



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

CONCEPTOS DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA APLICADOS A UN MÓDULO GEOTÉCNICO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

NICOLAS WALBRECQ

PROFESOR GUÍA:
FELIPE OCHOA CORNEJO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
SERGIO CELIS GÚZMAN
CÉSAR PASTÉN PUCHI

SANTIAGO DE CHILE
2016

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

POR: NICOLAS WALBRECQ

FECHA: 07/12/2016

PROFESOR GUÍA: FELIPE OCHOA CORNEJO

**CONCEPTOS DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA APLICADOS A UN MÓDULO
GEOTÉCNICO**

El presente trabajo de título aplica conceptos de “Educación en Ingeniería” a módulos de ingeniería geotécnica; en particular, al curso “Geotécnica” [CI4401], el primer curso de Ingeniería Geotécnica de la malla curricular de la licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

El objetivo es rediseñar el foco de las clases de este curso geotécnico a través del uso de conceptos como de *Complex Learning*. *Complex Learning* se refiere a la adquisición de conocimientos y competencias coordinando de manera cualitativa sus habilidades; Generalmente tratando de transferir lo aprendido a la vida cotidiana y laboral.

Específicamente, se utiliza el concepto de los *First Principles of Instruction* desarrollado por Merrill (2002), útil para generar principios primarios como apoyo a la docencia. El foco central de Merrill (2002) es que las teorías de instrucción se desarrollen utilizando problemas reales. Esta metodología es cercana a la denominada *Project Based Learning*, promovida parcialmente por la comunidad geotécnica (Wesley - 2012).

Este trabajo, desarrollado en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, considera cuatro etapas. Primero, una revisión y comprensión de prácticas docentes, y de nuevos aspectos pedagógicos, para una docencia eficiente. Se realiza una revisión del contenido curricular de la ingeniería geotécnica en varias universidades chilenas. Se presentan los contenidos y técnicas utilizados actualmente en la instrucción geotécnica en Chile. Esto, para identificar los patrones locales de enseñanza de la geotecnia. Además, presenta una evaluación transversal de la docencia de la ingeniería geotécnica en Chile y de la inserción profesional de los egresados. Se realizan encuestas y análisis estadísticos sobre la percepción de la docencia de la ingeniería geotécnica. Esto se hace utilizando la opinión de alumnos, profesores, y profesionales relacionados a la ingeniería geotécnica. Por último, se aplican conceptos desarrollados de la psicopedagogía, adaptados a la ingeniería geotécnica para transmitir los conceptos intrínsecos de los fenómenos estudiados en el curso de Introducción a la ingeniería geotécnica.

Lo anterior, se materializa por la presentación del diseño de nuevos módulos y clases para el curso Introducción a la Ingeniería Geotécnica, usando los elementos de enseñanza revisados.

El desarrollo de este trabajo intenta reformular el marco de instrucción de la ingeniería geotécnica, usando nuevos módulos docentes, previa identificación de las áreas del aprendizaje que se requiere consolidar en los estudiantes de Ingeniería Civil.

Agradecimientos

Quiero agradecer al profesor Felipe Ochoa por sus consejos, enseñanza y la disposición mostrada en todo momento para guiar este trabajo. A los profesores Sergio Celis y César Pastén, quienes siempre tuvieron la disposición de responder dudas, enviar materiales y aportar con su experiencia al trabajo.

Quiero agradecer al profesor César Pastén por facilitar la base de datos sobre el estilo de aprendizaje de los alumnos de Ingeniería Civil y por publicar en U-Cursos una encuesta destinada a los alumnos del curso “Geotecnia” [CI4401] del semestre otoño 2016.

Quiero agradecer al Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile por recibirme de tal manera durante estos dos años y por formar parte fundamental de mi educación universitaria.

Quiero agradecer a Julio Salas, Subdirector de la escuela de Ingeniería de la FCFM, por su ayuda para obtener el acceso a las encuestas docentes U-Cursos.

Quiero agradecer al profesor Roberto Gesche por facilitar los contactos de ingenieros para la buena realización del trabajo.

Quiero agradecer a todos los profesionales, profesores y alumnos quienes fueron solicitados para responder encuestas y proveer datos significativos para este trabajo.

Quiero agradecer a los profesores Mauricio Herron, Katerina Bagiati y Nielsen Pereira por sus consejos para la desarrollar la metodología del trabajo.

Por último, gracias a mi familia, a mi polola, a mis amigos de la pecera, a mis amigos de la Universidad, a mis amigos extranjeros, mis amigos de Francia, a mis numerosos compañeros de pisos, por estos dos años maravillosos que tuve la suerte de vivir.

¡Gracias Chile, lo pasé la raja!

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	iv
Índice de tablas	viii
Índice de ilustraciones	ix
1. Introducción.....	1
1.1. Contexto del Trabajo	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo Global	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Metodología	5
2. Capítulo II: Revisión Bibliográfica.....	6
2.1. Teorías de Diseño Instruccional	6
2.1.1. Métodos de Aprendizaje basados en Problemas Reales	6
2.1.2. Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID Model – Merriënboer (2002) ...	7
2.1.3. First Principles of Instruction – Merrill (2002).....	11
2.1.4. Teoría Complementaria: First Principles of Motivation - Keller (2008).....	14
2.2. Ejemplo y recomendaciones para el Uso de Merrill (2002)	16
2.2.1. Ejemplo de Aplicación de Merrill (2002)	16
2.2.2. Ventajas del Uso <i>First Principles of Instruction</i>	19
2.2.3. Metodología para usar los <i>First Principles of Instruction</i>	19
3. Capítulo III: Marco Contextual.....	24
3.1. Introducción y Nociones de Educación en Ingeniería	24
3.1.1. Introducción	24
3.1.2. Desarrollo de la Información	25
3.2. Contexto de la Docencia de Cursos Obligatorios de Ingeniería Geotécnica en Chile	26

3.2.1.	Análisis de los Programas Académicos	26
3.2.2.	Ingeniería Geotécnica en la Malla Curricular de la FCFM	32
3.3.	Contexto de Aprendizaje de los Alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.....	35
3.3.1.	Introducción	35
3.3.2.	Comentarios del Autor para Analizar los Resultados.....	36
3.3.3.	Descripción de la Muestra	37
3.3.4.	Resultados del Estilo de Aprendizaje	37
3.3.5.	Otra Información Relevante: Encuesta Base ILS.....	41
3.4.	Desempeño de los Alumnos en el Curso “Geotecnia” [CI4401]	45
3.4.1.	Descripción de la Encuesta y de la Muestra	45
3.4.2.	Organización de la Encuesta	46
3.4.3.	Resultados de las Encuestas U-Cursos	47
3.5.	Discusión de los Resultados	53
3.5.1.	Discusión sobre el Programa del Curso	53
3.5.2.	Discusión sobre el Estilo de Aprendizaje.....	53
3.5.3.	Discusión sobre las Encuestas U-Cursos.....	54
4.	Capítulo IV: Recopilación de Opinión de Alumnos, Profesores y Profesionales	55
4.1.	Recopilación y Análisis de Opinión Profesionales y Profesores.....	56
4.1.1.	Presentación General de la Metodología.....	56
4.1.2.	Encuesta Profesional.....	57
4.1.3.	Encuesta Profesores	62
4.1.4.	Seminario “Teaching Soils Mechanics”	68
4.2.	Recopilación y Análisis de Opinión del Alumnado del Curso “Geotecnia” [CI4401] del Semestre Otoño 2016	72
4.2.1.	Presentación de la Encuesta y de los Objetivos	72
4.2.2.	Resultados de la Encuesta de los Alumnos.....	73

4.3.	Discusión de los Resultados	77
4.3.1.	Discusión de la Organización y del Contenido del Curso	77
4.3.2.	Discusión del Perfil de Egreso	78
4.3.3.	Discusión Actividades Complementarias	78
4.3.4.	Discusión de las Relaciones entre Universidades y empresas.....	79
5.	Capítulo V: Desarrollo de Clases	80
5.1.	Metodología	80
5.2.	Propuestas de Clases	80
5.2.1.	Ejemplo 1: Tensiones Efectivas - Clase 1	80
5.2.2.	Ejemplo 2: Tensiones Efectivas - Clase 2	84
6.	Conclusiones y Recomendaciones	86
6.1.	Conclusiones Generales	86
6.1.1.	Conclusiones sobre la Metodología del Estudio	86
6.1.2.	Conclusiones sobre la Metodología Pedagógica utilizada	87
6.2.	Conclusiones sobre los Conocimientos y Habilidades Personales e Interpersonales del Ingeniero Geotécnico	87
6.2.1.	Perfil de Egreso y Habilidades blandas	88
6.2.2.	Contenido y Organización del curso	88
6.3.	Recomendaciones para el uso de y la implementación del curso	89
6.3.1.	Contexto Actual de la Docencia.....	89
6.3.2.	Uso del Estilo de Aprendizaje	89
6.3.3.	Implementación y prueba del modelo	90
	Bibliografía	91
	Anexo A: Perfil de Egreso, Universidad de Chile, Ingeniería Civil.....	94
	Anexo B: Índice del curso “Geotecnia” [CI4401] del semestre otoño 2016	95
	Anexo C - Encuestas.....	96
	C.1 Encuestas Profesores	96

C.2 Encuestas Profesionales.....	97
C.3 Encuestas Alumnos – Análisis pregunta por pregunta.....	98
Anexo D – Seminario “Teaching Soil Mechanics”	108
Anexo E – Diapositivas de las clases propuestas	109
E.1: Tensiones Efectivas Clase 1	109
E.2: Tensiones Efectivas Clase 2	116

Índice de tablas

Tabla 2.1: The Four Blueprint Components of 4C - ID and the Ten Steps to Complex Learning Fuente: Modificada de Merriënboer (2008)	8
Tabla 2.2: Matriz de aplicación de Merrill (2002), Caso del baguette francés	17
Tabla 2.3: Posturas del instructor para favorecer la involucración y el desempeño de los alumnos durante el ciclo de aprendizaje	23
Tabla 3.1: Plan de acción y metodología del estudio con respecto a la Educación en Ingeniería	25
Tabla 3.2: Lista de los programas académicos analizados	26
Tabla 3.3: Metodología para el análisis del contenido de los programas académicos de los cursos introductorios a la Mecánica de Suelos.....	29
Tabla 3.4: Matriz de ocurrencia cronológica de los tópicos.....	31
Tabla 3.5: Ordenes estadísticos de los capítulos del curso	32
Tabla 3.6: Cursos de Ingeniería Geotécnica obligatorios, Departamento de Ingeniería Civil, FCFM.....	33
Tabla 3.7: Habilidades blandas del perfil de egreso de Ingeniería Civil de la FCFM Fuente Pasten (2015).....	34
Tabla 3.8: Características de la muestra de alumnos	37
Tabla 3.9: Características de la muestra – Encuesta docente U-Cursos	45
Tabla 3.10: Características de la encuesta docente U-Cursos.....	46
Tabla 4.1: Muestras de Ingenieros entrevistados.....	57
Tabla 4.2: Antecedentes académicos de los ingenieros encuestados	58
Tabla 4.3: Profesores universitarios de la encuesta.....	62
Tabla 4.4: Nivel de importancia de los laboratorios.....	66
Tabla 4.5: Organización de salidas a terreno, Universidad de la Frontera	67
Tabla 4.6: Integrantes de la discusión grupal - Seminario “ <i>Teaching Soil Mechanics</i> ”...69	
Tabla 4.7: Características de la encuesta en línea.....	72
Tabla 5.1: Matriz de aplicación de Merrill (2002), Primera clase del capítulo Tensiones efectivas	82
Tabla 5.2 : Matriz de aplicación de Merrill (2002), Segunda clase del capítulo Tensiones efectivas	84

Índice de ilustraciones

Figura 2.1: Esquema de la teoría 4C/ID Fuente: Modificada de Merriënboer (2008)	10
Figura 2.2: Esquema del ciclo de las cuatro etapas al rededor del problema de la vida real	12
Figura 2.3: Enseñar a cocinar Baguette Francés aplicando Merrill (2002)	16
Figura 2.4: Ilustración de las etapas explicadas en la Tabla	18
Figura 2.5: Ciclos de aprendizaje con respecto al problema real completo	20
Figura 2.6: Evolución teórica de los conocimientos para un problema de cuatro ciclos	21
Figura 2.7: <i>First Principles of Instruction</i> con indicaciones sobre el actitud del instructor según Gardner (2011)	22
Figura 3.1: Numero de cursos geotécnicos obligatorios.....	27
Figura 3.2: Porcentaje de Universidades con y sin visita a terreno obligatoria	28
Figura 3.3: Cantidad de universidades que incluyen los tópicos de geotecnia en los cursos obligatorios, y si estos son introducidos en el primer o segundo curso	30
Figura 3.4: Rango estadístico de estilo de aprendizaje de los alumnos.....	38
Figura 3.5: Repartición dimensión Activo / Reflexivo	39
Figura 3.6: Repartición dimensión Sensorial / Intuitivo.....	39
Figura 3.7: Repartición dimensión Visual / Verbal.....	40
Figura 3.8: Repartición dimensión Secuencial / Global	40
Figura 3.9: Asistencia a clases.....	47
Figura 3.10: Notas de los alumnos.....	48
Figura 3.11: Aprobación de las calificaciones con respecto al rendimiento académico del alumno	48
Figura 3.12: Aprobación de los métodos pedagógicos del docente	49
Figura 3.13: Evaluación de la comunicación y compasión del docente.....	50
Figura 3.14: Grafico sobre la aprobación de la carga y posición del curso en la malla curricular.....	51
Figura 3.15: Fomentación de las relaciones personales e personales.....	52
Figura 4.1: Interés de los alumnos en los capítulos del curso	74
Figura 4.2: Beneficiosos de salir a terreno según los alumnos	75
Figura 4.3: Evolución de las habilidades personales e inter-personales durante el curso	76

Figura 5.1: Ilustración de los flujos de la primera clase del capítulo Tensiones Efectivas	83
Figura 5.2 : Ilustración de los flujos de la segunda clase del capítulo Tensiones Efectivas.....	85
Figura D.1: Esquema del comportamiento de la arena	108
Figura D.2: Experimento Botella de plástico con arena densa saturada Fuente: Experimentación personal.....	108

1. Introducción

1.1. Contexto del Trabajo

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (FCFM) está desarrollando el proyecto "Una Nueva Ingeniería para el 2030", también denominado "Proyecto 2030". El proyecto 2030 pretende, entre los años 2015 y el 2030, desarrollar un plan estratégico con el fin que la FCFM sea un líder global en la enseñanza de la ingeniería.

Para cumplir con los objetivos de esta iniciativa, la FCFM ha promovido la implementación de proyectos interdisciplinarios, que involucren a los alumnos en una reformulación de la docencia de la Ingeniería.

Lo anterior implica esfuerzos que introduzcan conceptos de Educación de Ingeniería, y así mejorar y optimizar la enseñanza actual, y así garantizar la formación ingenieros líderes. Así, estos nuevos ingenieros serán profesionales con un perfil que les permita estar preparados para trabajar de manera óptima con profesionales de diversas áreas y ejecutar proyectos multidisciplinarios.

Lo anterior representa una oportunidad de renovación curricular de las carreras de Ingeniería de la Universidad de Chile. En particular, de la carrera de Ingeniería Civil. Así, el Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM apunta a la innovación en prácticas pedagógicas, así como del contenido de la malla curricular. Este escenario promueve la reformulación, de manera específica, de áreas como la ingeniería Geotécnica.

La Ingeniería Geotécnica es una de las subespecialidades de la carrera de Ingeniería Civil. El número de alumnos formándose en esta especialidad crece cada vez más. Esto se refleja en el creciente número de cursos y programas de post-grado (Magister y Doctorado) en Chile. Así como, en el desarrollo de la docencia e investigación: por ejemplo, los docentes en universidades chilenas con grado de doctor, y especializados en Ingeniería geotécnica, se ha triplicado en los últimos 20 años.

En lo que respecta a su instrucción, los cursos básicos de Ingeniería Geotécnica que se imparten a alumnos de Ingeniería Civil entregan conocimientos en geotecnia y mecánica de suelos. Las clases se dictan en paralelo con laboratorios prácticos. Estos cursos se organizan con dos cátedras semanales y un módulo auxiliar. Estos módulos tienen una duración de una hora y media (1,5 horas). Estas asignaturas son semestrales, y siguen las practicas clásicas, tanto de enseñanza (profesor dictando cátedra y alumnos escuchando), como de evaluación (rendición de exámenes y desarrollo de tareas). Dentro de estos cursos, "Geotecnia" y "Geomecánica", aparecen como los cursos más básicos.

En particular, el curso de “Geotecnia” es el primer módulo académico en la cual los estudiantes de ingeniería civil estudian de manera formal la ingeniería de suelos. El objetivo de este curso es presentar la ingeniería geotécnica de manera sencilla y progresiva, y sentar las bases para los posteriores cursos de ingeniería geotécnica, en los cuales se desarrollan aplicaciones ingenieriles más complejas. Para los alumnos de ingeniería civil, este curso representa la principal herramienta geotécnica a utilizar en su vida profesional. Para los alumnos de ingeniería estructural, construcción y geotécnica, el curso es una motivación para sus futuros desafíos profesionales.

Sin embargo, al final del primer curso de geotecnia, se observa una pobre asimilación de los conceptos y fenómenos intrínsecos que ocurren en un suelo, muy cercanos a los fenómenos que ocurren en un medio granular arbitrario. Por otra parte, según los profesionales y profesores encuestados, la práctica clásica de enseñanza ha mostrado ser ineficiente en términos de habilidades personales e interpersonales.

En lo que respecta específicamente a la ingeniería geotécnica, en general se observa que los alumnos logran un grado de conocimientos técnico alto. Sin embargo, se observan falencias fundamentales en lo que refiere al conocimiento conceptual. Entre estos se encuentra la percepción básica de un suelo como medio granular, así como las nociones y características de suelos granulares, y de mecánica de contacto entre partículas. Por otra parte, los laboratorios son poco atractivos para el alumnado, principalmente por el uso de conceptos antiguos y ensayos poco dinámicos

Según Wesley (2012), transversalmente, existen tres ejes débiles en la docencia de la Ingeniería Geotécnica a nivel internacional:

- i. Demasiado énfasis en métodos y poco énfasis en conceptos y principios. Se adaptan satisfactoriamente las “recetas” para la resolución y cálculo de problemas, pero con pobre entendimiento de los conceptos e hipótesis fundamentales.
- ii. El orden cronológico del contenido y conceptos relacionados a la mecánica de suelos no satisfacen la curiosidad y motivación por aprender de los alumnos. Este problema tiene repercusiones negativas tanto en la motivación como en el aprendizaje.
- iii. Las universidades deben distinguir de manera enfática entre las disciplinas “Mecánica de suelos” e “Ingeniería Geotecnia”. Mientras que la primera es una ciencia teórica, la segunda es práctica y considera la Mecánica de suelos, geología, entre otras áreas. Así, las universidades deberían enseñar conceptos de Mecánica de Suelos aplicados (aplicables) a la Ingeniería Geotécnica.

Dado este escenario, la intención de reformular la docencia de la ingeniería geotécnica está motivada por una necesidad de actualizar las técnicas de enseñanza clásica utilizada en Chile, hacia prácticas docentes que mejoren las falencias actuales, y que hayan demostrado, además, ser más efectivas. En lo que respecta a la ingeniería geotécnica, esto se pretende hacer desde sus bases, reformulando el curso introductorio a la Ingeniería Geotecnia, “Geotecnia” [CI4401].

El objetivo de este trabajo es presentar una compilación de prácticas que permitan apuntar hacia una mejor planificación y enseñanza de la ingeniería geotécnica, así como replantear sus principales tópicos de estudio. Este trabajo también busca reformular la asimilación que los alumnos deben hacer sobre los procesos mecánicos que sufren los suelos, y que son importantes a considerar en el desarrollo del aprendizaje. El trabajo también apunta a las técnicas a utilizar para transmitir eficientemente los conocimientos conceptuales y prácticos. Así, el fin último de este trabajo es rediseñar los módulos de clases, tanto en aula como laboratorio.

La filosofía detrás de este trabajo es que los alumnos se interioricen con la naturaleza granular de los suelos, a través de diferentes actividades desarrolladas, las cuales se han basado en la filosofía del *Complex Learning* y los *First Principles of Instruction*. Una ventaja de esta filosofía es que los fenómenos asociados al comportamiento del suelo se aíslan de otras componentes ajenas al aprendizaje. Por ejemplo, en el caso particular de los laboratorios, los elementos ajenos al aprendizaje son los equipos de laboratorio. De esta manera, este trabajo propone el desarrollo de nuevas actividades que permitan la comprensión, asimilación y aplicación de conceptos relacionados a la ingeniería geotécnica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Global

El objetivo principal es proponer un módulo docente, aplicado al curso de introducción a la Ingeniería Geotécnica, basado en herramientas pedagógicas actualizadas para el Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, que esté alineado con la filosofía de enseñanza de que la facultad quiere desarrollar en los próximos años.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este trabajo son los siguientes:

- i. Entender teorías del aprendizaje en el marco de Educación en Ingeniería.
- ii. Identificar patrones en la docencia actual de la ingeniería geotécnica en Chile.
- iii. Presentar y analizar el entorno completo de la docencia geotécnica recopilando opiniones de profesores, profesionales y alumnos.
- iv. Proponer nuevo módulo de ingeniería geotécnica con teorías modernas de aprendizaje.
- v. Desarrollar clases siguiendo la metodología pedagógica adaptada.
- vi. Proponer laboratorios sencillos y conceptuales para apoyar la enseñanza.

1.3. Metodología

La metodología utilizada para este estudio tiene como eje principal los principios de diseño instruccional propuestos por Merrill (2002). El segundo eje consiste en una campaña de recopilación opinión de profesores, profesionales y alumnos.

Además, el trabajo presenta un análisis del marco contextual y conceptual de la Educación en Ingeniería, y de la docencia en el Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM.

En este contexto, las etapas más relevantes de este trabajo son las siguientes:

- i. Identificación de patrones en la enseñanza de la Geotecnia en Chile.
- ii. Revisión bibliográfica sobre las prácticas más eficaces relativas a la educación de módulos científicos.
- iii. Identificación de metodologías pedagógicas para adaptarlas al desarrollo de un módulo geotécnico. En particular, aplicar el modelo pedagógico de Merrill (2002) al curso “Geotecnia”.
- iv. Desarrollo de encuestas que recopilen las opiniones de alumnos, profesores y profesionales sobre la docencia de la ingeniería geotecnia.
- v. Análisis de encuestas docentes U-Cursos y del estilo de aprendizaje de los alumnos
- vi. Generación de clases y laboratorios utilizando conceptos cotidianos para los estudiantes.

2. Capítulo II: Revisión Bibliográfica

Este capítulo expone los conceptos teóricos utilizados para proponer un rediseño del curso de “Geotecnia” [CI4401]. La revisión bibliográfica presenta los principales elementos del diseño instruccional pedagógico, y de la educación en ingeniería. Además, se propone una metodología de enseñanza y aprendizaje, como eje central en la asimilación de conceptos en Geotecnia.

2.1. Teorías de Diseño Instruccional

Existen varias teorías que proveen estructuras y mecanismos pedagógicos para el aprendizaje bajo un marco universitario/profesional. En este contexto, esta sección presenta métodos de aprendizaje basados en problemas de la vida real, lo cual se conoce en la literatura como *Problem Based Learning*. La elección de este tipo de métodos se realizó según a la valoración de expertos en investigación en Educación en la Ingeniería tales como Bagiati (2016) y Pereira (2016).

Una de las teorías propuestas es conocida como *The First Principles of Instruction* desarrollada por el profesor Merrill en 2002. Esta metodología se destaca por su factibilidad de realizar, así como las múltiples aplicaciones que se han desarrollado en los últimos diez años. Ejemplo de esto son los trabajos de Gardner (2009) y Gardner (2011), los cuales presentan resultados positivos logrados en el aprendizaje de estudiantes en cursos universitarios usando el método de Merrill (2002) . A continuación se explican los elementos característicos de la metodología “*First Principles of Instruction*”.

2.1.1. Métodos de Aprendizaje basados en Problemas Reales

El “Aprendizaje Basado en Proyectos Aplicados” se apoya en las habilidades cognitivas del ser humano para transmitir y adquirir conocimientos y capacidades. Esta metodología, incipientemente, se inició en Estados Unidos en el siglo XIX. La primera teoría formal fue “*The Project Methods*”, trabajo publicado por (Kilpatrick - 1918).

En los seres humanos, el proceso cognitivo de la información implica compilar el lenguaje, la memoria, el razonamiento, los movimientos corporales, las percepciones, entre otros, para entender la información recibida según Sweller (1994). Así es importante que los alumnos reaccionen positivamente a un concepto y a los contenidos de un curso, a través de la correcta estimulación y sincronización de estos factores. Según Merrill (2002) y Bagiati (2016), esta reacción positiva es vital para que los conceptos asimilados por la memoria de corto plazo se proyecten en la de largo plazo, y así sentar el aprendizaje.

Lo anterior se basa en que el aprendizaje busca trascender al conocimiento. Así, el Aprendizaje Basado en Problemas Reales promueve la capacidad de interpretar la información y los fenómenos involucrados a un proceso. El conocimiento en sí, no materializa la meta final del aprendizaje. Conectarlo con otros conocimientos para resolver un problema real, si es lo que los estudiantes deben lograr. En este contexto, la elección de la simulaciones de problemas reales consiste en el punto clave para lograr eso, según Merrill (2002).

El alumno aprende a través del manejo de los conocimientos adquiridos en situaciones y simulaciones de la vida real y cotidiana. Así, el profesor debe involucrar a los estudiantes en una dinámica donde sean ellos quienes deban aplicar, implementar, planear y reflexionar un problema.

Estos problemas reales deben tener una aplicación más allá de las clases, incluso en las actividades iniciales de baja complejidad (Merriënboer and Kirschner - 2008). Así, las tareas reales al principio de un tópico requieren ser de dificultad baja, con un apoyo del profesor. Esto, para que los estudiantes complementen aplicaciones básicas y progresivamente construir razonamientos complejos. Cada tópico o módulo significativo de un curso, debe seguir esta progresividad según Merriënboer (2008).

El trabajo de Merrill (2002) es una adaptación concreta del método “*Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model*” de Merriënboer et al. (2002). 4C/ID significa Four components fo Instructional Desgin.

La implementación de esta estrategia educativa se observa en universidades prestigiosas tales como el Massachusetts Institute of Technology, Stanford, Purdue, entre otras en Estados Unidos.

2.1.2. Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID Model – Merriënboer (2002)

2.1.2.1. Introducción

Complex Learning es la integración de conocimientos y capacidades complementarias para el desarrollo de actividades globales, orientadas hacia un enfoque profesional. En *Complex Learning* lo que controla el proceso de enseñanza es la suma en oposición al detalle. Es decir que la calidad de los conocimientos en partícula, es menos importante que la capacidad de relacionarlos entre ellos. Es un protocolo holístico que provee capacidades de coordinación e integración. Tiene como objetivo optimizar la parte holística para lograr una transferencia de competencias (Merriënboer - 2002)

El diseño holístico mitiga las principales desventajas que tienen los diseños instruccionales usuales (atomísticos). Permite evitar la compartimentación y la fragmentación de los conocimientos, los cuales disminuyen las capacidades de los principiantes para relacionar los conocimientos entre si y de resolver problemas transversales. Sin embargo, el método genera lo que se conoce como “The transfer Paradox” (Paradoja de transferencia), en el cual el hecho de proveer una gran habilidad a relacionar los módulos genera una pérdida de capacidad interna a cada módulo.

2.1.2.2. Estructura del modelo

La estructuración del método sigue cuatro componentes claves. La Tabla 2.1 les expone. La columna izquierda enuncia los cuatro componentes del modelo 4C/ID: tareas de Aprendizaje, Información de Apoyo, Información Procedimental, Práctica de parte de las tareas. La columna derecha presenta las subdivisiones de las cuatro componentes en diez pasos. Está subdivisión se denomina *Ten Steps to Complex Learning* (Merriënboer - 2008).

Tabla 2.1: The Four Blueprint Components of 4C - ID and the Ten Steps to Complex Learning

Fuente: Modificada de Merriënboer (2008)

Componentes del plan del 4C/ID	Diez Pasos para lograr el aprendizaje complejo
Tareas de Aprendizaje	1. Diseñar tareas de Aprendizaje
	2. Secuenciar Clases de Tareas
	3. Determinar Objetivos de Desempeño
Información de Apoyo	4. Diseñar Información de Apoyo
	5. Analizar Estrategias Cognitivas
	6. Analizar Modelos Mentales
Información Procedimental	7. Diseñar Información Procedimental
	8. Analizar Reglas Cognitivas
	9. Analizar Conocimientos Previo y Requisitos
Practica de parte de las tareas	10. Diseñar prácticas de parte de las tareas

Estos cuatro ítems forman parte del ambiente de la instrucción. Estos deben estar disponibles para los alumnos continuamente y adaptarse a la progresividad del método. La teoría, idealmente, provee un ambiente ideal en el cual se desarrolle la instrucción, lo cual es impulsado por el método de Merriënboer (2002). Este permite desarrollar el ambiente de la instrucción, si bien no aplica a la materia a transmitir, sí lo hace en términos de las maneras y modos de presentarla.

El concepto de Tareas de aprendizaje se refiere a proveer múltiples casos de estudios al principiante, los cuales deben basarse en problemas reales. La dificultad debe ser progresiva y la dirección (Asistencia del profesor) se debe disminuir progresivamente. Las actividades se categorizan por en módulos siguiendo una secuencia lógica.

El concepto de Información de Apoyo se refiere a involucrar al alumno en problemas no rutinarios. Interrelaciona entre lo aprendido, lo que vendrá y lo que será capaz de realizar al final de la formación. Este concepto da un enfoque real y concreto a los módulos teóricos. Esta información es clave al principio de la enseñanza para así, activar experiencias pasadas y conectar el módulo en la realidad. El apoyo adicional disminuye progresivamente con el tiempo.

El concepto de Información Procedimental se refiere a guías y materia de apoyo sobre los aspectos recurrentes de una actividad. Permiten adquirir un alto nivel de mecanización y el desarrollo de una rutina de reflexión básica. Están siempre presente durante un módulo.

El concepto de Práctica de parte de las tareas se refiere a proveer de prácticas adicionales al principiante, que sean más complejas que los casos comunes. Ellas generan un alto nivel de mecanización en cada actividad e integrar los conocimientos adquiridos. Estos casos relacionan actividades y módulos, para desarrollar capacidades transversales. Este aspecto resalta que el todo es más importante que el individual.

El esquema de la Figura 2.1 muestra la estructuración que recomienda seguir el método 4C/ID. Cada componente presentada en la Tabla 2.1, se modeliza con una forma geométrica específica. La figura permite entender las relaciones entre cada una, y la periodicidad de la metodología Merriënboer (2002).

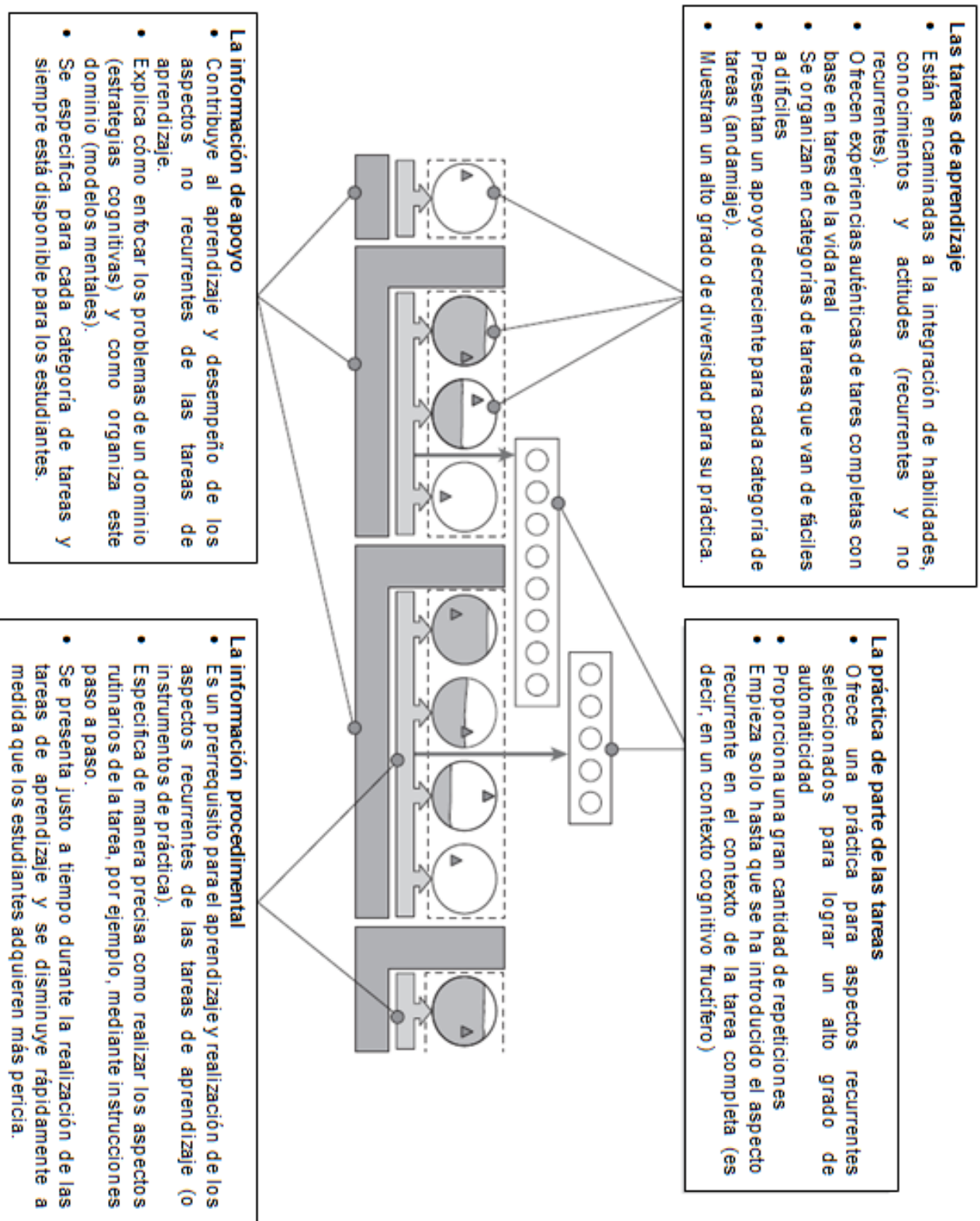


Figura 2.1: Esquema de la teoría 4C/ID
Fuente: Modificada de Merriënboer (2008)

La Figura 2.1 representa de forma esquemática las cuatro componentes del método 4C/ID.

- Cada círculo representa un módulo individual, por ejemplo una clase de cátedra, y los rectángulos corresponden a módulos importantes de la clase.
- Los triángulos muestran la variabilidad en el enfoque de cada actividad. Se recomienda que dos actividades en el mismo módulo no posean tener el mismo enfoque (mismo triángulo).
- Posteriormente, una vez categorizado por módulos, se deben proveer la información de apoyo y del procedimiento. Las primeras se representan por las barras en L. Estas son muy importantes a principio de cada módulo y disminuyen su presencia a lo largo de éste. Por otra parte, las segundas deben ser constantes y consistentes. Se representan por el rectángulo con las flechas hacia arriba.
- Los rectángulos superiores son los "Part task practice". Se dibujan entre actividades para permitir hacer el link entre ellas y se dibujan entre módulos para generar la transferencia y la coordinación entre los conocimientos.

Las mayores desventajas que presenta este método son la complejidad existente en la elección de un proyecto relevante y el bajo nivel de orientación para el alumno en la resolución/desarrollo de los dichos proyectos Merrill (2002). El modelo 4C/ID fue la base del modelo de Merrill (2002), el cual buscó simplificar y proponer principios fácilmente aplicables para el diseño de asignaturas o módulos pedagógicos.

2.1.3. First Principles of Instruction – Merrill (2002)

Según Merrill (2002), para lograr una docencia eficiente el estudiante tiene que ser expuesto a problemas de la vida real. Es decir que la instrucción o enseñanza tiene que basarse en la asimilación de situaciones cotidianas. El problema de estudio, como núcleo del proceso de instrucción, se desarrolla iterativamente siguiendo cuatro etapas principales:

- i. Activación
- ii. Demostración
- iii. Aplicación
- iv. Integración

Se generan ciclos de aprendizaje, los cuales siguen las componentes anteriores. Se repiten el número de veces que se requiera hasta que el alumno alcance los conocimientos mínimos requeridos.

Las etapas del ciclo de enseñanza se pueden ilustrar por las siguientes aclaraciones:

- i. Activación: “Esto lo he visto/escuchado antes”
- ii. Demostración: “¡Muestre me cómo!”
- iii. Aplicación: “¡Deje-me!”
- iv. Integración: “¡Permítame aplicar!”

En la Figura 2.2, se muestran las cuatro etapas del ciclo de aprendizaje de Merrill (2002).

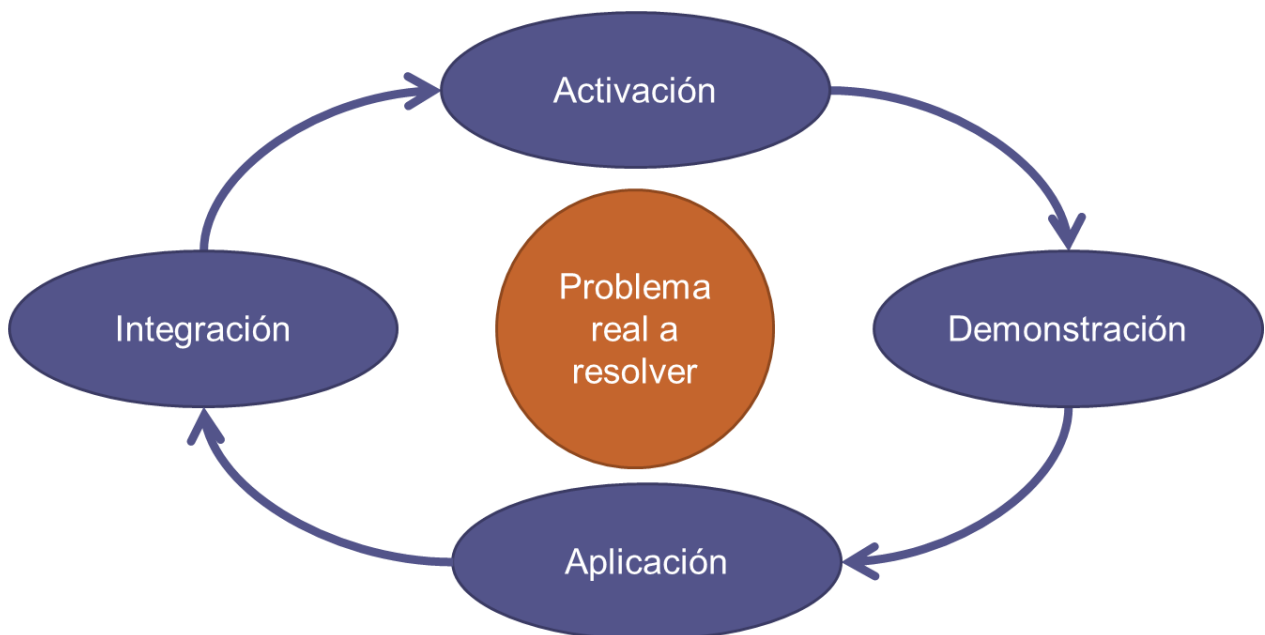


Figura 2.2: Esquema del ciclo de las cuatro etapas al rededor del problema de la vida real

2.1.3.1. El Problema

El aprendizaje se promueve cuando el alumno está enfrentando problemas del mundo real presentando los objetivos concretos que el principiante será capaz de hacer una vez adquirida la materia. Así, el problema debe ser una aplicación real. El problema materializa el elemento clave del plan pedagógico. En otros términos, la elección de un problema de dificultad, organización y foco adecuados asegura por gran parte la eficiencia diseño instruccional.

2.1.3.2. Activación

El aprendizaje se promueve al activar experiencias y conocimientos anteriores (Andre - 1997). Relacionar lo aprendido con lo que se va a aprender es fundamental. Si el alumno no domina o no tiene experiencias anteriores, la instrucción generarlas. Demostrar a los alumnos que ya saben un concepto, refuerza su conocimiento y su confianza en sus capacidades. Además, fomenta la motivación de los estudiantes según Keller (2008).

El profesor Mahajan del Massachusetts Institute of Technology publicó en 2015 dos video-conferencias explicando una aplicación concreta del método de Merrill (2002). Se realizaron en el marco de un módulo de laboratorios de un curso de Ingeniería Electrónica de pregrado. Algunos grupos de estudiantes tuvieron una breve charla de diez minutos antes de la actividad. Esta charla materializaba la etapa de activación y tenía como objetivo recordar a los alumnos todas las informaciones primarias como secundarias que necesitaban para desarrollar la actividad académica. Por otra parte, otros grupos empezaron sin esta charla.

Las dos muestras enfrentaron de manera muy distinta el problema propuesto. Los grupos que tuvieron la charla resolvieron más rápidamente y relacionaron los conocimientos adquiridos con unos anteriores. Se logró un mejor involucración de las alumnos en clases y por lo tanto aprendizaje más eficiente, en favor de las ideas de Merrill (2002).

2.1.3.3. Demostración

Una vez activados los conocimientos anteriores están activados, estos se consolidan a través del desarrollo de actividades para enseñar los nuevos. Se presentan las teorías y conceptos detrás de ellos. En esa etapa, la asistencia del profesor es primordial. El profesor guía a los alumnos con soportes pedagógicos visuales, auditivos, prácticos. Clark and Blake (1997) recalcan la importancia del uso de enfoques alternativos. El compromiso del profesor debe ser total y los alumnos deben tener acceso a cualquier tipo de información para responder a las dudas que podrían tener.

2.1.3.4. Aplicación

El aprendizaje se promueve cuando el principiante aplica los conocimientos adquiridos para resolver problemas, con el alumno aprendiendo de sus errores. Esta etapa aumenta los ejemplos y aplicaciones con una dificultad progresiva. Simultáneamente, el apoyo y la presencia del profesor disminuyen progresivamente. El principiante aprende sobre la reflexión de ejemplos fáciles.

2.1.3.5. Integración

El aprendizaje se promueve cuando el principiante alumno a incorporar los conocimientos nuevos en su vida cotidiana. El alumno debe reflexionar sobre la materia y cuestionarse. Se realiza ese proceso a través de trabajos en grupo. Esta instancia para que el alumno comparta y defienda su interpretación personal lo aprendido enfrentando problemas más complejos.

2.1.4. Teoría Complementaria: First Principles of Motivation - Keller (2008)

Para complementar los principios Merrill (2002), enfocados en la materia de un curso, varios autores presentan métodos para fomentar la motivación de los alumnos a lo largo del tiempo. El profesor Merrill destaca que un estudiante motivado aprende más, más rápido y mejor. Merrill (2002) también destaca la motivación, y aconseja como fomentarla en la etapa de Activación. Sin embargo, la motivación se debe mantenerla y potenciarla en cada etapa del ciclo de aprendizaje. Para responder esta necesidad, se estudiaron métodos para estimular y mantener la motivación de la audiencia. En los últimos veinte años, los trabajos del profesor Keller se destacaron, como los más concretos, fundados y aplicables.

Keller (2008) describe una serie de primeros principios de motivación de aprendizaje llamado “*First Principles of Motivation to Learn and e³ Learning¹*”, trabajo que va en línea rece mucho a Merrill (2002). Keller (2008) se refiere a los ejes comunes de las teorías de formas de aprendizaje (“Learning setting”) ilustrando como los “*First Principles of learning Motivation*” se pueden aplicar a varios tipo de cursos tales como cursos de ingeniería, de economía, entre otros. Así, este trabajo expone un modelo sistemático de cinco principios principales para generar la motivación de los alumnos. Los principios son los siguientes: Atención, Relevancia, Confianza, Satisfacción y Auto-regulación.

Keller (2008) es una actualización del método ARCS (Attention Relevant Confident Satisfaction) del mismo profesor Keller publicado en Keller (1984, 1987). De esta manera los principios para fomentar la motivación, ayudar a los alumnos a sobrepasar los obstáculos y adquirir los nuevos conocimientos son:

2.1.4.1. *Attention* (Atención)

La motivación de aprender se refuerza con la curiosidad del alumno ante una falta de los conocimientos actuales. Después de desarrollar atención y curiosidad en el alumno, estas se deben mantenerlas. Estudios muestran la importancia de ocupar múltiples enfoques, ya sea gráficos, animación, entre otros. Mantener la atención y curiosidad es

¹ *e³ Learning* se refiere a cursos en línea

la parte más difícil. Es intrínseco al ser humano perder interés. Sin embargo, la desmotivación puede mitigarse variando el enfoque y el ritmo de la instrucción. Zuckerman (1971) llamó a esto *Sensation – Seeking – Needs*.

2.1.4.2. *Relevant* (relevante)

La motivación de aprender se refuerza cuando los conocimientos nuevos se perciben como significativos. Se destaca la necesidad de relacionar el ambiente instruccional (materia, estrategia pedagógica, contexto social) y el objetivo del alumno. El objetivo del alumno puede ser intrínseco pero aún existe la importancia de entenderlo.

2.1.4.3. *Confidence* (Confianza)

La motivación de aprender se refuerza cuando el alumno sabe que puede aprender. La confianza se desarrolla mediante experiencias positivas y expectación por el éxito, basada en sus propios desempeños. Weiner (1974) explica la importancia de que los estudiantes se enfoquen en las tareas de aprendizajes únicamente con el objetivo de disminuir las ansiedades del cotidiano externas al aprendizaje.

2.1.4.4. *Satisfaction* (Satisfacción)

La motivación de aprender se refuerza cuando los alumnos anticipan y experimentan resultados satisfactorios durante las tareas. Este concepto, al contrario de los tres anteriores, destaca la importancia que los alumnos salgan con una impresión positiva de la experiencia de aprendizaje. A partir de esto, el alumno seguirá con la motivación de querer aprender y mejorar sus conocimientos en relación a los temas del curso. Por esto, es importante que los alumnos tengan la sensación que la exigencia del curso fue la adecuada.

2.1.4.5. *Self-Regulatory* (Auto-Regulación)

La motivación de aprender se refuerza cuando el alumno tiene una voluntad propia de estar motivado. Aplicando los primeros cuatro principios, el alumno se encontrará motivado y a veces es suficientemente motivado para la duración entera del curso, pero esto no se da siempre. Ahí, el profesor debe mantener esta motivación propia del alumno para continuar a pesar los obstáculos del aprendizaje, (Kuhl - 1987).

2.2. Ejemplo y recomendaciones para el Uso de Merrill (2002)

2.2.1. Ejemplo de Aplicación de Merrill (2002)

Esta sección presenta un ejemplo de cómo aplicar “The First Principles of Instruction” de Merrill (2002). El ejemplo ilustra la facilidad de aplicar el modelo.

Se supone la siguiente situación: Usted quiere celebrar Año nuevo con sus amigos y su familia a su casa. Quiere organizar un gran coctel con cuarenta personas. La temática es Buffet Francés, por lo tanto, se necesitará una cierta cantidad de baguette francés para acompañar los platos. Usted domina la técnica para hacer baguette francés pero tiene que enseñarla a todas las personas que van a preparar el buffet con usted. Por lo tanto, se necesita un plan pedagógico para que la instrucción sea rápida y eficiente.

Ejemplo: Enseñe a cocinar Baguette Francés a 40 personas, desarrollando un plan pedagógico de instrucción rápida y eficiente. La Figura 2.3 presenta el Baguette Francés.



Figura 2.3: Enseñar a cocinar Baguette Francés aplicando Merrill (2002)

La Tabla 2.2 presenta una propuesta de un plan de instrucción. Se expone cada componente de la teoría de Merrill (2002) con una descripción breve de cómo aplicarla al caso propuesto.

Tabla 2.2: Matriz de aplicación de Merrill (2002), Caso del baguette francés

Componente	Descripción	Comentarios
Problema Real	- Preparar pan para cuarenta personas para el evento de año nuevo	
Activación	<ul style="list-style-type: none"> - Preguntar si han comido alguna vez baguette - Presentación de los panes comunes chilenos - ¿Qué tipo de pan chileno se parece al baguette? - Ingredientes - Tipos de fabricación: industrial / Artesanal / casero 	<ul style="list-style-type: none"> - Guiar los alumnos para que encuentren parte de la receta solo - Tener muestras e ingredientes
Demostración	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar receta: ingredientes, procesos, dosis - Mostrar video y/o manual 	
Aplicación	- Preparar un baguette por grupo o bien solo con la ayuda y la guía de usted.	En una sala con mesas y equipos para cocinar en grupo
Integración	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular ingredientes para la cantidad requerida - Cómo se organizarían para preparar tal cantidad de pan - Tratar de hacer un baguette con semilla de cesamos para 	<ul style="list-style-type: none"> - En clase - En clase o de tarea - De tarea. El objetivo es que cuestionen lo aprendido

La Tabla 2.2 está hecha pensando al proceso mostrado en la Figura 2.4. Esta figura presenta el proceso en el cual se busca involucrar el alumno. Ilustra de manera clara y simple la secuencia que se quiere generar. El esquema está aplicado al caso de enseñar a hacer un baguete francés pero se puede fácilmente traspasar a otro tema.

Esquema del proceso de los *First Principles of Instruction* aplicado un primer modulo para aprender a hacer un baquette

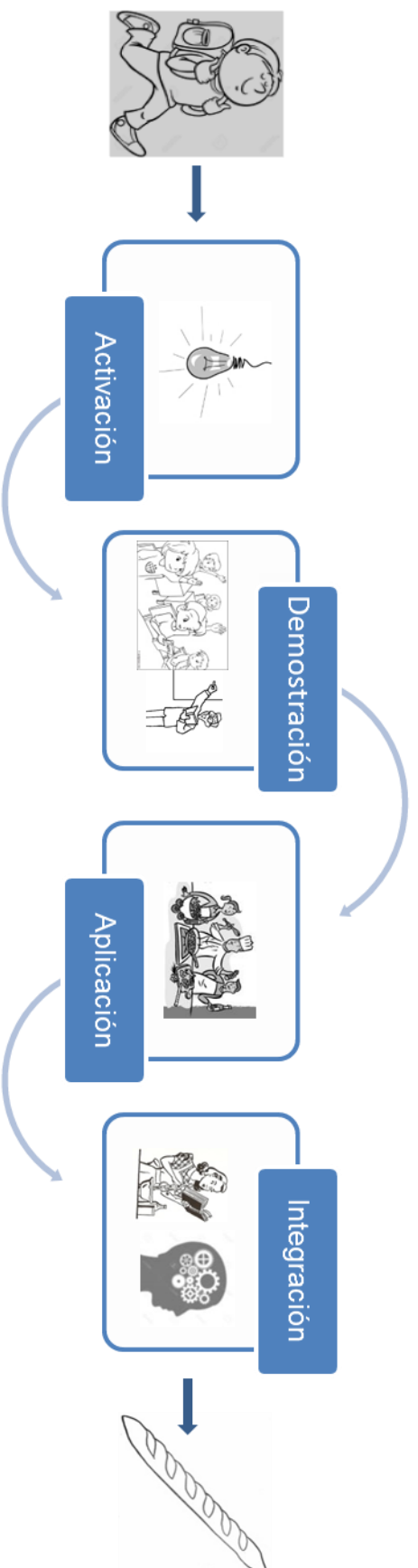


Figura 2.4: Ilustración de las etapas explicadas en la Tabla

2.2.2. Ventajas del Uso *First Principles of Instruction*

Múltiples estudios demostraron los beneficios de ocupar la metodología de Merrill (2002). Presenta ventajas principalmente en el desempeño de los conocimientos y en la rapidez de comprensión de los estudiantes con respecto a cursos tradicionales.

Thompson (2002) mostró que, usando el método de Merrill (2002), los alumnos lograron una mejora de 30 % en el cumplimiento con respecto a cursos usuales. Con cumplimiento se refiere a una mejora en los resultados de las evaluaciones académicas. Se observó además, un ahorro del 41 % en ahorro de tiempo necesario para finalizar la evaluación del curso ensayado.

Además, las etapas propuestas por Merrill (2002) fomentan la motivación y la involucración del alumnado, los cuales influyen directamente en la satisfacción de los alumnos, sus respuestas emocionales y su desempeño directo en clases, según Frick et al. (2009).

Collis (2004); Gardner et al. (2008); Gardner and Jeon (2009); Mendenhall et al. (2006) destacan los beneficiosos intrínsecos de los *First Principles of Instruction*:

- Nivel de compromiso de los alumnos en el proceso de instrucción
- Conocimientos aplicados a la realidad laboral
- Progresividad del modelo en términos de dificultad y
- Capacidad de relacionar entre si los conocimientos teóricos/técnicos

Universidades tales el MIT o Purdue University están implementando los principios de Merrill (2002). Los trabajos de Sanjoy Mahajan y Aikaterina Bagiati forman parte de esta dinámica pedagógica. Wesley (2012) promueve la importancia de que los conocimientos y capacidades transmitidos sean aplicados y aplicables, lo cual está de acuerdo con la metodología de Merrill (2002).

2.2.3. Metodología para usar los *First Principles of Instruction*

2.2.3.1. Método Iterativo mediante Ciclos de Aprendizaje

Los principios primarios de instrucción deben ser aplicados en ciclos, centrados y centrados en un problema real. Cada ciclo debe seguir las siguientes cuatro etapas: Activación, Demostración, Aplicación e Integración. El problema real central del ciclo puede ser un problema completo en sí, o un sub-problema de uno mayor. Así, el problema real a resolver, puede necesitar varios ciclos para desarrollarlo de manera completa, apareciendo sub-problemas en el problema completo. La Figura 5 esquematiza la división de problemas en sub-problemas y la repartición estos en ciclos.

En el caso del módulo geotécnico a desarrollar, se propone dividirlo en varios capítulos teóricos. Cada uno de estos capítulos correspondería a un problema real. Posteriormente, dos cátedras por semana¹, pueden representar respectivamente un sub-problema. De este modo, cada clase tendría como objetivo seguir el ciclo de aprendizaje.

En conclusión, en cada capítulo de la materia, se modela como un problema real completo, el cual se divide en una secuencia de sub-problemas cuya duración es de una clase. La Figura 2.5 presenta las relaciones entre el problema real completo y su desarrollo mediante clases cátedras.

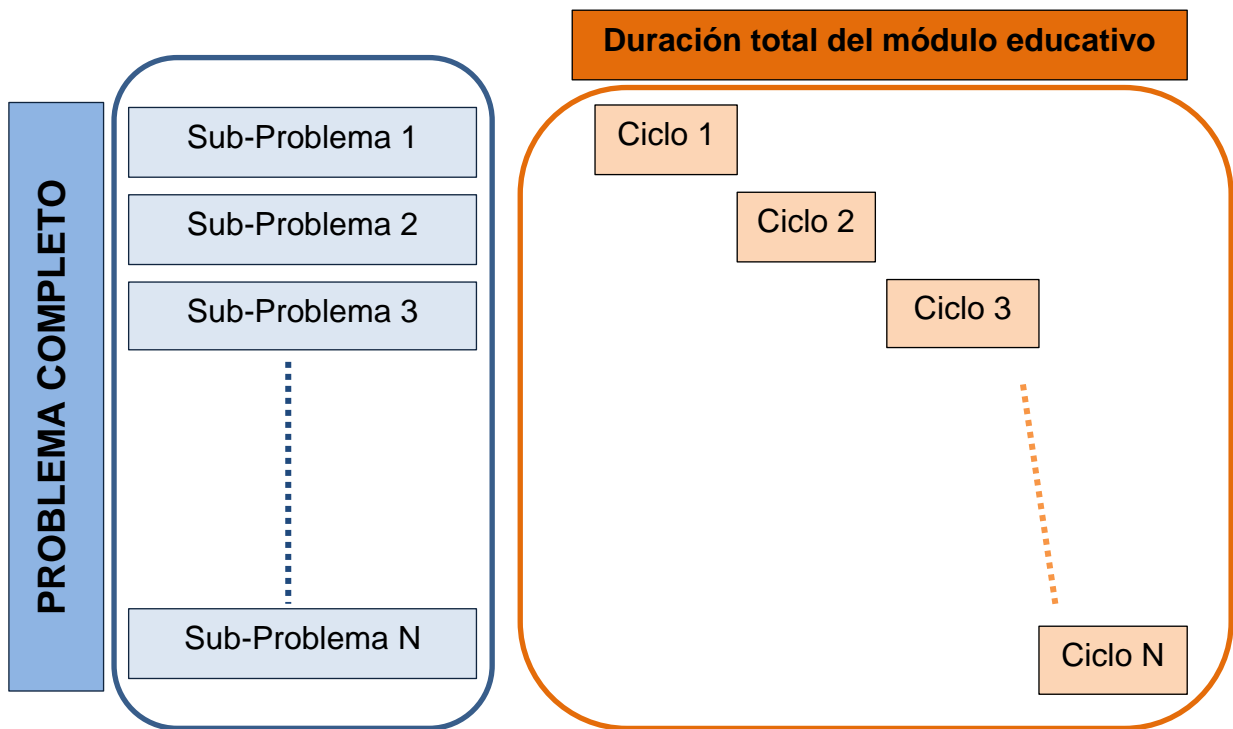


Figura 2.5: Ciclos de aprendizaje con respecto al problema real completo

Los ciclos deben mejorar la fluidez del aprendizaje. Cada uno de estos se funda sobre los conocimientos adquiridos en los ciclos o módulos anteriores (Activación). El orden cronológico y la continuidad de los ciclos desempeñan un papel significativo. En teoría, la evolución de los conocimientos a lo largo de un capítulo o módulo, tiende a seguir la curva de la Figura 2.6.

¹ La organización y estructura se encuentra detallada en el Capítulo 4: Marco Contextual

El gráfico presenta la evolución de los conocimientos adquiridos por los alumnos en función del desarrollo de los ciclos. Se supone que el profesor necesita N ciclos para exponer un capítulo entero.

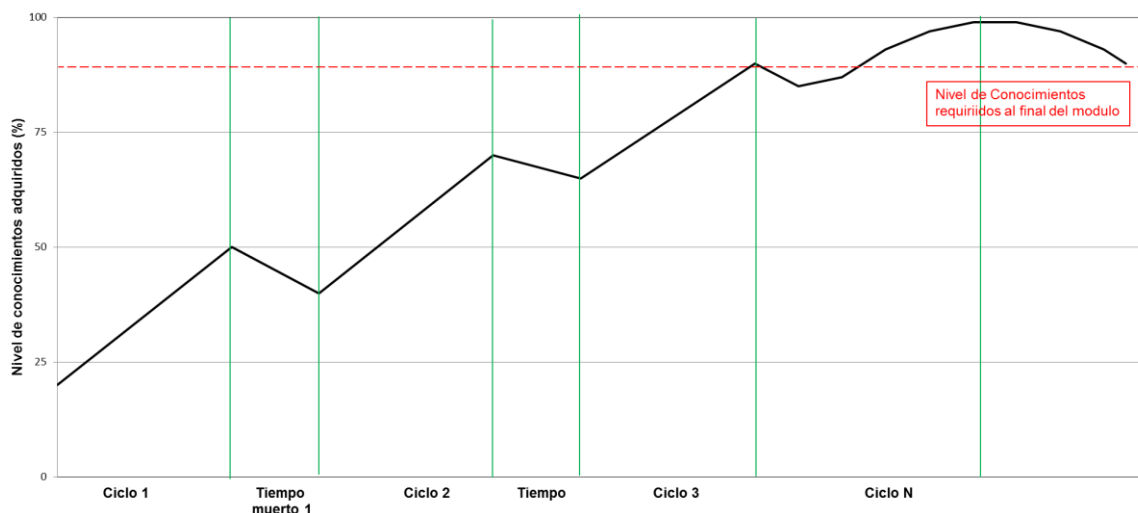


Figura 2.6: Evolución teórica de los conocimientos para un problema de cuatro ciclos

Para un capítulo de la materia, desarrollado mediante N ciclos de aprendizaje de Merrill (2002), la evolución ideal de los conocimientos del alumnado debe seguir la curva de la Figura 2.6. Esta se analiza de la siguiente manera:

- i. El ciclo uno se basa y recuerda algunos conocimientos anteriores relacionados, por lo tanto el aprendizaje no empieza desde cero. Durante el ciclo 1 (clase 1), el profesor empieza a transmitir conocimientos a los alumnos, con lo que la curva crece con una pendiente positiva hasta un peak. Este último representa el estado intelectual de los alumnos después de la cuarta etapa del proceso (Integración). El alumno se apropia de una parte del contenido visto en la primera clase.
- ii. El ciclo dos empieza con un nivel de conocimientos menor que al fin del ciclo uno. Aunque haya tratado de apropiarse el contenido de la clase, el alumno llega a clase con dudas y el intervalo de tiempo muerto entre las dos clases impone una caída de los conocimientos. La activación es primordial para valorizar y ocultar estas dudas. A partir de ahí, el alumno retoma una dinámica de aprendizaje. La curva llega a un mínimo local y crece de nuevo.
- iii. El proceso se repite hasta llegar a los cien por ciento de conocimientos o hasta un cierto rango, que el profesor juzga como aceptable para validar el módulo. Es decir, que en la mayoría de los capítulos, no se requiere apropiarse y entender todo, si no que existe un rango aceptable.

2.2.3.2. Comportamiento del instructor en el desarrollo del ciclo de aprendizaje

Gardner (2011) presenta un estudio de casos particulares de cursos implementando los principios de Merrill (2002). Cuatro profesores con premios y distinciones de una grande universidad norte americana, de especialidades y sector de investigación distintos, dictaron un curso basado en Merrill (2002). Durante la experiencia, los instructores destacaron algunas componentes adicionales sobre la postura y el comportamiento del instructor a lo largo de un ciclo. La Figura 2.7 grafica estas actitudes en función de la etapa del ciclo de aprendizaje.

La figura se compone de los principios de Merrill (2002) al centro y alrededor se encuentran las actitudes respectivas del instructor.

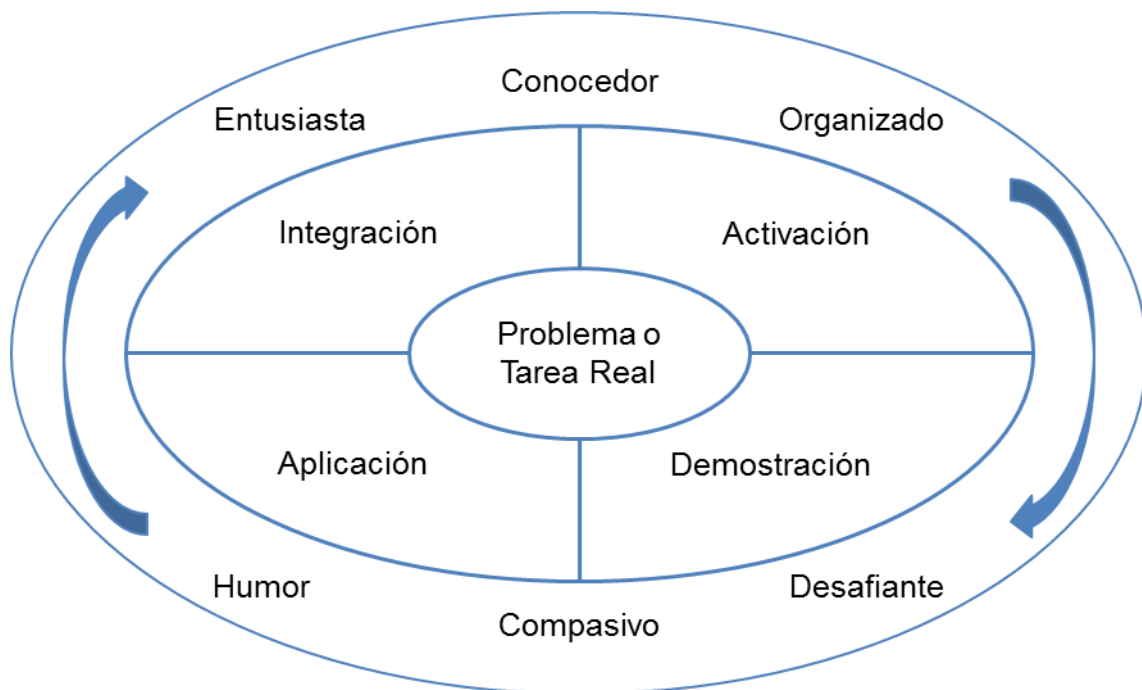


Figura 2.7: *First Principles of Instruction* con indicaciones sobre el actitud del instructor según Gardner (2011)

La postura óptima del profesor evalúa en el tiempo. La secuencia parece simple pero no es tan fácil de aplicar. El esquema se enfoca en la postura adecuada para que el desarrollo del alumno de una etapa a otra, sea continuo y con menos esfuerzos posibles. La Tabla 2.3 describe de manera detallada cada una de las actitudes presentadas en el gráfico.

Tabla 2.3: Posturas del instructor para favorecer la involucración y el desempeño de los alumnos durante el ciclo de aprendizaje

Etapa del ciclo	Postura del Instructor	Objetivo
Inicio	Conocedor (<i>Knowledgeable</i>)	Dar confianza en la experiencia del instructor mediante conocimientos, explicaciones y ejemplos relevantes y de alto nivel.
Activación	Organizado (<i>Organised</i>)	La estructura del curso debe ser clara, entretenida y fácilmente entendible.
Demostración	Desafiante (<i>Challenging</i>)	Estimular los alumnos para que tengan ganas de desempeñar mostrando los desafíos reales del problema.
Transición Demostración / Aplicación	Compasivo (<i>Compassion</i>)	Para que aprenda de sus errores en las primeras aplicaciones, el profesor debe tranquilizar a los alumnos.
Aplicación	Humor (<i>Humor</i>)	Un sentido de humor en las aplicaciones permite disminuir la presión de los alumnos, sin influenciar en la dificultad de la tarea.
Integración	Entusiasta (<i>Enthusiasm</i>)	El instructor debe mostrar una cierta energía, dinámica e interés con respecto a los tópicos. Permite fomentar la motivación del alumnado para que estudien y reflexionen sobre los tópicos introducidos en clase.

3. Capítulo III: Marco Contextual

Este capítulo evalúa el contexto en el cual se dicta el curso “Geotecnia” [CI4401], correspondiente al cuarto año de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de Chile. Se evalúan los criterios considerados para diseñar las clases de este curso, así como el contenido de cátedras y laboratorios. Para lograr eso, se propone analizar el contexto empezando con análisis nacionales para progresivamente detallar el contexto de la docencia del curso “Geotecnia” [CI 4401] en la FCFM.

Este capítulo tiene cuatro partes. Primero, un análisis del contexto actual de la Educación en la Ingeniería, la posición del Ingeniero en la sociedad actual, y en el futuro. Segundo, se analiza el patrón académico actual de los primeros cursos de Ingeniería Geotécnica en Chile. Para esto, se compilaron los programas académicos relacionados a la geotecnia de varias universidades chilenas, para entender cómo se enseña este tópico a nivel nacional. Posteriormente, el trabajo presenta la organización actual de la docencia geotécnica en la FCFM. Tercero, se evalúa el contexto de aprendizaje de los alumnos de la FCFM cursando el curso “Geotecnia” [CI4401].

Finalmente, se compilaron encuestas existentes tal como las encuestas docentes U-Cursos con el propósito final de sentar las bases para el diseño de un curso mejorado, lo más adecuado y adaptado a los alumnos de la FCFM.

3.1. Introducción y Nociones de Educación en Ingeniería

3.1.1. Introducción

La Educación en Ingeniería investiga y desarrolla herramientas que faciliten la comprensión de los fenómenos relacionados a las ingenierías que se imparten en las universidades. Lo anterior, con el propósito que los alumnos de ingeniería desarrollen la autosuficiencia básica para enfrentar los problemas de ingeniería de la sociedad. Así, en términos prácticos, la Educación en Ingeniería consiste en estudiar, diseñar y adaptar los dispositivos de enseñanza con el fin de fomentar ingenieros íntegros según Felder et al. (2000). Según Felder (2000), el aprendizaje de los alumnos de ingeniería se basa en potencializar los tres aspectos diferentes:

- i. Conocimientos técnicos con sólida base en matemáticas y ciencias físicas.
- ii. Capacidad para gestionar y aplicar conocimientos tales como: computación, experimentación, análisis, síntesis, diseño, evaluación, comunicación, liderazgo, trabajo en grupo.
- iii. Ética y valores personales, vitales en el desempeño profesional de los alumnos.

3.1.2. Desarrollo de la Información

Lo anterior se plasma en tres ítems tangibles: El Programa, el Perfil de Egreso y la Metodología Pedagógica. El Programa considera la reflexión sobre el contenido teórico y técnico de la docencia. Además, considera la organización de los cursos y actividades desarrollados por el alumno durante la carrera. El Perfil de Egreso propuesto por las universidades, expone las habilidades y competencias que se buscan fomentara al egresado en función de la demanda del desarrollo relativo a la sociedad y de la demanda de los sectores industriales. Finalmente, la Metodología Pedagógico considera los procesos, técnicas y herramientas que permiten llevar a cabo el aprendizaje de los estudiantes tras su formación académica. El segundo se compone d. Este último, se estructura de forma continua y lógica con respecto tanto a la materia técnica y teórica como al desarrollo personal de los estudiantes.

En este contexto, el trabajo trabaja sobre estos tres puntos claves de la Educación en Ingeniería. El desarrollo de la información se realizó con el fin de impactar el programa, el Perfil de egreso y la Metodología pedagógica. La manera en que estos son abordados se presenta en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Plan de acción y metodología del estudio con respecto a la Educación en Ingeniería

Aspecto	Plan de acción y metodología
Programa	<ul style="list-style-type: none">- Análisis de programas de cursos de geotecnia en Chile- Encuestas a profesores y profesionales geotécnicos- Análisis de los resultados de las encuestas
Perfil del egreso	<ul style="list-style-type: none">- Análisis de los programas- Encuestas a profesores y profesionales geotécnicos- Análisis de los resultados de las encuestas
Metodología pedagógica	<ul style="list-style-type: none">- Revisión bibliográfica- Entrevistas con investigadores en Educación y Pedagogía- Encuestas a alumnos- Estudio del estilo pedagógico del alumnado- Propuesta de clases para el curso Geotecnia [CI4401]

3.2. Contexto de la Docencia de Cursos Obligatorios de Ingeniería Geotécnica en Chile

3.2.1. Análisis de los Programas Académicos

Esta sección presenta una síntesis de los programas curriculares de los cursos geotécnicos de ocho diferentes universidades de Chile, para encontrar patrones académicos referentes a la docencia actual de la Ingeniería Geotécnica. El análisis se concentra en el contenido teórico y la secuencia lógica de los cursos obligatorios de Ingeniería Civil. Lo anterior, para obtener visiones diversas respecto de lo que es la enseñanza de la Geotecnia en Chile, y minimizar el sesgo provocado por aspectos locales. La Tabla 3.2 muestra el nombre, la ubicación y el régimen de las Universidades colaborativas que facilitaron sus programas académicos

Tabla 3.2: Lista de los programas académicos analizados

Universidad	Ubicación	Régimen
Universidad de Chile	Santiago	Publica
Universidad Católica – Escuela de Ingeniería	Santiago	Privada
Universidad Católica – Construcción civil	Santiago	Privada
Universidad Diego Portales	Santiago	Privada
Universidad Técnica Federico Santa María	Valparaíso	Privada
Universidad de Concepción	Concepción	Privada
Universidad de la Frontera	Temuco	Publica
Universidad Austral de Chile	Valdivia	Privada

Los cursos analizados siguen la misma organización, la cual consiste en:

1. Asignaturas semestrales
2. Dos cátedras semanales de una hora y media
3. Un módulo auxiliar semanal
4. Actividades de laboratorios

Las similitudes en la organización de los cursos ayudan a comparar los cursos entre sí, lo cual le entrega robustez a la comparación. Además, se exponen estadísticas generales sobre los cursos obligatorios de la malla curricular. Posteriormente, se presenta la estructura óptima del curso introductorio según un análisis de lo que se dicta actualmente.

3.2.1.1. Resultados Generales de las Actividades Académicas

Esta sección analiza las tendencias nacionales respecto de los cursos de geotecnia que se dictan, y actividades como módulos de laboratorios y salidas a terreno.

3.2.1.1.1. Número de Cursos Obligatorios en Ingeniería Civil

En la Universidad de Chile, todo alumno de la mención Estructuras, Construcción y Geotecnia se gradúa habiendo aprobado tres cursos obligatorios. De las universidades encuestadas, la exigen tres cursos, que representan el 50% de las universidades encuestadas. Al contrario, la Universidad Diego Portales, la Universidad Austral de Chile, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Pontificia Universidad Católica (Escuela de Ingeniería) exigen dos cursos obligatorios, representando el otro 50%. La Figura 3.1 ilustra este punto.

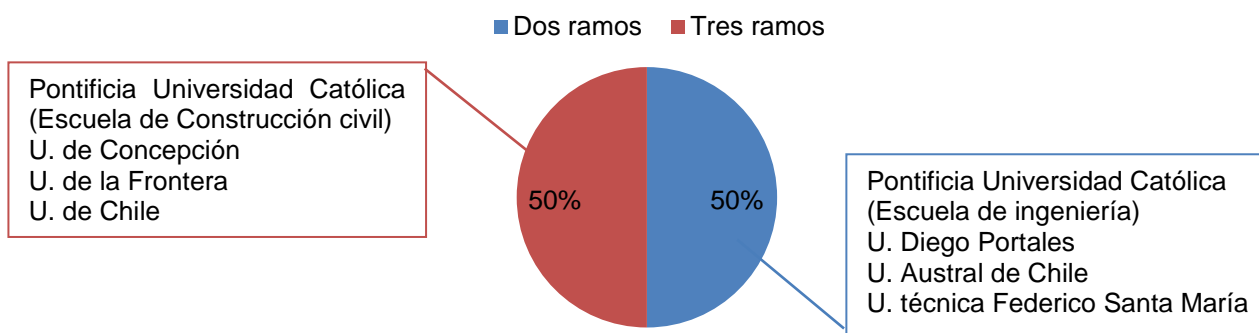


Figura 3.1: Numero de cursos geotécnicos obligatorios

A partir de la Figura 3.1, se observa un desequilibrio fuerte con respecto al número de cursos obligatorios. Existen dos tendencias con respecto al número de cursos indispensables para transferir antecedentes sólidos al alumno de ingeniería civil. Una primera explicación es que no todas las universidades ofrecen la mención “geotecnia” en la formación de pregrado. Por lo tanto, esta especialidad no es tan importante como las otras que puedan cursarse en dichas universidades.

Una segunda explicación consiste quizás en que dos cursos semestrales bastan para enseñar las bases conceptuales y los métodos de diseño mínimo que necesita un ingeniero civil. Sin embargo, según los comentarios de los profesores en el marco de las entrevistas¹ presentadas en el Capítulo IV, un curso obligatorio de tipo proyecto, adicional a los tres existentes, sería ideal para complementar estos. Esto lograría profesionalizar en una mejor medida a los futuros ingenieros.

¹ El Capítulo IV presenta las encuestas y entrevistas realizadas

En el contexto actual de re-pensamiento de la duración de la carrera de ingeniería (se busca reducir la duración en un semestre), se tiende a pensar que una solución sería conservar la estructura de tres cursos, además de incorporar actividades y tareas aplicadas y profesionalizantes. Así, se lograría, hasta cierto punto, los beneficiosos profesionalizantes asociados a un curso de proyecto.

Posteriormente, es importante destacar que, a pesar de que se dicten dos o tres cursos, se observa una dinámica similar con respecto al contenido de cursos geotécnicos. Estos siguen la siguiente dinámica:

- i. Se realiza una introducción respecto de lo que es la Ingeniería Geotécnica, el suelo, propiedades, estados tensionales, etc.
- ii. Se estudian nociones respecto a la resistencia de suelos.
- iii. Finalmente, se plantean estructuras geotécnicas básicas y/o intermedias y los métodos de diseño asociados.

A grandes rasgos, los cursos parecen ser muy similares, en lo que concierne a la densidad, progresividad y niveles de detalle, se observan varias diferencias, las cuales se presentan en la sección 3.5.2.

3.2.1.1.2. Módulos de Laboratorios y Salida a Terreno

Todos los cursos introductorios a la Geotecnia tienen actividades de laboratorio complementarios. La cantidad y el tipo de actividades entre las diferentes universidades cambian, pero la participación es obligatoria. Al contrario, aunque todos los profesores están de acuerdo sobre los beneficiosos pedagógicos considerables de salir a terreno (ver Capítulo IV), la realización de salida a terreno no se impone en los programas académicos. Solamente tres de las ocho universidades estudiadas imponen visitar obras en el marco de los cursos geotécnicos. La Figura 3.2 muestra la proporción de universidades imponiendo salidas a terreno en su programa.

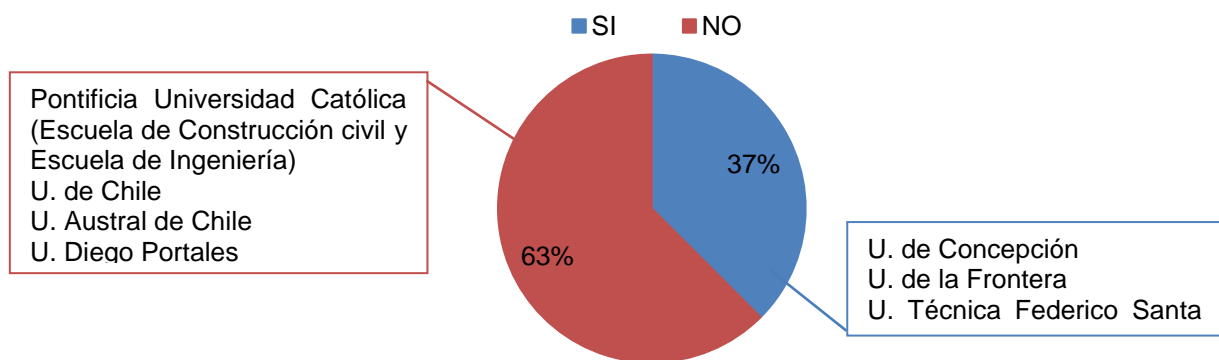


Figura 3.2: Porcentaje de Universidades con y sin visita a terreno obligatoria

Aunque las universidades no consideren las salidas de terreno en sus programas de curso, ciertos docentes igual las proponen a los alumnos, ya que entienden la

importancia de estas. Sin embargo, todos concuerdan al decir que, si no existe la ayuda de la universidad, dado el tiempo y la organización que requiere una salida a terreno, generalmente estas no se llevan a cabo.

3.2.1.2. Resultados sobre el Contenido del Curso “Geotecnia” [CI4401]

A continuación se presentan los resultados del análisis de contenidos de los cursos introductorios a la Ingeniería Geotécnica. El objetivo es hacer un “tracking” de los capítulos de los cursos de las universidades evaluadas, basándose en un esqueleto central de cursos, dado por los cursos dictados en la Universidad de Chile.

3.2.1.2.1. Metodología del Análisis

La metodología utilizada para llevar a cabo este análisis, se dividió en seis pasos. La Tabla 3.3 describe las etapas de cada uno de los pasos de la metodología.

Tabla 3.3: Metodología para el análisis del contenido de los programas académicos de los cursos introductorios a la Mecánica de Suelos

Etapas	Descripción
Etapa 1	Extracción del esqueleto del curso Geotecnia de la Universidad de Chile Identificación de los capítulos y subcapítulos Generación del patrón de referencia del análisis
Etapa 2	Extracción del esqueleto del curso Geotecnia de la otras universidades Identificación de los capítulos y subcapítulos
Etapa 3	Relación de los capítulos y/o sub-capítulos con la categorización realizada en la etapa 1 Identificación de capítulos y/ sub-capítulos fuera del programa de la Universidad de Chile
Etapa 4	Determinación de la frecuencia de ocurrencia de los capítulos según el patrón de referencia Determinación de los órdenes cronológicos promedios (Determinación del orden promedio en que son abordados los capítulos)
Etapa 5	Generación de un nuevo patrón académico
Etapa 6	Verificación y validación del patrón académico generado

El programa detallado del curso “Geotecnia” dictado actualmente en la Universidad de Chile se encuentra en el Anexo B. El programa tiene siete capítulos:

1. Introducción
2. Clasificación de suelos
3. Propiedades índices

4. Compactación de suelos
5. Tensiones dentro de una masa de suelo
6. Flujo de aguas en suelos
7. Teoría de consolidación y sus aplicaciones

Esta estructura será la referencia para para analizar de los programas del curso introductorio de las otras universidades.

3.2.1.2.2. Relevancia del Contenido

Analizando la ocurrencia de los capítulos, se destacan cuatro capitulos singulares. El histograma de la Figura 3.3 presenta la cantidad de universidades que incluyen los tópicos de “Geotecnia” [CI4401] en los cursos obligatorios, y si estos son introducidos en el primer o segundo curso. El eje vertical contiene los siete capítulos del curso más dos tópicos adicionales que aparecen en otras universidades. Se graficó en cual curso (Primero, segundo, nunca) se introducen por primera vez los tópicos. La escala va de cero a ocho ya que el número de universidades de la muestra es ocho. La nomenclatura de primer curso, segundo o nunca corresponde a la nomenclatura del presente trabajo.

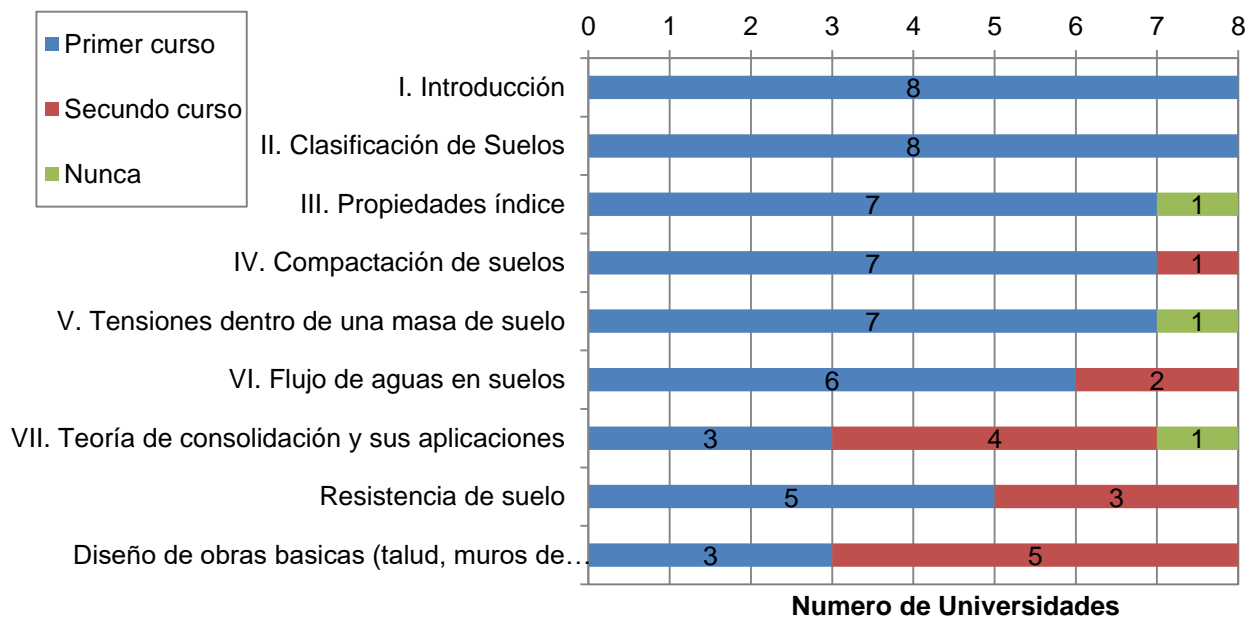


Figura 3.3: Cantidad de universidades que incluyen los tópicos de geotecnia en los cursos obligatorios, y si estos son introducidos en el primer o segundo curso

En la Figura 3.3 se observan tres grupos característicos. Los primeros dos tópicos, Introducción y Clasificación de Suelos, con un indicador de ocho, están presentes en todos los ramos introductorios. Después, los cuatros siguientes, con un indicador entre 6 y 7, están fuertemente presentes en los primeros ramos.

Los resultados presentan que los capítulos “Teoría de consolidación”, “Resistencia de suelos” y “Diseño de Obras” presentan un grado de flexibilidad. No se abordan siempre en el curso introductorio. Además, cinco de las ocho universidades abordan en el primer curso los conceptos de resistencia de suelos. Tres de ocho incluyen Diseño de obras básicas.

3.2.1.2.3. Secuencia Lógica entre Capítulos

Otro objetivo del estudio de los programas académicos es entender las secuencias lógicas entre capítulos. Se buscó la secuencia más apta, según la organización actual de los cursos introductorios a la Ingeniería Geotécnica. La Tabla 3.4 presenta una matriz de los números de ocurrencia de un capítulo en una cierta posición secuencial del curso. La matriz propone nueve posiciones cronológicas, el número de tópicos máximo de un curso, el cual es dictado en la Pontificia Universidad Católica. En la Tabla 3.4 se distingue mediante una escala de color si ocurre en el primero o segundo curso.

Tabla 3.4: Matriz de ocurrencia cronológica de los tópicos

Tópicos	Posición Cronológica								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Introducción	8	0	0	0	0	0	0	0	0
II. Clasificación de Suelos	4	3	1	0	0	0	0	0	0
III. Propiedades índice	0	4	3	0	0	0	0	0	0
IV. Compactación de suelos	1	0	2	2	2	0	0	0	1
V. Tensiones dentro de una masa de suelo	0	0	1	4	2	0	0	0	0
VI. Flujo de aguas en suelos	0	1	0	1	3	3	0	0	0
VII. Teoría de consolidación y sus aplicaciones	1	2	0	1	1	0	2	0	0
Resistencia de suelo	0	2	1	0	2	1	1	1	0
Diseño de obras básicas (talud, muros de contención)	0	1	1 3	2	0	1	0	1	0
Segundo curso	Primer curso								

En esta matriz, los números incluidos en cada casilla corresponden a la cantidad de universidades que consideran dicho capítulo en dicha posición cronológica. Las celdas en gris corresponden a capítulos considerados en los segundos cursos.

Con esta matriz se determinaron las posiciones más frecuentes para definir el orden cronológico más representativo. Los resultados se presentan en la Tabla 3.5, que propone las posiciones cronológicas estadísticas de cada tópico. La Tabla 3.5 distingue las posiciones en el primer o el segundo curso.

Tabla 3.5: Ordenes estadísticos de los capítulos del curso

Tópico	Posición estadística	
	Primer Curso	Segundo Curso
I. Introducción	1	-
II. Clasificación de Suelos	1	-
III. Propiedades índice	2	-
IV. Compactación de suelos	3 o 4 o 5	-
V. Tensiones dentro de una masa de suelo	4	-
VI. Flujo de aguas en suelos	5 o 6	-
VII. Teoría de consolidación y sus aplicaciones	4 o 7	2
Resistencia de suelo	5	2
Diseño de obras básicas (talud, muros de contención)	6 o 8	3

La Tabla 3.5 destaca la relevancia de empezar con los primeros tres capítulos, Introducción, Clasificación de Suelos y Propiedades índice, que introducen las bases conceptuales de la Ingeniería Geotécnica. Introducción y Clasificación de Suelos aparecen como un solo capítulo. Es decir que en la introducción se puede considerar la parte de clasificación de suelos como un sub-capítulo de esta. También se observa la flexibilidad con respecto a los temas de Compactación, Flujo de aguas y Teoría de consolidación.

3.2.2. Ingeniería Geotécnica en la Malla Curricular de la FCFM

3.2.2.1. Organización de la Malla Curricular

Esta sección presenta el contexto en el cual se dicta la ingeniería Geotecnia en La carrera de Ingeniería Civil tiene cuatro años de licenciatura, comunes a todas las menciones. Terminada la licenciatura, los alumnos se especializan en 1) Estructuras, Construcción, y Geotecnia, 2) Transporte, o bien 3) Hidráulica, Sanitaria y Ambiental. La especialización dura dos años (cuatro semestres), terminando con un trabajo de título de un año.

Durante la licenciatura, la Ingeniería Geotécnica está presente con los cursos de “Geotecnia” [CI4401], y “Geomecánica” [CI4402]. En la especialidad de Estructuras, Construcción y Geotecnia, la geotecnia está presente a través del curso de “Fundaciones” [CI5401]. Aquellos alumnos que desean especializarse en Ingeniería Geotecnia pueden inscribir diferentes cursos electivos. El presente trabajo se enfoca en los cursos obligatorios principales y no considera los cursos electivos. La Tabla 3.6 presenta los cursos obligatorios y sus características primarias en la malla curricular.

Tabla 3.6: Cursos de Ingeniería Geotécnica obligatorios, Departamento de Ingeniería Civil, FCFM

Programa	Licenciatura de Ingeniería Civil		Mención Estructuras, Construcción y Geotecnia
	Geotecnia	Geomécania	Fundaciones
Código	CI4401	CI4402	CI5401
Año	Cuarto	Cuarto	Quinto
Semestre oficial	Otoño	Primavera	Otoño
Disponibilidad	Cada semestre	Cada semestre	Cada semestre
Requisitos	Geología General [GL3101]	Geotecnia [CI4401]	Hormigón Estructural [CI4201]
	Mecánica de Sólidos [CI3202]		Geomécania [CI4402]
Créditos	10 UDs	10 UDs	10 UDs

Estos cursos constan de dos cátedras semanales. Cada cátedra tiene una duración de una hora y media. Las cátedras se complementan con un módulo auxiliar, el cual dura dos horas. En particular, los cursos de “Geotecnia” y “Geomécania” incluyen actividades de laboratorios, cada dos semanas, con una duración de dos horas cada sesión. Semestralmente, “Geotecnia” dura quince semanas, con treinta clases de cátedra. Los entregables de este trabajo incluyen 30 módulos de clase del curso de “Geotecnia”.

3.2.2.2. Perfil de Egreso de Ingeniería Civil

La Educación en Ingeniería busca encontrar una lista exhaustiva de los conocimientos y competencias blandas mínimas que debe tener un ingeniero. El Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, publicó el suyo. La lista de las habilidades personales e interpersonales, se presenta en la Tabla 3.7 pero la lista de las competencias específicas se encuentra en el Anexo A.

Lo importante para el presente trabajo, se enfoca más en las habilidades blandas que técnicas, ya que forma gran parte de los puntos débiles de la docencia actual. La Tabla 3.7 presenta en la columna derecha, los puntos que se fomentan durante el curso “Geotecnia” [CI4401] según Pasten (2015). Se observa que se busca mejorar cuatro de las siete competencias destacadas. Se explica por el hecho que es un curso de Licenciatura, el cual no tiene el mismo foco que los cursos de especialidad o de proyectos.

Sin embargo, uno de los objetivos del presente trabajo es hacer que el curso “Geotecnia” [CI4401] impacte en el desarrollo de cada una de las siguientes capacidades.

Tabla 3.7: Habilidades blandas del perfil de egreso de Ingeniería Civil de la FCFM
Fuente Pasten (2015)

Ítem	Geotecnia [CI4401]
Capacidad para emprender, innovar, liderar la introducción de cambios y pensamiento crítico	
Capacidad de trabajo en equipo y liderazgo	X
Capacidad de trabajo en grupos interdisciplinarios	
Capacidad de comunicación efectiva, oral y escrita, tanto en inglés como en castellano	X
Un comportamiento ético en la vida profesional, demostrando honestidad, integridad, responsabilidad hacia la sociedad y el medio ambiente, y capacidad de reconocer sus propias potencialidades y limitaciones	X
Capacidad de autoaprendizaje y conciencia de la importancia de continuar aprendiendo una vez egresado	X
Competencia en análisis económico y en gestión en todas las fases de desarrollo de proyectos de ingeniería civil	

3.3. Contexto de Aprendizaje de los Alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile

Esta sección considera un análisis de estilos de aprendizaje de los alumnos de Ingeniería Civil de la FCFM. El objetivo es encontrar las fortalezas y debilidades de los estudiantes con respecto a su manera de aprender y procesar información.

3.3.1. Introducción

Los estudiantes poseen preferencias en sus maneras de acceder y procesar información, o un “estilo de aprendizaje”. De acuerdo a Felder and Silverman (1988), algunos manejan mejor la información concreta, mientras otros prefieren la dimensión abstracta. Estudios demuestran que cuando el estilo de aprendizaje y el estilo de enseñanza divergen, la audiencia tiende a sentirse incomoda, aburrida e inatenta. Felder (1988) formula un modelo de estilo de aprendizaje diseñado para capturar las diferencias en el estilo de aprendizaje de estudiantes de ingeniería. El modelo facilita la instrucción clasificando los alumnos según cuatro dimensiones distintos, en las cuales cada una se divide en dos lados opuestos.

- i. Primera dimensión:
Sensorial: pensador concreto, práctico, orientado en hechos y procedimientos.
Intuitivo: Pensador abstracto, innovador, orientado en teorías y significados subyacentes.
- ii. Segunda dimensión:
Visual: Prefiere representaciones visuales de la materia tales como imágenes, gráficos y diagramas.
Verbal: Prefiere explicaciones orales y escritas.
- iii. Tercera dimensión:
Activo: Aprende haciendo las cosas; disfruta trabajar en grupo.
Reflexivo: Aprende pensando las cosas; prefiere trabajar solo o en grupo pequeño y familiar.
- iv. Cuarta dimensión:
Secuencial: Proceso de reflexión lineal; aprende etapas por etapas con una progresividad lenta.
Global: Pensamiento holístico; aprende en medio de problemas amplios.

Múltiples estudios defienden esta división en cuatro dimensiones de los estilos de aprendizaje. Felder and Spurlin (2005) presentan un análisis de fiabilidad y validez de

Felder and Soloman (1994), basado en casos de aplicación en grandes Universidades de Estados Unidos. Felder and Silverman (1988) es única en su organización pero las dimensiones propuestas tienen correlaciones con otras teorías de estilo de aprendizaje. El análisis se realiza a partir de un cuestionario de 44 preguntas, denominado "The Index of Learning Styles (ILS)", o "Índice del Estilo de Aprendizaje". El ILS utilizado fue hecho por Felder (1994), y está en la internet (<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSpage.html>), desde 1997.

Cada dimensión se asocia a 11 preguntas. Cada pregunta es obligatoria, y tiene solo dos posibilidades de respuesta (a o b). Cada una de las dos respuestas corresponde a cada una de las categorías de una dimensión. Por ejemplo, la respuesta (a) se asocia a activo, mientras que la respuesta (b) a reflexivo. Para el análisis las respuestas se transforman a puntuación. Se cuenta el número de respuestas tipo (a) y tipo (b). Así, el resultado de contestar las 11 preguntas varía en una puntuación que varía en el rango [0-11]. Luego, se sustituye el número de b) al número de a), y se genera el indicador de la dimensión asociada. El indicador es un número impar que varía entre -11 y 11. Los números negativos corresponden al lado reflexivo.

Cabe mencionar que se han realizado estudios estadísticos sobre la independencia de las dimensiones anunciadas por Felder (1988). Viola et al. (2006) expone un análisis factorial del cuestionario ILS y de la coherencia de las preguntas y dimensiones en general. Por otra parte, Felder (2005), basándose en casos de aplicaciones del ILS, concluye que el aprendizaje se potencia significativamente cuando el alumno está consciente de su estilo de aprendizaje, al identificar fortalezas y debilidades, optimizando su comportamiento en función de cada situación. Sin embargo, el instructor debe asegurarse que el alumno no se cierre en los resultados.

3.3.2. Comentarios del Autor para Analizar los Resultados

Felder (1988) promueve el ILS por la facilidad de su análisis. Las categorías son fáciles a distinguir y entender; el valor absoluto de los indicadores pertenece al conjunto {1; 3; 5; 7; 9; 11}. Mientras mayor es el número, más fuerte es la categorización. Así, se definen tres posibilidades respecto de los indicadores en una determinada dimensión.

- i. Entre uno y tres [1,3] indica que el estudiante está balanceado entre los dos ítems de la dimensión.
- ii. Entre cinco y siete [5,7] indica una preferencia moderada, y facilidad para aprender en contextos promoviendo la característica considerada.
- iii. Entre siete y nueve [9,11] indica una preferencia fuerte. El estudiante podría tener dificultades significativas en contextos que no favorecen su estilo de aprendizaje.

3.3.3. Descripción de la Muestra

La muestra consiste en 218 alumnos, encuestados en los cursos de licenciatura y especialidad, cursando el tercer y cuarto año. La Tabla 3.8 presenta las características de los grupos de alumnos que respondieron la encuesta ILS.

Tabla 3.8: Características de la muestra de alumnos

Curso	Código	Especificación del curso	Semestre Año	Número de alumnos analizados
Geotecnia	CI 4401	Licenciatura Ing. Civil Tercer año	Primavera 2013	28
			Otoño 2014	6
			Otoño 2016	35
Geomecánica	CI 4402	Licenciatura Ing. Civil Cuarto año	Primavera 2013	47
			Primavera 2015	44
Ingeniería ambiental	CI 4102	Licenciatura Ing. Civil Cuarto año	-	1
Mecánica de sólidos	CI 3201	Licenciatura Ing. Civil Cuarto año	-	41
Mecánica de fluidos	CI 3101	Licenciatura Ing. Civil Cuarto año	-	7
Fundaciones	CI 5401	Especialidad Ing. Civil mención Estructuras, Construcción y Geotecnia Quinto año	-	8
Número total				217

Se observa que la gran mayoría de los alumnos encuestados son de cuarto año con 69 del curso “Geotecnia” [CI4401] y 91 del curso “Geomecánica” [CI4402]. Así, el análisis pretende ilustrar de manera eficiente el estilo de aprendizaje de un estudiante de cuarto año de Ingeniería Civil cursando el curso “Geotecnia” [CI4401].

3.3.4. Resultados del Estilo de Aprendizaje

3.3.4.1. Perfil Característico del Alumnado

A partir de los resultados individuales, se identificaron los valores de indicadores más repetidos en cada una de las dimensiones del estilo de aprendizaje. Para tomar en cuenta la variabilidad de los valores, se determinó la desviación estándar para definir el

intervalo de error del perfil característico de un alumno del Departamento de Ingeniería Civil. Así, la Figura 3.4 grafica el rango estadístico del estilo de aprendizaje de un alumno de Ingeniería Civil. El eje vertical representa el valor del indicador, que varía entre -11 y 11. Los marcadores cuadrados son los indicadores para cada una de las dimensiones. Las líneas puntilladas representan las desviaciones estándares.

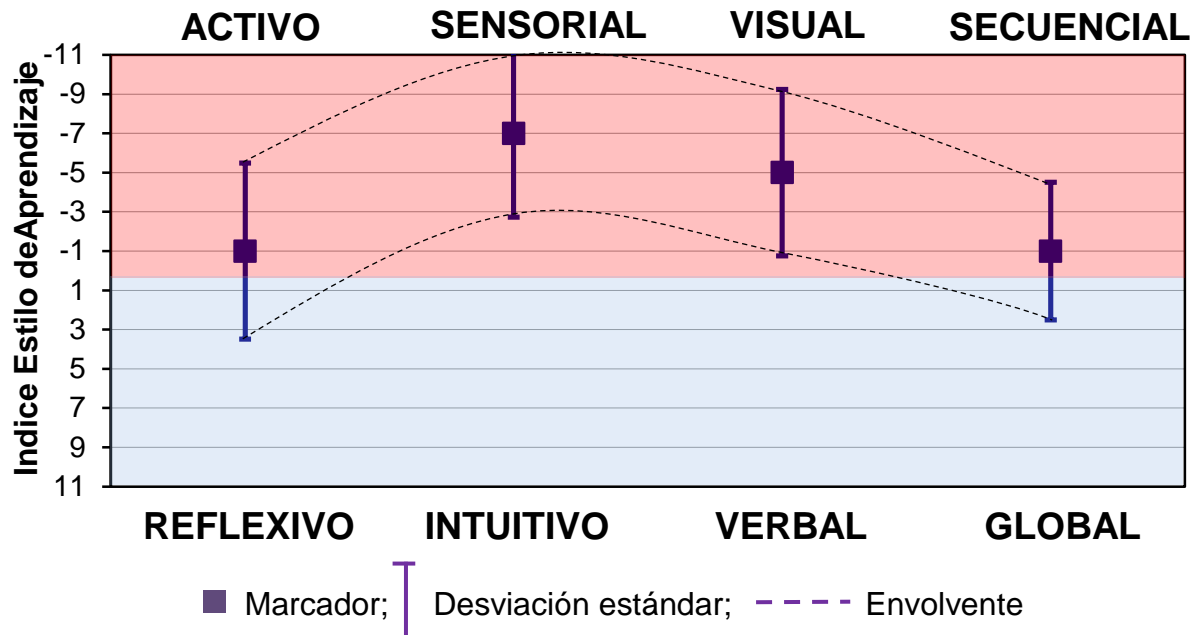


Figura 3.4: Rango estadístico de estilo de aprendizaje de los alumnos

El gráfico anterior muestra la envolvente de los perfiles de estilos de los alumnos del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM. Las desviaciones estándares son del orden de un intervalo (valor entre 3,5 y 4,5), indicando un nivel de incertidumbre asociado al análisis.

3.3.4.2. Dispersión de los Estudiantes

A continuación se estudió la repartición de los alumnos en cada rango de puntuación ([1; 3], [5; 7], [9; 11]).

Las Figuras 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 muestran la distribución de los estudiantes, en porcentaje, para las cuatro dimensiones del ILS. Los gráficos presentan una leyenda de colores correspondiente a los tres intervalos significativos:

- Entre 1 y 3
- Entre 5 y 7
- Entre 9 y 11

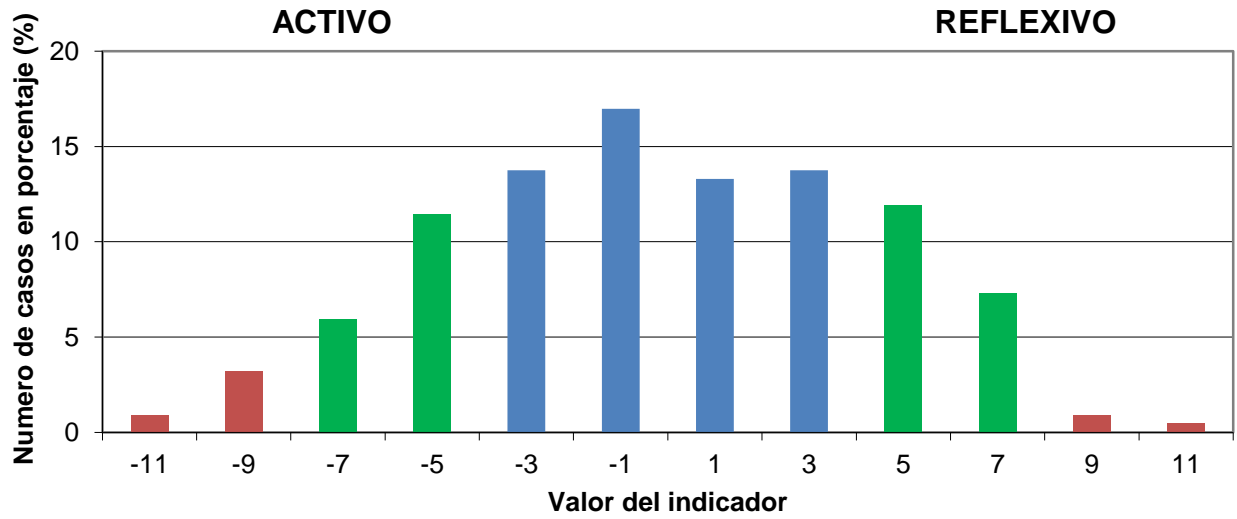


Figura 3.5: Repartición dimensión Activo / Reflexivo

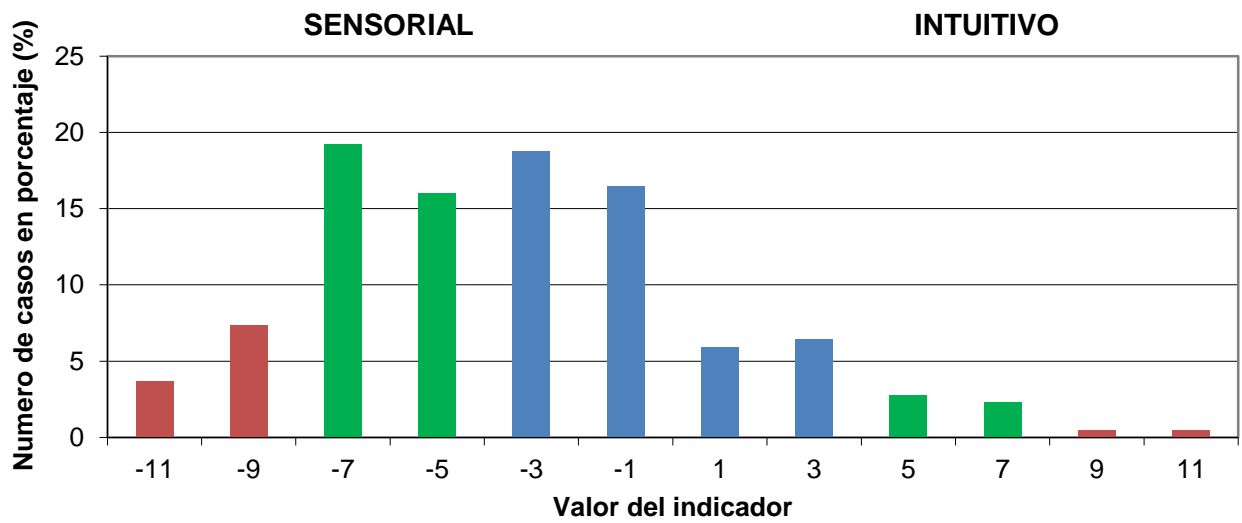


Figura 3.6: Repartición dimensión Sensorial / Intuitivo

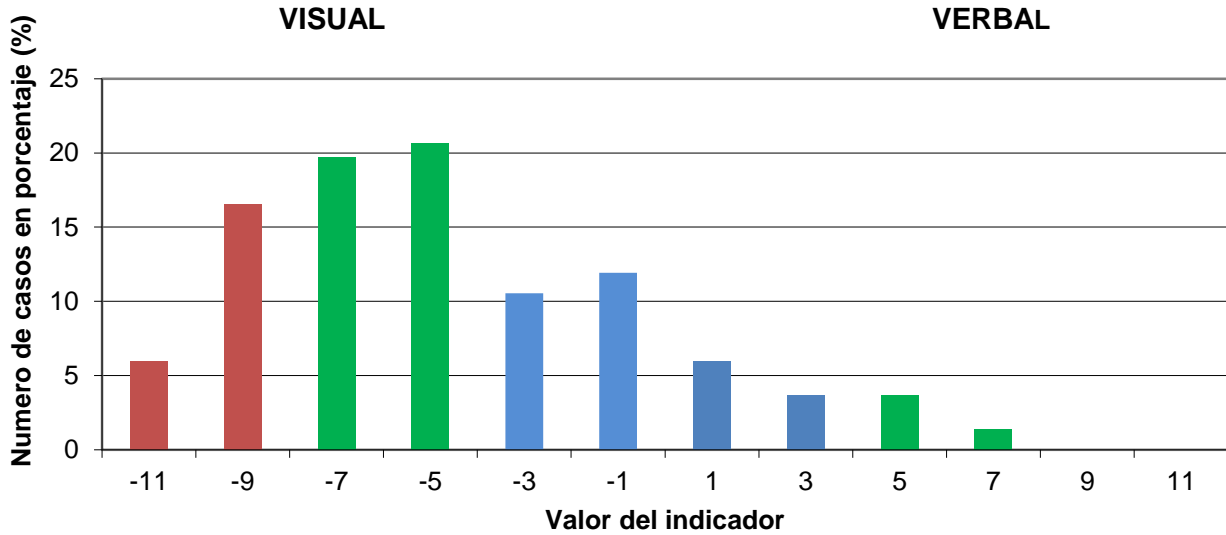


Figura 3.7: Repartición dimensión Visual / Verbal

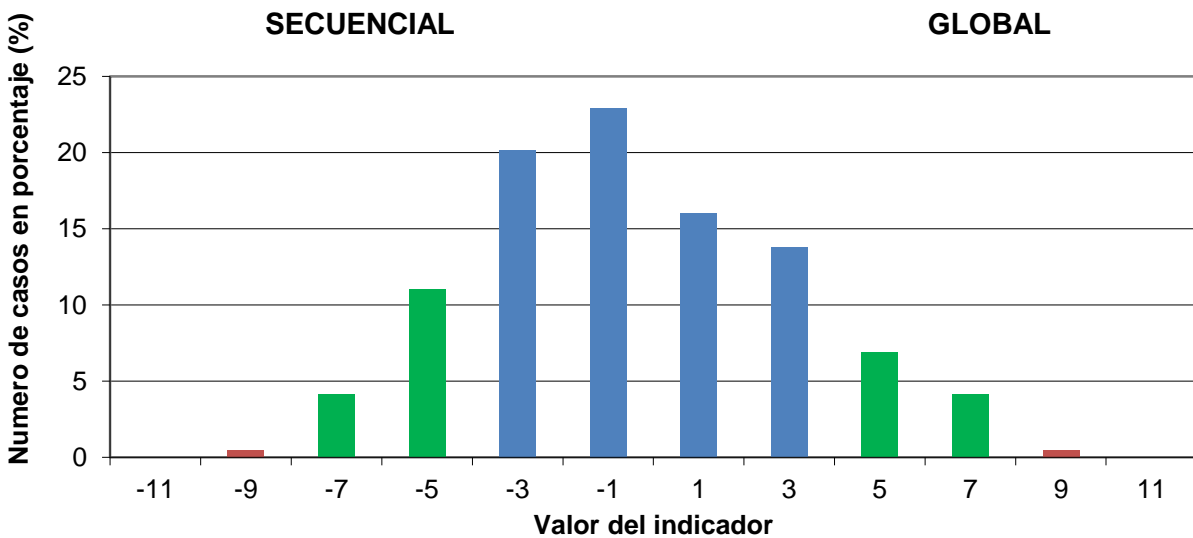


Figura 3.8: Repartición dimensión Secuencial / Global

3.3.4.3. Análisis Numérico de los Resultados

A partir de los histogramas 3.6 y 3.7, se observa que el alumnado tiende a tener preferencias para las partes Sensorial y Visual con indicadores entre cinco y siete. Al contrario, las dimensiones Secuencial / Global y Activo / Reflexivo muestran un cierto equilibrio del estilo de aprendizaje de los estudiantes. Un 63 % de la muestra posee una puntuación entre - 3 y 3 en la dimensión Secuencial / Global, lo cual indica una neutralidad y una capacidad de aprender en ambientes tanto secuenciales como

globales. Para la dimensión Activo / Reflexivo, se destaca que un 58 % de los alumnos se encuentran en esta posición balanceada.

Las otras dos dimensiones (Sensorial / Intuitivo; Visual / Verbal) presentan una fuerte tendencia para respectivamente el lado sensorial con un 46 % de casos entre -5 y -11; el lado visual con un 64 % de casos entre -5 y -11. Las Figuras 3.4, 3.6, 3.7 dan cuenta de este desequilibrio. Se observa que la proporción de alumnos no están equilibrados.

Los valores de desviación estándar se encuentran entre 3,5 y 4,5, los cuales representan una precisión de un rango por arriba y uno por abajo. Es decir, la Figura 3.4 que ilustra el estilo de aprendizaje característico provee una envolvente general del estilo de aprendizaje de los alumnos de encuestados.

3.3.5. Otra Información Relevante: Encuesta Base ILS

Esta sección presenta la encuesta base tal como existe fue propuesta a la muestra de alumnos. El link internet es el siguiente:
(<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSpage.html>)

INDEX OF LEARNING STYLES

Enter your answers to every question on the ILS scoring sheet. Please choose only one answer for each question. If both "a" and "b" seem to apply to you, choose the one that applies more frequently.

1. I understand something better after I
 - a) try it out.
 - b) think it through.

2. I would rather be considered
 - a) realistic.
 - b) innovative.

3. When I think about what I did yesterday, I am most likely to get
 - a) a picture.
 - b) words.

4. I tend to
 - a) understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
 - b) understand the overall structure but may be fuzzy about details.

5. When I am learning something new, it helps me to
 - a) talk about it.
 - b) think about it.

6. If I were a teacher, I would rather teach a course
 - a) that deals with facts and real life situations.

- b) that deals with ideas and theories.
7. I prefer to get new information in
- a) pictures, diagrams, graphs, or maps.
 - b) written directions or verbal information.
8. Once I understand
- a) all the parts, I understand the whole thing.
 - b) the whole thing, I see how the parts fit.
9. In a study group working on difficult material, I am more likely to
- a) jump in and contribute ideas.
 - b) sit back and listen
10. I find it easier
- a) to learn facts.
 - b) to learn concepts.
11. In a book with lots of pictures and charts, I am likely to
- a) look over the pictures and charts carefully.
 - b) focus on the written text.
12. When I solve math problems
- a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
 - b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.
13. In classes I have taken
- a) I have usually gotten to know many of the students.
 - b) I have rarely gotten to know many of the students.
14. In reading nonfiction, I prefer
- a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
 - b) something that gives me new ideas to think about.
15. I like teachers
- a) who put a lot of diagrams on the board.
 - b) who spend a lot of time explaining.
16. When I'm analyzing a story or a novel
- a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
 - b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.
17. When I start a homework problem, I am more likely to
- a) start working on the solution immediately.
 - b) try to fully understand the problem first.

18. I prefer the idea of
a) certainty.
b) theory.
19. I remember best
a) what I see.
b) what I hear.
20. It is more important to me that an instructor
a) lay out the material in clear sequential steps.
b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.
21. I prefer to study
a) in a study group.
b) alone.
22. I am more likely to be considered
a) careful about the details of my work.
b) creative about how to do my work.
23. When I get directions to a new place, I prefer
a) a map.
b) written instructions.
24. I learn
a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly it all "clicks."
25. I would rather first
a) try things out.
b) think about how I'm going to do it.
26. When I am reading for enjoyment, I like writers to
a) clearly say what they mean.
b) say things in creative, interesting ways.
27. When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember
a) the picture.
b) what the instructor said about it.
28. When considering a body of information, I am more likely to
a) focus on details and miss the big picture.
b) try to understand the big picture before getting into the details.
29. I more easily remember
a) something I have done.
b) something I have thought a lot about.

30. When I have to perform a task, I prefer to
- master one way of doing it.
 - come up with new ways of doing it.
31. When someone is showing me data, I prefer
- charts or graphs.
 - text summarizing the results.
32. When writing a paper, I am more likely to
- work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.
 - work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.
33. When I have to work on a group project, I first want to
- have “group brainstorming” where everyone contributes ideas.
 - brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.
34. I consider it higher praise to call someone
- sensible.
 - imaginative.
35. When I meet people at a party, I am more likely to remember
- what they looked like.
 - what they said about themselves.
36. When I am learning a new subject, I prefer to
- stay focused on that subject, learning as much about it as I can.
 - try to make connections between that subject and related subjects.
37. I am more likely to be considered
- outgoing.
 - reserved.
38. I prefer courses that emphasize
- concrete material (facts, data).
 - abstract material (concepts, theories).
39. For entertainment, I would rather
- watch television.
 - read a book.
40. Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are
- somewhat helpful to me.
 - very helpful to me.
41. The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,
- appeals to me.
 - does not appeal to me.

42. When I am doing long calculations,
- I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
 - I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.
43. I tend to picture places I have been
- easily and fairly accurately.
 - with difficulty and without much detail.
44. When solving problems in a group, I would be more likely to
- think of the steps in the solution process.
 - think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.

3.4. Desempeño de los Alumnos en el Curso “Geotecnia” [CI4401]

3.4.1. Descripción de la Encuesta y de la Muestra

Esta sección se basa en el análisis de las encuestas docentes de fin de semestre de la plataforma U-Cursos. Estas encuestas proveen una gran base de datos pedagógicos, al recopilar información tal como el nivel de satisfacción, y el desempeño, de los alumnos. También, permiten a los profesores y a la universidad hacer un seguimiento de la calidad de la enseñanza.

Este estudio analizó los resultados de las encuestas de la plataforma U-cursos, permitiendo un análisis cuantitativo a gran escala de la satisfacción de los alumnos del curso “Geotecnia” [CI4401]. Esta información permite destacar las fortalezas y debilidades del curso, y respaldar la encuesta más cualitativa que se hizo con los alumnos del semestre otoño 2016.

El estudio considera los resultados de las encuestas docentes U-Cursos, de los últimos siete años (2010 – 2016), periodo de 13 semestres. La información contiene más de 500 estudiantes, y cinco profesores. La Tabla 3.9 presenta las características de los datos analizados:

Tabla 3.9: Características de la muestra – Encuesta docente U-Cursos

Ítem	Numero
Alumnos	549
Profesores	5
Semestres analizados	13
Periodo de estudio	2010 - 2016

El contenido del curso, y sus actividades, no tuvo cambios drásticos durante el periodo de estudio.

3.4.2. Organización de la Encuesta

La encuesta docente U-Cursos se divide en ocho secciones. Cada sección enfoca un tema particular de la docencia. La Tabla 3.10 presenta los nombres y temas abordados por sección.

Tabla 3.10: Características de la encuesta docente U-Cursos

Categoría	Enfoque	Números de preguntas
Auto-Evaluación del alumno	Orientada a las notas y la asistencia del alumno	3
Dominio disciplinario	Orientada al dominio del profesor sobre el contenido del curso	2
Dimensión pedagógica	Evaluar los métodos pedagógicos y comportamiento del profesor;	8
Responsabilidades administrativas	Evaluar si el profesor sigue el reglamento de la facultad	6
Preguntas específicas a la FCFM	Evaluar la carga de trabajo, la posición del curso en la malla y las actividades	5
Evaluación profesor auxiliar	Evaluar el aporte de las clases auxiliares	2
Relaciones interpersonales	Orientadas al desarrollo personal, integral y al sentido de convivencia universitaria.	4
Evaluación general	Orientada a la relacionar las notas con lo que aprendió el alumno.	1

Este trabajo analiza el desempeño de los alumnos en el curso “Geotécnica”, y la metodología pedagógica. Por lo tanto, solo se presenta un análisis de las secciones correspondientes a estos temas, las cuales son las siguientes: Auto-Evaluación del alumno, Dimensión pedagógica, Preguntas específicas a la FCFM, Relaciones interpersonales y Evaluación general.

3.4.3. Resultados de las Encuestas U-Cursos

Esta sección presenta análisis cuantitativos y cualitativos de las respuestas de las encuestas docentes. Primero, se presentan algunas consideraciones numéricas para la comprensión de los resultados. Posteriormente, se comentarán las siguientes secciones: 1) Auto-evaluación del alumno, 2) Dimensión pedagógica, 3) Preguntas específicas a la FCFM, 4) Relaciones interpersonales, 5) Evaluación general.

Las preguntas de las encuestas tienen números de respuestas oscilando entre 397 y 424 respuestas, con un número promedio de 410 respuestas. Para simplificar el análisis de los resultados y gráficos presentados en esta sección, se considera que los números a continuación se expresen con respecto a una muestra de 410 respuestas. Esta consideración es posible porque la desviación estándar asociada al número de respuestas vale siete, la cual representa menos que 2% del promedio (410). Por lo tanto, se puede despreciar esta diferencia y considerar una muestra idealizada de 410 alumnos.

Los resultados presentados en esta sección ilustran los beneficios notables y ejes débiles de la manera actual de enseñar tiene, los cuales hay que tener en cuenta e incorporar en la metodología pedagógica propuesta en este trabajo de título

3.4.3.1. Auto-evaluación del Alumno

Primero, se analizan resultados sobre la asistencia y el rendimiento de los alumnos durante el curso. A partir de la Figura 3.9, se observa que el 45% de los alumnos asiste muy seguido a clases de manera muy seguida, aunque tres cuartos fueron a más de la mitad de estas. La Figura 3.9 muestra la repartición de los alumnos en función de su rango de asistencia a clase. El eje vertical contiene los tramos de asistencias a clases y el eje horizontal representa los porcentajes de la muestra.

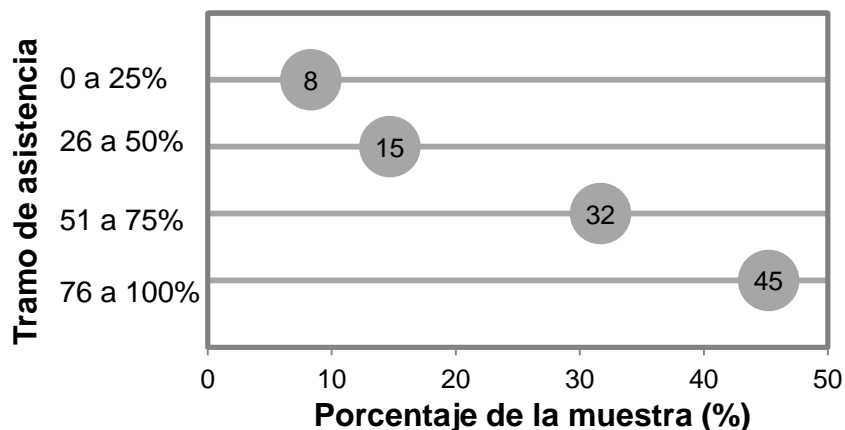


Figura 3.9: Asistencia a clases

En términos de resultados académicos, la Figura 3.10 presenta la repartición del alumnado en función de sus notas en el curso. Se observa que un 66% de la muestra aprobó el curso con nota entre 4 y 5,4. Además, un 10% de los alumnos reprobó el curso (nota inferior a cuatro) y los restantes lo aprobaron con resultados destacados.

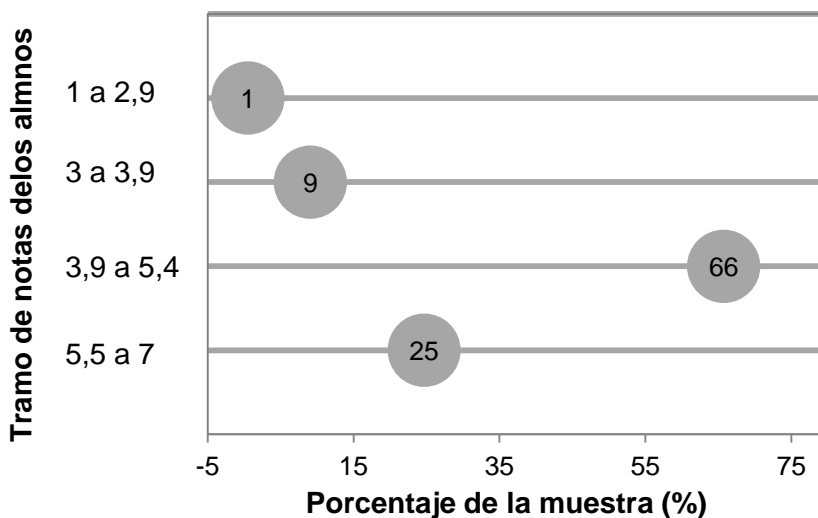


Figura 3.10: Notas de los alumnos

En cuanto al rendimiento del aprendizaje con respecto a las notas obtenidas en el curso, la Figura 3.11 muestra que los alumnos encuentran a 56% adecuada la relación entre estos. Sin embargo, se destaca que los tramos “Muy Desacuerdo” y “En Desacuerdo” representan 19% de las respuestas. Aún más, un 26% sintió que alcanzó un alto aprendizaje como se puede observar en la Figura 3.11.

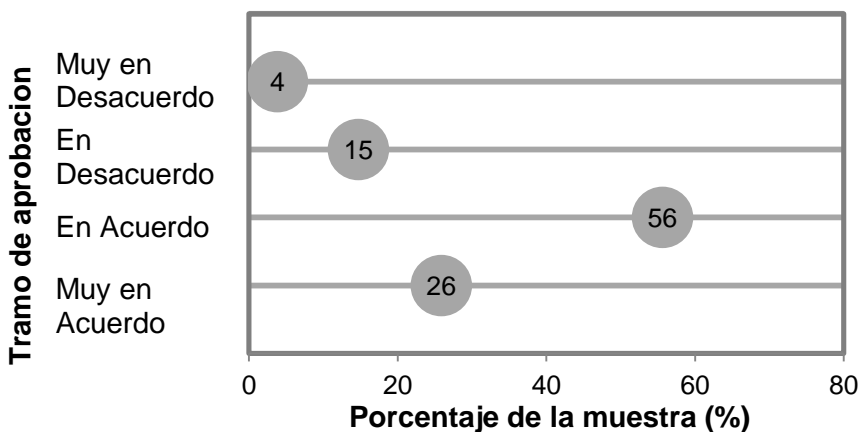


Figura 3.11: Aprobación de las calificaciones con respecto al rendimiento académico del alumno

3.4.3.2. Dimensión Pedagógica

Esta sección presenta resultados respecto al comportamiento del docente tanto en clase como en su desempeño durante el semestre. El análisis destaca los puntos inherentes a la docencia del curso en los últimos años. Se recalca que cinco profesores distintos han dictado el curso durante el periodo de estudio. Así, los resultados a continuación no reflejan el comportamiento de una persona en particular pero

Primero, se destacan los puntos enfocados en la estrategia del profesor al presentar la materia del curso. La Figura 3.12 presenta que aproximadamente, el 80% de los estudiantes opina que el docente:

- Utiliza estrategias de enseñanza que estimulan la participación de los alumnos.
- Genera espacios de reflexión planteando problemas apropiados y desafiantes.
- Acerca los contenidos de la actividad curricular al campo profesional.
- Establece consistencia entre lo enseñado y lo exigido en las evaluaciones.

Se grafica en vertical las respuestas posibles: Muy Desacuerdo, En Desacuerdo; De Acuerdo, Muy de Acuerdo y en horizontal el porcentaje de la muestra en función las cuatro respuestas posibles.

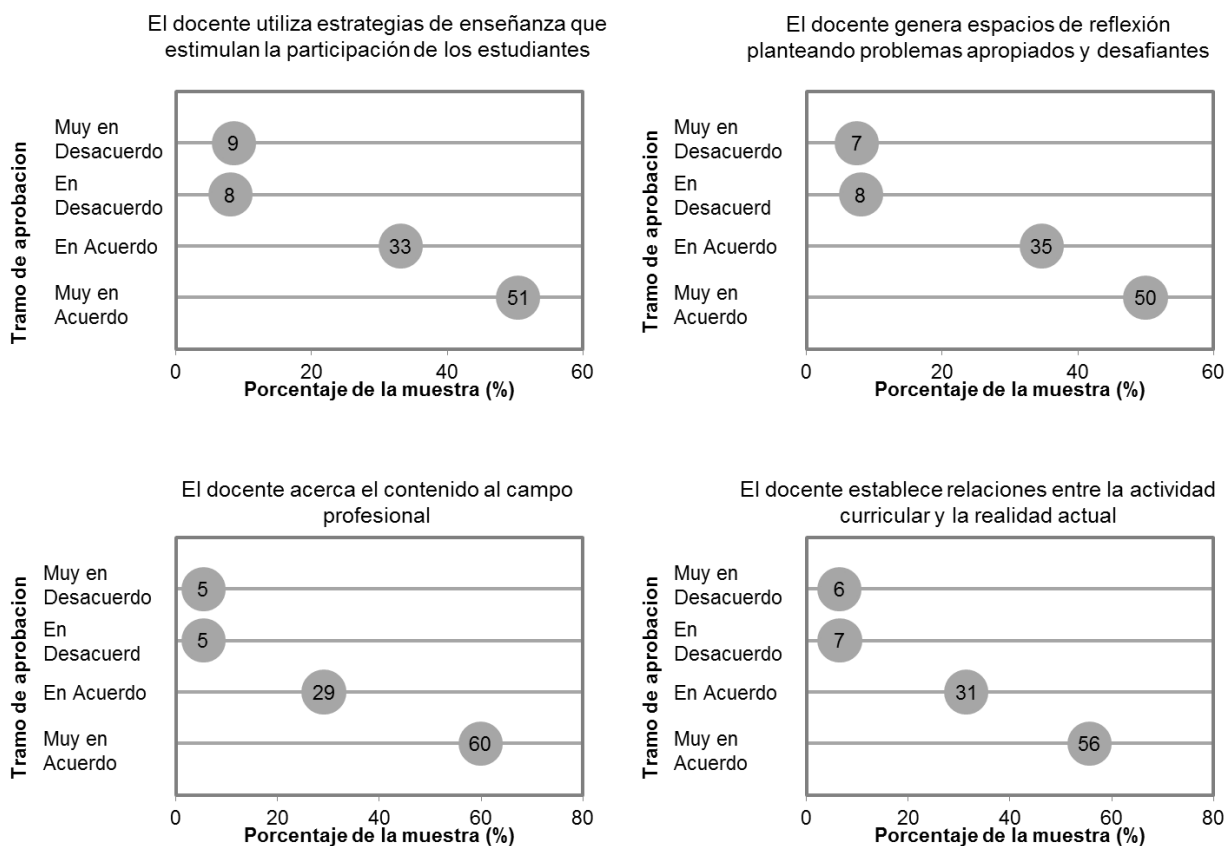


Figura 3.12: Aprobación de los métodos pedagógicos del docente

A partir de los gráficos de la Figura 3.12, se observa que más de 80% de los alumnos encontraron que el docente relacionaba el contenido del curso con la vida real y profesional. Además, es importante destacar que la docencia actual estimula la participación de los alumnos. En la Figura 3.12, se observa que un 83% de la muestra está de acuerdo o muy de acuerdo con las siguientes aclaraciones: “El docente utiliza estrategias de enseñanza que estimulan la participación de los alumnos.” y “El docente genera espacios de reflexión planteando problemas apropiados y desafiantes”.

Posteriormente, se analizó el comportamiento del docente con respecto a su compasión, consistencia y accesibilidad. En los gráficos de la Figura 3.13, presenta las opiniones de los alumnos para cuatro preguntas relacionadas a estos temas. Las respuestas propuestas responder son: Muy Desacuerdo, En Desacuerdo; De Acuerdo, Muy de Acuerdo. En general, los docentes cumplen estas condiciones. Sin embargo, como se puede observar, un quinto de la muestra, no se considera satisfecho con la claridad de la comunicación entre profesores y alumnos.

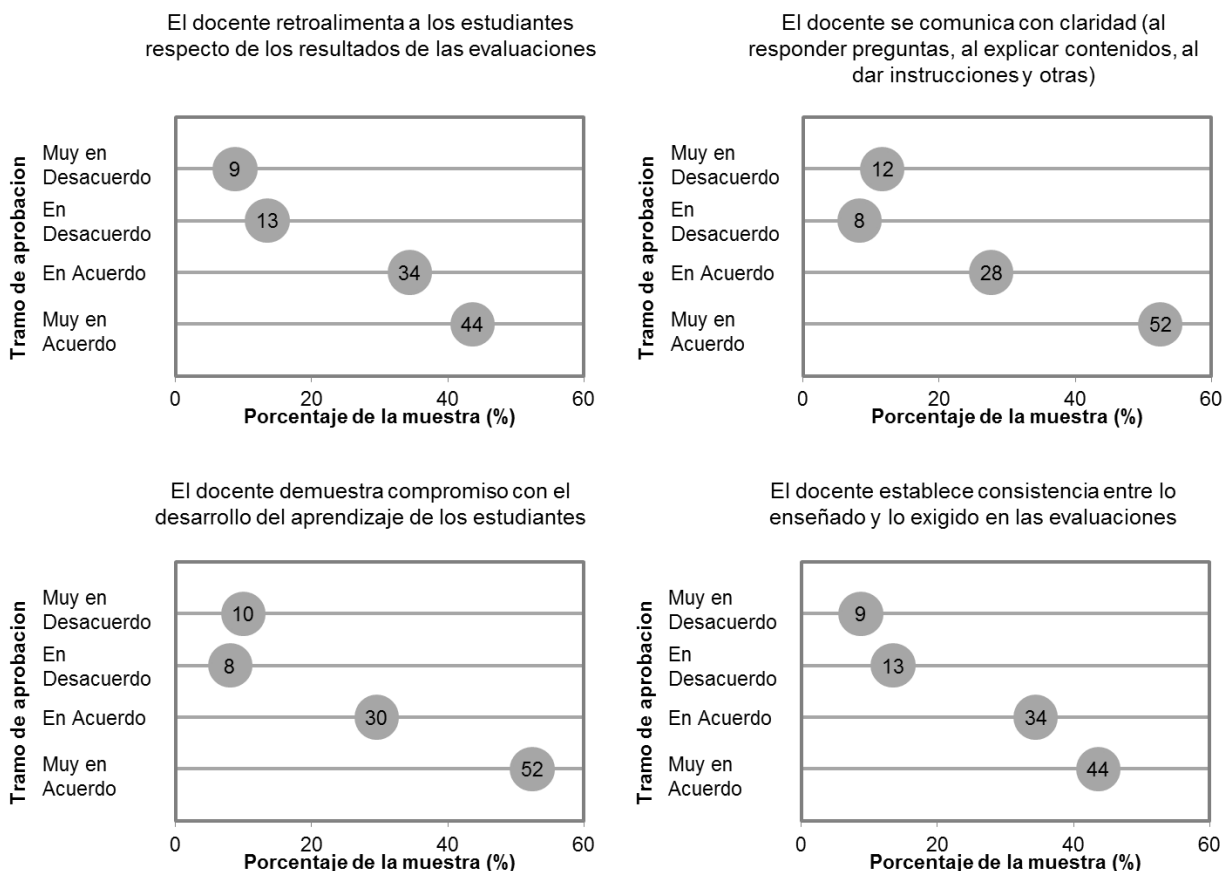


Figura 3.13: Evaluación de la comunicación y compasión del docente

A dentro de los métodos pedagógicos, el concepto de “feedback” o retroalimentación es significativo. Parte del aprendizaje proviene de la retroalimentación del profesor con respecto a los ejercicios y problemas contemplados por el alumnado. Una mayoría de

los alumnos (76%) estuvieron de acuerdo con las formas de retroalimentación usada por el cuerpo docente. Sin embargo 24 % se encuentra en desacuerdo.

3.4.3.3. Preguntas Específicas a la FCFM

Esta sección evalúa la posición y adecuación del curso “Geotecnia” en la malla curricular de Ingeniería Civil. La Figura 3.14 presenta los resultados referentes a la carga de trabajo, los cursos requisitos, los aportes del curso y de las actividades complementarias de este. La Figura 3.14 sigue la misma nomenclatura que las anteriores.

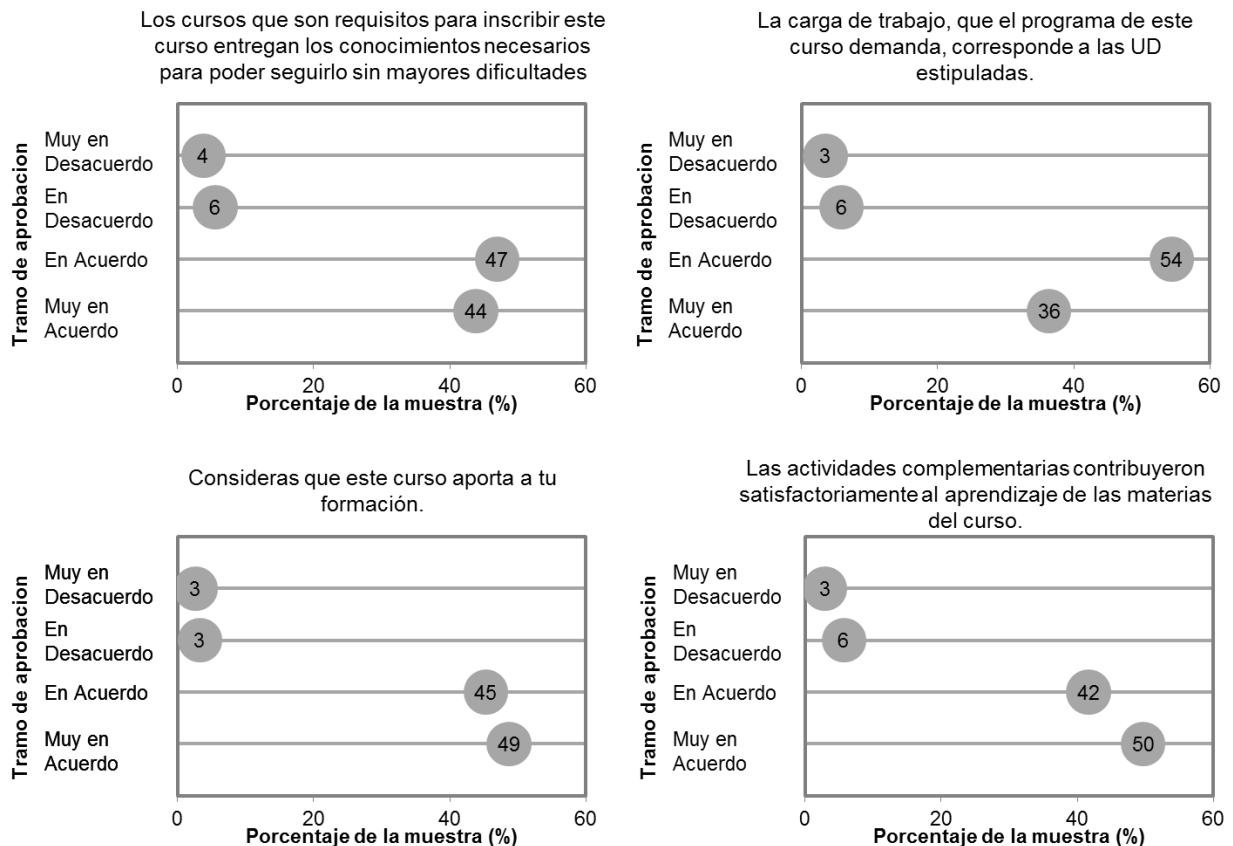


Figura 3.14: Grafico sobre la aprobación de la carga y posición del curso en la malla curricular

Primero, más del 90 % de los estudiantes del curso consideran que la carga de trabajo es adecuada a un curso de diez UD. Además, los alumnos consideran que los conocimientos adquiridos en cursos requisitos son apropiados. Los resultados muestran un curso equilibrado en términos de demanda y de posición en la malla curricular.

3.4.3.4. Relaciones Interpersonales

La universidad tiene como objetivo producir ingenieros capaces de insertarse en el mundo laboral y enfrentar los futuros desafíos sociales. Este objetivo requiere

habilidades blandas para el desempeño eficiente de los conocimientos técnicos. En este contexto, las universidades definen el perfil de egreso de los futuros ingenieros. Así, cada curso adapta el perfil de egreso al nivel y desarrollo del alumnado para fomentar las competencias destacadas en dicho perfil. Sin embargo, no necesariamente se cumple esto.

Los gráficos de la Figura 3.15 ilustran las opiniones de los alumnos sobre las siguientes aclaraciones:

- El docente fomenta actitudes de tolerancia, compromiso social y respeto a las diferencias (sociales, culturales, económicas y otras).
- El docente considera la opinión de los estudiantes para el desarrollo del curso.
- El docente logra un trato equitativo con los estudiantes.
- El docente se da el tiempo para responder consultas del estudiante.

Se presentan los porcentajes de la muestra en función de cuatro respuestas posibles: Muy Desacuerdo, En Desacuerdo; De Acuerdo, Muy de Acuerdo.

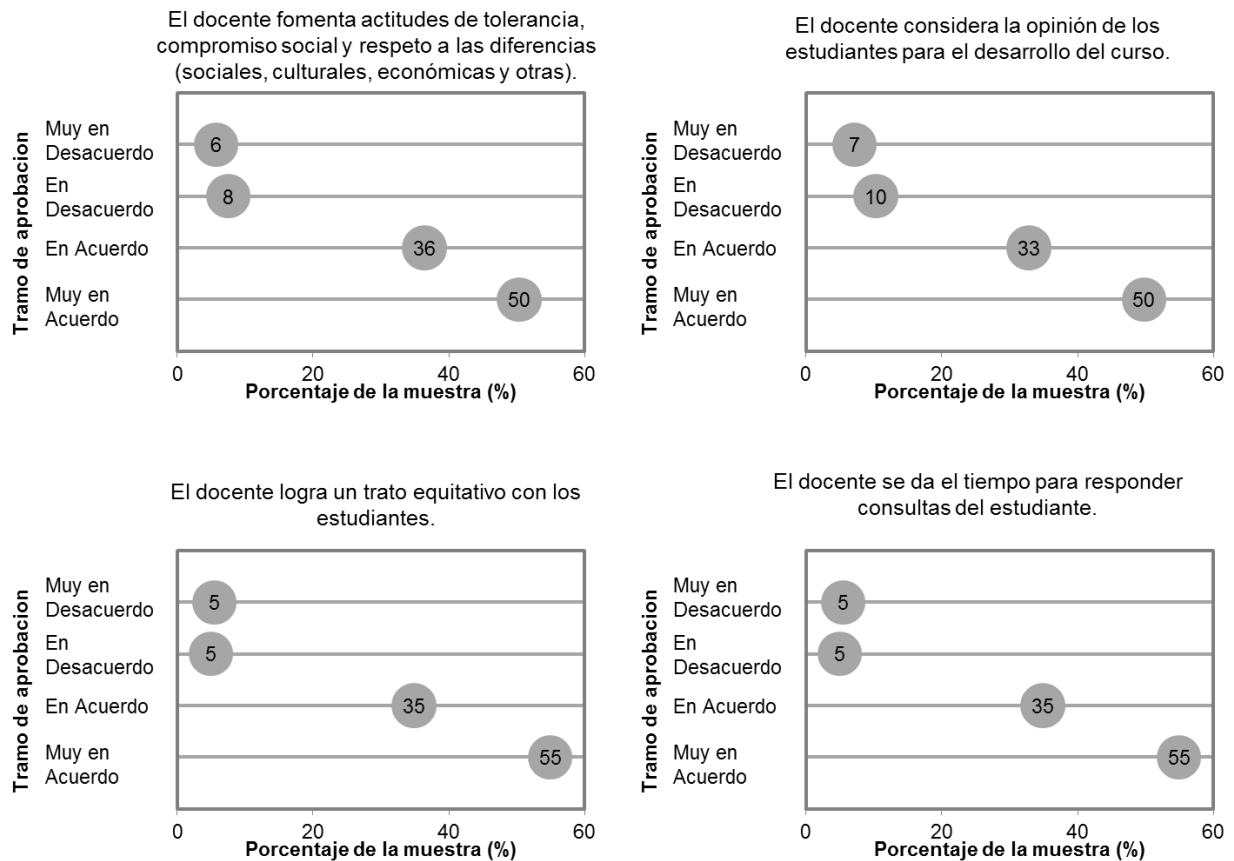


Figura 3.15: Fomentación de las relaciones personales e personales

Se observa que, en el curso “Geotecnia” [CI4401], 89% de los estudiantes consideran que fomentaron sus actitudes de tolerancia, compromiso social y respeto a las diferencias, competencias consideradas en el perfil de egresado.

3.5. Discusión de los Resultados

3.5.1. Discusión sobre el Programa del Curso

La diversidad de prestigio, régimen y ubicación de las Universidades colaboradoras permite sobrepasar los aspectos locales y asegurar una cierta validez a nivel nacional de los resultados sobre el patrón académico. Los datos destacaron dos tendencias con respecto al número de cursos obligatorios de Ingeniería Geotécnica: dos o tres cursos. Para explicar este fenómeno, se sugieren dos respuestas: Primero, no todas las universidades ofrecen la especialización en Geotecnia, lo que puede reflejar en el número de curso obligatorio. Segundo, es posible que dos cursos sean suficientes para bastar toda la materia básica de Ingeniería Geotécnica.

Posteriormente, de los resultados sobre los capítulos que deben estar presente en un curso introductorio, se observó en la Figura 3.3 que cinco capítulos forman parte del cuerpo base e inherente. Estos tópicos son: 1) Introducción, 2) Clasificación de Suelos, 3) Propiedades Índice, 4) Compactación de Suelos y 5) Tensiones dentro de una masa de Suelo. El orden de estos tiene una cierta flexibilidad como se mostró en la Tabla 3.5.

Se sugiere abordar el capítulo de la teoría de consolidación al principio del segundo curso. Se observa una tendencia a introducir el tópico de resistencia de suelo en el primer curso, después del tema de tensiones dentro de una masa de suelo. Finalmente, se recomienda abordar la teoría asociada a los conceptos de diseño de obras básicas en la primera parte del segundo curso, ya que, de querer incluirlo en el primer curso, se necesitaría sacar un capítulo de este, como por ejemplo teoría de consolidación.

3.5.2. Discusión sobre el Estilo de Aprendizaje

Los resultados de estilo de aprendizaje mostraron que los alumnos son capaz de entender equitativamente las informaciones y tareas tanto secuenciales como globales, y tanto de manera activa o reflexiva. Sin embargo, los alumnos tienen una fuerte preferencia para las informaciones visuales y sensoriales, ya que la puntuación se encuentra en un rango de cinco a siete. Se sugiere tomar en cuenta estas preferencias para favorecer el aprendizaje en estos contextos mientras fomenta las características opuestas.

Para valorar la preferencia de los alumnos para reflexiones sensoriales, Felder (1988) recomienda conectar las informaciones y teorías al mundo real. Esto es respaldado por Merrill (2002) quien detalla la importancia de proponer problemas o tareas reales y aplicadas. En caso de que el modulo requiera que la materia sea abstracta, el instructor debe proveer ejemplos específicos y aplicados para que los alumnos se sientan cómodos. Otra posibilidad es que los alumnos reflexionen grupalmente, en actividades de *Brainstorming*, para asimilar los conceptos teóricos.

Para valorar preferencia visual, el instructor dispone de varias herramientas: diagramas, esquemas, fotografías, videos, organigramas, entre otros. Felder (1994) recomienda el uso de mapas de "conceptos y conocimientos", mostrando las conexiones entre ellos.

Para fomentar la capacidad verbal, se recomienda considerar las actividades en grupo según Felder (1988).

3.5.3. Discusión sobre las Encuestas U-Cursos

Primero, es importante destacar los puntos positivos del curso, los cuales aportan una base sólida para optimizar la docencia del curso "Geotecnia" [CI4401]. Estos ejes fuertes del curso son: La participación en clase, asistencia a clase, la adecuación entre notas y aprendizaje, la carga de trabajo equilibrada del curso, entre otros. A partir de la observación que el curso aparece bien equilibrado en términos de demanda y de posición en la malla curricular, se sugiere que cualquier cambio estructural en la materia u organización del curso tiene que ser evaluada para no desequilibrar este equilibrio. En otros términos, agregar o sacar parte de la materia podría influir directamente en el desempeño del alumno.

Por otra parte, se destacó que más de 87 % de los alumnos encontraron que los profesores hayan intentado relacionar la materia con la vida real y profesional. Esto apoya a favor del de la metodología pedagogía utilizada en este proyecto según el autor. Merrill (2002) se basa en enfocar completamente la docencia en una sucesión de problemas reales. Además, Merrill (2002) presenta los "feedbacks" como un proceso clave y continuo para una docencia eficiente. Deben ser adaptados y entendibles por todos los alumnos. Una gran mayoría de los alumnos (76%) estuvieron de acuerdo con las formas de retroalimentación usada por el cuerpo docente. Sin embargo 24 % se encuentra en desacuerdo. Por lo tanto, se tiene que reevaluar y optimizar el proceso de los feedbacks. Para hacer eso, se tiene que tomar en cuenta la frecuencia, la forma y el contenido del feedback.

4. Capítulo IV: Recopilación de Opinión de Alumnos, Profesores y Profesionales

Este capítulo presenta un análisis de la campaña de recopilación de opiniones que se realizó. Se realizaron tres encuestas con el fin de que el curso propuesto sea lo más adecuado y adaptado a los alumnos de la FCFM siguiendo la dinámica impuesta por la práctica laboral y los académicos investigadores del país. Se identificaron tres muestras distintas a encuestar:

- 1) Profesionales geotécnicos
- 2) Profesores investigadores
- 3) Alumnos del curso “Geotecnia” [CI4401]

El entorno de la docencia está compuesto por los académicos y los ingenieros. Los profesores geotécnicos fomentan los alumnos como futuros ingenieros civiles a nivel tanto de conocimientos técnicos en Ingeniería Geotécnica como de capacidades personales e interpersonales. Ingenieros profesionales desarrollan actividades concretas y prácticas; Vivieron el cambio del mundo universitario al mundo profesional, y son quienes contratan y acompañan los estudiantes una vez titulados.

Dado las diferencias entre las muestras, los objetivos de las encuestas varían en función de estas. La encuesta de los profesores y profesionales, se desarrolló con dos objetivos principales. Primero, verificar que los conocimientos y capacidades que se transmiten durante la carrera de Ingeniería Civil convergen hacia las necesidades del sector geotécnico; Segundo, entender las relaciones entre los mundos prácticos y universitarios. A los alumnos, se les pidió comentar y analizar su experiencia en el curso de “Geotecnia” [CI4401] con el fin de entender su desempeño durante el curso.

Para lograr los objetivos anteriores, se han desarrollado dos tipos de encuestas distintas. Bajo la supervisión y el apoyo de expertos tales el profesor Sergio Celis (Universidad de Chile), el profesor Nielsen Pereira (Purdue University, E.E.U.U.) y Mauricio Herron (Universidad del Norte, Colombia), se desarrollaron una metodología para entrevistar de manera individual a los profesores y profesionales así que una metodología para encuestar de manera masiva y cuantitativa los alumnos del curso “Geotecnia” [CI4401]

Por último, para completar las encuestas, el trabajo presenta el análisis de una discusión grupal, en la cual profesores, profesionales y estudiantes

Primero se presentan los resultados de las encuestas con los profesionales y profesores, para plantear el entorno del curso. Segundo, se presentan los resultados sobre el desempeño del alumnado al cursar la asignatura.

4.1. Recopilación y Análisis de Opinión Profesionales y Profesores

4.1.1. Presentación General de la Metodología

Las encuestas de profesores y profesionales se desarrollaron con el modelo de “*In-Deph Interview*” (Entrevista en profundidad). Es una técnica cualitativa de investigación basadas en entrevistas individuales presenciales. El enfoque se basa en priorizar la calidad ante la cantidad de la información según Boyce and Neale (2006).

La duración está en el rango entre media hora y dos horas, y se utiliza una guía de temas no exhaustiva. Según Boyce and Neale (2006), la guía permite orientar la discusión de manera general y no debe restringirse a preguntas cerradas. Se aplica a temas complejos que no caben en una encuesta cuantitativa tradicional. Como ventajas principales, Boyce and Neale (2006) han destacan la profundidad de los de conceptos encuestados y la riqueza de las respuestas que la metodología logra.

El quorum las muestras se eligió bajo la supervisión del profesor Sergio Celis. Un mínimo de tres entrevistas con un objetivo de cinco apareció válido y adecuado. Las entrevistas duraron en promedio cuarenta y cinco minutos. Las pautas respectivas de los temas que se requería abordar con los dos grupos se encuentran en el Anexo C.

Esta sección presenta primero, los resultados de la muestra profesional y posteriormente, presenta los resultados de la muestra académica.

Los resultados de las encuestas se dividen en seis categorías:

- i. Resultados generales
- ii. Perfil de egreso
- iii. Perspectivas de evolución
- iv. Contenido del curso
- v. Módulos de la laboratorios y salidas a terreno
- vi. Habilidades personales e inter-personales
- vii. Relación entre empresas y universidades

4.1.2. Encuesta Profesional

4.1.2.1. Descripción de la Muestra de Profesionales

Se entrevistaron cuatro Ingenieros Geotécnicos trabajando en Santiago. Se solicitaron profesionales de empresas de tamaño, foco y especialidades complementarias. La Tabla 4.1 muestra la lista de los ingenieros entrevistados y su experiencia profesional.

Tabla 4.1: Muestras de Ingenieros entrevistados

Nombre	Claudia Medina	Roberto Olguín	Daniela Pollak	Ramón Verdugo
Empresa actual	BGC Engeneering	IDIEM	Arcadis	CMGI
Actividad profesional	Gerente General	Jefe de Geotécnica	Jefe de Geotecnia	Socio fundador
Experiencia años)	9	10	11	15
Experiencia académica	3 años	1 año	No	20 años
Campo de actividad	Obras mineras Diseño y campañas de ensayo	Prospecciones en terreno Ensayos sísmicos Estudios geotécnicos	Obras mineras Embalse de agua	Obras mineras Prospección de terreno Obras viales e hidráulicas

Si bien se entrevistaron solamente profesionales del sector geotécnico, resultó primordial diversificar sus perfiles. Algunos trabajan en empresas internacionales con proyectos de gran envergadura, mientras que otros lo hacen en consultoras más pequeñas. Si bien la gran mayoría de ellos trabaja en el sector privado, Adicionalmente, además de trabajar tanto en los sectores públicos como privados, presentan variadas formaciones universitarias.

La Tabla 4.2 presenta los antecedentes universitarios de la muestra. Es importante destacar que el señor Ramón Verdugo, quien fuese profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM, implementó la estructura del curso de Geotecnia que se dicta actualmente.

Tabla 4.2: Antecedentes académicos de los ingenieros encuestados

Nombre	Universidad	Título	Año
Claudia Medina	U. Chile	Ingeniero civil mención Estructuras y Construcción	2002
	Rensselaer Politecnico (USA)	Ph.D en Modelación numéricas de suelos parcialmente saturados	2007
Roberto Olgún	U. Chile	Ingeniero civil mención estructuras, construcción y geotecnia	2006
	U. Chile	Magister en geotecnia	2006
Daniela Pollak	PUC	Ingeniera Civil mención Geotecnia	2005
	PUC	Diploma en Planificación Ambiental	2011
Ramón Verdugo	PUC	Ingeniero Civil estructural	1989
	Universidad de Tokyo	Ph.D en Geotecnia	1992
	Norwegian Geotechnical Ingeeniring	Post-Doctorado	1996

4.1.2.2. Resultados de la Encuesta con los Profesionales

4.1.2.2.1. Resultados Generales

Para obtener la mejor homogeneidad, la muestra está compuesta entre cantidad de hombres y mujeres entrevistados. La mitad de la muestra estudió en la Universidad de Chile, la otra en la Pontificio Universidad Católica de Chile. Cuentan en promedio con 11 años de experiencia en cargos de gestión de equipos y proyectos geotécnicos. Salvo por el profesor Verdugo, quien trabajó veinte años como académico, el resto de la muestra tiene poca o muy poca experiencia en docencia.

4.1.2.2.2. Perfil del Egresado

El rol de las universidades es producir ingenieros capaces de adaptarse al ambiente laboral del momento, con el fin de contribuir a la resolución de los desafíos industriales actuales. Por lo tanto, se analizaron las principales fortalezas y debilidades del ingeniero geotécnico recién titulado.

Como primera observación, según la muestra encuestada, se observa que la base técnica y teórica transmitida en la carrera es muy alta. Los egresados son capaces de diseñar obras básicas como fundaciones, estructuras de contención, taludes, entre

otros. En este proceso, son competentes en el análisis y uso de resultados de ensayos elementales. Lo anterior les proporciona un bagaje necesario para poder seguir aprendiendo en la práctica de su trabajo y convertirse en managers.

Sin embargo, la industria encuentra que el perfil del egresado se limita demasiado a la parte teórica. Los proyectos de ingeniería y en particular los geotécnicos, necesitan un enfoque global involucrando el manejo de los conceptos de: plazos; costos; recursos; ubicación, contexto económico-social; constructibilidad; entre otros. Tres cuarto de la muestra destacaron en este aspecto, una insuficiencia significativa y recalcaron que dichas competencias son fundamentales para el éxito de un proyecto. Ramón Verdugo se posiciona en oposición a esta aclaración. Según el, la universidad debe transmitir solamente conocimientos teóricos con el fin de que los alumnos, una vez titulados, sean capaces de incorporar los conceptos de plazos, costos, recursos, entre otros, mientras los experimentan en su vida laboral. En este sentido, el opina que cuando la industria contrate a un ingeniero sin experiencia no debe esperar que tenga estas competencias. Aún más, considera que debe generar las instancias necesarias para que el ingeniero las pueda desarrollar.

La muestra destacó dos ejes fuertes para una mejor adaptación de los alumnos en el mundo profesional. La encuesta destacó dos falencias significativa en términos de conocimientos técnicos:

- Conocimientos mineros
- Conocimientos de Geología General

En Chile, la minería ocupa una gran parte de la actividad del sector geotécnico. Generalmente, el primer trabajo que se adjudica un ingeniero se relaciona con el área de la minería. Sin embargo, se ha destacado que la carrera no transmite ningún conocimiento relacionado a este sector. Por las dimensiones de las plantas mineras, cuesta mucho a los egresados aplicar los métodos de diseños a obras mineras y manejar los órdenes de magnitud adecuados. Tres cuartos de la muestra están a favor de incorporar ejercicios y tareas enfocada a problemas mineros.

Con respecto a los conocimientos geológicos, aunque la asignatura “Geología General” [GL3101] sea un requisito obligatorio para los cursos de Mecánica de Suelos, la muestra observa deficiencias en los conocimientos de los alumnos. Según la muestra, una buena formación teórica en geología es clave. Permite hacer el nexo y dar una visión global a las campañas de ensayos que solamente proveen datos puntuales. La correlación entre las informaciones adquiridas por los sondajes puntuales se logra mediante modelos geológicos.

4.1.2.2.3. *Perspectivas de Evolución del Ingeniero*

A los 5 años de experiencia, el ingeniero geotécnico enfrenta problemáticas de gestión y dirección de proyectos. Todos los encuestados coincidieron en que, la primera experiencia profesional fomenta en gran parte el futuro desempeño del profesional.

Ramón Verdugo va más allá y afirma que un ingeniero sin una primera experiencia en una buena empresa en términos de ética, buenas prácticas y calidad, tiene altas probabilidades de fracaso profesional. Incita a los académicos a que notifiquen a sus alumnos sobre este fenómeno.

4.1.2.2.4. *Contenido del Curso "Geotecnia"*

Esta sección evalúa las opiniones de la muestra profesional con respecto a la materia del curso "Geotecnia" [CI4401] tal como se está dictando actualmente. Se demandó priorizar y comentar los capítulos. El índice de contenido detallado del curso se encuentra en el Anexo B.

Primero, es importante destacar que, por unanimidad, los profesionales estimaron que el curso es bastante denso a primera vista. Según la mayoría de la muestra, los capítulos más importantes del curso son aquellos más conceptuales. Consideran que tiene mayor relevancia dominar los siguientes puntos:

- 1) Introducción
- 2) Propiedades Índice
- 3) Tensiones dentro de una masa de suelo

Estos puntos en particular son considerados como los puntos conceptuales claves para poder aplicar y adaptar los métodos prácticos. Al contrario de la muestra académica, consideran los tópicos más técnicos tales como Compactación de suelos y Teoría de consolidación como secundarios.

4.1.2.2.5. *Módulos de Laboratorios y Salida a Terreno*

Por unanimidad, los módulos de laboratorios se encuentran eficientes e indispensables. Esta afirmación se aplica también al curso Geomécánica [CI4402]. Los beneficios principales son: aterrizar la materia teórica en experimentos básicos, tocar suelos y adquirir habilidades aplicadas. Tres cuartos de la muestra los ven como una herramienta para sensibilizar los estudiantes a la práctica profesional. Una actividad de laboratorio en terreno agregaría mucho al aprendizaje. Generalmente, los alumnos ensayan en laboratorio muestras de suelos sin observar las extracciones de estas in-situ.

Por otra parte, salir a terreno en el marco de curso de Ingeniería Geotécnica [CI4401] se destacó como una de las actividades primordiales de este según los profesionales. Las ventajas de tal actividad son:

- Enseñar a mirar un proyecto y su entorno.
- Fomentar la motivación para estudiar y dedicarse al área geotécnica.
- Introducir órdenes de magnitud y nociones prácticas.
- Transponer la materia teórica en cosas concretas: Maquinas, hombres, material, entre otros.

Finalmente, se ha observado en los últimos años una disminución en la motivación de los egresados para trabajo en terreno. Proviene, según los resultados de la encuesta: primero, del hecho que no se le explica suficientemente la importancia de la experiencia en terreno. Salir a terreno para mirar una obra y/o hacer prospección de sitio, representa una forma eficiente y fácil para mejorar este fenómeno.

4.1.2.2.6. *Habilidades Blandas del Ingeniero Geotécnico*

Según los resultados, se presenta una lista no exhaustiva de las principales habilidades personales e interpersonales que un Ingeniero Geotécnico debe poseer según los ingenieros geotécnicos:

- Capaz de comunicar claramente y sintéticamente de manera escrita y oral tanto en español como en inglés
- Capaz de trabajar en equipo
- Desempeño al terreno para liderar campañas de ensayos
- Capaz de relacionarse con distintas personas y profesionales
- Capaz de escuchar otras opiniones y defender su posición
- Capaz de entender su posición, rol y responsabilidad en la sociedad
- Capaz de comprometerse con las decisiones y los actos que uno toma

4.1.2.2.7. *Relaciones entre Empresas y Universidad*

Se ha observado que las relaciones entre empresa y universidad no coinciden en términos de estrategia al largo plazo. Se desarrollan de manera independiente existen aunque existen vínculos puntuales. Individualmente, profesores y profesionales trabajan juntos en ciertas ocasiones. Por ejemplo, si una empresa consultora necesita la ayuda de un académico para un proyecto, lo irá a contactar directamente y lo contratará a él y no a la Universidad a la cual pertenece. Otro ejemplo típico es que un ingeniero conozca a un profesor en particular y siga sus trabajos de investigación. Estos son los dos casos más comunes ilustrando las relaciones reales entre el mundo universitario y el mundo industrial según los profesionales.

Adicionalmente, un problema recurrente según los profesionales es que la investigación universitaria se enfoca en temas bastante teóricos. La industria necesita y reclama más investigación hacia áreas más aplicadas. Sin embargo, faltan estímulos de parte de esta última para que ocurra. A nivel de país, no existen planes o medios para juntar los recursos y conocimientos de las dos entidades. Ramón Verdugo insistió en que el país no intenta conectarlas para desafiar los grandes proyectos chilenos tales como el puente Chacao o la Mina Chuquicamata.

4.1.3. Encuesta Profesores

4.1.3.1. Descripción de la Muestra de Profesores

Un total de siete profesores fueron seleccionados para la encuesta. La lista de los profesores quienes aceptaron la entrevista se encuentra en la Tabla 4.3. Para una mayor diversidad de opiniones, se entrevistaron académicos de varias universidades nacionales e internacionales (Profesor Laurence Wesley). Es importante destacar que los tres profesores de la Universidad de Chile han dictado en reiterados semestres el curso “Geotecnia” [CI4401]. La Tabla 4.3 presenta las características (Nombre, Institución, Experiencia, Dominio y Actividad profesional) de los profesores entrevistados.

Tabla 4.3: Profesores universitarios de la encuesta

Nombre	Institución	Experiencia (años)	Dominio	Actividad profesional adicional
Roberto Gesche	Universidad de Chile	15	Geotecnia aplicada	Consultora en prospecciones y estudios geotécnicos
Ricardo Moffat		20	Geotecnia aplicada	Consultora en prospecciones y estudios geotécnicos
Cesar Pasten		10	Dinámica de suelos y modelización numérica de suelos	-
Laurence Wesley	Auckland University Universidad de Chile	15	Suelos residuales	25 años en consultoras antes de dedicarse a la investigación
Gonzalo Montalva	Universidad de Concepción	10	Geotecnia	-
Mauricio Hermosilla	Universidad de la Frontera	15	Geotecnia	Algunos periodos profesionales
Esteban Saez	Pontificia Universidad de Católica	15	Dinámica de suelos y modelización numérica de suelos	-

4.1.3.2. Resultados de la Muestra de Profesores

4.1.3.2.1. *Resultados Generales*

Seis de los profesores entrevistados son chilenos y enseñan en cuatro universidades del país. Cuentan en promedio con 14 años de experiencia docente, así que presentan una gran experiencia tanto en la materia de la Ingeniería Geotécnica como en la situación actual de su docencia. La mitad tuvo o todavía tiene una actividad laboral como consultor en paralelo. Además, se entrevistó a un profesor neozelandés, el profesor Laurence Wesley. Viene a Chile cada dos años para dictar un curso de Suelos Residuales en el marco del Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Geotécnica.

Como resultado, destaca primeramente el número de tres asignaturas obligatorias en la malla de Ingeniería Civil. La muestra concuerda en que los tres cursos son fundamentales. “Geotecnia” [CI4401] y “Geomécania” [CI4402] proveen una base mínima a la mención Hidráulica, Sanitaria y Ambiental y a la mención Transporte. Sin embargo, para los alumnos con mención Estructuras, Construcción y Geotecnia, encontrarían útil agregar un curso de proyecto geotécnico como los proyectos de estructuras y construcción. En la actualidad, existe un curso optativo de proyecto geotécnico. Sin embargo, el hacerle obligatorio para los alumnos ayudaría a transmitir y fomentar los vínculos entre la teoría y la práctica, según tres cuarto de la muestra.

Finalmente, los académicos destacaron la relevancia que los estudiantes posean una base de ciencias geológicas antes de estudiar la Ingeniería Geotécnica. Aunque el curso “Geología General” [GL3101] es requisito para los módulos de geotecnia, se ha observado que los alumnos no tienen claro los conceptos básicos de Geología.

4.1.3.2.2. *Perfil del Egresado*

El rol de las universidades es formar ingenieros capaces de adaptarse al ambiente laboral del momento con el fin de contribuir a la resolución de los distintos desafíos de la industria. Por lo tanto, se analizaron la opinión de la comunidad académica sobre los principales puntos fuertes como débiles del ingeniero geotécnico recién diplomado.

Según las opiniones de los profesores, el ingeniero geotécnico, recién titulado, tiene un perfil de calculista. Sus competencias teóricas son primordiales y los mínimos que exigen son:

- Entiende bien la relación Suelo / Medio granulares
- Estados de tensiones y tensiones efectivas dentro de una masa de suelo
- Caracterización y clasificación de suelos
- Tipos de ensayos y ventajas de ellos

A partir de los conocimientos anteriores, el ingeniero joven debe ser capaz de conectarlos y aplicarlos para satisfacer las siguientes actividades:

- Diseñar obras básicas (fundaciones, muros de contención, talud, entre otros.)
- Calcular asentamientos
- Planificación de campañas chicas de ensayos
- Caracterización y análisis de suelos

Los académicos consideran que se logra producir ingenieros con los conocimientos teóricos y técnicos para desafiar la parte técnica de la práctica laboral. Sin embargo, no logran diseñar la solución óptima tomando en cuenta la constructibilidad, el plazo, el costo y los recursos. Se evidencia de esta forma, el límite entre la teoría y la práctica. Algunos profesores defienden que el rol de la Universidad es transmitir conocimientos teóricos de alto nivel para que los estudiantes puedan desarrollar de mejor manera su vida profesional. Los conocimientos prácticos específicos a la práctica, se aprenden in-situ mediante una base teórica fuerte y un ambiente laboral propicio. Al contrario, otros profesores piensan que más allá de los dominios de la teoría de la Mecánica de Suelos, se necesita introducir y fomentar el manejo de nociones tal costo, plazo y recursos.

Otro punto destacado por los profesores, en particular por el profesor Wesley, es que los ingenieros manejan muy bien métodos como si fuesen recetas. El termino recetas es fuerte pero la experiencia muestra un escaso dominio de los conceptos de la mecánica de suelos. Este fenómeno ocurre para la mayoría de los ingenieros con o sin experiencia.

4.1.3.2.3. Contenido del Curso Geotecnia

Esta sección presenta las opiniones de los académicos con respecto a la materia del curso "Geotecnia" [CI4401] tal como se dicta en la actualidad. Se les pidió priorizar los capítulos y comentar de manera general. Se vuelve a mencionar que el índice detallado del curso se encuentra en el Anexo B.

Primero, es importante destacar que la totalidad de los académicos encontró bien estructurado y bien denso. Un comentario general consiste en que todos los tópicos abordados en el curso son importantes e indispensables en el panorama de los tres cursos obligatorios.

Existe una priorización de los temas con respecto a su relevancia en el futuro desarrollo profesional de los alumnos. Dos tercios de la muestra consideran que estos tres tópicos son los más significativos del curso.

- 1) Compactación de Suelos
- 2) Flujo de aguas en suelos
- 3) Teoría de consolidación y sus aplicaciones

Al contrario, el tema “Clasificación de suelos” corresponde al menos importante, aunque se vuelve a mencionar que es indispensable.

Finalmente, se ha observado una escasa comprensión del comportamiento intrínseco de los medios granulares. Todos los académicos piensan que los conceptos de Mecánica de Partículas son fundamentales para que los alumnos entiendan los conceptos intrínsecos de la Mecánica de Suelos. Sin embargo, 71% no encontraría beneficioso profundizar más la teoría que lo que se dicta actualmente. La totalidad de la muestra recomienda agregar casos de suelos locales especiales en este capítulo, como por ejemplo: el trumao, los suelos salinos, efectos de agentes químicos, entre otros.

4.1.3.2.4. *Módulos de Laboratorios*

Los profesores están de acuerdo con los beneficios de los módulos de laboratorios en el marco de cursos geotécnicos, sin embargo, no se logra potencializar totalmente estas actividades. Primero, existen problemas inherentes a su organización. La cantidad de alumnos en comparación con el número de equipos impone grupos gigantescos, lo cual limita de manera drástica la participación y la concentración de los estudiantes. Los profesores estiman que un 25% de los estudiantes participa de manera activa. Para enfrentar eso, algunos profesores tratan de mostrar los equipos en clases e introducir el funcionamiento del experimento, para que el módulo de laboratorio se enfoque en el experimento. Así, se optimiza un poco la involucración de los alumnos.

Según los profesores, las actividades prácticas en el marco de cursos de Ingeniería Geotécnica apuntan a dos objetivos mayores. Primero, representan una herramienta pedagógica: permiten interactuar con suelos y observar sus características. Pretenden ser simples y enfocarse en los conceptos intrínsecos de la composición de suelos. Se aterriza la materia y se entiende. Hace el vínculo con la primera fuente de la materia dictada en clases. En segundo lugar, la mayoría de la muestra considera que las dichas actividades son importantes porque se muestran los ensayos básicos y comunes de la práctica laboral. Impacta significativamente en el futuro desarrollo del ingeniero que los alumnos haya visto, hecho y analizado ensayos usuales. Permite una buena comprensión de los procesos experimentales necesarios para la caracterización de suelos en la industria. En este sentido, confrontar el estudiante a resultados experimentales mejora su capacidad de análisis y genera vínculos entre el laboratorio y el diseño. Así, se fomentan ingenieros más aptos a la vida profesional.

Adicionalmente, tres cuarto de la muestra agregaría ensayos en-situ a lo que existe actualmente. Podría ser en el marco de una salida a terreno para observar una prospección de suelos o para ir a sacar muestras de suelos directamente. Lo importante es mostrar a los alumnos la etapa en terreno anterior a los ensayos de laboratorios. Así, el estudiante se involucra en la tres dimensiones de la Ingeniería Geotécnica: Terreno – Laboratorio – Oficina.

Por otra parte, los informes realizados por los alumnos, evaluado tanto el contenido como el formato de los informes. Es uno de los primeros cursos de la carrera que enseña a escribir informes científicos. En los capítulos 4.2.5.6 y 4.2.3.6 se presentan las habilidades blandas del ingeniero geotécnico según los profesores y profesionales.

Finalmente, se solicitó que los profesores prioricen los laboratorios del curso de Geotecnia de la FCFM. La Tabla 4.4 presenta los módulos con el orden de importancia de los ensayos. Se aclara que se trata de nivel de importancia, lo que no significa que los últimos no tienen importancia. Solo destaca que a pesar que todos los experimentos propuestos en el curso “Geotecnia” [CI4401] son relevantes, algunos lo son más que otros.

Tabla 4.4: Nivel de importancia de los laboratorios

Orden	Modulo
1	Identificación Visual y Análisis granulométrico
2	Gravedad Específica y Límite de Atterberg
3	Densidad Relativa y Permeámetro
4	Ensayo de Proctor Modificado
5	Permeabilidad
6	Ensayo de Consolidación Unidimensional

4.1.3.2.5. *Salida a Terreno*

La totalidad de los profesores encuentran poderoso e valioso salir a terreno en el marco de cursos geotécnicos. Permite a los alumnos materializar y ver como se repercute la teoría y las decisiones de oficina en el desarrollo de una obra. El objetivo no es que los alumnos aprendan pero que observen el desarrollo de una obra. Se fomenta la motivación y el interés en la ingeniería geotécnica.

Sin embargo, aunque todos los académicos están se acuerdan sobre estos beneficios, solamente un tercio de los profesores lo hacen. La dificultad de llevar a ochenta alumnos a terreno sumada al tiempo que se necesita para organizarlo pesa en el desfavor. Además, no existe el impulso de las universidades para reconocer el tiempo dedicado a actividades de este tipo. Los académicos son evaluados solamente sobre las publicaciones científicas. Lamentablemente, se entiende que pocos tomen el tiempo de planificar salidas a terreno, tiempo que no es dedicado a la investigación.

No obstante, la Universidad de la Frontera, implementó una visita a terreno obligatoria en los tres cursos obligatorios de su malla curricular a partir del semestre otoño 2016. Además, se busca adaptar las obras visitadas en función del curso y del desarrollo del alumno. La Tabla 4.5 presenta las características de las visitas en función del curso.

Tabla 4.5: Organización de salidas a terreno, Universidad de la Frontera

Curso	Objetivo de la salida
Mecánica de suelos 1	Estratificación, visualización de suelos Ejemplo: calicata
Mecánica de suelos 2	Más aplicados a la resistencia de suelos Ejemplo: corte de taludes, asentamientos de edificios
Fundaciones	Observar el proyecto entero, Faena múltiple! Ejemplo: Planta hidráulica, industrial

En la Universidad de Concepción se encontró una solución alternativa. Además de las salidas organizadas por los profesores, el centro estudiantil del departamento de Ingeniería Civil organiza una visita a una faena geotécnica cada semestre. Los profesores ayudan con los contactos pero son los alumnos quienes se encargan de la logística, lo que no quita tiempo a los académicos.

Finalmente, las opiniones se distinguen con respecto al mejor tipo de obras a visitar. Algunos profesores consideran más eficiente descubrir obras espectaculares tales el metro de Santiago o las fundaciones de un edificio muy alto, con el fin de fomentar la motivación de los alumnos. Al contrario, algunos piensan que es más relevante observar prospección de terrenos y campañas de ensayos in-situ, con el fin de fomentar profesionales apto al terreno.

4.1.3.2.6. *Habilidades Blandas del Ingeniero Geotécnico*

Según los resultados, se presenta una lista no exhaustiva de las principales habilidades personales e interpersonales que requiera el Ingeniero Geotécnico según los profesores académicos:

- i. Capaz de comunicar clara y sintética de manera escrita y oral tanto en español como en inglés
- ii. Capaz de relacionarse con distintas personas y profesionales
- iii. Capaz de relacionarse con otra disciplina: Geología; Geofísica; Estructural; Construcción
- iv. Desempeño en terreno para liderar campañas de ensayos
- v. Capaz de mostrar la relevancia de los estudios geotécnicos y defender su trabajo
- vi. Desarrollar un comportamiento ético
- vii. Capacidad de abstracción debido a la naturaleza y el comportamiento de los suelos.

Lo anterior se suma al perfil general del egresado de Ingeniería Civil de la FCFM. El curso “Geotecnia” [CI4401] impacta principalmente la capacidad de escribir en español, ya que los informes de laboratorios representan uno de los primeros ejercicios de escritura con un formato científico.

4.1.3.2.7. Relaciones entre Empresas y Universidad

Según las opiniones de los académicos, el mundo universitario con el mundo profesional se están distanciando. Primero, destaca como obstáculos significativos la presión de las universidades para las publicaciones científicas y los pocos fondos privados para investigar temas aplicados a la industria. Seis de siete profesores lamentaron esta situación. Sin embargo, según el profesor Esteban Saez de la Pontificia Universidad Católica, es difícil hacer investigación fundamental en Chile. 40% de sus alumnos de postgrado cuentan con subvenciones privadas.

Por otra parte, la mayoría de la comunidad académica, está de acuerdo con el hecho que la práctica geotécnica se atiene a métodos básicos. Según esta, la industria tiene un atraso con el estado del arte de la investigación. Según los profesores, la práctica no se adapta a las innovaciones universitarias nuevas, lo que genera que algunos ingenieros jóvenes se aburen por el bajo nivel de la ingeniería de la industria. Además, la presión y el costo de estudios geotécnicos tienden a obligar los profesionales a disminuir el campo del trabajo. Algunas empresas tienden a hacer mala ingeniería, existe una falta de ética de algunas empresas según los académicos. Sin embargo, la industria está en proceso de sofisticación. La proporción cada vez mayor de doctores en Ingeniería Geotécnica, tanto en las universidades como en las empresas, ayuda a sofisticar las prácticas de la industria.

4.1.4. Seminario “Teaching Soils Mechanics”

4.1.4.1. Presentación del Seminario y de los Integrantes

Para completar la recopilación de opiniones, el trabajo presenta el análisis de un seminario sobre la docencia de módulos geotécnicos organizado en la facultad. El tres de octubre 2016, se organizó un seminario intitulado “Teaching Soil Mechanics” en la FCFM. Esta actividad, complementa el estudio profundizando los resultados obtenido por las entrevistas individuales y permite confrontar de manera grupal las opiniones y experiencia de los integrantes. Los integrantes fueron profesores académicos, cuyos algunos trabajan o hayan trabajado en la industria y alumnos de le Ingeniería Civil.

El expositor fue Laurence Wesley, antiguo profesor de la Universidad de Auckland (New Zealand). Su experiencia tanto en el sector laboral como universitario está reconocida mundialmente. El evento reunió a nueve profesores de distintas universidades de Chile. Varios de ellos trabajan en consultoras geotecnia mientras hacen clases. La Tabla 4.6 presenta los integrantes de la sesión de discusión.

Tabla 4.6: Integrantes de la discusión grupal - Seminario “*Teaching Soil Mechanics*”

Nombre	Universidad / Organización
Cesar Pasten	Universidad de Chile
Roberto Gesche	Universidad de Chile
Laurie Wesley	Auckland University / Universidad de Chile
Curson Verdugo	CMGI / Universidad de Chile
Claudio Fonca	VTR / Universidad de Chile
Pascale Rousé	Universidad Diego Portales
Omar Núñez	Universidad Diego Portales / One Geotecnia
Jose Campana	Arcadis / Universidad de Santiago de Chile
Felipe Villabobos	Universidad Católica de la Santísima Concepción
Jorge Leon	Universidad de Chile (Estudiante)
Miguel Saez	Universidad de Chile (Estudiante)
Nicolas Walbrecq	Universidad de Chile (Estudiante)

El seminario se organizó en cuatro sesiones. Las primeras 3 fueron presentadas por el profesor Wesley. El objetivo fue dar consejos y recomendaciones para la docencia de la Ingeniería Geotécnica. Los tópicos tenían una característica muy técnica. Sin embargo, se trató también de tópicos relacionados a la pedagogía, al ambiente de la docencia y a las mejores prácticas para mejorar el aprendizaje de los alumnos.

La cuarta sesión, se organizó como una discusión grupal semiestructurada animada por los profesores Cesar Pasten y Roberto Gesche. Se enfocó en el estado actual de la enseñanza de la Ingeniería Geotécnica en Chile. Los profesores compartieron sus experiencias tanto positivas como negativas con respecto a temas enunciados al principio del debate. A continuación se presentan los resultados significativos de la discusión grupal. Los resultados se dividen en tres categorías: 1) Motivación de los alumnos, 2) Rol del profesor y 3) Perfil del egresado

4.1.4.2. Resultados del Seminario

4.1.4.2.1. *Motivación e Interés de los Alumnos*

Los profesores han observado en los últimos años una dificultad para capturar la atención de los estudiantes debido a que los cursos obligatorios para los ingenieros civiles tienen una base teórica muy profunda, la cual puede rechazar a algunos. Para fomentar la motivación y el interés de la audiencia se destacaron los siguientes tópicos.

Primero, se tiene que aterrizar los conceptos intrínsecos de los suelos en situaciones básicas y prácticas. Los suelos son medios abstractos de un punto de vista microscópicos. Sus comportamientos son difíciles de entender. Sin embargo, algunos ejemplos visuales básicos y simples, relacionando los suelos a cosas del día a día, permiten facilitar el aprendizaje. Estos ejemplos de la vida cotidiana ayudan a aterrizar

el aprendizaje y permiten que los conocimientos se trasladen de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo.

- Cambio volumétrico de una arena contratante o diletante: ver Anexo D.
- Efecto de capilaridad en medio granulares en relación con la capilaridad de los pantalones cuando llueve.

Segundo, la Geotecnia tiene que ver con la naturaleza. No hay mejor fuente que la naturaleza para buscar ejemplos y/o casos de estudios entretenidos según el profesor Foncea.

Por último, se observó también que los alumnos tienen dominios fuertes en métodos pero debilidades en los conceptos intrínsecos de los comportamientos de suelos. Esto proviene de la naturaleza del estudiante de ingeniera quien por un lado, quiere diseñar y aplicar recetas y por otro lado, busca aprobar los cursos. Se ha perdido la voluntad de entender los tópicos como tales y no solamente aprobar los cursos. Por otra parte, las especialidades “Estructuras y construcción” han desarrollado posturas fuertes. La Geotecnia resalta como una especialidad secundaria. El rol del profesor es primero demostrar la relevancia y la importancia de la Ingeniería geotécnica en la Ingeniería Civil. Así, la Ingeniería geotécnica ganaría en interés.

4.1.4.2.2. Rol de los Profesores Académicos

Otro tema discutido fue sobre los académicos. Generalmente, los profesores universitarios fueron contratados directamente después de doctorados y cuentan con poca experiencia laboral. Sin embargo, la Ingeniería geotécnica es una disciplina práctica. La audiencia de manera unánime consideró que no necesariamente se necesita profesores con experiencias profesionales. Calificaron el rol de la docencia en proveer conocimientos tanto teóricos como técnicos para que los alumnos puedan desarrollar los desafíos profesionales. El profesor no debe transmitir su experiencia propia. Debe proveer herramientas teóricas como prácticas a los alumnos. Además, el profesor debe presentar los límites de las teorías que enseñan.

4.1.4.2.3. Perfil del Egresado

La universidad tiene como objetivo producir ingenieros capaces de adaptarse a varios ambientes profesionales y sociales. Por lo tanto, los profesores intentan fomentar habilidades personales e inter-personales durante la carrera de Ingeniería. Se ha observado en el tiempo que los estudiantes las dominan de manera muy desigual. Las herramientas para eso son los cursos de proyectos. Estos cursos solicitan que los alumnos trabajen en grupo, entregan informes, presentan y defienden sus trabajos. Estas actividades simulan situaciones de la vida laboral para mejorar sus capacidades personales e inter-personales. Estos proyectos generablemente son obligatorios para

las especialidades Estructuras y construcción pero facultativo para le Geotecnia. Existen también talleres facultativos con el fin de mejorar algunas capacidades particulares tal comunicación escrita y tal liderazgo.

Por último, el profesor Geshe habló de la posibilidad de implementar acuerdos para facilitar las prácticas de verano en consultoras geotécnica. Estas prácticas no serían necesariamente cortas, podrían ser trabajo de título también. La idea es facilitar la comunicación entre alumnos y empresas.

4.2. Recopilación y Análisis de Opinión del Alumnado del Curso “Geotecnia” [CI4401] del Semestre Otoño 2016

4.2.1. Presentación de la Encuesta y de los Objetivos

Esta sección presenta los resultados de la recopilación de opiniones de los alumnos. Para llevar a cabo el trabajo, una de las primeras actividades consistió en recopilar las percepciones y experiencias de los últimos estudiantes que habían cursado el curso “Geotecnia” [CI4401]. Esta encuesta se desarrolló bajo los consejos de los profesores Celis y Herron quienes destacaron la importancia de identificar cuán satisfecho fueron los alumnos con respecto a la organización del curso, al contenido, a los módulos prácticos, entre otros. Para recopilar obtener datos cuantitativos, la encuesta Investigador en Educación en la Ingeniería en la FCFM, la encuesta se dividió en cinco secciones. La Tabla 4.7 presenta el objetivo y el número de preguntas por sección.

Tabla 4.7: Características de la encuesta en línea

Sección	Título	Numero de preguntas	Objetivo de la sección
Una	Opiniones Generales	3	Nivel de satisfacción y de interés en la materia
Dos	Laboratorios	4	Nivel de satisfacción y de interés en los módulos de laboratorios
Tres	Opinión Especificada	5	Opiniones específicas
Cuatro	Salida a Terreno	3	Interés para salir a terreno y beneficios
Cinco	Perfil Académico	3	Clasificación de las respuestas
Total		18	Percepción y experiencias en el curso Geotecnia

La primera parte de la encuesta, permitió entender cuan interesados estuvieron por cada tópico teórico del curso. Merrill (2002) y Keller (1984, 1987^a, 1987^b, 2008) destacaron la motivación como uno de los puntos claves de una docencia eficiente y que identificar los capítulos con mayor interés es relevante juega un papel significativo para potenciar y mantener la motivación de los alumnos de forma continua.

4.2.2. Resultados de la Encuesta de los Alumnos

Esta sección presenta los resultados de la encuesta hecha con los alumnos del curso “Geotecnia” del semestre otoño 2016. El Anexo C presenta los resultados numéricos de cada pregunta.

4.2.2.1. Resultados Generales

La muestra encuestada tomó el curso de Geotecnia en cuarto año, salvo una persona, lo cual corresponde al año oficial en la malla curricular. Fue compuesto de quince futuros ingenieros civiles mención Estructuras (80%), Construcción y Geotecnia y cinco futuros ingenieros civiles mención Hidráulica, Sanitaria y Medio Ambiente.

De manera general, el alumnado se mostró satisfecho con el curso y un 75% de la muestra lo califica como una “buena” o “muy buena introducción” a la Ingeniería Geotécnica. Un 75% consideró adecuado el sistema de evaluación. Se agradeció la realización de ejercicios básicos en clases, los cuales además de ayudar a la comprensión de la materia, ofrecen algunos decimales en los controles.

Después de haber tomado el curso, los estudiantes tienen la voluntad de aprender más en Ingeniería Geotécnica. Un 69% está motivado para seguir estudiando tópicos de Geotecnia aunque no se quiere dedicar a esta especialidad. Además, un 19% de la muestra, piensa dedicarse a la Ingeniería Geotecnia después de haber tomado el curso.

4.2.2.2. Contenido del Curso

El interés general del alumnado fue muy alto como se puede observar en la Figura 4.1. Sin embargo, existen tópicos que interesan mucho los estudiantes tales como: Flujo de aguas en suelos y Clasificación de suelos. Al reverso, existen capítulos que requieren un esfuerzo adicional para volverles más atractivos como por ejemplo Propiedades Índice.

La Figura 4.1 presenta el interés de los alumnos para cada capítulo del curso. El eje vertical corresponde los porcentajes de la muestra con respecto a las seis posibles respuestas (Muy interesante; Algo de interés, Neutro, Poco interés, Para nada interesante; No recuerdo del tema).

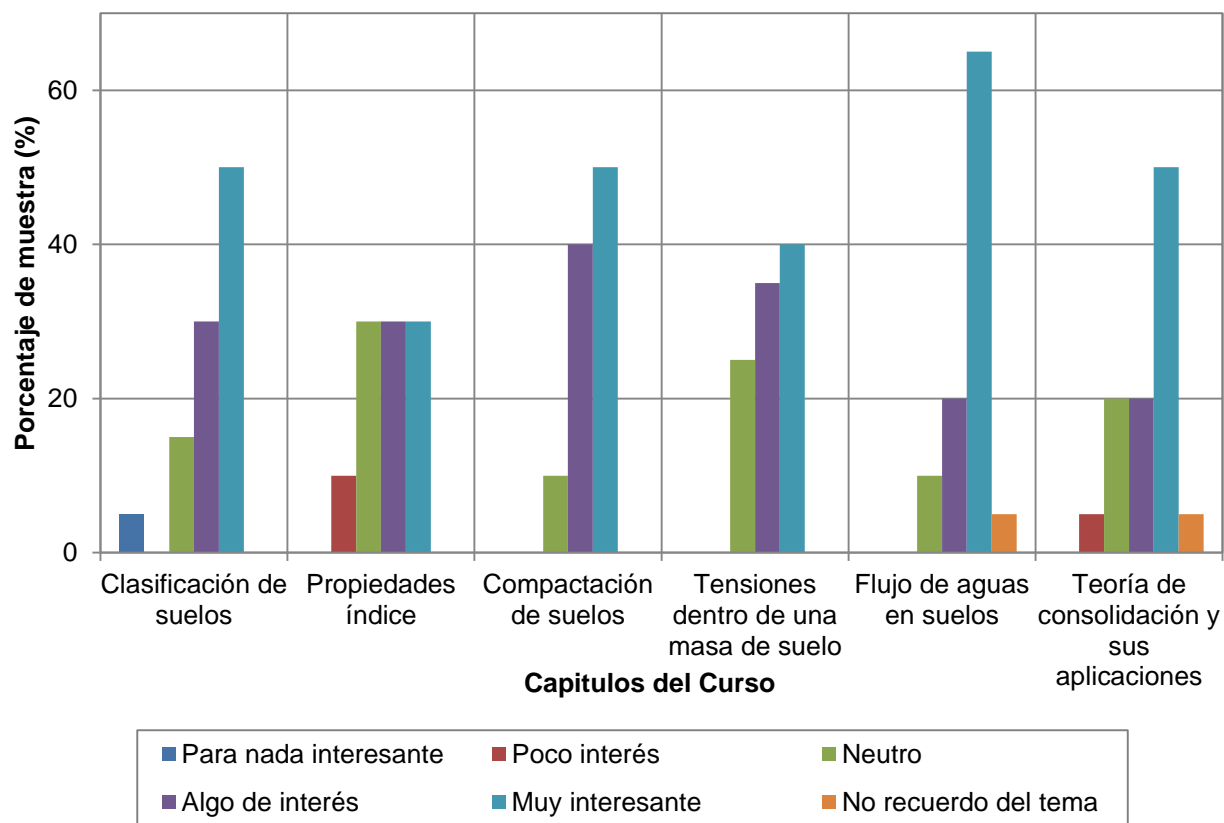


Figura 4.1: Interés de los alumnos en los capítulos del curso

4.2.2.3. Módulos de Laboratorios

El curso se acompaña de actividades de laboratorios, las cuales resaltan como muy beneficiosas para tres cuartos de los alumnos. Como beneficios significativos, con respectivamente 68% y 58% de votos, permiten “Asimilar la materia” y “Familiarizarse con los suelos”. Los alumnos encuentran que representan un verdadero apoyo a la docencia.

Sin embargo, estos módulos son sujetos a mejoras según los alumnos. Un problema importante de la organización de los laboratorios es la cantidad de personas en comparación con el número de equipos. Genera una baja involucración de los alumnos, especialmente para los laboratorios que consisten solamente en una recopilación de datos. Los estudiantes destacan una falta de tiempo para enfocar los módulos en los conceptos y en manejar suelos. Se lamentó para los ensayos Hidrómetro, Gravedad específica y Consolidación solo se analizaron datos experimentales que una tercera persona colectó. Un alumno destacó que para estos tres casos, proponer un video demostrativo del ensayo en clase sería una alternativa equivalente. Otro punto negativo según el alumnado es que los informes no evalúan la participación o la buena

realización de los ensayos in-situ, lo cual implica que los alumnos “busquen rápidamente tomar datos sin comprender”.

No obstante, para mitigar el problema de número de alumnos, estos no consideran que sería una relevante que los laboratorios fuesen voluntarios, ya que destinarían ese tiempo libre a estudiar para otros cursos.

4.2.2.4. Salida a Terreno

Para completar el aprendizaje, la totalidad de los estudiantes encontró relevante y beneficioso realizar salida al terreno. Obras espectaculares y destacadas tales puentes, presas o túneles, son muy atractivas para ellos. La Figura 4.2 muestra la evaluación de los alumnos sobre el aporte de ir a terreno. Un puntaje de uno significa “ningún aporte” y uno de cinco significa un “gran aporte”.

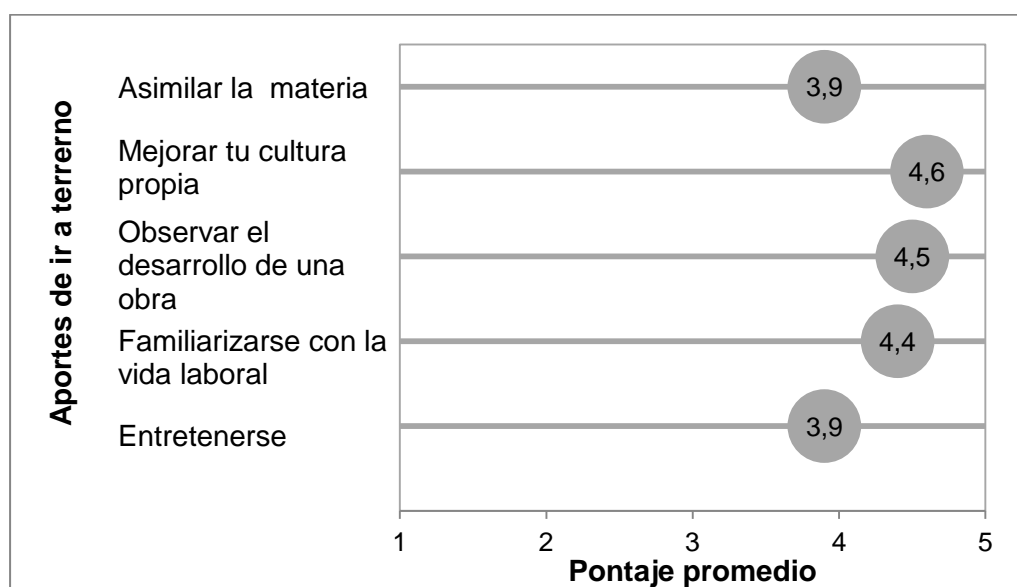


Figura 4.2: Beneficiosos de salir a terreno según los alumnos

Con un puntaje promedio mayor a 3,9, el alumnado encuentra que ir a terreno representa un aporte positivo para cada uno de los ítems: Asimilar la Materia, Mejorar tu cultura propia, Observar el desarrollo de una obra, Familiarizarse con la vida laboral y Entretenerse. En particular, con puntajes del orden de 4,5, el alumnado considera que salir a terreno aporta mucho para “Mejorar su cultura propia” y “Familiarizarse con el desarrollo de una obra y la vida laboral”.

4.2.2.5. Habilidades Personales e Interpersonales

En los capítulos anteriores, se han introducido las nociones de habilidades personales e interpersonales. El histograma de la Figura 4.3 presenta las opiniones de los alumnos con respecto a la evolución de algunas de estas capacidades durante el curso. El eje vertical representa los porcentajes de la muestra y en horizontal están las habilidades

personales evaluadas. Las tres repuestas posibles: Disminuyeron; Ningún cambio; Mejoraron, se distinguen por una leyenda de color.

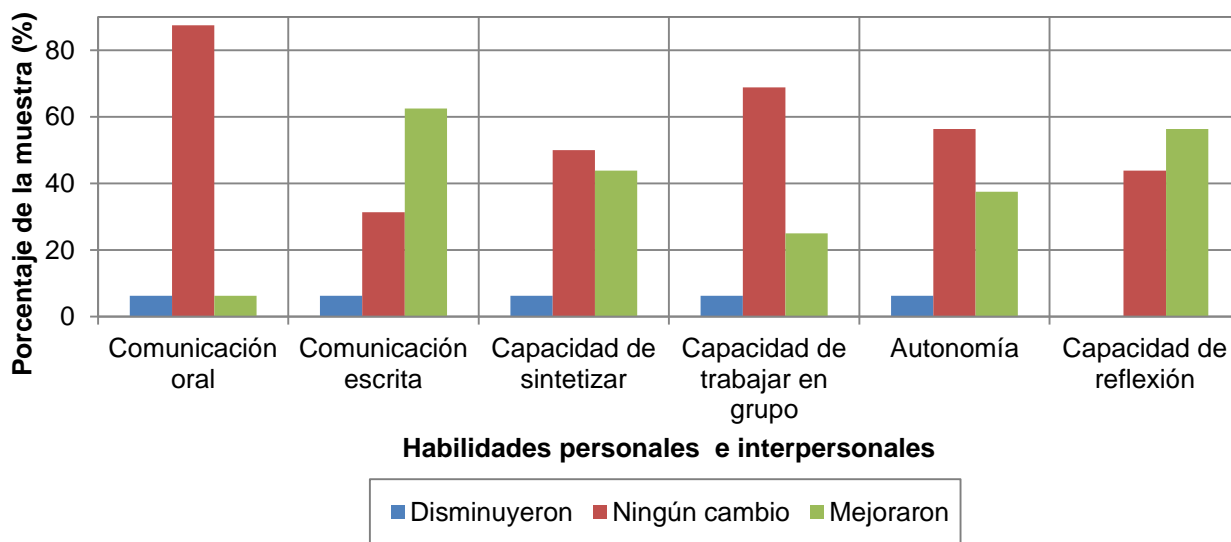


Figura 4.3: Evolución de las habilidades personales e inter-personales durante el curso

Se observa que la mayoría de las respuestas (56%) corresponden a la categoría “Ningún cambio”. Es decir que la mitad del alumnado considera que el curso no impactó en sus habilidades blandas. Sin embargo, existen algunas mejoras puntuales, un 63% y un 43% de la muestra consideran que mejoraron respectivamente, su capacidad de comunicación escrita y su capacidad de sintetizar.

4.3. Discusión de los Resultados

Esta sección pretende concluir de manera breve y sintética sobre los resultados de las opiniones de los distintos grupos encuestados. En primer lugar, Los grupos influyentes en la docencia geotécnica fueron consultados. Gracias al número de personas encuestadas y a los perfiles diferentes, se puede concluir que se cubrió la casi totalidad del entorno de la docencia. Los profesores e ingenieros proveyeron los beneficios claves y los puntos débiles de la docencia actual de la Ingeniería Geotécnica. Se refleja y se enfoca mucho al perfil de egreso en términos de conocimientos y habilidades personales e interpersonales del futuro ingeniero geotécnico. Por otra parte, los alumnos, proveyeron las ventajas y las fallas que sintieron al tomar el curso, los cuales se respaldan con el análisis de las encuestas U-Cursos. Además, la proporción de alumnos de cada especialidad de Ingeniería Civil y el año en el cual tomaron el curso coincide con la malla. La muestra ilustra bien entonces el grupo de destino para el cual se enfoca el trabajo.

4.3.1. Discusión de la Organización y del Contenido del Curso

A partir de la opinión de cada muestra, se buscó identificar los capítulos más y menos importantes del curso. Sin embargo, se observa una oposición entre la opinión de los profesores y la de los profesionales. Los primeros consideran claves los capítulos aplicados tales Flujo de aguas, Compactación de suelos y Teoría de Consolidación mientras que los ingenieros eligieron los capítulos más conceptuales tales Propiedades índice y Tensiones dentro de una masa de suelos. Además, se sugiere nivelar esta priorización de los capítulos con el interés de los alumnos para ellos presentado en la Figura 4.1, así el profesor lo puede usar para fomentar y conservar una alta motivación de los estudiantes a lo largo del semestre. El Seminario "Teaching Soil Mechanics" también provee consejos para capturar la atención de la audiencia y favorecer el entendimiento de conceptos abstractos tales como la capilaridad o el comportamiento dilatante de una arena densa.

Uno de los primeros comentarios es que parecía difícil agregar contenido al curso ya que este consta con gran cantidad de materia a revisar. Sin embargo, algunos profesores, en sus Universidades respectivas, introducen las nociones de Resistencia de Suelos y Diseño de Estructuras Básicas en el curso introductorio. Se sugiere ver el capítulo 3.2, lo cual analiza los programas académicos de otras universidades.

Por otra parte, los profesionales consideran muy importante hacer la conexión entre la Mecánica de partículas y el suelo. Recomiendan agregar casos de suelos locales especiales en este capítulo, como por ejemplo: el trumao, los suelos salinos, efectos de agentes químicos, entre otros.

Como alternativa de organización al curso "Geotecnia" [CI4401], se presentan los comentarios del Señor Verdugo respecto a su periodo como profesor del curso en la FCFM. Primero, observó una gran pérdida de interés, por parte de los alumnos, en los capítulos Propiedades Índice y Clasificación de suelos, mientras que los capítulos Flujos de aguas en suelos y Teoría de consolidación y sus aplicaciones son bastante apreciados. Según su experiencia docente, el alumno toma en serio y respecta un curso

cuando hay ecuaciones y teorías formales. Mientras es solamente definición y conceptos, se pierde la atención de la mayoría del alumnado. Por lo tanto se necesita balancear entre definiciones (conocimientos blandos) y teorías duras (ecuaciones). Cuando daba cátedra del curso, el profesor dictaba los capítulos Flujos de agua y Teoría de consolidación en segundo y cuarto lugar respectivamente, para tomar en consideración las predisposiciones de los estudiantes.

Para finalizar esta sección, se presenta la organización académica que implementó el Profesor Laurence Wesley en la Universidad de Auckland. En consideración con su experiencia profesional y académica, el profesor comienza el primer curso geotécnico revisando el concepto de tensiones efectivas. Lo cual represente según él, el punto clave que distingue el comportamiento de los suelos de otros materiales.

4.3.2. Discusión del Perfil de Egreso

Por otra parte, se presentaron resultados sobre el perfil de egreso idea del Ingeniero Geotécnico, tanto en términos de conocimientos duros que de competencias blandas. Para responder a la falta de conocimientos mineros y geológicos, se propuso:

- Incorporar ejercicios de aplicación y tareas de problemas mineros. Por ejemplo, en el curso “Fundaciones” [CI5401], se podría diseñar la losa de fundaciones de un equipo minero. Esto permitiría otorgar al alumno nociones de órdenes de magnitud de las fundaciones mineras como las capacidades de los suelos salinos del norte del país.
- Agregar cursos geológicos tal como Geología Estructural, a la lista de cursos electivos de especialidad.

Además, para introducir el manejo de los conceptos de costo, plazo, recursos y factibilidad a los ingenieros, las comunidades académicas y profesionales propusieron incorporar un curso de proyecto geotécnico obligatorio, como existe en la especialidad Construcción y Estructuras. Ya existe un curso titulado “Instrumentación en Ingeniería Geotécnica y Estructural” [CI5413] dictado por el profesor Gesche pero es optativo.

4.3.3. Discusión Actividades Complementarias

Se comentaron también las actividades complementarias para destacar los beneficiosos significativos. Se concluyó, por las tres muestras, que salidas a terreno y módulos de laboratorios in-situ impactarían de manera drástica en el aprendizaje y la motivación. Según Merrill (2002), involucrar la audiencia en problemas reales es el punto clave de la docencia. En este sentido, resalta como primordial ir a terreno en el marco del curso Geotecnia. Para lograr organizar visitas a obras, todos los profesionales encuestados, se mostraron dispuestos a ayudar los profesores universitarios para coordinar y planificar visitas a obras de su empresa respectiva. Finalmente, el ejemplo de la Universidad de la Frontera, la cual obliga visitas a terreno es interesante porque los cursos geotécnicos se organizan de manera similar a aquellos dictados en la FCFM.

Además, los módulos de laboratorios son importantes para fomentar las habilidades personales e interpersonales de los alumnos. Gracias a los informes de laboratorios. Un 63% y un 43% de la muestra consideran que mejoraron respectivamente, su capacidad de comunicación escrita y su capacidad de sintetizar.

4.3.4. Discusión de las Relaciones entre Universidades y empresas

En respuestas a la constatación de que los mundos universitarios e industriales están divergiendo, la comunidad académica propuso abrir puestos para profesores con un doble perfil. Es decir, profesionales o profesores que se dedicarían a ambos lados. Ya existen tales cargos, pero nuevamente sale como una buena posibilidad para unir ambos mundos.

En favor de este nexo, la llegada de en los últimos años, de una cantidad mayor de Ingenieros con grados de doctorados en la industria permitió, gracias a sus experiencias en investigación un inicio de acercamiento con la academia.

Capítulo V: Desarrollo de Clases

El presente capítulo presenta el desarrollo de clases de cátedras del curso “Geotecnia” [CI4401]. Se buscó implementar la Metodología de Merrill (2002) y las herramientas pedagógicas presentados en el capítulo II del presente trabajo. Además, se buscó tener presente todos los consejos y las opiniones de los académicos, profesionales y alumnos, para optimizar y adaptar tanto el foco, el contenido y las actividades complementarias del curso propuesto.

Esta sección encarna el segundo entregable del presente trabajo de título. El primero consistió en la recopilación y análisis del contexto actual de la docencia geotécnica. Se divide en dos sub-capítulos.

El primero explica la metodología y vuelve a mencionar antecedentes importantes al momento de diseñar clases. El segundo presenta dos propuestas detalladas de desarrollo de clases.

5.1. Metodología

Las clases propuestas fueron pensadas con un formato de una hora y media tal como se describió en la sección 3.2. Se buscó aplicar la metodología de Merrill (2002) para la parte pedagógica y se buscó aplicar los consejos y opiniones destacados por las muestras encuestadas.

A continuación, se presenta el entorno y características de las clases elegidas para remodelar. En el Anexo E, se colocaron las diapositivas propuestas para guiar las distintas clases.

5.2. Propuestas de Clases

5.2.1. Ejemplo 1: Tensiones Efectivas - Clase 1

Según el análisis de los programas académicos, el capítulo Tensiones efectivas se introduce en cuarta posición del curso. Los tópicos anteriores son la introducción, Propiedades índice y Clasificación de suelos. Este capítulo es el primero a abordar los temas de comportamiento de suelos.

Según las opiniones recopiladas, representa un capítulo clave para el entendimiento de los capítulos posteriores y más de forma más general, el entendimiento de la mecánica de Suelos.

Los ejemplos y problemas elegidos no son exhaustivos si no que pretenden ser adecuado con respecto tanto a la metodología pedagógica como al entorno expuesto en este trabajo.

La Tabla 5.1 presenta como se propone adaptar las etapas del modelo de Merrill (2002) a la primera clase del capítulo Tensiones efectivas.

Posteriormente, se encuentra un diagrama, cuyo objetivo es ilustra el flujo en el cual se busca involucrar los alumnos. Están presentes las etapas de Merrill (2002) y se detalla de manera esquemática las situaciones y los procesos en los cuales se busca involucrar el alumnado.

Para concluir, se vuelve a mencionar que las diapositivas para guiar la realización de la clase se encuentran en el Anexo E.

Tabla 5.1: Matriz de aplicación de Merrill (2002), Primera clase del capítulo Tensiones efectivas

Componente	Descripción	Comentarios
Problema Real	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto de construcción de una casa sobre en un sitio con una capa freática cercana a la superficie. - Una etapa del diseño es determinar si el suelo del sitio es capaz de resistir a la presencia de la casa. - Se necesita determinar los estados de tensiones dentro del suelo abajo la casa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Involucrar la presentación de suelos con agua en una situación real - Presentar fotos y casos reales de construcción sobre suelos con agua
Activación	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción de las tensiones efectivas mediante el experimento del profesor Wesley - Relacionar el tipo de suelo con los posibles comportamientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar a los alumnos que ya saben que el agua en el suelo influye en los estados tensionales - Como ya han visto los diferentes tipos de suelos, permite activar los capítulos anteriores
Demostración	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación de la teoría empezando con las tensiones verticales y la presión de poros - Determinar el estado tensional vertical cuando la napa se encuentra a la altura de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> - Caso más simple, presentarlo de manera didáctica.
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> - Los alumnos deben determinar el estado tensional vertical cuando la napa se encuentra arriba de la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> - El profesor es disponible para orientar y aclarar dudas.
Integración	<ul style="list-style-type: none"> - Para la próxima clase, los alumnos deben determinar el estado tensional vertical cuando la napa se encuentra arriba de la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> - De modo de tareas - El objetivo es hacer pensar y reflexionar los alumnos.

Esquema del proceso de los *First Principles of Instruction* aplicado a un primer modulo de introducción del concepto de tensiones efectivas

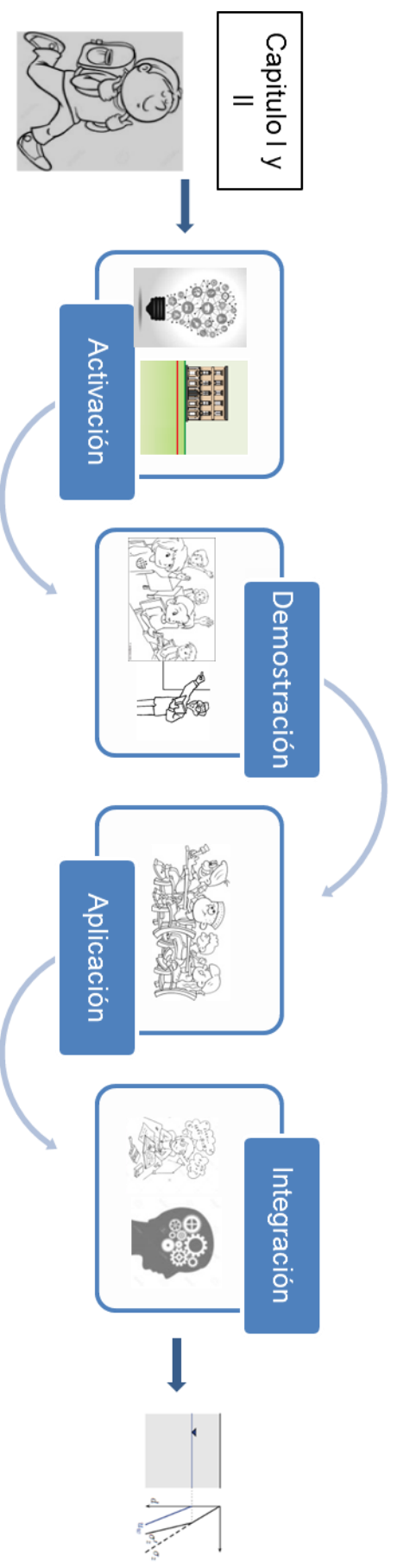


Figura 5.1: Ilustración de los flujos de la primera clase del capítulo Tensiones Efectivas

5.2.2. Ejemplo 2: Tensiones Efectivas - Clase 2

Esta sección provee una guía de aplicación del método pedagógico para la segunda clase del capítulo Tensiones Efectivas. La clase viene a continuación de la primera, por lo tanto se basa en el mismo problema real. La activación se enfoca principalmente en repasar la materia de la clase anterior y corregir y comentar la tarea propuesta. La Tabla 5.2 describe como se propone dicta esta clase.

Tabla 5.2 : Matriz de aplicación de Merrill (2002), Segunda clase del capítulo Tensiones efectivas

Componente	Descripción	Comentarios
Problema Real	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto de construcción de una casa sobre en un sitio con una capa freática cercana a la superficie. - Una etapa del diseño es determinar si el suelo del sitio es capaz de resistir a la presencia de la casa. - Se necesita determinar los estados de tensiones horizontales dentro del suelo abajo la casa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mismo problema que la clase 1
Activación	<ul style="list-style-type: none"> - Repasar y corregir la tarea de la clase 1 - Introducir la componente horizontal en de las tensiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Responder a todas la dudas y dar mucho feedbacks
Demostración	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación de la teoría de tensiones horizontales 	
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar el estado tensional horizontal cuando la napa freática se encuentra a la altura de la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> - El profesor es disponible para orientar y aclarar dudas.
Integración	<ul style="list-style-type: none"> - Para la próxima clase, los alumnos deben determinar el estado tensional completo para los tres escenarios tanto para un suelo arcilloso como para un suelo arenoso. - Concluir sobre el caso más desfavorable 	<ul style="list-style-type: none"> - De modo de tareas - El objetivo es hacer pensar y reflexionar los alumnos.

Esquema del proceso de los *First Principles of Instruction* aplicado un segundo modulo de introducción del concepto de tensiones efectivas

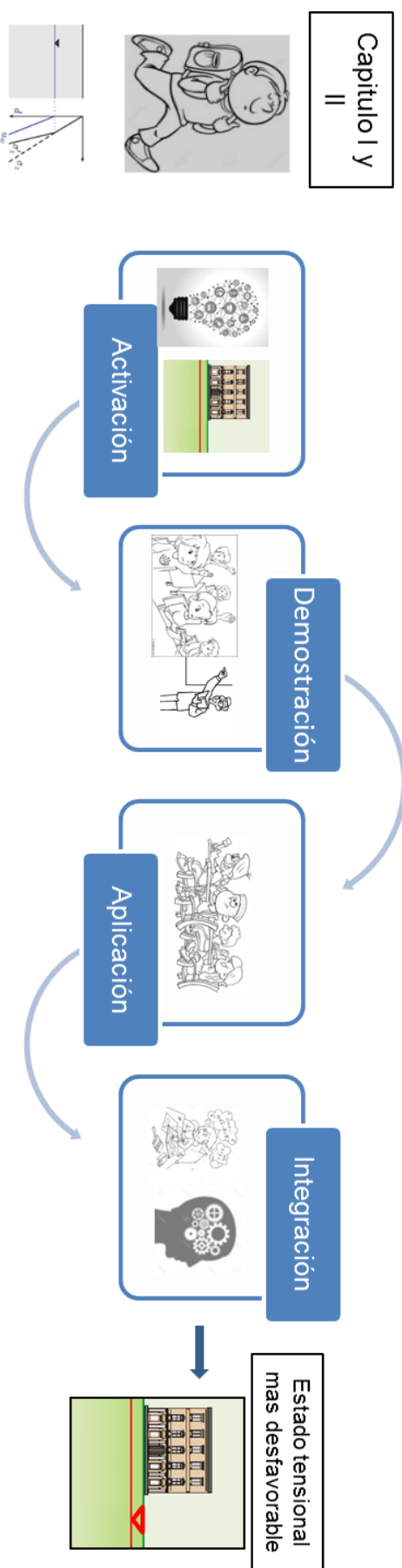


Figura 5.2 : Ilustración de los flujos de la segunda clase del capítulo Tensiones Efectivas

Conclusiones y Recomendaciones

Este último capítulo presenta las conclusiones obtenidas al finalizar el presente trabajo de título. Se divide en tres secciones. Comienza con conclusiones generales sobre metodología del trabajo y de los “First Principles of Instruction” de Merrill (2002). Posteriormente, se presentan conclusiones sobre los principales conocimientos y habilidades personales e interpersonales a fomentar durante el curso “Geotecnia” [CI4401]. Por último, se presentan recomendaciones para la implementación y el seguimiento del trabajo.

6.1. Conclusiones Generales

6.1.1. Conclusiones sobre la Metodología del Estudio

La metodología empleada para el re-diseño del curso “Geotecnia” [CI4401] ha sido una aplicación de técnicas de Educación en Ingeniería. Se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos para analizar: el programa del curso, el perfil de egreso y la metodología pedagógico. La metodología para llevar a cabo este trabajo se dividió en cinco pasos:

- i. Revisión bibliográfica y contactos con expertos en educación y pedagogía para la elección del método pedagógico adecuado y eficiente
- ii. Entendimiento de la materia teórica y técnica del curso
- iii. Campaña de contacto directo con los Departamento de Ingeniería Civil de Universidades del país para solicitar los programas académicos
- iv. Recopilación de bases de datos de encuestas existentes, tales como las encuestas docentes U-Cursos e *Index of Learning Style*
- v. Desarrollo de una encuesta de satisfacción en línea para los alumnos del curso del semestre otoño 2016
- vi. Desarrollo de entrevistas individuales para entender el entorno académico y laboral de la Ingeniería Geotécnica
- vii. Propuesta de un curso optimizado

De acuerdo a la cantidad y calidad de la información recopilada y según la experiencia de los profesores Bagiati, Herron y Pereira, se estima que la metodología implementada fue eficiente. Permitted analizar datos diversos y de calidad para cubrir el entorno completo de la docencia geotécnica.

6.1.2. Conclusiones sobre la Metodología Pedagógica utilizada

El estudio presenta la metodología los “First Principles of Instruction” de Merrill (2002) como un modelo eficiente y adaptado para cursos de ingeniería. El foco de Merrill (2002) consiste en involucrar la docencia en la resolución de problemas reales. Este punto fue respaldado, primero por Felder (1988) quien recomienda conectar la información y las teorías de un curso a la vida real. Este permite valorar la capacidad de reflexión sensorial que tienen los alumnos como se presentó en la sección 3.3. Además, se ha observado que los profesores ya hacen un esfuerzo para relacionar la materia con el campo profesional y real.

Se concluye que los principios de Merrill (2002), proponiendo una docencia centrada en problemas reales, representa un marco propicio para que los alumnos desarrollen los conocimientos teóricos y las habilidades asociados al curso y a la malla curricular de Ingeniería Civil. Para lograr implementar de manera exitosa la secuencia pedagógica basada en problemas reales, se sugiere poner un énfasis en los siguientes temas:

- i. El entorno laboral y social del aprendizaje: Entender y ajustar el perfil del egresado a las proyecciones del mundo industrial y del mundo universitario.
- ii. Relacionar la docencia a problemas reales de ingeniería: La elección de los problemas y sub-problemas propuestos a los alumnos juega un papel significativo para el desarrollo de las competencias y conocimientos del alumnado.
- iii. Periodicidad del modelo pedagógico: La docencia según Merrill (2002) sigue ciclos de aprendizaje, los cuales dictan la organización de las clases. La continuación y progresividad entre los ciclos es un punto clave de la eficiencia de la docencia.

6.2. Conclusiones sobre los Conocimientos y Habilidades Personales e Interpersonales del Ingeniero Geotécnico

Esta sección presenta conclusiones sobre el perfil de egreso según las opiniones recopilada del mundo académico y del mundo profesional. Mediante varias campañas de encuestas y entrevistas, se logró identificar los conocimientos teóricos fundamentales y habilidades personales e interpersonales a transmitir a los alumnos de Ingeniería Civil. Se precisa que este listado no es exhaustivo y viene como complemento del perfil general del egresado de Ingeniería Civil presentado en la sección 3.3.

6.2.1. Perfil de Egreso y Habilidades blandas

Actualmente, el sector geotécnico requiere de profesionales íntegros capaces de desafiar proyectos multidisciplinarios y capaces de responder a las necesidades de sus clientes. El trabajo concluye que las habilidades a desarrollar durante los cursos geotécnicos son:

- i. Capacidad de comunicar: El ingeniero geotécnico trabaja con profesionales multidisciplinarios durante el desarrollo de proyectos, con los cuales debe ser capaz de adaptar sus comunicaciones orales y escritas.
- ii. Capacidad de comprometerse: El ingeniero geotécnico tiene una gran responsabilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil. Debe ser capaz de desafiar los proyectos, defender la importancia de los estudios geotécnicos y asegurarse que el proyecto se desarrolló de manera ética y responsable.
- iii. Capacidad de liderar en terreno: El trabajo del ingeniero geotécnico tiene un fuerte componente relacionado al terreno. En proyectos mineros grandes, como en campañas de ensayos usuales, el trabajo pasa obligatoriamente por el terreno. Debe ser capaz de liderar en terreno el desarrollo eficiente de los equipos de trabajo.
- iv. Capacidad de seguir aprendiendo en la práctica: Dado la importancia de la experiencia en terreno para el manejo de proyectos geotécnicos, es importante que el egresado sea capaz de seguir aprendiendo en la práctica. Para lograr esto, la base teórica de este último juega un papel significativo.

6.2.2. Contenido y Organización del curso

Primero, es importante destacar los puntos positivos del curso, los cuales aportan una base sólida para optimizar la docencia del curso "Geotecnia" [CI4401]. Estos ejes fuertes del curso son: La participación en clase, asistencia a clase, la adecuación entre notas y aprendizaje, la carga de trabajo equilibrada del curso, entre otros. A partir de la observación que el curso aparece bien equilibrado en términos de demanda y de posición en la malla curricular, se sugiere que cualquier cambio estructural en la materia u organización del curso tiene que ser evaluada para no desequilibrar este equilibrio. En otros términos, agregar o sacar parte de la materia podría influir directamente en el desempeño del alumno.

Los resultados del análisis de los programas de varias universidades destacaron los cinco capítulos que forman parte del cuerpo base e inherente de un curso introductorio a la Ingeniería Geotécnica. Estos tópicos son: 1) Introducción, 2) Clasificación de Suelos, 3) Propiedades Índice, 4) Compactación de Suelos y 5) Tensiones dentro de

una masa de Suelo. El orden de estos tiene una cierta flexibilidad como se mostró en la Tabla 3.5

Los conocimientos y competencias teóricas primordiales para el buen desempeño profesional de los alumnos no son fácilmente identificables. Según la muestra de profesionales, lo importante consiste en los capítulos conceptuales del comportamiento de suelos: Propiedades Índice y Tensiones dentro de una masa de suelo. Sin embargo, los académicos consideran claves los capítulos más aplicados, tales como Compactación de Suelo, Flujo de Aguas y Consolidación de Suelo.

Por otra parte, se vuelve a mencionar la observación de escasos conocimientos mineros y geológicos en los profesionales jóvenes. Los proyectos mineros son numerosos y la geología contiene los conceptos claves para entender un proyecto en su globalidad. Se recomienda incorporar actividades relacionadas a estos dos temas en el marco de cada ramo geotécnico de la malla curricular.

Por último, Merrill (2002) relaciona la motivación y la involucración de los alumnos con el interés de ellos para la materia del curso. La sección 4.2 destacó que, aun que el interés general para el curso es alto, existe una variabilidad entre los siete capítulos del curso. Por lo tanto, Merrill (2002) recomienda tomar en cuenta el interés variable de los alumnos al momento de diseñar y dictar el curso.

6.3. Recomendaciones para el uso de y la implementación del curso

6.3.1. Contexto Actual de la Docencia

Un objetivo significativo del trabajo es definir el entorno completo en el cual se ancla la docencia de los ramos geotécnicos. El rol de las universidades es educar ingenieros capaces de resolver los problemas actuales tomando en cuenta los desafíos socio-económicos. La campaña de recopilación de opinión de los académicos e ingenieros completada por las encuestas estudiantiles alcanzó a cubrir gran parte del contexto actual. Se expuso el estado de la relación entre el mundo académico e industrial con el fin de entender las proyecciones y demandas de cada uno.

6.3.2. Uso del Estilo de Aprendizaje

El trabajo presenta un análisis del estilo de aprendizaje común de los alumnos del Departamento de Ingeniería Civil de la FCFM. Esta sección provee las preferencias de los estudiantes en sus maneras de procesar y entender información. Las conclusiones de esta sección deben orientar la forma y el modo de dictar las clases en función de la dificultad de los capítulos.

Para el uso óptimo del ILS, Felder (2005) recomienda que, una vez obtenidos los resultados de una muestra, el instructor debe encontrar el programa pedagógico adecuado a los estilos de aprendizaje de sus estudiantes. Este estilo de aprendizaje, ya sea individual o de promedio grupal, sugiere solamente tendencias en el proceso de información según Felder (1988). El instructor debiera usar representaciones o tareas de cada categoría, para que los estudiantes mejoren sus capacidades de aprendizaje y sus habilidades blandas.

Por último, Celis (2016) y Pereira (2016) expresaron una cierta incertidumbre con respecto a los resultados debido al idioma del cuestionario. La fiabilidad de las respuestas de alumnos de otro idioma materno, necesitaría un análisis factorial para definirse de manera precisa. Lo anterior mitiga un poco los resultados y sugerencias anteriores sin que se vuelvan obsoletas.

6.3.3. Implementación y prueba del modelo

El proceso de diseño es de carácter iterativo, por lo cual el seguimiento de la implementación del método pedagógico es importante. Este trabajo solamente alcanzó proponer módulos de clases, los cuales se deben probar *in situ*. Una vez probada, se recomienda realizar una campaña de encuesta para evaluar el desempeño del alumnado. Esta encuesta deberá evaluar la satisfacción y el nivel de conocimientos adquiridos por los alumnos. Así, a partir de estos comentarios, se podrán determinar las fortalezas y debilidades del modelo propuesto y así, proponer una segunda versión optimizada.

Bibliografía

- Andre, T. (1997). Selected microinstructional methods to facilitate knowledge construction: implications for instructional design. *Instructional Design: International Perspective: Theory, Research, and Models*, 1.
- Bagiati, A. (2016). Comunicacion personal con Aikaterina Bagiati.
- Boyce, C., & Neale, P. (2006). Conducting in-depth interviews: A Guide for designing and conducting in-depth interviews. *Evaluation*, 2(May), 1–16. <http://doi.org/10.1080/14616730210154225>
- Celis, S. (2016). Comunicacion personal con Sergio Celis. Santiago.
- Clark, R. E., & Blake, S. B. (1997). Designing problem for novel problem-solving transfer. *Instructional Design: International Perspective: Theory, Research, and Models*, 1, 183–214.
- Collis, B. (2004). *Merrill Plus : Blending Corporate Strategy and Instructional Design*, 1–14.
- Felder, R. M., Rugarcia, A., Woods, D. R., & Stice, J. E. (2000). The Future of Engineering Education I. a Vision for a New Century. *Chemical Engineering Education*, 34(1), 16–25. <http://doi.org/10.1109/FIE.2002.1157986>
- Felder, R. M., & Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education*, 78(June), 674–681.
- Felder, R. M., & Soloman, B. A. (1994). Index of learning styles *, 1–10. Retrieved from <<http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>>
- Felder, R. M., & Spurlin, J. (2005). Applications , Reliability and Validity of the Index of Learning Styles *. , *Int. J. Engng Ed*, 21(1), 103–112.
- Frick, T. W., Chadha, Æ. R., Watson, Æ. C., Wang, Y., & Green, Æ. P. (2009). College student perceptions of teaching and learning quality. *Educational Technology Research and Development*, 705–720. <http://doi.org/10.1007/s11423-007-9079-9>
- Gardner, J. (2009). *Applying Merrill's First Principles of Instruction: Practical Methods*

Based on a Review of the Literature, 1–16.

- Gardner, J. (2011). How Award - winning Professors in Higher Education Use Merrill ' s First Principles of Instruction. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 8(5), 3–12.
- Gardner, J., Bentley, J., & Cropper, M. (2008). Evaluating Online Course Quality: Teaching Evaluation Using First Principles of Instruction. *Midwest Journal of Educational Communication and Technology*, 2, 1–7.
- Gardner, J., & Jeon, T. (2009). Creating task-centered instruction for web-based instruction: Obstacles and solutions. *Journal of Educational Technology Systems*.
- Herron, M. (2016). Comunicacion personal con el profesor Mauricio Herron.
- Keller, J. M. (1984). The use of the ARCS model of motivation in teacher training. *Aspects of Educational Technology*, 17(Staff development and career updating), 140–145.
- KELLER, J. M. (1987a). Development and use of the ARCS model of motivational design.pdf. . *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10.
- KELLER, J. M. (1987b). Motivational systems. *Improving Individual and Organizational Performance Worldwide*, 373–394.
- Keller, J. M. (2008). First principles of motivation to learn and e³-learning. *Distance Education*, 29(2), 175–185. <http://doi.org/10.1080/01587910802154970>
- Kilpatrick, W. (1918). *The Project Methods*.
- Kuhl, J. (1987). Action control: The maintenance of motivational states. *Motivation, Intention and Volition*, 279–291.
- Mendenhall, B. A., Buhanan, C. W., Suhaka, M., Mills, G., Gibson, G. V, & Merrill, M. D. (2006). A Task-Centered Approach to Entrepreneurship. *TechTrends*, 50(4), 84–89.
- Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39–64. <http://doi.org/10.1007/BF02504993>

- Merriënboer, J. Van, & Kirschner, P. (2008). Ten Steps to Complex Learning A New Approach to Instruction and Instructional Design. In T. L. Good (Ed.), 21st Century Education: A Reference Handbook, 244–253. http://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00870_9.x
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43–59. <http://doi.org/10.1007/BF02505024>
- Pasten, C. (2015). Apunte del Curso Geomecanica.
- Pereira, N. (2016). Comunicacion personal con Nielsen Pereira.
- Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory , Learning Difficulty , and Instructional Design. *Learning and Instruction*, 4, 295–312. [http://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](http://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Thompson. (2002). Job impact study: The next generation of learning, (February).
- Viola, S. R., Graf, S., & Leo, T. (2006). Analysis of Felder-Silverman Index of Learning Styles by a Data-driven Statistical Approach.
- Weiner, B. (1974). Achievement motivation and attribution theory.
- Wesley, L. (2012). Rethinking aspects of theory and tradition in soil mechanics teaching. In Third International Conference on Geotechnical Engineering Education and Training.
- Zuckerman, B. (1971). Dimensions of sensation seeking. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1, 45–52.

Anexo A: Perfil de Egreso, Universidad de Chile, Ingeniería Civil

Tabla de Competencias específicas a la carrera del Ingeniero Civil

Ítem	Categoría general	Geotecnia [CI4401]
Dominio de las matemáticas, de las ciencias básicas y de las ciencias de la ingeniería	Conocimiento Comprensión Aplicación	X
Habilidad para planificar y concebir obras y sistemas de ingeniería civil, especialmente aquéllos de carácter abierto que requieran un enfoque multidisciplinario o sistémico.	Síntesis	
Habilidad para diseñar obras y sistemas de ingeniería civil, especialmente aquéllos de carácter abierto que requieran un enfoque multidisciplinario o sistémico.	Síntesis Evaluación	X
Habilidad para construir y liderar obras y sistemas de ingeniería civil, especialmente aquéllos de carácter abierto que requieran un enfoque multidisciplinario o sistémico.	Evaluación	
Habilidad para administrar, operar y mantener obras y sistemas de ingeniería civil, especialmente aquéllos de carácter abierto que requieran un enfoque multidisciplinario o sistémico.	Análisis	
Ser capaz de seleccionar apropiadamente métodos y tecnologías para la resolución de problemas de Ing. Civil, incluyendo herramientas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas pertinentes.	Comprensión	X

Anexo B: Índice del curso “Geotecnia” [CI4401] del semestre otoño 2016

I. Introducción

- 1.1. Aplicaciones
- 1.2. Formación de suelos
- 1.3. Sistema trifásico
- 1.4. Tipo de partículas

II. Clasificación de Suelos

- 3.1. Clasificación visual
- 3.2. Clasificación Unificada
- 3.3. Clasificación para carretera

III. Propiedades índice

- 2.1. Contenido de humedad
- 2.2. Peso específico
- 2.3. Grado de saturación
- 2.4. Índice de vacíos y porosidad
- 2.5. Pesos unitarios en distintos estados
- 2.6. Granulometría
- 2.7. Límites de Atterberg

IV. Compactación de suelos

- 4.1. Importancia
- 4.2. Ensayos de densidad relativa, compactación y CBR
- 4.3. Canchas de prueba, especificaciones y control

V. Tensiones dentro de una masa de suelo

- 5.1. Esfuerzos geostáticos
- 5.2. Principio de tensiones efectivas
- 5.3. Efecto de capilaridad
- 5.4. Incremento de tensiones por cargas externas aplicando Boussinesq y Westergaard

VI. Flujo de aguas en suelos

- 6.1. Ley de Darcy
- 6.2. Coeficiente de permeabilidad
- 6.3. Flujo unidimensional
- 6.4. Flujo bidimensional, ecuación de Laplace, redes de flujo

VII. Teoría de consolidación y sus aplicaciones

- 7.1. Ensayo de consolidación
- 7.2. Teoría de Terzaghi
- 7.3. Asentamientos
- 7.4. Presiones de poros y tensiones efectivas
- 7.5. Consolidación secundaria

Anexo C - Encuestas

C.1 Encuestas Profesores

Se presentaba el índice del contenido del curso de Geotecnia para ayudar los profesores a contestar.

1. ¿Años de experiencias de enseñanza e investigación?
2. ¿Cree que el número de cursos de geotecnia obligatorios en ingeniería civil es adecuado?
3. ¿Cuáles son las materias más y menos importantes del curso?
 - a. ¿Qué sacaría?
 - b. ¿Qué agregaría?
4. ¿Encuentra importante conectar los conceptos de Suelo y Medio granular?
 - a. ¿Cómo lo haría?
5. ¿Le parecen eficiente los laboratorios del curso de geotecnia? 1 – 10
 - a. ¿Cuáles son los beneficios?
 - b. ¿Cuáles son los inconvenientes?
 - c. ¿Qué modificaría?
 - d. ¿Cuál módulo encuentra más relevante?
 - e. ¿Cuál módulo encuentra menos relevante?
6. ¿Perfil de egreso del estudiante después de haber tomado la clase?
 - a. ¿Cuáles son los mínimos que usted exige?
7. ¿Qué tipo de actividad / ejercicio geotécnico satisfará el estudiante una vez titulada?
8. ¿Cuál es el perfil actual del Ingeniero Geotécnico?
9. ¿Qué esperaba de un ingeniero en términos de conocimiento
 - a. ¿Con 0 años de experiencia?
 - b. ¿5 años de experiencia?
 - c. ¿Qué le preguntaría para chequear su conocimiento?
10. ¿Cómo ve el futuro de la docencia de la Ingeniería Geotécnica?
11. ¿Cómo ve el futuro de la práctica de la Ingeniería Geotécnica?
12. ¿Encontraría relevante ir a terreno en el marco del curso de Geotecnia? ¿Por qué?
13. ¿Según su experiencia en geotecnia; cuales son las habilidades blandas del ingeniero Geotécnico? ¿Cómo usted las fomentan?

C.2 Encuestas Profesionales

Se presentaba el índice del contenido del curso de Geotecnia para ayudar los profesores a contestar.

1. ¿Perfil académico? Año de titulación – Mención - Phd
2. ¿Cuál es su perfil profesional?
 - a. ¿Cuántos años de experiencia llevo usted como ingeniero? 0; 0-2; 2-5; 5-10; >10
3. ¿Mayores cambios entre la geotecnia universitaria y la práctica laboral?
4. ¿Cuáles son los temas más importantes de geotecnia de los módulos académicos? 1 – 10
 - a. ¿Qué tema sacaría de la materia?
 - b. ¿Qué tema agregaría a la materia?
 - c. ¿Convenientes e inconvenientes?
5. ¿Perfil de egreso del estudiante recién titulado?
 - a. ¿Cómo ha cambiado su percepción en 5 años de experiencia?
6. ¿Según su experiencia, es relevante introducir los conceptos de mecánica de contactos a la materia?
7. ¿Qué es el perfil actual del Ingeniero Geotécnico con 5 años de experiencia?
8. ¿Encuentra importante y relevante los laboratorios?
9. ¿Encontraría relevante ir a terreno en el marco del curso de Geotecnia? ¿Por qué?
10. ¿Según su experiencia en geotecnia; cuales son las habilidades blandas del ingeniero Geotécnico?
11. ¿Cómo ve el futuro de la docencia de la Ingeniería Geotécnica?
12. ¿Cómo ve el futuro de la práctica de la Ingeniería Geotécnica?
 - a. ¿Encuentra que la práctica y la academia convergen o divergen?

C.3 Encuestas Alumnos – Análisis pregunta por pregunta

Pregunta 1: ¿De manera general, cuán satisfecho/a estás con el curso de Geotecnia [CI4401]?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Muy satisfecho	5.0%	1
Satisfecho	55.0%	11
Neutral	40.0%	8
Insatisfecho	0.0%	0
Muy insatisfecho	0.0%	0
TOTAL	100%	20

Pregunta 2: ¿Cómo calificarás tu interés en cada uno de los distintos temas del curso?

Respuesta Tópico	Para nada interesante	Poco interés	Neutro	Algo de interés	Muy interesante	No recuerdo del tema
Clasificación de suelos	5	0	15	30	50	0
Propiedades índice	0	10	30	30	30	0
Compactación de suelos	0	0	10	40	50	0
Tensiones dentro de una masa de suelo	0	0	25	35	40	0
Flujo de aguas en suelos	0	0	10	20	65	5
Teoría de consolidación y sus aplicaciones	0	5	20	20	50	5
TOTAL	1%	3%	18%	29%	48%	2%

Pregunta 3: ¿Cómo evaluarías el tiempo que el curso le dedico a los distintos temas?

Tópico	Respuesta	Corto	Adecuado	Largo
Clasificación de suelos		5	70	25
Propiedades índice		10	80	10
Compactación de suelos		25	70	5
Tensiones dentro de una masa de suelo		15	80	5
Flujo de aguas en suelos		20	65	15
Teoría de consolidación y sus aplicaciones		60	35	5
TOTAL		23%	67%	11%

Pregunta 4: ¿De manera general, cuán útiles encontraste los laboratorios?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Muy útiles	26,3	5
Útiles	47,4	9
Neutral	10,5	2
Inútiles	5,3	1
Muy Inútiles	10,5	2
Total	100%	19

Pregunta 5: ¿De qué manera te ayudaron los laboratorios? (dos respuestas)

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Asimilar la materia	68,4	13
Familiarizarse con los suelos	57,9	11
Familiarizarse con los equipos	31,6	6
Manejar ordenes de magnitud	15,8	3
Entretenerse	15,8	3
Indiferente	10,5	2

Pregunta 6: ¿Cuán beneficioso sería que los laboratorios fuesen voluntarios?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Muy beneficioso	5	1
Beneficioso	11	2
Neutral	16	3
No beneficioso	47	9
Perjudicial	21	4
Total	100%	19

Pregunta 6bis: ¿Por qué? Necesitamos saber porque piensas eso.

¿Por qué? Necesitamos saber porque piensas eso.	
[1]	Gente no asistiría
[2]	Porque favorece al interés natural de los alumnos, y no estudiar para sacar nota para pasar. Una real fomentación a la motivación
[3]	Porque a pesar de ser útiles, no son necesariamente entretenidos, por lo que mucha gente evitaría realizarlos debido a esto.
[4]	porque la gente no asistiría (Más porque la carga en civil es muy alta que por poco interés)
[5]	Ya que en algún momento del semestre se empiezan a juntar las evaluaciones y tareas de todos los cursos. La gente preferiría no ir a los laboratorios, por tener más tiempo para los demás cursos.
[6]	permitiría que las personas que quieran aprender lo hagan
[7]	Porque se dejarían de lado
[8]	si fueran voluntarios nadie los haría, Posteriormente quizás usen el tiempo para estudiar lo que sería beneficioso, o no lo utilizarían bien. En mi opinión, sería mejor que los laboratorios fueran más bien demostrativos en una semana y prácticos en la siguiente
[9]	No habría participación
[10]	al ser voluntario quizás le daría más prioridad a estudiar o hacer una tarea de este o algún otro curso, sin embargo si la carga en general por semestre fuera más ligera y el horario del laboratorio fuera cómodo (por ejemplo después de clases) sería muy grato ir a los laboratorios a realizar la experiencia
[11]	Es decir, sería interesante que se sumaran laboratorios voluntarios, pero si fuesen todos los laboratorios voluntarios, seguramente la asistencia sería muy baja.
[12]	Por qué para entender los gráficos, parámetros, etc. de un concepto teórico, es necesario conocer la procedencia del dato. Además estás obligado a aprender desde un punto de vista aplicado.
[13]	Considero que en el las actividades de laboratorio poco se aprende, mas bien se busca terminar rápidamente la toma de datos, es decir, el laboratorio se transforma más en un trámite que en una actividad para aprender.
[14]	Porque se optaría por no realizarlo dado la carga académica de los otros cursos

[15]	Porque evitaría algunos (los primeros) pero llevaría a cabo de manera total otros. Por ejemplo consolidación y compactación
[16]	Siento que los laboratorios me hicieron asimilar mucho los contenidos teóricos que se estaban viendo en clases. En mi caso, entiendo mejor las cosas cuando las veo y pongo en práctica, ya que así voy comprendiendo por qué se realizan ciertos procedimientos o por qué fue necesaria la investigación de X cosa, de hecho, el laboratorio de consolidación no lo hicimos (solo subieron los resultados) y me costó entender cómo se debía desarrollar el informe (a pesar de que se realizó una clase en que explicaban su desarrollo).
[17]	Habría poca asistencia a ellos
[18]	porque por tema de prioridad de evaluaciones, no iría regularmente al laboratorio
[19]	Son parte importante del curso pero por la carga académica sería bueno elegir si ir o no a la experiencia.

Pregunta 7: ¿Te gustaría cambiar algo en la organización de los laboratorios?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
No	47.4	9
Si, por ejemplo:	52.6	10
Total	100	19

Si, por ejemplo:	
[1]	Ciertos laboratorios con informes grupales
[2]	el plazo de entrega, y las guías de cada laboratorio
[3]	Creo que la idea de los laboratorios es hacer las cosas por uno mismo, ahora entre mirar como alguien hace un experimento y verlo en YouTube hay poca diferencia, debería cambiar la organización para que se pueden de alguna forma hacer los experimentos que requieren tiempo, como por ejemplo el hidrómetro, gravedad específica y consolidación, ya que estos laboratorios se explicaron muy rápidamente y se entregaron los resultados, al final esta tipo de metodología no es muy experimental y es muy parecido a lo que se hace en clases
[4]	Podrían permitir que los alumnos tengan más libertad para realizar los experimentos, por ejemplo, en el laboratorio de clasificación de suelos, solo utilizamos el análisis granulométrico en un suelo. También, en la realización del laboratorio de la gravedad específica, solo mostraron como se realizaba el ensayo del picnómetro, pero los estudiantes no lo realizamos.
[5]	Los informes, las evaluaciones se basan más en la forma que en el fondo. Debieran existir en cada carrera, una instancia diferente para aprender a realizar informes. Creo que hay un problema de foco en la evaluación.
[6]	Lograr efectivamente que el estudiante aprenda en laboratorio, para ello eliminar el informe de laboratorio que se hace en casa y reemplazar esa nota por una nota que se aplique dentro del mismo laboratorio, esto pues al realizar el informe en casa, los estudiantes buscan rápidamente tomar datos sin comprender lo que hicieron pues con

	los datos obtenidos y fórmulas se resuelve de igual manera.
[7]	Que los datos fuesen obtenidos por los alumnos y no subidos por los ayudantes.
[8]	Si no se realiza el laboratorio, que no sea necesario realizar un informe (en los casos excepcionales en que esto ocurra). También que los laboratorios comiencen un poco antes, ya que a mediados de semestre la materia vista en clases se descoordinó con los laboratorios (mientras veíamos consolidación estábamos haciendo el laboratorio de permeámetro)
[9]	La asistencia al laboratorio de permeámetros fue inútil, ni siquiera se logró manejar equipos
[10]	la hora de entrada al laboratorio

Pregunta 8: ¿Cuán adecuado encontraste el sistema de evaluación del curso?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Muy adecuado	12,5	2
Adecuado	75,0	12
No, se podría mejorar:	12,5	2
Total	100	16

No, se podría mejorar:
los controles no debiesen tener tareas
En general el sistema es bueno, pero el problema que existe es que algunos controles se parecen mucho a los de otros años, por lo que no permiten evaluar el dominio teórico de la materia

Pregunta 8bis: ¿Qué comentarios harías?

Comentarios	
[1]	me gustó mucho el curso
[2]	Tareas muy largas en las que el tiempo invertido no se ve reflejado en lo que uno realmente aprende.
[3]	mas tareas, y menos laboratorios
[4]	Estaba cursando, Geotecnia y Mecánica de Fluidos simultáneamente, creo que Fluidos debería ser requisito de Geotecnia, no es indispensable que se facilitaría mucho el aprendizaje. En la unidad de flujo en suelos, se usa Bernoulli y Ley de Darcy, en el caso de Darcy no es necesario saberlo previamente, aunque se expresan de forma diferente, en el caso de permeámetro y red de flujos es necesario entender bien Bernoulli.
[5]	q
[6]	La última parte del curso no se entendió bien considerando el paro y que el profesor no hizo más clases
[7]	las tarea son un súper buen sistema se agradece realizar problemas aplicados donde sea necesario el uso de programas especializados, pero la fecha de las entregas es mala, la entrega de la tarea es en el mismo momento que la mayoría de los controles lo que no permite desarrollar la tarea de la manera adecuada.
[8]	Si bien el curso tiene muestras de suelo y laboratorios, quizás le faltaría alguna salida a terreno para extraer muestras o ver como se extraen las muestras.
[9]	:)
[10]	El laboratorio del curso es malo.
[11]	Mi único problema fue que en los controles no tenía el tiempo suficiente para resolver los problemas
[12]	El curso esta quizás un poco tarde en la malla de ing. Civil
[13]	Las tareas podrían ser un poco más cortas, y en el caso de que cuente como una pregunta de control (como fue en este semestre) que se pueda realizar el reclamo correspondiente.
[14]	Las tareas fueron muy poco guiadas (las que no requerían software)
[15]	se agradece hacer ejercicios en clases
[16]	ninguno

Pregunta 9: ¿Cómo calificarías el nivel de los conocimientos adquiridos con respecto al tiempo dedicado al curso?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Alto	31,3	5
Normal	68,8	11
Bajo	0,0	0
Total	100,0	16

Pregunta 10: ¿Según tu experiencia en el curso de Geotecnia, cómo cambiaron tus habilidades personales e interpersonales como futuro/a ingeniero/a?

Capacidad \ Respuesta	Disminuyeron	Ningún cambio	Mejoraron
Comunicación oral	6,3	87,5	6,3
Comunicación escrita	6,3	31,3	62,5
Capacidad de sintetizar	6,3	50	43,8
Capacidad de trabajar en grupo	6,3	68,8	25
Autonomía	6,3	56,3	37,5
Capacidad de reflexión	0	43,8	56,3
TOTAL	5,3	56,3	38,6

Pregunta 11: ¿Cómo clasificarías el curso con respecto a una introducción a lo que es la Ingeniería Geotécnica?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Muy buena introducción	25	4
Buena introducción	50	8
Neutral	25	4
Mala introducción	0	0
Muy mala introducción	0	0
Total	100	16

Pregunta 12: En base a este curso, ¿Estas motivado para aprender más en Ingeniería Geotécnica?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Sí, quiero dedicarme a esta especialidad.	18,8	3
Sí, pero no quiero dedicarme a esta especialidad.	68,8	11
No, pero quiero dedicarme a esta especialidad.	0,0	0
No, no me interesa el tema.	0,0	0
No, para nada.	0,0	0
Otro	12,5	2
Total	100	16

Otro
Me gustaría ser geotécnica pero no me gustó el área estructural.
Sí, pero no estoy seguro aún si dedicarme a esta especialidad (aunque si me incentivó)

Pregunta 13: ¿Cuán aporte al curso sería realizar salida a terreno?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Gran aporte	81.3	13
Algo de aporte	18.8	3
Neutral	0.0	0
Poco aporte	0.0	0
Una pérdida de tiempo	0.0	0
Total	100	16

Pregunta 14: ¿En qué te ayudaría ir a terreno en el contexto del curso? Calificar cada ítem; Una estrella = No me ayudaría Cinco estrellas = Me ayudaría mucho

Respuesta	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Varianza	Recuento
Asimilar la materia	2.0	5.0	3.9	1.3	1.6	16
Mejorar tu cultura propia	2.0	5.0	4.6	0.8	0.6	16
Observar el desarrollo de una obra	3.0	5.0	4.5	0.7	0.5	16
Familiarizarse con la vida laboral	2.0	5.0	4.4	0.9	0.9	16
Entretenerse	1.0	5.0	3.9	1.2	1.5	16

Pregunta 15: ¿Qué tipos de obras te interesarían visitar? *Elige dos*

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Obras civiles como presas o puentes	87.5	14
Obras de pavimentos	0.0	0
Excavaciones para edificios	12.5	2
Campaña de ensayos / Prospección geotécnica	18.8	3
Tuneles	81.3	13
Otro tipo de obra. Por ejemplo:	0.0	0
Total	100	16

Pregunta 16: ¿En qué año de la carrera estás?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Tercer año	0.0%	0
Cuarto año	93.8%	15
Quinto año	0.0%	0
Otro	6.3%	1
Total	100%	16

Otro
7

Pregunta 17: ¿En qué especialidad estás?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Estructuras, Construcción y Geotecnia	81.3	13
Hidráulica, Sanitaria y Ambiental	18.8	3
Transporte	0.0	0
Total	100	16

Pregunta 18: ¿A qué especialidad en particular piensas dedicarte?

Respuesta	Porcentaje	Recuento
Estructuras	30.8	4
Construcción	38.5	5
Geotecnia	30.8	4
Total	100	13

Anexo D – Seminario “Teaching Soil Mechanics”

Una arena sometida a corte aumenta su volumen y aumenta su capacidad de succión de agua. Para demostrar concretamente este fenómeno, se puede llenar una botella de plástico de arena y saturar la arena con agua. Posteriormente, se mide el nivel del agua mediante una bombilla de plástico. Al comprimir lateralmente la botella, la arena pasa de un estado contractante a uno dilatante. Se ilustran estos dos estados en la figura 1.

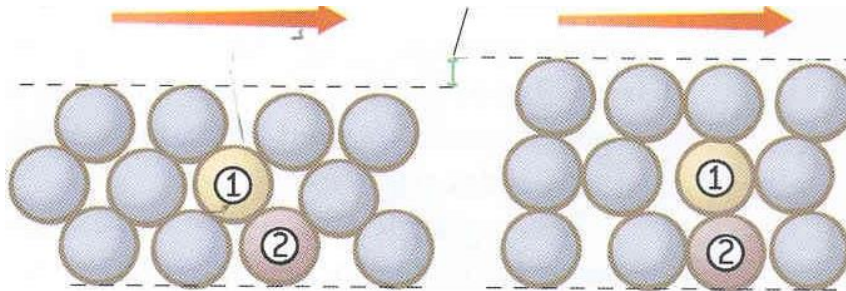


Figura D.1: Esquema del comportamiento de la arena

Se comprime lateralmente la botella, lo cual genera un estado dilatante de la arena y un aumento de su volumen. El agua fluye por los espacios intersticiales entre las partículas y por lo tanto, el nivel en la bombilla baja. La figura dos muestra una ilustración del experimento.

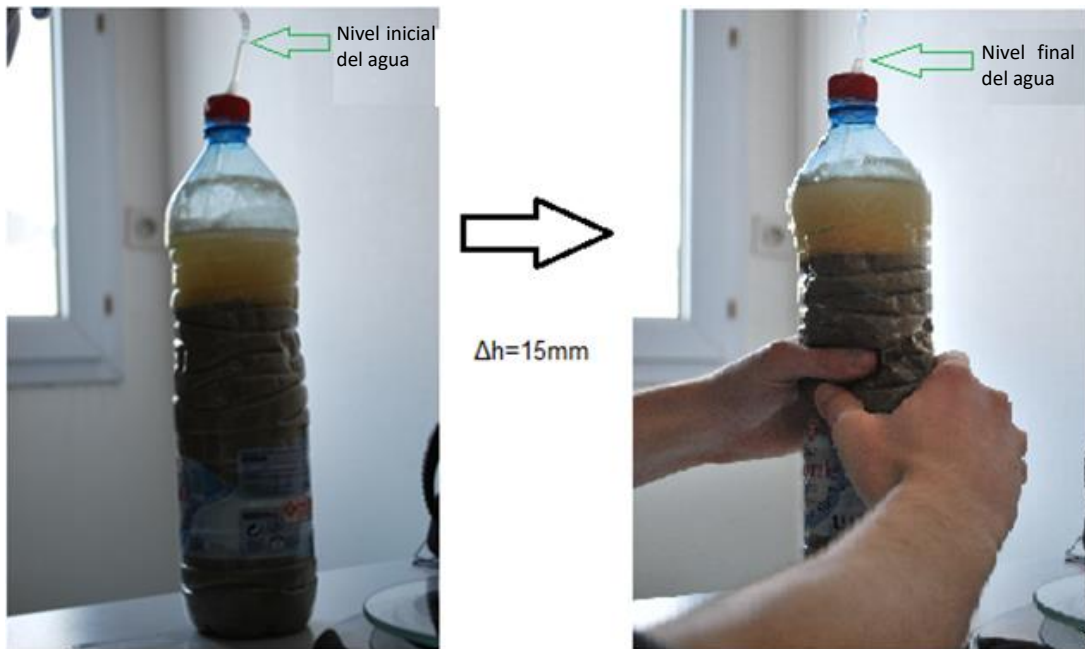


Figura D.2: Experimento Botella de plástico con arena densa saturada
Fuente: Experimentación personal

Nota: Material de apoyo en Youtube, buscar “The wet-sand effect”.


Anexo E – Diapositivas de las clases propuestas

E.1: Tensiones Efectivas Clase 1

**Propuesta de clase de « Geotecnia »
Aplicación de Merrill (2002)**

Tensiones dentro de una masa de suelo
Clase 1

Trabajo de Titulo – Nicolas Walbrecq / Felipe Ochoa



Clase 1 – Tensiones efectivas 1

Índice – Clase 1

1. Supuestos
2. Problema real
3. Activación
4. Demostración
5. Aplicación
6. Integración

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq 2

Supuestos

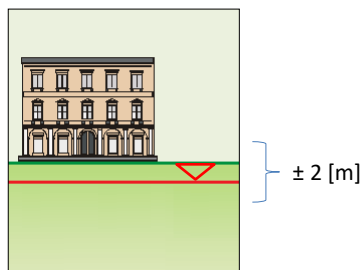
- Antecedentes: Clasificación de suelos, Propiedades índice
- Cuarto Capitulo del semestre
- Clase introductoria
- Se pretende introducir en esta clase los conceptos de tensiones globales e efectivas solamente en el eje vertical.

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

3

Problema Real

- Problema de construcción de una casa – Fuente Wesley (2010)
- Napa freática cerca de la superficie
- Se encuentra a ± 2 metros de profundidad en función de las estaciones



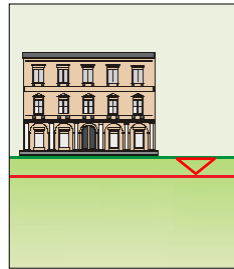
Wesley (2010)

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

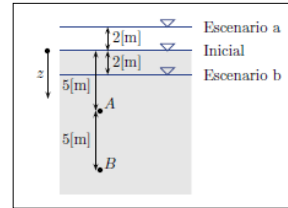
1

Problema Real de la clase

- Para construir la casa, se necesita saber si el suelo puede soportar la carga
- Un primer paso consiste en determinar los estados tensionales verticales en el suelo



Proyecto real



Sub-problema de la clase 1

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

5

Activación

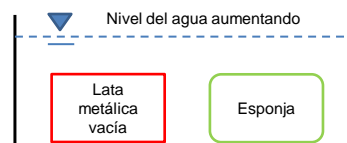
- Presentar las siguientes experiencias a los alumnos
- Preguntarle lo que pasa en cada caso para cada objeto sin guiar las respuestas

a) Que pasa cuando se cargan con un peso muerto?



Nada / Compresión / Colapsa

b) Que pasa cuando se cargan con una incrementación de la presión del agua



Nada / Compresión / Colapsa

Wesley (2010)

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

6

Activación

- Explicar las experiencias

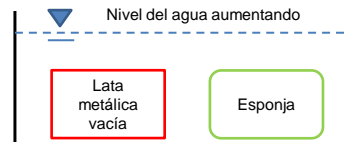
a) ¿Que pasa cuando se cargan con un peso muerto?



La lata resiste y luego colapsa

La esponja se comprime

b) ¿Que pasa cuando se cargan con una incrementación de la presión del agua?



La lata resiste hasta que la presión del agua la hace colapsar

Nada, el agua a dentro de la esponja equilibra la presión del agua al exterior

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

7

Activación

- Gracias a la experiencia, los estudiantes mostraron que el agua en un suelo puede llevar una cierta carga. Las tensiones se dividen en las tensiones del suelo granular y del agua en los poros.
- Para complementar la activación se recomienda presentar fotos y casos reales de construcción en sitios inundables.
- Presentar un video de una estructura dañada por el agua en el suelo
- Preguntar brevemente que tipo de suelo podría ser afectado por este tipo de problema y como influiría el tipo de suelo.

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

8

Demostración

- Teoría de tensiones totales, efectivas y presión de poros
- Dentro de una masa de suelo saturada:

$$\sigma = \sigma' + \mu_{\omega}$$

Tensión total Tensión efectiva Presión de poros

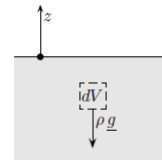
Demostración

- Esfuerzo vertical Geoestático

$$\sigma_z = \sigma'_z + \mu_{\omega}$$

Donde:

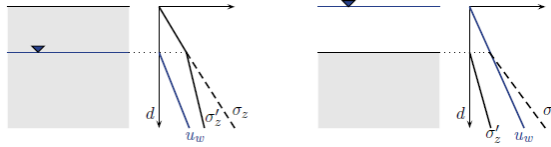
$$\begin{aligned}\sigma_z &= \gamma * Z \\ \mu_{\omega} &= \gamma_{\omega} * Z \\ \sigma'_z &= \sigma_z - \mu_{\omega}\end{aligned}$$



Con γ el peso específico del suelo
 γ_{ω} el peso específico del agua

Demostración

- Perfil de esfuerzos verticales en función del nivel de la napa

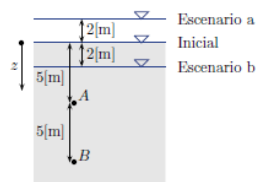


(a) Nivel de napa de agua bajo el nivel del suelo

(b) Nivel freático sobre el nivel del suelo

Aplicación

- En la situación inicial, se busca determinar el estado tensional en los puntos A y B
- Se supone que γ vale $20[\text{kN/m}^3]$



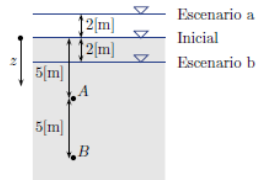
Punto A: $\sigma_z^A = (20 - 10) \times 5 = 50[\text{kPa}]$

Punto B: $\sigma_z^B = (20 - 10) \times 10 = 100[\text{kPa}]$

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \gamma * Z \\ \mu_\omega &= \gamma_\omega * Z \\ \sigma'_z &= \sigma_z - \mu_\omega \end{aligned}$$

Aplicación

- Determinar los esfuerzos efectivos en A y B en los Escenario b) y otro suelo
- Analizar el efecto del agua con respecto a las tensiones globales y efectivas



Esfuerzo del agua arriba: $F = e * \gamma_{\omega} = 2 * 10 = 20 \text{ [kPa]}$

Punto A: $\sigma'_z{}^A = (20 - 10) \times 5 = 50 \text{ [kPa]}$

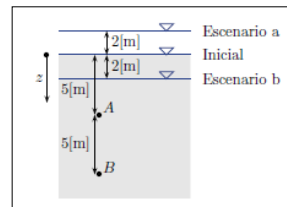
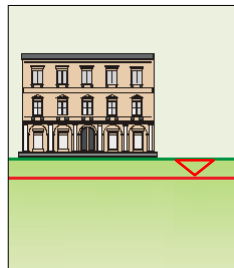
Punto B: $\sigma'_z{}^B = (20 - 10) \times 10 = 100 \text{ [kPa]}$

$$\begin{aligned} \sigma_z &= F + \gamma * z \\ \mu_{\omega} &= F + \gamma_{\omega} * z \\ \sigma'_z &= \sigma_z - \mu_{\omega} \end{aligned}$$

Los estados tensionales efectivos en A y B no cambian con una crecida de agua

Integración

- Presentar la tarea para la próxima clase:
 - Determinar los esfuerzos efectivos en A y B en los Escenario b) y otro suelo
 - Analizar el efecto del agua con respecto a las tensiones globales y efectivas



E.2: Tensiones Efectivas Clase 2

Propuesta de clase de « Geotecnia » Aplicación de Merrill (2002)

Tensiones dentro de una masa de suelo Clase 2



Trabajo de Titulo – Nicolas Walbrecq / Felipe Ochoa

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

1

Índice – Clase 2

1. Supuestos
2. Problema real
3. Activación
4. Demostración
5. Aplicación
6. Integración

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

2

Supuestos

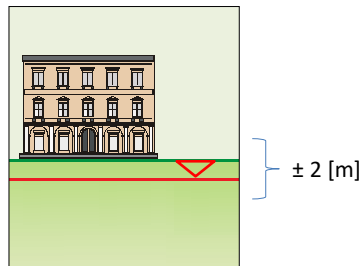
- Antecedentes: Clasificación de suelos, Propiedades índice, Clase 1
- Cuarto Capitulo del semestre
- Segunda clase
- Se pretende repasar en esta clase los conceptos de tensiones verticales e introducir las tensiones horizontales en sitios horizontales y inclinados.

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrech

3

Problema Real

- Problema de construcción de una casa – Fuente Wesley (2010)
- Napa freática cerca de la superficie
- Se encuentra a ± 2 metros de profundidad en función de las estaciones



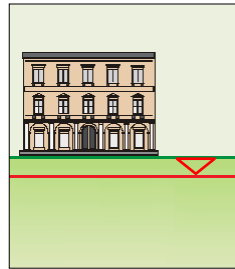
Wesley (2010)

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrech

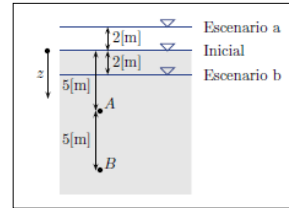
4

Problema Real de la clase

- Para construir la casa, se necesita saber si el suelo puede soportar la carga
- Un primer paso consiste en determinar los estados tensionales verticales y horizontales en el suelo



Proyecto real



Sub-problema de la clase 2

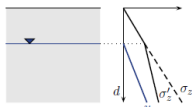
Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

5

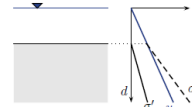
Activación

- Empieza con un repaso activo de la teoría vista en la clase 1

$$\sigma = \sigma' + \mu_{\omega} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_z = \gamma * Z \\ \mu_{\omega} = \gamma_{\omega} * Z \\ \sigma'_z = \sigma_z - \mu_{\omega} \end{array} \right.$$



(a) Nivel de napa de agua bajo el nivel del suelo



(b) Nivel freático sobre el nivel del suelo

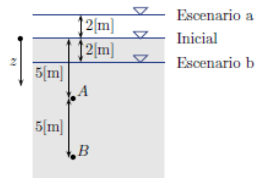
Fundamentos de Geotecnia
- Esteban Saez

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrecq

6

Activación

- Luego, corrección y comentarios de la tarea que los alumnos tenían que hacer
 - Determinar los esfuerzos efectivos en A y B en los Escenario b) y otro suelo
 - Analizar el efecto del agua con respecto a las tensiones globales y efectivas



$$\begin{aligned} \sigma_z &= \gamma * Z \\ \mu_\omega &= \gamma_\omega * Z \\ \sigma'_z &= \sigma_z - \mu_\omega \end{aligned}$$

i) La franja de suelo entre $Z=0[m]$ y $Z=2[m]$ se desatura. El suelo es seco allí.

ii) El suelo no tiene el mismo peso específico en la franja seca que en la franja saturada.

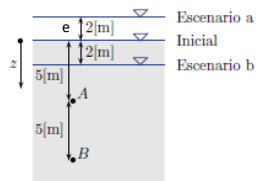
Sea γ_{sat} el peso específico saturado
 $\gamma_{sat} = 20 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

Sea γ_{sec} el peso específico seco
 $\gamma_{sec} = 15 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrech

7

Activación



• Presión de poros
 La presión de poros existe a partir de $Z=2[m]$
 $\Rightarrow \mu_\omega = \gamma_\omega * g * (z - e)$

• Esfuerzo total
 La capa seca genera un peso muerto
 $\Rightarrow \sigma_z = e * \gamma_{sec} + \gamma_{sat} * g * (z - e)$

• Esfuerzo efectivo
 $\Rightarrow \sigma'_z = \sigma_z - \mu_\omega$
 $\sigma'_z = e * \gamma_{sec} + (\gamma_{sat} - \gamma_\omega) * (z - e)$

Trabajo de Titulo - Nicolas Walbrech

8

Activación

- Introducción a las tensiones horizontales
- Se alcanzara a determinar el estado tensional completo
=> Paso para ver la resistencia del suelo despues
- Fotos y ejemplos de empujes laterales
- Video JB16

Demostración

- El esfuerzo horizontal Geoestático sigue una regla empírica

$$K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_z}$$

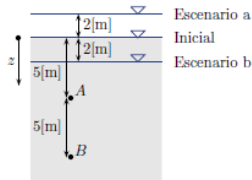
Coefficiente lateral de empuje

- El coeficiente es mayor o menor a 1?
- Valores usuales

Tipo de Suelo	Valor de Ko
Arenas	0,4 – 0,6
Arcillas	0,5 - 1

Aplicación

- En la situación inicial, se busca determinar el estado tensional vertical y horizontal en los puntos A y B
- Arena, $K_0=0,7$



$$\begin{aligned} \sigma_z &= \gamma * Z \\ \mu_\omega &= \gamma_\omega * Z \\ \sigma'_z &= \sigma_z - \mu_\omega \\ \sigma'_h &= \sigma'_z * K_0 \end{aligned}$$

Punto A: $\sigma'_z{}^A = (20 - 10) \times 5 = 50 \text{ [kPa]}$

$$\sigma'_h{}^A = 50 * 0,7 = 35 \text{ [kPa]}$$

Punto B: $\sigma'_z{}^B = (20 - 10) \times 10 = 100 \text{ [kPa]}$

$$\sigma'_h{}^B = 100 * 0,7 = 70 \text{ [kPa]}$$

Integración

- Presentar la tarea para la próxima clase:
 - Determinar el escenarios mas desfavorable en términos de tensiones verticales y horizontales. Seria mejor tener un suelo arenoso o arcilloso? (aplicación numerica)

