Springer London, London, chapter 4, pp. 83–98.
URL: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-6338-1_4
- Terrón-López, M. J., Blanco-Archilla, Y. & Velasco-Quintana, P. J. (2020), 'Individual assessment procedure and its tools for PBL teamwork', *International Journal of Engineering Education* **36**(1 B), 352–364.
- Terry, G., Hayfield, N., Clarke, V. & Braun, V. (2017), Thematic Analysis, in C. Willig & W. S. Rogers, eds, 'The SAGE Handbook of Qualitative Research in Psychology', Vol. 46, SAGE Publications Ltd, 1 Oliver's Yard, 55 City Road London EC1Y 1SP, chapter 2, pp. 46–4720–46–4720.
URL: <http://methods.sagepub.com/book/the-sage-handbook-of-qualitative-research-in-psychology-second-edition>
- Thomas, I. (2009), 'Critical thinking, transformative learning, sustainable education, and problem-based learning in universities', *Journal of Transformative Education* **7**(3), 245–264.
- Thomas, J. W. (2000), 'A review of research on Project-Based Learning'.
- Tian, J., Peng, Y. & Zhou, X. (2020), 'The effects of abusive supervision and motivational preference on employees' innovative behavior', *Sustainability (Switzerland)* **12**(20), 1–15.
- Tomasello, M. (2016), 'The ontogeny of cultural learning', *Current Opinion in Psychology* **8**, 1–4.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.09.008> <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352250X15002341>
- Tomasello, M., Kruger, A. C. & Ratner, H. H. (1993), 'Cultural learning', *Behavioral and Brain Sciences* **16**(3), 495–511.
- Torgerson, C. (2003), 'Reviews Systematic'.
- Torrance, E. P. (1974), *Torrance tests of creative thinking.*, personnel edn.
- Tran, K. N., Kudrowitz, B. & Koutstaal, W. (2020), 'Fostering creative minds: what predicts and boosts design competence in the classroom?', *International Journal of Technology and Design Education* (0123456789).
- Trevarthen, C., Gratier, M. & Osborne, N. (2014), 'The human nature of culture and education', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* **5**(2), 173–192.
- Triandis, H. (1988), Collectivism v. Individualism: A Reconceptualisation of a Basic Concept in Cross-cultural Social Psychology, in 'Cross-Cultural Studies of Personality, Attitudes and Cognition', Palgrave Macmillan UK, London, pp. 60–95.
URL: http://link.springer.com/10.1007/978-1-349-08120-2_3
- Triandis, H. C. (2004), Subjective Culture, in 'Encyclopedia of Applied Psychology', Vol. 2, Elsevier, pp. 507–509.
URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B0126574103002178>

- Triandis, H. C. & Suh, E. M. (2002), 'Cultural Influences on Personality', *Annual Review of Psychology* **53**(1), 133–160.
URL: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.psych.53.100901.135200>
- Tuckman, B. W. (1977a), 'Developmental Sequence in Small Groups', **63**(6), 66–81.
- Tuckman, B. W. (1977b), 'Stages of Small-Group Development Revisited', *Group & Organization Studies* **2**(4), 419–427.
- Ulger, K. (2018), 'The Effect of Problem-Based Learning on the Creative Thinking and Critical Thinking Disposition of Students in Visual Arts Education', *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* **12**(1).
URL: <https://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol12/iss1/10>
- Ullman, D. (2017), *The mechanical design process*, 6a edn, David Ullman.
- Ulrich, K. & Eppinger, S. (2015), *Product Design and Development*, sixth edit edn.
- Ulseth, R. & Johnson, B. (2017), 'Self-directed learning development in PBL engineering students', *International Journal of Engineering Education* **33**(3), 1018–1030.
- Ulseth, R. R., Froyd, J. E., Litzinger, T. A., Ewert, D. & Johnson, B. (2011), A new model of project based learning, in 'ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings', Iron Range Engineering, Minnesota State University, Mankato, United States.
- UN Radio (2019a), 'Ingeniería y Nación: PAI 2019'.
URL: <http://unradio.unal.edu.co/nc/detalle/cat/ingenieria-y-nacion/article/proyecto-pai.html>
- UN Radio (2019b), 'Ingeniería y Nación: TPI 2019'.
URL: <http://unradio.unal.edu.co/nc/detalle/cat/ingenieria-y-nacion/>
- Universidad Nacional de Colombia (2007), 'Acuerdo 025 de 2007'.
- University of Delaware (2020), 'PBL Clearinghouse'.
URL: <https://www.itue.udel.edu/>
- U.S. News and World report (2020), 'University of Michigan–Ann Arbor'.
URL: <https://www.usnews.com/best-graduate-schools/top-engineering-schools/university-of-michigan-ann-arbor-02088>
- Van Damme, M. J., Anseel, F., Duyck, W. & Rietzschel, E. F. (2019), 'Strategies to improve selection of creative ideas: An experimental test of epistemic and social motivation in groups', *Creativity and Innovation Management* **28**(1), 61–71.
- Van Eck, N. J. & Waltman, L. (2008), 'Appropriate similarity measures for author co-citation analysis', *Journal of the American Society for Information Science and Technology* **59**(10), 1653–1661.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/asi.20872>

- Van Eck, N. J. & Waltman, L. (2009), 'How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures', *Journal of the American Society for Information Science and Technology* **60**(8), 1635–1651.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/asi.21075>
- Van Eck, N. J. & Waltman, L. (2014a), 'Systematic retrieval of scientific literature based on citation relations: Introducing the CitNetExplorer tool', *CEUR Workshop Proceedings* **1143**, 13–20.
- van Eck, N. J. & Waltman, L. (2014b), *Visualizing Bibliometric Networks*.
- van Knippenberg, D., van Ginkel, W. P. & Homan, A. C. (2013), 'Diversity mindsets and the performance of diverse teams', *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **121**(2), 183–193.
URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S074959781300037X> <http://dx.doi.org/10.1016/j.obhdp.2013.03.003>
- Vandenberghe, F. & Archer, M. (2009), *Philosophical History of German Sociology*, Routledge Studies in Critical Realism, Routledge.
- VandenBos, G. R., ed. (2015), *APA dictionary of psychology*, Vol. 53, second edn, American Psychological Association.
URL: <http://choicereviews.org/review/10.5860/CHOICE.191867>
- Vasan, N. S., DeFouw, D. O. & Compton, S. (2009), 'A survey of student perceptions of team-based learning in anatomy curriculum: Favorable views unrelated to grades', *Anatomical Sciences Education* **2**(4), 150–155.
- Vattam, S. S., Helms, M. & Goel, A. K. (2010), 'Biologically inspired design: A macrocognitive account', *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* **5**(May 2014), 129–138.
- Vega, C., Jiménez, C. & Villalobos, J. (2013), 'A scalable and incremental project-based learning approach for CS1/CS2 courses', *Education and Information Technologies* **18**(2), 309–329.
URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10639-012-9242-8>
- Vernon, D. T. A. & Blake, R. L. (1993), 'Does problem-based learning work -a metaanalysis of evaluative research', *Academic Medicine* **68**(7), 550–563.
- Vosinakis, S. & Koutsabasis, P. (2012), 'Problem-based learning for design and engineering activities in virtual worlds', *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* **21**(3), 338–358.
- Vygotsky, L. (1978a), *Mind in society*, Vol. null, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Vygotsky, L. (1978b), 'The interaction between learning and development'.
- Vygotsky, L. (1986), *Thought and Language*, The MIT Press.
- Wagenschein, M. (1956), 'Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens [On the concept of the exemplary in teaching]', *Zeitschrift für Pädagogik* **2**, 129–156.
- Wagenschein, M. (2000), Teaching to understand: on the concept of the exemplary in teaching, in I. Westbury, S. Hopmann & K. Riquarts, eds, 'Teaching as a Reflective Practice: The German Didaktik Tradition', Vol. I, Routledge, chapter 9, pp. 1–12.

- Wallach, M. A. & Kogan, N. (1965), *Modes of thinking in young children: A study of the creativity-intelligence distinction*, Holt, Rinehart and Winston.
- Walther, J., Kellam, N., Sochacka, N. & Radcliffe, D. (2011), 'Engineering competence? An interpretive investigation of engineering students' professional formation', *Journal of Engineering Education* **100**(4), 703–740.
URL: <http://doi.wiley.com/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00033.x>
- Watson, J. B., Tolman, E. C., Titchener, E. B., Lashley, K. S. & Thorndike, E. L. (2009), *Behaviorism: Classic Studies*, Reuseabook.
- Welling, H. (2007), 'Four mental operations in creative cognition: The importance of abstraction', *Creativity Research Journal* **19**(2-3), 163–177.
- Wenger, E. (2010), Communities of practice and social learning systems: The career of a concept, in C. Blackmore, ed., 'Social Learning Systems and Communities of Practice', Springer Verlag and the Open University., pp. 179–198.
- Wertsch, J. V. (1993), *Voices of the Mind: Sociocultural Approach to Mediated Action*, Harvard University Press.
- Whiting, J. W. M. & Child, I. L. (1953), *Child training and personality*, Yale University Press, New Haven.
- Wibeck, V., Dahlgren, E. M. & Öberg, A. G. (2007), 'Learning in focus groups: An analytical dimension for enhancing focus group research', *Qualitative Research* **7**(2), 249–267.
- Williams, K. Y. & O'Reilly III, C. a. (1998), 'Demography and Diversity in Organizations: A Review of 40 Years of Research', *Research in organizational behavior* **20**(January 1998), 77.
- Wilson, C. (2013), *Brainstorming and beyond*, Elsevier.
- Wilson, H. E. & Presley, L. (2019), 'Assessing creative productivity', *Gifted and Talented International* **34**(1-2), 30–43.
URL: <https://doi.org/10.1080/15332276.2019.1690956>
- Witkin, H. A. & Berry, J. W. (1975), 'Psychological Differentiation in Cross-Cultural Perspective', *Journal of Cross-Cultural Psychology* **6**(1), 4–87.
URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002202217500600102>
- Woisetschläger, D. M., Hanning, D. & Backhaus, C. (2016), 'Why frontline employees engage as idea collectors: An assessment of underlying motives and critical success factors', *Industrial Marketing Management* **52**, 109–116.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.05.015>
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976a), 'The role of tutoring in problem solving*', *Journal of Child Psychology and Psychiatry* **17**(2), 89–100.
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976b), 'the Role of Tutoring in Problem Solving', *Journal of Child Psychology and Psychiatry* **17**(2), 89–100.

- Woods, D. R. (2014), 'Problem-oriented learning, problem-based learning, problem-based synthesis, process oriented guided inquiry learning, Peer-Led team learning, model-eliciting activities, and project-based learning: What is best for you?', *Industrial and Engineering Chemistry Research* **53**(13), 5337–5354.
- Woods, D. R., Hall, F. L., Eyles, C. H., Hrymak, A. N. & Duncan-Hewitt, W. C. (1996), 'Tutored Versus Tutorless Groups in Problem-Based Learning', *American Journal of Pharmaceutical Education* **60**(3), 231–238.
- WUR (2020), 'The World University Rankings'.
URL: <https://www.timeshighereducation.com/>
- WVS (2014), 'World Values Survey'.
URL: www.worldvaluessurvey.org/
- Yeh, Y.-C. (2004), 'The Development of "Technological Creativity Test" and the Construction of Its Scoring Norm', *Psychological Testing* **51**(2), 127–162.
- Yilmaz, S. & Seifert, C. M. (2011), 'Creativity through design heuristics: A case study of expert product design', *Design Studies* **32**(4), 384–415.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2011.01.003>
- Yoshikawa, H. (1981), General design theory and a CAD system, in 'Man-machine Communication in CAD/CAM', North-Holland Publishing Company.
- Yuan, F. & Woodman, R. W. (2021), 'The multiple ways of behaving creatively in the workplace: A typology and model', *Journal of Organizational Behavior* **42**(1), 20–33.
- Yuan, X. & Lee, J. H. (2014), 'A quantitative approach for assessment of creativity in product design', *Advanced Engineering Informatics* **28**(4), 528–541.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2014.07.007>
- Zavbi, R. & Vukasinovic, N. (2014), 'A Concept of Academia-Industry Collaboration to Facilitate the Building of Technical and Professional Competencies in New Product Development', **30**, 1562–1578.
- Zelterman, D. (2015), *Applied Multivariate Statistics with R*, Springer.
- Zeng, L., Proctor, R. W. & Salvendy, G. (2011), 'Can traditional divergent thinking tests be trusted in measuring and predicting real-world creativity?', *Creativity Research Journal* **23**(1), 24–37.
- Zeng, Y. (2002), 'Axiomatic theory of design modeling', *Journal of Integrated Design and Process Science* **6**(3), 1–28.
- Zeng, Y. & Cheng, G. D. (1991), 'On the logic of design', *Design Studies* **12**(3), 137–141.
- Zeuner, C. (2013), 'From workers education to societal competencies: Approaches to a critical, emancipatory education for democracy', *European Journal for Research on the Education and Learning of Adults* **4**(2), 139–152.
- Zhang, F., Kolmos, A. & De Graaff, E. (2013), 'Conceptualizations on innovation competency in a problem and project', *International Journal of Engineering Education* **29**(1), 3–16.

- Zhao, K., Zong, B. & Zhang, L. (2020), 'Explorative and Exploitative Learning in Teams: Unpacking the Antecedents and Consequences', *Frontiers in Psychology* **11**(August).
- Zhou, C. (2012), 'Integrating creativity training into Problem and Project-Based Learning curriculum in engineering education', *European Journal of Engineering Education* **37**(5), 488–499.
- Zhou, C. (2015), Bridging Creativity and Group by Elements of Problem-Based Learning (PBL), in 'Advances in Intelligent Systems and Computing', Vol. 355, Department of Learning and Philosophy, Aalborg University, Aalborg, Denmark, pp. 1–9.
- Zhou, J. (2003), 'When the presence of creative coworkers is related to creativity: Role of supervisor close monitoring, developmental feedback, and creative personality', *Journal of Applied Psychology* **88**(3), 413–422.
- Zhou, N., Kisselburgh, L., Chandrasegaran, S., Badam, S. K., Elmqvist, N. & Ramani, K. (2020), 'Using social interaction trace data and context to predict collaboration quality and creative fluency in collaborative design learning environments', *International Journal of Human Computer Studies* **136**, 102378.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.102378>
- Zohar, D. M. & Hofmann, D. A. (2011), Organizational Culture and Climate, in S. Kozlowski, ed., 'Oxford Handbook of Industrial and Organizational Psychology', second edn, Oxford University Press.