



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACIÓN



INFORME PRELIMINAR Y PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE COMPETENCIAS DEL INGENIERO CIVIL Y ESPECIALIDADES

**INFORME Nº 1
COMISIÓN DE COMPETENCIAS, PERFILES Y CURRÍCULO**

**PROYECTO MECESUP UCH0403
RENOVACIÓN CURRICULAR DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA
UNIVERSIDAD DE CHILE Y EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE CHILE**

NOVIEMBRE 2006

Tabla de Contenidos.

1	Antecedentes generales del Proyecto.....	4
2	Objetivos de las Comisión	5
3	Descripción del trabajo de la Comisión y sus sub-comisiones.....	5
3.1	El modelo CDIO	6
4	Comisión Universidad de Chile	8
4.1	Contexto del trabajo.....	8
4.2	Metodología y las modificaciones al modelo CDIO	8
4.2.1	Niveles de logro.....	9
4.2.2	Esquema de Matrices y Listados de Contenidos	9
4.2.3	Captura de la información	11
4.3	Análisis de competencias específicas de la ciencia y la ingeniería.....	14
4.3.1	Física.....	14
4.3.2	Matemática.....	16
4.3.3	Química.....	18
4.3.4	Computación	18
4.3.5	Economía.....	21
4.3.6	Biología.....	22
4.4	Análisis de competencias personales, interpersonales y de C.D.I.O.....	23
4.5	Conclusiones Generales.....	24
5	Comisión Pontificia Universidad Católica de Chile.....	26
5.1	Antecedentes	26
5.2	Educational Assessment Plan, College of Engineering, University of Arizona	26
5.3	Caso de la Escuela de Ingeniería UC.....	29
	Definición de la misión del programa	29
5.3.1	Definición de los Objetivos Educativos	29
5.3.2	Definición de las Competencias Transversales	30
5.3.3	Definición de las Competencias Específicas	30
5.3.4	Definición de la matriz curricular	32
5.3.5	Definición de matriz de evaluación de competencias	32
5.3.6	Definición de actividades de evaluación del programa educacional (mejora continua)	32
6	Próximos avances	33
	ANEXO 1: Traducción conjunta CDIO	34
	ANEXO 2: Integrantes de la Comisión.....	36

1 Antecedentes generales del Proyecto

Las instituciones asociadas en este proyecto, líderes en la formación de ingenieros civiles en el país, han acordado iniciar un proceso conjunto de análisis profundo de sus currículos y de sus metodologías docentes, tomando en cuenta los grandes cambios que está experimentando la enseñanza de la ingeniería tanto en Estados Unidos –reflejados en los nuevos criterios de acreditación ABET2000, en los esfuerzos de la NSF para renovar la enseñanza de la ingeniería, y en la iniciativa CDIO– como en Europa, como consecuencia del proceso de Bolonia e iniciativas como el proyecto Tuning. En el caso de la Universidad de Chile, esto se enmarca dentro de los lineamientos señalados en la reforma del pregrado que está siendo implementada a través de la Vicerrectoría de Asuntos Académicos.

Este proyecto busca apoyar los procesos de renovación curricular iniciados con anterioridad en ambas instituciones, creando una sinergia que asegure el logro de los siguientes grandes objetivos comunes:

- Generar las condiciones para que las Escuelas asociadas en el proyecto puedan, por una parte, llevar a cabo procesos de renovación curricular, que **aseguren que sus egresados posean las competencias necesarias para desenvolverse con excelencia en el ámbito profesional; estas competencias se determinarán en el proyecto.** Por otra parte, asegurar que la docencia se realice a través de metodologías centradas en el alumno que fomenten un aprendizaje efectivo, motivante y duradero, y cuyos programas sean evaluados y perfeccionados como parte de un proceso continuo.
- Proveer los elementos de juicio para analizar la estructura de títulos y grados y la duración más apropiada para garantizar que los egresados posean las competencias requeridas.
- Finalmente, elaborar modelos de referencia para renovaciones curriculares en ingeniería que puedan ser utilizados por el sistema universitario nacional.

Para cumplir estos objetivos se crearán Comisiones de trabajo asesoradas por especialistas nacionales e internacionales y que contarán con la participación de académicos y alumnos de ambas instituciones, y representantes de asociaciones gremiales y del sector productivo. Estas Comisiones recabarán la información necesaria para definir competencias, perfiles, metodologías de enseñanza-aprendizaje y su evaluación, y elaborarán los modelos para la definición de nuevos planes de estudios y contenidos.

Este informe presenta los principales avances de la Comisión de Competencias, Perfiles y Currículum, cuyo principal logro es el establecer una metodología de trabajo para analizar las principales competencias requeridas a los egresados de las carreras de ingenierías.

2 Objetivos de la Comisión

La Comisión de Competencias, Perfiles y Currículos (CPC) tiene a su cargo los siguientes objetivos específicos del proyecto:

- **Determinar las habilidades y competencias requeridas por los egresados de ingeniería.** Se determinarán las competencias generales y específicas en los distintos niveles de formación (ciclo básico, licenciatura y titulación), junto con elaborar perfiles profesionales por especialidad, considerando las necesidades actuales y futuras del medio y la empleabilidad; a través de instrumentos tales como encuestas a empleadores, representantes de asociaciones de ingenieros, ex-alumnos y académicos y cautelando la identidad de cada una de las universidades participantes.
- **Proponer modelos para la definición de nuevos planes de estudio y de contenidos por asignatura que aseguren la adquisición de habilidades requeridas en el mundo real de la ingeniería, incluyendo la evaluación de mecanismos de titulación y sus requisitos.** Se propondrán matrices de Contenidos-Competencias a nivel de ciencias básicas, ciencias de la ingeniería y materias de especialidad. Para la definición de los nuevos planes de estudio se realizará un análisis de la carga académica efectiva de los estudiantes.

Los profesores que lideran las comisiones son Máximo Bosch por la Universidad de Chile y Pablo Irrarrázabal por la Pontificia Universidad Católica de Chile, más adelante se presenta el detalle de los profesores que integran ambas comisiones.

3 Descripción del trabajo de la Comisión y sus sub-comisiones.

En cuanto a la determinación de habilidades y competencias, las singulares características de ambas universidades plantean una primera fase del trabajo que es realizada de forma separada entre las dos subcomisiones establecidas en cada universidad. No obstante, ambas metodologías presentan en lo grueso criterios similares, y mediante las periódicas reuniones de la dirección del proyecto, las visitas de expertos y las presentaciones de los avances del trabajo de las comisiones, los procesos en ambas universidades se han ido retroalimentando constantemente.

3.1 El modelo CDIO

La principal referencia metodológica usada en ambas universidades se basa en la iniciativa CDIO¹, y en especial en el Syllabus CDIO (Ver en Anexo 1).

La iniciativa CDIO surge a principios de este siglo en el MIT y pretende generar un marco conceptual y metodológico, basado en diferentes estándares, que fomente una nueva generación de ingenieros con capacidades en el Concebir – Diseñar – Implementar y Operar sistemas en empresas y sociedad. Esta iniciativa está presente en numerosas universidades en el mundo y en los cinco continentes.

Básicamente, CDIO busca responder a los objetivos de la comisión expuestos en este documento, basándose en un principio o visión particular de la ingeniería. Sin embargo, la metodología desarrollada parece ser efectivamente adaptable a distintos escenarios y Escuelas. De esta manera se pueden utilizar los recursos y la metodología desarrollada por CDIO sin, necesariamente, restringirse o limitarse a los principios mandantes de la iniciativa a saber:

“CDIO Principle, engineering education should produce graduates who:

- Understand how to conceive-design-implement-operate
- Complex value-added products and systems
- In a modern team-based engineering environment
- And are mature and thoughtful individuals.”

El esquema que presenta CDIO para el proceso de diseño curricular, incluyendo actividades de mejoramiento continuo se muestra a continuación en la Figura 3.1. CDIO ha desarrollado cada uno de los puntos de este diagrama, por lo que disponemos de información detallada y además este proceso ha sido implementado en varios programas de ingeniería, por lo que existen personas con experiencia en el tema. Como inicio se definen los objetivos de CDIO, que se podrían tomar como la misión del programa educacional:

“

- To educate students to master a deeper working knowledge of the technical fundamentals
- To educate engineers to lead in the creation and operation of new products and systems
- To educate future researchers to understand the importance and strategic value of their work”

¹ www.cdio.org

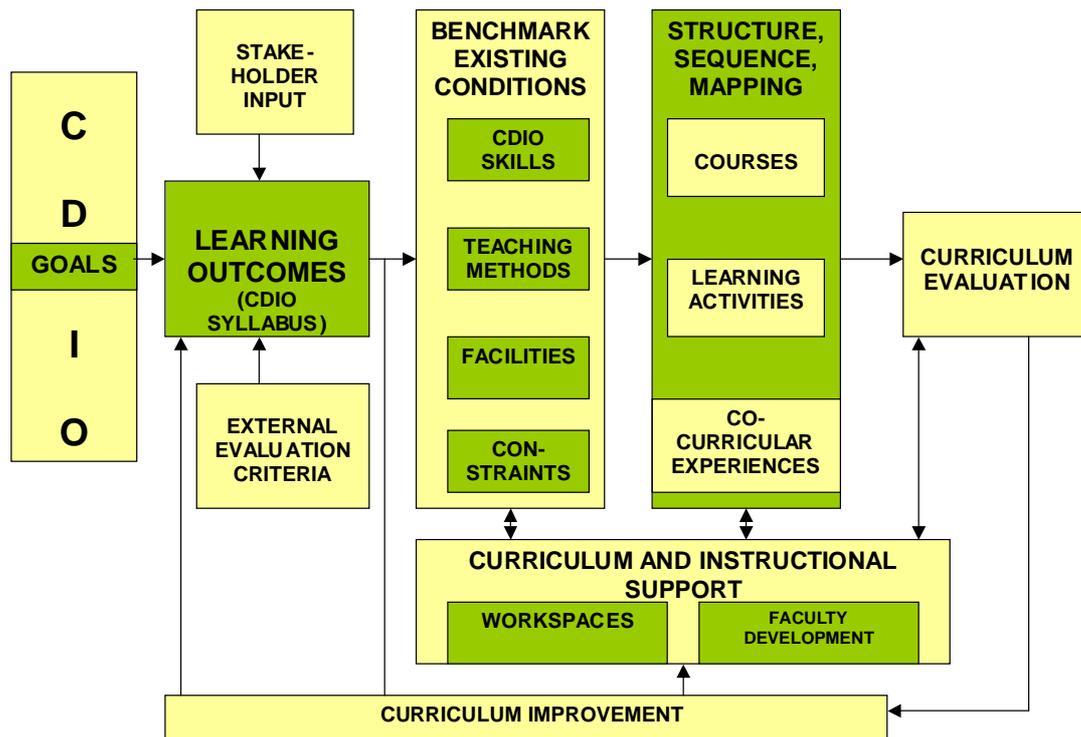


Figura 3.1: Esquema CDIO para el proceso de diseño curricular

El Syllabus CDIO entrega un extenso listado de competencias con diferentes niveles de detalle, por lo cual se convierte en un excelente apoyo para el análisis de competencias y permite incorporar competencias locales que recogen la identidad de cada universidad. Otras iniciativas como Tuning Latinoamérica se basan, en parte, en este Syllabus.

Gracias al proyecto MECESUP, hasta el momento se han realizado las visitas de Jeff Froyd y Doris Brodeur, quien realizó talleres de trabajo específicos con la Comisión de Competencias, Perfiles y Currículum, durante su segunda estadía en Chile. Doris Brodeur es experta en las metodologías y estándares de la CDIO; esto, sin duda, influyó y fortaleció el trabajo de la comisión y las subcomisiones en las respectivas universidades.

4 Comisión Universidad de Chile

4.1 Contexto del trabajo

Tres eventos que están ocurriendo en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile han fortalecido y acelerado el trabajo de la subcomisión. La primera es la Reforma del Pregrado de la Universidad de Chile, en la que entre sus objetivos se encuentra la definición de competencias genéricas para todos los egresados de la Universidad, ellas están basadas de la propuesta Tuning América Latina.

La segunda de ellas es la reforma de las licenciaturas y en especial del Plan Común de la FCFM. El diseño de esta reforma está cargo de la Comisión de Desarrollo Docente (CDD), desde el año 2002 y comenzará a implementarse a partir del 2007. El proyecto MECESUP ha sido fundamental para complementar y retroalimentar el trabajo de la CDD, en especial en la determinación de competencias y construcción del perfil del egresado. Varios miembros de la CDD son a la vez miembros de la subcomisión CPC.

La tercera es el proceso de acreditación en el cuál se encuentran desde este año las carreras impartidas en la FCFM de la Universidad de Chile.

4.2 Metodología y las modificaciones al modelo CDIO

En esta primera etapa del trabajo, el análisis ha sido efectuado principalmente por académicos, aunque en puntuales diálogos con estudiantes y profesionales.

Como las competencias genéricas han sido definidas a nivel de Universidad de Chile, el trabajo se concentró en aquellas específicas requeridas para los egresados de ingeniería. El análisis de competencias fue seguido según el modelo CDIO, el cual presenta cuatro niveles principales los cuales fueron seguidos exactamente para el análisis interno:

1. Conocimientos Específicos de Ciencias y de Ingeniería.
2. Habilidades y atributos personales y profesionales.
3. Habilidades interpersonales: trabajo en equipo y comunicación.
4. Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en empresas y contextos sociales.

Dado el contexto de la reforma de la licenciatura y el Plan Común de la FCFM, el trabajo se concentró en el nivel 1 del Syllabus CDIO. Una de los principales resultados de esta etapa del

trabajo fue la participación de académicos del total de los 13 departamentos que conforman la FCFM, los cuales son usuarios de las capacidades y conocimientos entregados en el Plan Común de 5 semestres de duración.

4.2.1 Niveles de logro.

Uno de los primeros desafíos de utilizar el modelo propuesto por la CDIO fue la traducción, no solo de las competencias en si, sino de los niveles de logro a alcanzar en cada una de las competencias.

El modelo CDIO propone una escala progresiva del 1 al 5, donde a mayor puntuación significa mayor dominio de la competencia. En la adaptación de la Universidad de Chile se agrega el nivel 0, para dar la posibilidad de calificar a ciertas competencias como no necesarias. Además se incorporaron breves frases explicativas para facilitar la comprensión de las traducciones de los niveles de logro:

0 No posee esta cualidad: No es necesario que el estudiante posea esta cualidad.

1 Haber experimentado o haber sido expuesto a: El estudiante es capaz de reconocer, pero no de definir. El estudiante tiene noción de.

2 Pueda participar y discutir en este aspecto: El estudiante reconoce, identifica y define un contenido. El estudiante es capaz de ordenar y memorizar información.

3 Entienda y pueda explicar: El estudiante es capaz de comprender la información, como comprende es capaz de explicar y clasificar la información. El estudiante es capaz de resolver ejercicios.

4 Hábil en la práctica o implementación de: El estudiante es capaz de resolver problemas integrando el conocimiento adquirido. El estudiante es capaz de seleccionar las mejores soluciones para resolver un problema dado.

5 Capaz de liderar o innovar en: Este nivel de logro significa encontrarse en la frontera del conocimiento o en la máxima expresión de la habilidad. A los niveles analizados se recomienda no cualificar con este nivel por no considerarse necesarios o esperables en los primeros años del pre grado.

4.2.2 Esquema de Matrices y Listados de Contenidos.

Para la asignación de los niveles de logro se trabajó bajo un esquema de matrices en la cual las filas representaban las competencias o conocimientos a adquirir y en las columnas los niveles de logro, en las celdas formadas el evaluador marcaba con una x la asignación esperada. En la Figura 4.2.1. se muestra un ejemplo de la matriz.

Nivel de Logro		Nivel esperado del Logro (marque con una x)																																																																					
0	No posee esta cualidad	0	1	2	3	4	5																																																																
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a	Departamento de Ciencias de Los Materiales.																																																																					
2	Pueda participar y discutir en este aspecto	0	1	2	3	4	5																																																																
3	Entienda y pueda explicar	<table border="1"> <tr> <td rowspan="8">Química</td> <td>Estructura de átomos</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Enlace químico</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Estructura molecular</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Propiedades físicas de las moléculas</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Velocidad de reacción química</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Equilibrio químico</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Reacciones ácido-base</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Reacciones redox Electroquímica</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Estructura y redes cristalinas (ing.civil)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>						Química	Estructura de átomos							Enlace químico							Estructura molecular							Propiedades físicas de las moléculas							Velocidad de reacción química							Equilibrio químico							Reacciones ácido-base							Reacciones redox Electroquímica							Estructura y redes cristalinas (ing.civil)						
Química	Estructura de átomos																																																																						
	Enlace químico																																																																						
	Estructura molecular																																																																						
	Propiedades físicas de las moléculas																																																																						
	Velocidad de reacción química																																																																						
	Equilibrio químico																																																																						
	Reacciones ácido-base																																																																						
	Reacciones redox Electroquímica																																																																						
Estructura y redes cristalinas (ing.civil)																																																																							
4	hábil en la práctica o implementación de																																																																						
5	Capaz de liderar o innovar en																																																																						

Figura 4.2.1: Ejemplo de matriz

Se conformaron dos listados de matrices, una que contiene las competencias en el nivel 1.x referida a los conocimientos básicos de la ingeniería y otra relacionada con los puntos 2.x, 3.x y 4.x consultando por las competencias personales, interpersonales y de C.D.I.O.

Para el nivel 1.x se seleccionaron seis contenidos básicos: Física, Matemática, Química, Computación, Economía y Física. A cada departamento encargado de impartir cada conocimiento se les pidió un listado, en dos niveles de detalle, de aquellas temáticas que podrían ser enseñadas en el Plan Común de la FCFM. Este listado temático fue solicitado con la petición de que no siguiera exactamente las temáticas seguidas por el currículum actual, sino de aquellas que debiesen estar presentes, pudiendo incluir temas no enseñados por el currículum actual, en este sentido se incluyó Biología, contenido que actualmente no es considerado por el Plan Común. El listado en un nivel de detalle es el siguiente

- Física
 - Mecánica
 - Termodinámica
 - Electromagnetismo
 - Introducción a la física moderna
 - Vibraciones y ondas
 - Métodos experimentales
 - Fenomenología
 - Análisis cualitativo.
- Matemática
 - Cálculo
 - Álgebra
 - Ecuaciones diferenciales ordinarias

- Probabilidades
- Estadísticas
- Optimización
- Cálculo numérico
- Química
 - Química
 - Fisicoquímica
- Computación
 - Fundamentos de programación
 - Programación orientada a objeto
 - Interfaces de usuario
 - Listas y tablas de valores
 - Computación numérica
 - Búsqueda y ordenamiento de Información
 - Bases de datos
 - Computación Intensiva
 - Computación gráfica y visualización
 - Diseño de software
- Economía
 - Introducción a la economía
 - Oferta, demanda y equilibrio de mercado
 - La estructura de los mercados
 - Políticas públicas
 - El comercio internacional
 - Medición de la actividad
 - Crecimiento y política económica
- Biología

El listado de los niveles 2.x, 3.x y 4.x fueron distribuidos a los diferentes departamentos con los mismos niveles CDIO traducidos, no se han incorporado elementos nuevos hasta la elaboración de este informe.

4.2.3 Captura de la información

Las matrices del nivel 1.x fueron distribuidas para su asignación de logro a cada uno de los departamentos, los encargados de monitorear y facilitar el proceso fueron los miembros de la CDD, cada departamento definió su mejor estrategia para asignar logros, siendo la más utilizadas reuniones de trabajo con pequeños grupos de profesores que por medio de la discusión asignaron logros, estos profesores eran preferentemente de los cursos de especialidades que reciben a los estudiantes de Plan Común. Cada uno de los departamentos a cargo de los seis conocimientos básicos definidos tuvo la oportunidad de explicar sus propuestas, también un departamento evaluador podría agregar ciertos contenidos que

considere ausentes en los listados. Se dedicaron dos meses para construir la Matriz y se otorgó un mes de plazo para recibir la información.

Una vez recibidas todas las asignaciones de logro por cada departamento se procede a calcular las frecuencias (e histogramas) y promedios por cada temática, lo que arrojó resultados como el ejemplo de la Figura 4.2.2.

Figura 4.2.2: Ejemplo 1: Frecuencia de asignación de logros

		Nivel esperado del Logro (marque con una x)					Prom	
		0	1	2	3	4		5
Química	Estructura de átomos	0	0	1	10	2	0	3,1

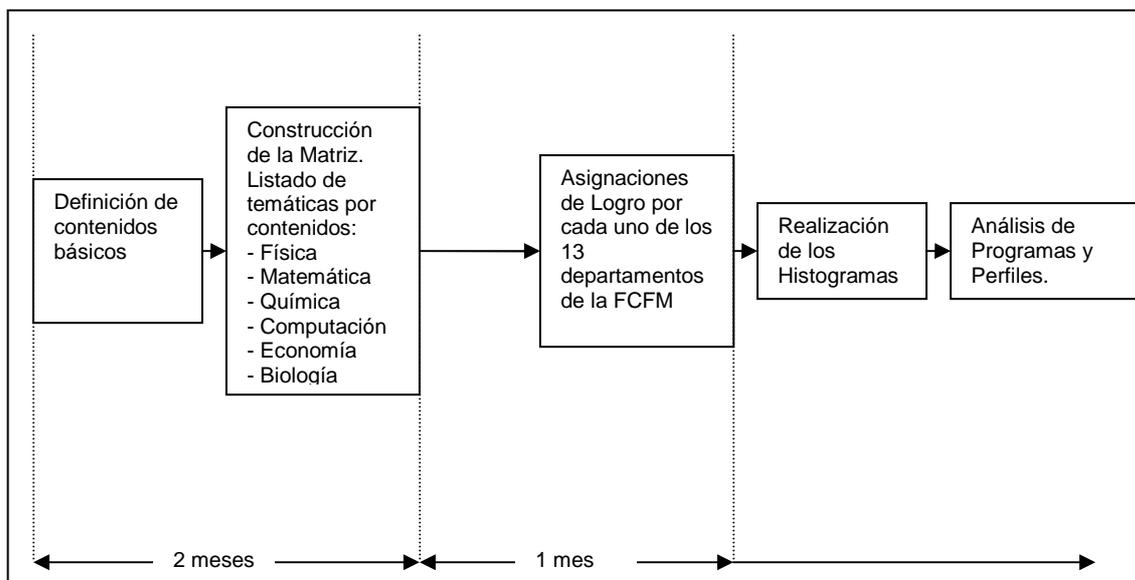
En este caso en el resultado se observa que 10 departamentos asignaron a la temática "estructura de átomo" un nivel de logro 3 es decir *entiende y puede explicar*, 2 departamentos asignaron nivel de logro 4 y tan solo 1 nivel 2. El promedio es un promedio simple entre los niveles de logro ponderados por la el número de departamentos que asignaron tal logro.

Las asignaciones por departamentos se consideraron equivalentes, es decir cada asignación tienen el mismo peso en la matriz, también se hizo el análisis ponderando la asignación de los diferentes departamentos por el porcentaje de estudiantes del total de las especialidades que está inscrito en dicho departamento, en este caso los resultados, salvo contadas excepciones, no varían significativamente.

Una vez completada la matriz con las frecuencias de asignación de logro, se obtuvo un análisis completo y una panorámica general del Plan Común y una buena representación de la opinión de los departamentos. Con este material se procedió al análisis de los programas de estudio de los diferentes cursos propuestos y en algunos casos sirvió para definir la pertinencia de algún curso o contenido en el Plan Común.

Es importante señalar que en todo momento del proceso las Matrices estaban publicadas en Internet y fue periódicamente actualizada a la medida que llegaban los resultados, es decir siempre estaban disponibles para que cualquier académico pudiese ver el análisis que se estaba dando en los diferentes departamentos.

El cuadro 4.2.1 representa el proceso del análisis de competencia en el nivel de los conocimientos básicos.



Cuadro 4.2.1: Proceso de Análisis

Las matrices con los niveles 2.x, 3.x y 4.x están siendo analizadas por cada uno de los trece departamentos, los miembros de la comisión de CPC son los encargados de facilitar este proceso en cada especialidad.

Este proceso presenta más dificultades debido al desconocimiento o la falta de precisión en algunas distinciones del listado por parte de los propios académicos, lo que sin duda retrasa fuertemente el análisis en comparación con la asignación de logros del nivel 1.x. Una innovación introducida a la asignación de esta competencia fue distinguir dos evaluaciones: el nivel en que actualmente el promedio de los estudiantes demuestra capacidades en cierta competencia y el nivel de logro esperado que el promedio de los estudiantes debiese desarrollar a lo largo de la especialidad, un ejemplo del resultado de este tipo de evaluación es el de la figura 4.2.3.

Figura 4.2.3: Ejemplo 2: “Asignaciones dobles: el estado actual y el deseado”

Dominar habilidades personales que contribuyan al éxito de la práctica de ingeniería.	Nivel actual y esperado del Logro					
	0	1	2	3	4	5
Gestión del tiempo y recursos			Y		X	

En este caso en el resultado se observa que se asigna una Y para identificar la situación actual del promedio de los estudiantes, en el ejemplo los estudiantes *pueden participar y discutir* sobre su gestión del tiempo y recursos, sin embargo la X desea el nivel de logro dónde se querría estar *hábil en la práctica*.

Con este modo de asignar logros se pone énfasis en capturar las brechas más significativas, es decir capturar aquellas competencias dónde existe un mayor déficit actual. Otro beneficio de este método de asignación es que la comparación en base a brechas ayuda a mitigar la subjetividad o dificultad de asignar logros en competencias personales o interpersonales

4.3 Análisis de competencias específicas de la ciencia y la ingeniería

A continuación se presentan los resultados de las frecuencias obtenidas por cada conocimiento o contenido básico y breves comentarios que dan cuenta de los resultados observados en cada Matriz.

4.3.1 Física.

Los académicos reconocen la importancia que tiene el estudio de la Física como conocimiento base de la ingeniería. Los resultados muestran una clara exigencia o expectativas de lograr competencias altas en las temáticas básicas de la Física. Se presenta un cambio en la tendencia para las temáticas más avanzadas “Introducción a la Física Moderna” y “Vibraciones y Ondas” y “Fenomenología” (ambas temáticas quedan como electivos en la nueva reforma). Se destaca los niveles de logro asignados a temáticas más aplicadas como “Métodos Experimentales” y “Análisis Cualitativo”

Nivel de Logro		Volver al Inicio						
0	No posee esta cualidad							
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a							
2	Pueda participar y discutir en este aspecto							
3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de liderar o innovar en							
FÍSICA*		Nivel esperado del Logro (marque con una x)					Prom	
		0	1	2	3	4	5	
Mecánica	1.1.1 Cinematica en 1D	0	0	1	3	9	0	3,6
	1.1.2 Cinematica en 2D y 3D	0	0	1	3	9	0	3,6
	1.1.3 Sistemas de coordenadas	0	0	1	2	10	0	3,7
	1.1.4 Leyes de Newton-Algebraica	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.1.5 Leyes de Newton-Ecuaciones diferenciales	0	0	1	4	8	0	3,5
	1.1.6 Fuerzas mecanicas	0	0	1	3	9	0	3,6
	1.1.7 Estatica	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.1.8 Fuerzas no inerciales (centrifuga, Coriolis, etc)	0	0	1	6	6	0	3,4
	1.1.9 Trabajo y energia	0	0	1	2	10	0	3,7
	1.1.10 Momento angular	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.1.11 Dinamica de solidos rigidos	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.1.12 Gravitacion	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.1.13 Sistemas de muchas particulas	0	0	1	6	6	0	3,4
	1.1.14 Colisiones	0	0	1	7	5	0	3,3
Termodinámica	1.2.1 Conceptos basicos: temperatura, presion, variables de estado	0	1	0	4	9	0	3,5
	1.2.2 Primera ley	0	1	0	4	9	0	3,5
	1.2.3 Procesos termodinamicos y ciclos	0	1	0	6	7	0	3,4
	1.2.4 Entropia e irreversibilidad	0	1	0	5	8	0	3,4
	1.2.5 Segunda ley	0	1	0	5	8	0	3,4

	1.2.6 Energías libres y potenciales termodinámicos	0	1	1	4	7	0	3,3
	1.2.7 Calores específicos y coeficientes termodinámicos	0	1	0	5	7	0	3,4
	1.2.8 Equilibrio y transiciones de fase	0	1	0	4	8	0	3,5
	1.2.9 Transporte térmico de la energía (ecuación de calor)	0	1	0	5	7	0	3,4
	1.2.10 Teoría cinética de gases	0	1	0	5	7	0	3,4
Electromagnetismo	1.3.1 Cargas y ley de Coulomb	0	0	1	5	7	0	3,5
	1.3.2 Electrostatica y dieléctricos	0	0	1	7	5	0	3,3
	1.3.3 Electrostatica y conductores	0	0	1	7	5	0	3,3
	1.3.4 Corrientes continuas	0	0	1	6	6	0	3,4
	1.3.5 Magnetostática	0	0	1	7	5	0	3,3
	1.3.6 Magnetismo en materia	0	0	1	7	5	0	3,3
	1.3.7 Inducción	0	0	2	7	4	0	3,2
	1.3.8 Corriente alterna y circuitos	0	0	2	4	7	0	3,4
	1.3.9 Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas	0	0	1	7	5	0	3,3
Introducción a la Física Moderna	1.4.1 Física atómica	0	3	2	6	2	0	2,5
	1.4.2 Física cuántica	0	3	2	5	3	0	2,6
	1.4.3 La luz: fotones	0	3	2	5	3	0	2,6
	1.4.4 Física nuclear y de partículas	0	2	2	7	2	0	2,7
	1.4.5 Relatividad especial	0	4	1	5	3	0	2,5
	1.4.6 Relatividad general	0	4	3	5	1	0	2,2
	1.4.7 Cosmología	0	4	3	5	1	0	2,2
	1.4.8 Aplicaciones y fenomenología: láser, superconductividad, microscopio, efecto túnel, etc.	0	3	4	4	2	0	2,4
	1.4.9 Teoría de sólidos: metales, semiconductores, aisladores	0	2	6	3	2	0	2,4
	1.4.10 Nanofísica	0	3	5	3	2	0	2,3
	1.4.11 Física no lineal	0	2	4	5	2	0	2,5
	1.4.12 Caos	0	2	4	5	2	0	2,5
Vibraciones y Ondas	1.5.1 Puntos de equilibrio	1	0	4	3	5	0	2,8
	1.5.2 Oscilador armónico	1	0	4	1	7	0	3,0
	1.5.3 Osciladores acoplados	1	0	3	3	6	0	3,0
	1.5.4 Forzamiento, amortiguamiento y resonancia	1	0	3	2	7	0	3,1
	1.5.5 Fenomenología ondas	0	1	3	4	5	0	3,0
	1.5.6 Ecuación de ondas	1	0	4	2	6	0	2,9
	1.5.7 Ondas mecánicas	1	0	4	4	4	0	2,8
	1.5.8 Ondas en fluidos	1	0	3	4	5	0	2,9
	1.5.9 Ondas en líneas de transmisión y electromagnéticas	0	1	4	4	4	0	2,8
	1.5.10 Interferencia y difracción	0	1	4	3	5	0	2,9
	1.5.11 Análisis de Fourier	1	0	4	1	7	0	3,0
Métodos	1.6.1 Aspectos de seguridad	0	0	4	3	6	0	3,2

Experimentales	1.6.2 Tecnicas de analisis y presentacion de datos	0	0	2	3	8	0	3,5
	1.6.3 Tecnicas de adquisicion de datos	0	0	3	2	8	0	3,4
	1.6.4 Mediciones electricas basicas	0	0	4	2	7	0	3,2
	1.6.5 Metodos de medicion de temperatura, presion, velocidad, esfuerzos y flujos de calor	0	0	4	3	6	0	3,2
	1.6.6 Medidas intrusivas y no-intrusivas	0	0	4	5	3	0	2,9
	1.6.7 Automatizacion y control	0	0	2	6	5	0	3,2
	1.6.8 Software de representacion grafica y analisis de datos.	0	0	2	1	10	0	3,6
	1.6.9 Analisis de errores	0	0	1	4	7	0	3,5
Fenomenología	1.7.1 Optica geometrica	1	1	2	6	2	0	2,6
	1.7.2 Hidrostatica: Pascal, Arquimides	1	0	3	5	3	0	2,8
	1.7.3 Dinamica de fluidos: Bernoulli, fuerza de Stokes	1	0	3	4	4	0	2,8
Análisis Cualitativo	1.8.1 Aproximaciones	1	0	0	3	9	0	3,5
	1.8.2 Estimaciones	1	0	0	3	9	0	3,5
	1.8.3 Analisis dimensional	1	0	0	4	8	0	3,4
	1.8.4 Uso de modelos	1	0	0	6	6	0	3,2
	1.8.5 Lectura e interpretacion de graficos	1	0	0	3	9	0	3,5
	1.8.6 Representacion grafica de resultados	1	0	0	3	9	0	3,5
	1.8.7 Interpretacion de diagramas y esquemas	1	0	0	3	8	0	3,4
* Texto sin tildes en listado de contenidos.								

4.3.2 Matemática

Todas las unidades temáticas presentadas por el Departamento de Ingeniería Matemática recibieron una alta asignación de logros, todas las temáticas sobre el nivel 3, algunas muy cercanas al nivel 4. En este caso el ejercicio sirvió para captar ciertas importancias relativas entre las temáticas.

Nivel de Logro		Volver al Inicio						
0	No posee esta cualidad							
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a							
2	Pueda participar y discutir en este aspecto							
3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de liderar o innovar en							
		Nivel esperado del Logromarque con una x)						
MATEMÁTICA		0	1	2	3	4	5	Prom
Cálculo	Números Reales	0	0	0	5	8	0	3,6
	Geometría Analítica	0	0	0	3	10	0	3,8
	Sucesiones	0	0	1	8	4	0	3,2
	Límite Funciones Continuas	0	0	1	6	6	0	3,4
	Derivada en IR e IR ^N	0	0	0	3	10	0	3,8
	Integral de Riemann en IR e IR ^N	0	0	0	3	10	0	3,8
	Series	0	0	1	4	8	0	3,5
	Ecuaciones diferenciales ordinarias	0	0	0	3	10	0	3,8
	Curvas y Superficies	0	0	1	3	9	0	3,6
	Análisis Vectorial	0	0	1	3	9	0	3,6

4.3.3 Química

A la química se le asigna un nivel de logro en torno a 3 *entienda y pueda explicar*, en los tópicos básicos de química la menor temática exigida es velocidad de reacción química, y el nivel de competencia requerida es menor para “Fisicoquímica”, en este caso existe un departamento que declara califica en 0 *no posee esta cualidad*.

Nivel de Logro		Volver al Inicio						
0	No posee esta cualidad							
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a							
2	Pueda participar y discutir en este aspecto							
3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de liderar o innovar en							
Departamento de Ciencias de Los Materiales.		Nivel esperado de logro (marque con una x)					Prom	
		0	1	2	3	4	5	
Química	Estructura de átomos	0	0	1	10	2	0	3,1
	Enlace químico	0	0	1	10	2	0	3,1
	Estructura molecular	0	0	1	10	2	0	3,1
	Propiedades físicas de las moléculas	0	0	1	10	2	0	3,1
	Velocidad de reacción química	0	0	4	6	3	0	2,9
	Equilibrio químico	0	0	3	6	4	0	3,1
	Reacciones ácido-base	0	0	3	6	4	0	3,1
	Reacciones redox Electroquímica	0	0	3	5	4	0	3,1
Estructura y redes cristalinas (ing.civil)	0	0	0	1	0	0	3,0	
Fisicoquímica	Leyes termodinámicas	1	0	0	5	6	0	3,3
	Termoquímica	1	1	2	5	4	0	2,8
	Propiedades molares parciales	1	1	4	4	3	0	2,5
	Equilibrio químico homogéneo	1	2	3	3	4	0	2,5
	Equilibrio químico heterogéneo	1	3	2	3	4	0	2,5
	Equilibrio de fases	1	1	3	3	5	0	2,8
	Termodinámica de soluciones	1	2	3	5	2	0	2,4
	Cinética de reacciones químicas	1	0	5	3	4	0	2,7
Mecanismos de reacciones químicas	1	1	4	3	4	0	2,6	

4.3.4 Computación

Dada las especificaciones conceptuales de ciertas temáticas existía un desconocimiento para poder asignar logros entre los académicos no especialistas en el área. Es por ello que en las primeras filas de cada unidad temática se incorporó un objetivo general para facilitar la comprensión de los contenidos. El logro disminuye progresivamente a medida que se desciende en la lista, lo que se relaciona con un aumento de especificación de las temáticas. La unidad temática “Computación numérica” fue incluida posteriormente a las evaluaciones.

Nivel de Logro		Volver al Inicio
0	No posee esta cualidad	
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a	
2	Pueda participar y discutir en este aspecto	

3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de dirigir o innovar en							
		Nivel esperado del Logro						
COMPUTACIÓN		0	1	2	3	4	5	Prom
Fundamentos de Programación.	Resolver problemas de cálculo (cómputo) sencillo con números enteros y reales	0	0	0	4	1	0	3,2
	Conceptos: algoritmo, programa, lenguaje de programación (sintaxis,semántica), errores	0	0	0	6	5	0	3,5
	Manejo de números: lectura/escritura, variables, tipos, asignación, expresiones	0	0	0	6	5	0	3,5
	Funciones predefinidas y definidas por el programador	0	0	0	4	3	0	3,4
	Estructuras de control: secuencia, selección y repetición de instrucciones	0	0	1	5	5	0	3,4
	Recursión	0	1	1	7	1	0	2,8
	Operadores e instrucciones especiales	0	1	1	5	3	0	3,0
Programación Orientada a Objetos	Resolver problemas de procesamiento (de información numérica y no numérica) de mayor dificultad que ameritan la utilización de facilidades especiales para su representación, tratamiento y posterior extensión.	0	1	0	3	0	0	2,5
	Uso de objetos y clases predefinidas	0	1	0	7	3	0	3,1
	Definición de clases: atributos y métodos	0	2	1	6	1	0	2,6
	Tipos de datos definidos por el programador (Tipos de datos abstractos)	0	2	1	6	1	0	2,6
	Herencia: concepto, polimorfismo, clases abstractas, clases y métodos genéricos	1	1	3	5	0	0	2,2
	Jerarquías de Herencia: predefinidas y definidas por programador	1	1	3	5	0	0	2,2
Interfaces de Usuario	Resolver problemas de interacción con el computador, utilizando diferentes medios de entrada y salida de información, con el propósito de lograr una comunicación amistosa con el usuario.	1	0	1	4	1	0	2,6
	API para interface gráfica de usuario (GUI)	1	0	2	5	3	0	2,8
	Componentes: ventanas, texto, botones, paneles, menús, etc.	1	0	1	6	3	0	2,9
	Manejo de eventos	1	0	1	6	3	0	2,9
	Gráficos: figuras, funciones	1	0	2	5	3	0	2,8
	Inserción de interfaces en páginas web	1	0	1	5	2	0	2,8
		0	0	0	0	0	0	#####
Lista y tablas de valores	Resolver problemas que requieran el manejo y procesamiento de listas y tablas de valores.	0	1	1	6	0	0	2,6
	Arreglos: motivación, concepto, sintaxis, semántica, excepciones	0	1	1	6	2	0	2,9
	Arreglos de una dimensión ("vectores")	0	1	1	6	2	0	2,9
	Arreglos de dos ("matrices") o más dimensiones	0	1	1	6	2	0	2,9
	Arreglos de objetos	0	1	1	8	0	0	2,7
	Objetos de múltiples valores (conjuntos, polinomios, stacks, colas, diccionarios)	0	1	2	7	0	0	2,6

Computación numérica	Resolver problemas con precisión y eficiencia	0	0	0	0	0	0	#####
	Numeros reales: representación, precisión y errores.	0	0	0	0	0	0	#####
	Evaluación de polinomios y series	0	0	0	0	0	0	#####
	Cálculo de raíces: métodos de búsqueda binaria, secante y Newton.	0	0	0	0	0	0	#####
	Cálculo de área bajo la curva: rectángulos, trapecios, Simpson	0	0	0	0	0	0	#####
	Sistemas de ecuaciones.	0	0	0	0	0	0	#####
Búsqueda y ordenamiento de información	Resolver problemas que requieran la búsqueda y/o ordenamiento de información.	0	0	1	6	0	0	2,9
	Algoritmos de búsqueda: secuencial, binario, hashing	0	0	1	9	0	0	2,9
	Algoritmos de ordenamiento cuadráticos: selección, burbuja, inserción	0	0	1	9	0	0	2,9
	Algoritmos de ordenamiento O(nlogn): mergesort, quicksort	0	0	1	9	0	0	2,9
	Búsqueda y ordenamiento de archivos secuenciales y de acceso directo	0	0	3	7	0	0	2,7
	Estructuras de datos (listas enlazadas y árboles binarios) y aplicaciones	0	0	2	8	0	0	2,8
Bases de Datos	Utilizar sistemas de administración de bases de datos y diseñar bases de datos.	1	0	0	4	2	0	2,9
	Conceptos del modelo relacional: tabla, fila, columna, operaciones	1	1	2	5	2	0	2,5
	Implementación con archivos secuenciales y de acceso directo	1	1	2	5	2	0	2,5
	Introducción a un lenguaje de consultas (SQL)	2	1	1	5	2	0	2,4
	Comandos para crear, consultar y actualizar una base de datos	1	2	0	5	2	0	2,5
	Uso del lenguaje de consultas a través de un lenguaje de programación	1	3	0	5	2	0	2,4
Computación intensiva	Resolver problemas que requieran un uso intensivo de la capacidad computacional de un computador o una red.	2	1	2	5	0	0	2,0
	Computación concurrente: proceso (thread), sincronización, locking	2	1	3	5	0	0	2,0
	Computación distribuida:	2	1	3	5	0	0	2,0
	· Redes: concepto, topología, tipos (LAN, WAN)	2	1	3	5	0	0	2,0
	· Internet: protocolos IP y TCP, web, recursos	2	2	2	5	0	0	1,9
	· Comunicación entre computadores: sockets	2	2	2	5	0	0	1,9
Computación gráfica y visualización	Modelar problemas geométricos y utilizar una biblioteca para su programación	0	3	4	2	0	0	1,9
	Uso de una API gráfica estándar para dos y tres dimensiones	1	3	5	2	0	0	1,7
	Transformaciones: escalamiento, rotación, traslación	0	4	5	2	0	0	1,8
	Proyección (ortogonal y perspectivas)	0	4	5	2	0	0	1,8
	Introducción al Modelamiento geométrico	0	4	5	2	0	0	1,8

	Visualización	0	3	5	3	0	0	2,0
Diseño de software	Diseñar e implementar software de mediana envergadura. Considerando que en las secciones anteriores los alumnos adquirieron los razonamientos algorítmico y lógico escribiendo programas para resolver problemas previamente diseñados y de un tamaño y complejidad relativamente pequeña.	2	0	1	3	1	0	2,1
	Conceptos: metodología, proceso y lenguaje de modelamiento	2	2	1	5	1	0	2,1
	Introducción al proceso unificado de desarrollo	3	1	2	4	1	0	1,9
	Modelos de casos de uso, análisis, diseño e implementación	3	1	2	3	2	0	2,0
	Introducción al lenguaje de modelamiento UML	3	0	2	4	1	0	2,0

4.3.5 Economía.

El nivel de logro de la economía se encuentra entre *pueda participar en este aspecto y entienda y pueda explicar*, lo que se entiende en su rol en el plan común de entregar nociones y una mirada general de la economía a todos los licenciados de la Facultad. Destaca en importancia relativa la unidad temática "Oferta, demanda y equilibrio de mercado".

Nivel de Logro		Volver al Inicio						
0	No posee esta cualidad							
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a							
2	Pueda participar y discutir en este aspecto							
3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de liderar o innovar en							
		Nivel esperado del Logro (marque con una x)						
ECONOMÍA		0	1	2	3	4	5	Prom
Introducción a la Economía	Objetivos de la microeconomía: la frontera de posibilidades de producción	1	1	3	6	2	0	2,5
	objetivo de la macroeconomía: crecimiento estable y el producto potencial.	1	1	3	7	1	0	2,5
	método económico y pensar como economista.	1	1	4	4	3	0	2,5
	Conceptos económicos básicos: costo de oportunidad, costo hundido, beneficios y costos marginales.	1	1	1	7	3	0	2,8
Oferta, demanda y equilibrio de mercado	El concepto de mercado	1	1	2	4	4	0	2,8
	Los supuestos de la competencia perfecta	1	1	2	7	2	0	2,6
	El equilibrio de mercado: oferta y demanda	0	2	2	6	3	0	2,8
	Estática comparativa y el <i>ceteris paribus</i>	1	1	2	8	1	0	2,5
	El concepto de elasticidades de demanda y oferta	1	1	2	6	3	0	2,7
	El concepto de excedentes (excedente consumidor y del productor)	1	1	2	6	3	0	2,7
La estructura de los mercados	Las decisiones de una firma competitiva	2	0	3	8	0	0	2,3
	Las decisiones de un monopolio	2	0	4	7	0	0	2,2
	Comparación de excedentes en competencia perfecta y en monopolio	2	0	4	7	0	0	2,2

Políticas Públicas	El gobierno, los impuestos y los subsidios	1	2	3	7	0	0	2,2
	La distribución del ingreso	1	2	3	7	0	0	2,2
	Las externalidades	1	2	3	6	1	0	2,3
	Los bienes públicos	1	2	3	6	1	0	2,3
El comercio internacional	Los determinantes del comercio	2	1	4	5	1	0	2,2
	Quiénes ganan y quiénes pierden con el comercio.							
	Las ganancias del comercio internacional	2	1	4	6	0	0	2,1
Medición de la actividad económica	La medición del Producto (PIB) y la contabilidad nacional	0	2	2	9	0	0	2,5
	La inflación	0	2	2	9	0	0	2,5
	La tasa de interés	1	1	2	9	0	0	2,5
	El tipo de cambio	1	1	2	9	0	0	2,5
	La balanza de pagos	1	1	2	9	0	0	2,5
Crecimiento y política económica	El crecimiento de corto plazo: ciclo económico	2	1	4	6	0	0	2,1
	Oferta agregada: el rol de la política	2	1	4	6	0	0	2,1
	Inflación y desempleo	2	1	4	6	0	0	2,1
	Crecimiento de largo plazo: el desarrollo económico							
		2	1	4	5	1	0	2,2

4.3.6 Biología.

La biología y la biotecnología hoy no figuran como temáticas obligatorias del Plan Común ni como parte de la formación básica en ingeniería. Se incorporó en este análisis por ser una disciplina que cada vez más comparte desafíos y áreas de investigación en común con las disciplinas tradicionales de la ingeniería. Los resultados mostraron que existe una opinión dividida acerca de su pertinencia como formación básica. Al menos cerca de la mitad de los departamentos la consideran como una temática en que el estudiante *entienda y pueda explicar*.

Nivel de Logro		Volver al Inicio						
0	No posee esta cualidad							
1	Haber experimentado o haber sido expuesto a							
2	Pueda participar y discutir en este aspecto							
3	Entienda y pueda explicar							
4	hábil en la práctica o implementación de							
5	Capaz de liderar o innovar en							
		Nivel esperado del Logro (marque con una x)						
BIOLOGÍA		0	1	2	3	4	5	Prom.
Biología y Biotecnología	Conceptos básicos de bioquímica, biología celular y microbiología.	0	3	5	5	0	0	2,2
	Biología molecular e ingeniería genética	4	1	4	4	0	0	1,6
	Biomatemática y bioinformática.	4	1	3	4	1	0	1,8
	Control celular y biosíntesis.	4	1	4	4	0	0	1,6
	Biomateriales y biofísica	2	3	3	4	1	0	1,9

Bioingeniería Sistemas de medio ambiente (Lotka-Volterra) y biorremediación.	3	2	1	7	0	0	1,9
	1	2	4	6	0	0	2,2

Varios departamentos completaron listados para conocimientos específicos de cada especialidad y necesarias para cada profesión, se espera un análisis similar realizado para los conocimientos básicos, para las diferentes carreras.

4.4 Análisis de competencias personales, interpersonales y de C.D.I.O.

A continuación se presentan los resultados del análisis de las competencias del nivel CDIO a los niveles 2.x, 3.x y 4.x, como este proceso aún está en desarrollo se mostrarán los resultados en base a las asignaciones de logro obtenidas en el Departamento de Ingeniería Industrial (DII) y el Departamento de Ciencias de la Computación (DCC), ambos contemplan más del 40% de los estudiantes de pregrado de la Facultad.

Para el caso del análisis de competencias se distinguieron dos evaluaciones: el nivel en que actualmente el promedio de los estudiantes demuestra capacidades en cierta competencia y el nivel de logro esperado que el promedio de los estudiantes debiese desarrollar a lo largo de la especialidad.

Bajo este modo de asignación de logro, se pone atención en aquellas competencias en donde existen brechas. A continuación se presentan las dos competencias en donde se muestra una brecha mayor o igual a dos niveles tanto en los estudiantes del DII como en el DCC según la opinión de los académicos.

- 2.4 Dominar habilidades personales que contribuyan al éxito de la práctica de la ingeniería entre ellas: pensamiento crítico.
- 4.2 Aprender diferentes culturas empresariales y trabajar exitosamente en organizaciones: Reconocer la estrategia empresarial, sus metas y sus sistemas de planificación.

Por otro lado, las siguientes son aquellas competencias en que ambos departamentos son coincidentes en que el nivel esperado es igual al demostrado por parte de los estudiantes

- 2.4 Dominar habilidades personales que contribuyan al éxito de la práctica de la ingeniería entre ellas: iniciativa y voluntad de apreciar riesgos.
- 2.4 Dominar habilidades personales que contribuyan al éxito de la práctica de la ingeniería entre ellas: perseverancia y flexibilidad.
- 2.5 Dominar habilidades profesionales que contribuyan al éxito de la práctica de la ingeniería entre ellas: actualidad de conocimiento en el campo de la ingeniería.
- 3.1 Liderar y trabajar en grupos: formación de equipos efectivos.

- 3.1 Liderar y trabajar en grupos: ejercer liderazgo de equipo y capacidad de dirección.
- 3.2 Comunicación efectiva: comunicación por medio electrónico/multimedia.
- 4.4 Diseñar sistemas complejos: uso de conocimiento técnico en el diseño.
- 4.4 Diseñar sistemas complejos: diseño de procesos de la disciplina.
- 4.5 Implementar procesos de hardware y software y gestionar los procedimientos de implementación: diseñar procesos de implementación.
- 4.5 Implementar procesos de hardware y software y gestionar los procedimientos de implementación: describir el proceso de implementación del software.
- 4.5 Implementar procesos de hardware y software y gestionar los procedimientos de implementación: gestión de la implementación.
- 4.6 Operar sistemas complejos, procesar y gestionar operaciones: reconocer la evolución y los mejoramientos del sistema y su eliminación.

Estos resultados una vez analizados por todos los departamentos deberán ser contrastados tanto por recién egresados como por empleadores.

4.5 Conclusiones Generales

La metodología implementada para determinar y evaluar competencias ha tenido diferentes efectos positivos en los diferentes procesos de desarrollo docente de la Facultad y ha sido un importante impulso a la discusión sobre el proceso formativo de los estudiantes y las competencias que debiesen desarrollar. Los siguientes son dos de los principales beneficios obtenidos hasta el momento gracias al proceso.

El análisis de competencias genera una discusión interna productiva, se enfrentan puntos de vista distintos, y se aprenden nuevos conceptos. La discusión que se genera al asignar logros para cada competencia enfrentó diferentes puntos de vistas y muchas veces concepciones distintas acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje, lo cual sirvió para enriquecer la mirada sobre la formación de ingenieros e ingenieras. La novedad de analizar competencias, sobre todo en los niveles 2.x y 3.x, requirió de aclarar muchos de los conceptos expuestos, lo que favoreció a que aquellos conceptos se incorporaran como un ámbito relevante dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, además fueron constantes las preguntas sobre los mecanismos de evaluación y de metodologías pedagógicas capaces de monitorear y generar aprendizaje en dichas competencias.

Se revisa la pertinencia de los programas de cursos, del currículum y la vigencia y cumplimiento del “perfil del egresado”. El proceso asignación de logro y la visualización de la asignaciones de logro agregadas o promediadas sirvió para ordenar una discusión que tiende a ser muy enfrentada y divergente dada la diversidad de intereses y especializaciones al interior de la FCFM. Esto ayudó en el proceso de análisis de los programas de cursos que representan la actual reforma, modificaciones, mejoras y aprobaciones fueron facilitadas

gracias a la metodología seguida. Además, también se tuvo la oportunidad de revisar el “perfil del egresado” y analizar la coherencia entre lo declarado y lo que efectivamente se refleja en el currículum.

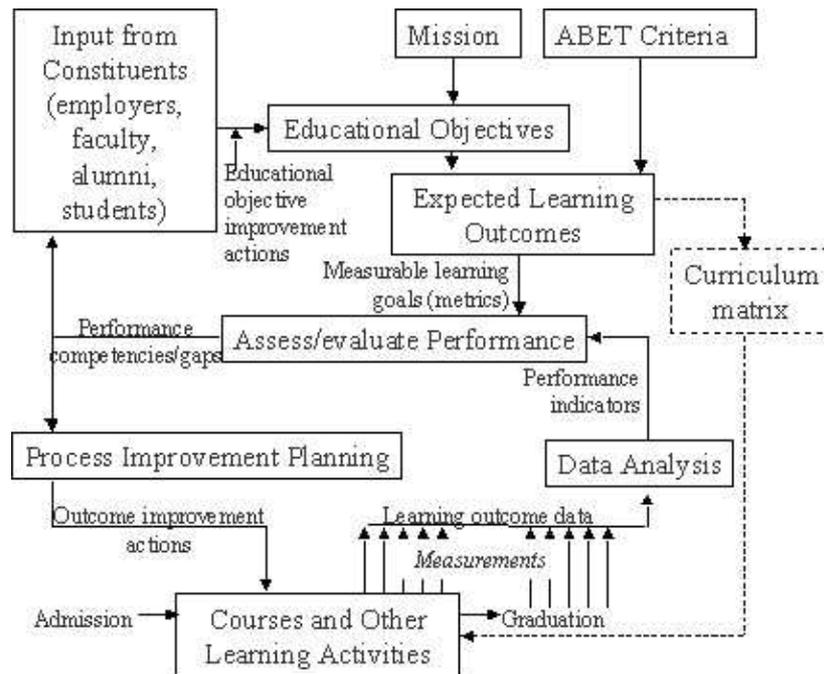
5 Comisión Pontificia Universidad Católica de Chile

5.1 Antecedentes

En esta sección se presentan dos metodologías seleccionadas y estudiadas por el Comité Ejecutivo del proyecto para el diseño curricular basado en competencias: el plan de evaluación educacional de la Universidad de Arizona y la iniciativa CDIO. Dichas experiencias se han convertido en los principales referentes ya que han sido implementadas en programas de ingeniería, y por ende, existe información disponible sobre los procesos y resultados. Si bien el proyecto Tuning también cuenta con abundante información, los resultados de las primeras etapas sobre determinación de competencias son más bien genéricos, y no se ajustan directamente a los objetivos del proyecto.

5.2 Educational Assessment Plan, College of Engineering, University of Arizona

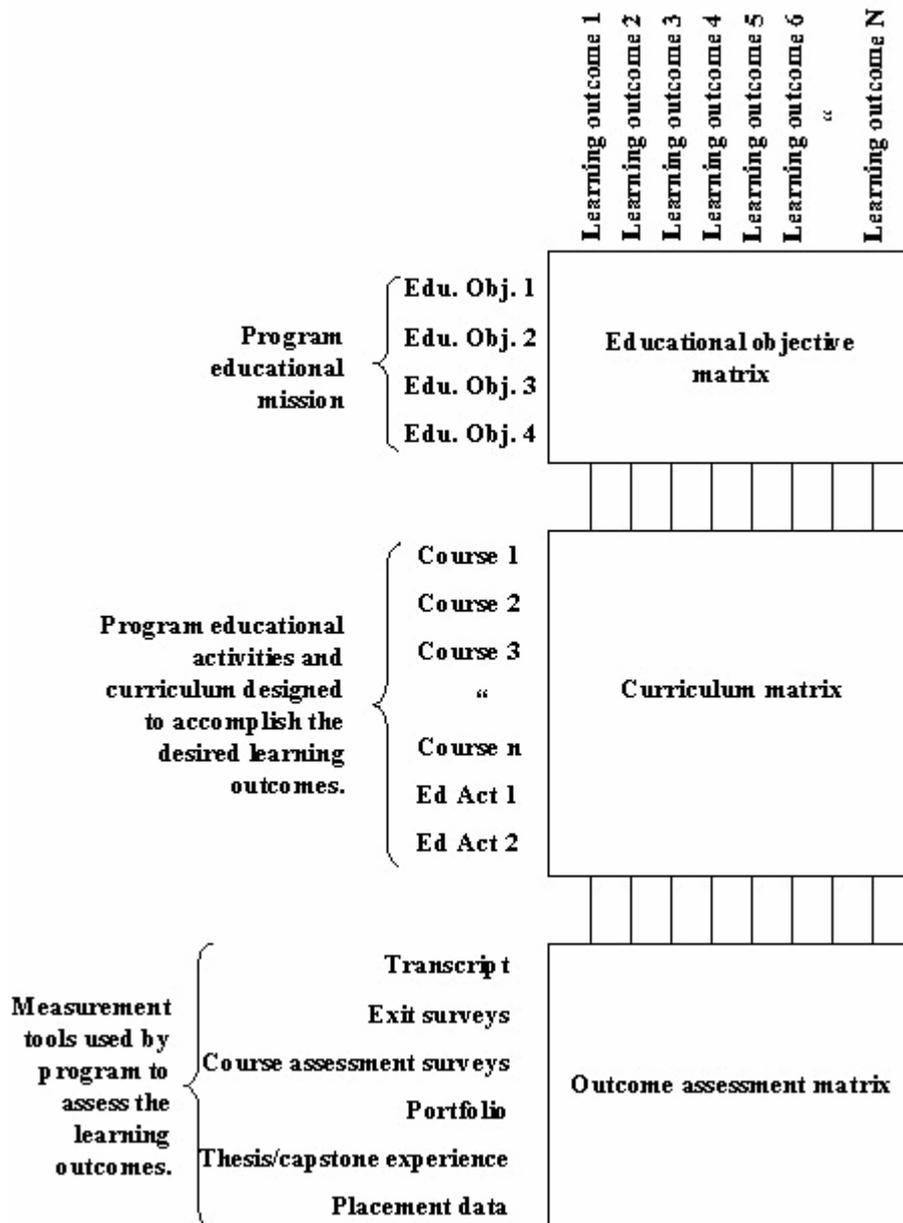
En el College of Engineering de la Universidad de Arizona, el proceso de determinar las competencias de sus egresados se enmarca dentro de un proceso de mejoramiento continuo, que utiliza como referencia los criterios de evaluación de ABET EC2000, pero que va más allá del programa educativo y abarca a todas las actividades del College en sus más diversos ámbitos (estrategia, infraestructura, procesos, servicios, etc.). Es así como definieron una nueva misión para la Escuela y objetivos educacionales para cada uno de sus programas de pre y postgrado. El punto más interesante de la metodología es el mejoramiento continuo que se logra mediante la definición de métricas y la recolección y análisis de datos provenientes de las actividades de evaluación del aprendizaje. Los resultados permiten realizar actividades de mejoramiento en distintas fases del proceso de enseñanza. Un resumen del proceso se muestra en la siguiente figura.



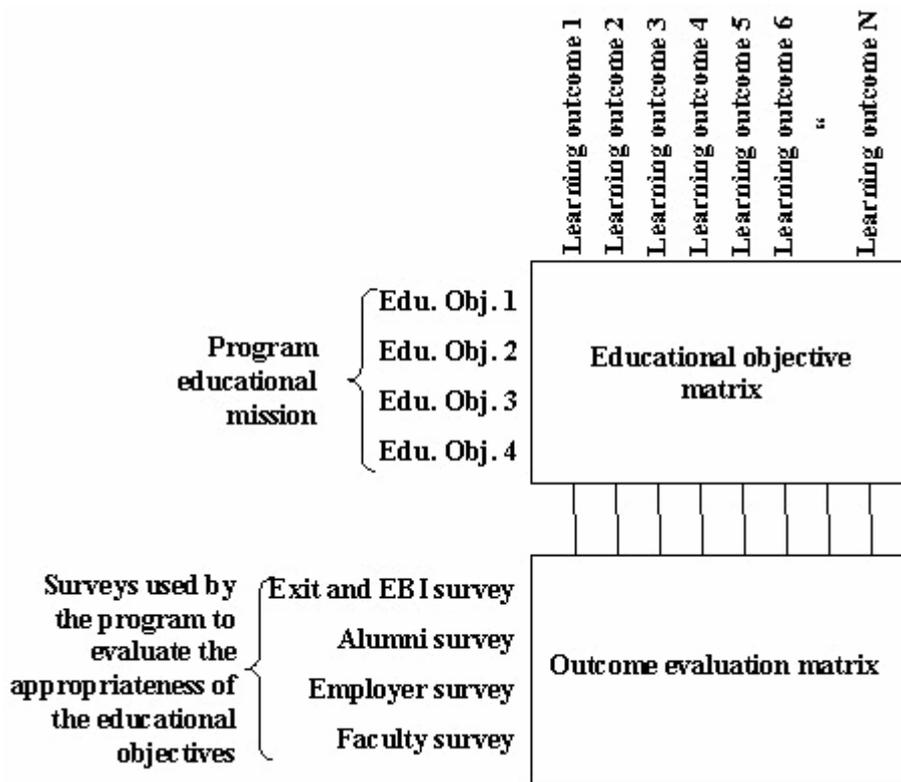
- **Educational Mission Statement:** An overarching long-range statement (about 15 words) describing the purpose for which the educational program exists.
- **Educational objectives:** A set of 3-5 objectives that describe what the program plans to do to ensure that its mission is accomplished with respect to the students it is designed to serve.
- **Evaluation:** The process of measuring the attitudes of constituents relative to the appropriateness of the program's educational objectives.
- **Constituents:** The constituents of the program are: continuing students, graduates, faculty, and employers. Employers can be interpreted as either, those who hire the graduate for work in the field of the profession, or, graduate schools that admit the graduate for further study in the field.
- **Learning outcomes:** A set of measurable learning results that, if satisfactorily achieved by the program's students, will verify that the program has accomplished its educational objectives. These describe what the program wants to be known for by its constituents: its brand.
- **Assessment:** The process of using quantitative measurements to determine if students are accomplishing the desired learning outcomes.
- **Continuous Improvement:** A formal system is put in place to insure that the results of assessment are compared to expected learning outcome metrics and used to improve the program's educational processes.

Además la Universidad de Arizona desarrolló un sistema de matrices para ordenar y administrar el currículo basado en competencias. La primera matriz llamada Matriz de Objetivos Educativos entrega información acerca de los objetivos educativos del programa y los learning outcomes que aportan al cumplimiento de dichos objetivos. Luego, la Matriz Curricular,

cruza información acerca de los cursos y actividades educacionales en las que se entregan los learning outcomes, y en que nivel. Finalmente, la matriz de evaluación de los learning outcomes indica en que actividades se evalúa el nivel de aprendizaje de las competencias. Las tres matrices se enseñan en el siguiente diagrama.



También desarrollaron la matriz de evaluación externa de los learning outcomes, ya que entrega, mediante encuestas, información de la importancia que le dan a cada learning outcome diversos grupos externos (stake holders) relacionados al College. De esta forma cierran el lazo del sistema de mejoramiento continuo.



Si bien en los esquemas presentados por la Universidad de Arizona aparecen hasta N learning outcomes, haciendo bastante general la propuesta de trabajo, en la mayoría de los casos de los programas educacionales en ingeniería de dicha Universidad se utilizaron los que entrega ABET (a-k), y sólo algunos programas agregaron o definieron mas detalladamente sus outcomes.

5.3 Caso de la Escuela de Ingeniería UC

Para definir las competencias se propone utilizar el siguiente esquema basado en las experiencias de la Universidad de Arizona y la Iniciativa CDIO.

Definición de la misión del programa

Se deberá definir la misión de cada programa educacional, el cual se relaciona a los objetivos educacionales y al perfil del egresado. La misión deberá dejar en claro el porque se ofrece el programa y debe ser acorde a la misión de la Escuela y de la institución. Este ejercicio lo deberá realizar la unidad encargada del programa educacional²

5.3.1 Definición de los Objetivos Educacionales

Los departamentos o responsables de programa (coordinados por el representante en la CPC) deben definir a lo sumo seis objetivos educacionales de pregrado para cada especialidad, los que deben contribuir al cumplimiento de la misión institucional y departamental. Estos objetivos

² En el caso de la UC, las unidades encargadas de los programas educacionales son los Departamentos

serán evaluados (a través de las competencias), y por ende, indicarán la calidad y los logros del programa.

5.3.2 Definición de las Competencias Transversales

Definidos los objetivos educativos se comenzarán a definir las competencias. Para ello se utilizará como base el CDIO Syllabus, el cual podrá ser modificado por cada institución para incorporar su sello. Para definir las competencias transversales el Comité Ejecutivo del proyecto revisará los puntos correspondientes del Syllabus CDIO para realizar una nueva versión del syllabus (Syllabus CDIO/UC), según los objetivos educativos del programa y la misión institucional.

5.3.3 Definición de las Competencias Específicas

Las competencias serán definidas para cada especialidad en tres niveles: ciencias básicas, fundamentos y conocimientos avanzados. Esto permitirá definir e incorporar actividades de evaluación de las competencias y objetivos en diversos niveles de la carrera, y segmentar el trabajo de definición de competencias en distintos grupos.

a) Definición de competencias a nivel de fundamentos de la especialidad:

Para definir las competencias a nivel de especialidad será necesario hacer una comparación entre las competencias actuales del programa, las competencias que tienen programas internacionales de prestigio y las que puedan haber definido organizaciones y asociaciones profesionales. Se entenderá por competencias de fundamento de la especialidad todas aquellas que se consideren absolutamente necesarias para poder adquirir conocimientos avanzados de la especialidad, y por ende comprenden el núcleo de la misma.

- i. **Lista actual de competencias:** cada Departamento o responsable de programa docente deberá definir en base al currículum actual una lista de cursos que comprendan los fundamentos de la especialidad (subconjunto de cursos mínimos actuales de licenciatura y titulación), alineado a los objetivos educativos ya definidos para el programa. Luego se deberá traspasar la lista de cursos a la lista de competencias que el alumno alcanza al pasar por esos cursos (se puede realizar revisando la descripción y/o objetivos educativos de los cursos)
- ii. **Lista de competencias programas extranjeros:** se deberá realizar un ejercicio similar con los programas de la misma especialidad (se recomienda ver al menos 7 universidades prestigiosas del mundo). De esta manera se deberá tener un listado de cursos que corresponden a los fundamentos (o core) de la especialidad por cada universidad estudiada y luego traspasar la lista de cursos a una lista de competencias.
- iii. **Lista de competencias organizaciones profesionales:** Se deberán buscar otras listas de competencias o contenidos para la especialidad que se encuentren a

disposición. Como ejemplo se pueden destacar las que se encuentran en los exámenes FE y PE, ABET y organizaciones profesionales (ASCE, IEEE, ASME, ASEM, AICHE, etc.)

- iv. **Proposición de lista final y comparación:** el Departamento o encargado de programa deberá generar, a partir de toda la información recabada, una lista final con las competencias que considere fundamentos de la especialidad y compararla con las referencias internacionales.
 - v. **Competencias en ciencias básicas:** finalmente para cada competencia de fundamento de la especialidad se deberán definir los conocimientos necesarios en Matemática, Física, Química y Biología que el alumno debería contar para poder alcanzar dicha competencia.
-
- b) **Definición de competencias a nivel de conocimientos avanzados:** Se deberá realizar el mismo ejercicio anterior, pero con los cursos de conocimientos avanzados. El Departamento o encargado de programa podrá diferenciar distintas líneas de conocimiento o sub-especializaciones dentro de la especialidad.
 - c) **Definición Syllabus Especialidad:** En base a las definiciones anteriores se elaborará un syllabus completo por cada especialidad.
 - d) **Encuesta a constituyentes:** Se realizarán encuestas a académicos, alumnos, ingenieros, empleadores, organismos gubernamentales y profesionales para validar el nivel de importancia y logro necesario para cada agrupación de competencias. Esto se realizará para el nivel 2 de detalle del syllabus. Para cada competencia se propone utilizar la siguiente escala de nivel de destreza:
 - Nivel 0: No es necesario tener algún nivel de destreza de la competencia
 - Nivel 1: Conocer (tener experiencia o haber estado expuesto a la competencia)
 - Nivel 2: Participar y contribuir (conocer y discriminar situaciones o actividades que requieran la competencia)
 - Nivel 3: Comprender y explicar (capacidad de poder transmitir la competencia a otros y capacitarlos en ello)
 - Nivel 4: Aplicar (capacidad de llevar a la práctica o implementar el conocimiento o la habilidad en la situación correcta)
 - Nivel 5: Innovar (capacidad de manejar y aplicar perfectamente la competencia de manera de poder innovar, liderar y crear conocimiento nuevo en el área)
 - e) **Ajuste final al Syllabus Especialidad:** en base a los resultados de las encuestas por especialidad, se realizará un ajuste al syllabus de ser necesario y se realizará la definición final de competencias CDIO/UC.

5.3.4 Definición de la matriz curricular

La matriz curricular es una herramienta que permite visualizar en qué cursos se está entregando o desarrollando alguna competencia específica. Se recomienda crear al menos 2 matrices, una para ciclo básico y otra para titulación. Los niveles en que un curso puede aportar a cada competencia son tres: introducción (I), enseñanza (E), utilización (U). De esta manera se podrán detectar vacíos en el currículum.

En un proceso de renovación curricular se deberá llenar cada matriz con los cursos y condiciones actuales, esto permitirá tener una visión del nivel de cumplimiento que el currículum tiene, realizar modificaciones para alcanzar mejor el nivel de competencias deseado, y finalmente ayudará a diseñar mejor los cursos y actividades del nuevo currículum. Una vez definida la nueva propuesta curricular se deberá volver a completar la matriz.

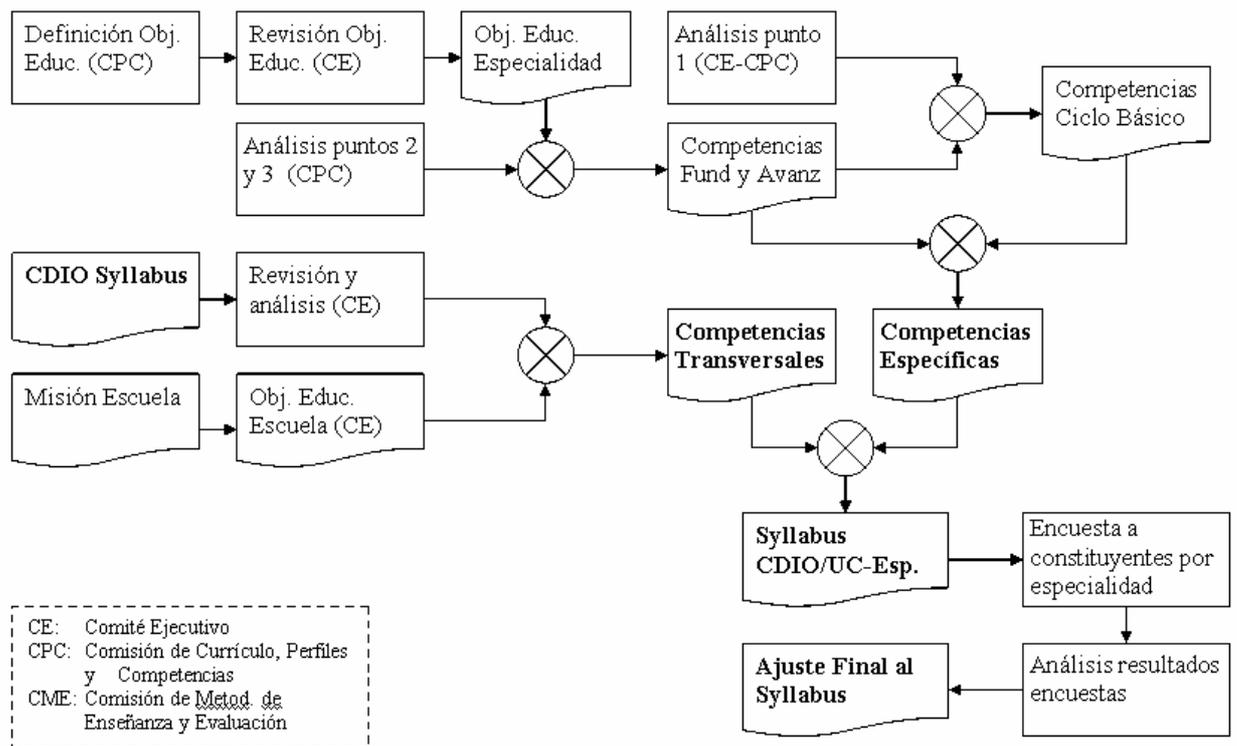
5.3.5 Definición de matriz de evaluación de competencias

La matriz de evaluación de competencias es una herramienta que permite visualizar en qué actividades se están evaluando las competencias requeridas. Se recomienda crear al menos 2 matrices, una para ciclo básico y otra para titulación. La matriz tendrá las actividades que se realizan –Ej.: evaluaciones de cursos, laboratorios, redacción de informes, etc.– en un eje y las competencias en otro. En la intersección se deberá incorporar información sobre en que cursos o instancias se realizan dichas actividades de evaluación de cada competencia.

5.3.6 Definición de actividades de evaluación del programa educacional (mejora continua)

Para constatar el alcance de logros del currículum es necesario evaluar el cumplimiento de los objetivos educacionales del programa. Una parte importante de esto es comprobar el nivel de aprendizaje de los alumnos y de las competencias. Para ello se utilizarán encuestas a los stakeholders donde deberán evaluar el nivel de los egresados en relación a los conocimientos, habilidades y actitudes con que cuentan, y además preguntas a modo de resumen donde se consultará directamente acerca de puntos relevantes como el nivel de cumplimientos de los objetivos siempre que sea posible.

A continuación un diagrama con el resumen del proceso de determinación de competencias (4.1.1 – 4.1.4).



6 Próximos avances

En conjunto ambas universidades desarrollarán las siguientes actividades para concluir con los objetivos de las comisiones.

- Consulta al medio externo.
- Test sobre competencias en áreas básicas del conocimiento

7 ANEXO 1: Traducción conjunta CDIO

CDIO Syllabus

TRADUCCIÓN REALIZADA POR LA UNIVERSIDAD DE CHILE Y LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

1 CONOCIMIENTOS TÉCNICOS

- 1.1. CONOCIMIENTOS EN CIENCIAS BÁSICAS [a]**
- 1.2. CONOCIMIENTOS EN LOS FUNDAMENTOS DE LA ESPECIALIDAD [a]**
- 1.3. CONOCIMIENTOS AVANZADOS DE LA ESPECIALIDAD [k]**

2 HABILIDADES Y ATRIBUTOS PERSONALES Y PROFESIONALES

- 2.1. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y RAZONAMIENTO INGENIERÍL [e]**
 - 2.1.1. Identificar y formular problemas
 - 2.1.2. Crear y usar modelos
 - 2.1.3. Estimar y analizar problemas de forma cualitativa
 - 2.1.4. Analizar problemas bajo condiciones de incertidumbre
 - 2.1.5. Solución de problemas y recomendaciones
- 2.2. EXPERIMENTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE INVESTIGACIONES [b]**
 - 2.2.1. Formular hipótesis
 - 2.2.2. Realizar búsqueda de literatura impresa y electrónica
 - 2.2.3. Conducir investigaciones experimentales
 - 2.2.4. Probar y defender hipótesis
- 2.3. PENSAMIENTO SISTÉMICO**
 - 2.3.1. Pensar holísticamente
 - 2.3.2. Analizar la interacción de componentes y nuevos elementos
 - 2.3.3. Priorizar y sintetizar
 - 2.3.4. Análisis dinámico
 - 2.3.5. Resolver realizando juicio crítico y alcanzando balance entre los trade-off
- 2.4. HABILIDADES Y ACTITUDES PERSONALES**
 - 2.4.1. Iniciativa y disposición de aceptar riesgos
 - 2.4.2. Perseverancia y flexibilidad
 - 2.4.3. Creatividad
 - 2.4.4. Pensamiento crítico
 - 2.4.5. Conciencia de competencias personales
 - 2.4.6. Curiosidad y disposición a aprender de por vida [i]
 - 2.4.7. Gestión del tiempo y recursos
- 2.5. HABILIDADES Y ACTITUDES PROFESIONALES**
 - 2.5.1. Ética profesional, integridad y responsabilidad [f]
 - 2.5.2. Comportamiento profesional
 - 2.5.3. Planificación proactiva de su carrera profesional
 - 2.5.4. Disposición a mantenerse actualizado en el mundo de la ingeniería

3 HABILIDADES INTERPERSONALES: COMUNICACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO

- 3.1. TRABAJO EN EQUIPO [d]**
 - 3.1.1. Capacidad de formación equipos efectivos
 - 3.1.2. Capacidad de gestión de equipos
 - 3.1.3. Identificar y desarrollar habilidades para el crecimiento y evolución del equipo
 - 3.1.4. Capacidad de liderazgo de equipos

3.1.5. Capacidad de trabajar en distintos tipos de equipos y colaborar técnicamente

3.2. COMUNICACIÓN EFECTIVA [g]

- 3.2.1. Analizar situaciones y elegir estrategias comunicacionales
- 3.2.2. Construir estructuras comunicacionales adecuadas
- 3.2.3. Capacidad de comunicación escrita efectiva
- 3.2.4. Capacidad de comunicación por medios Electrónicos/Multimedia
- 3.2.5. Capacidad de comunicación por medios gráficos Gráfica
- 3.2.6. Capacidad de comunicación por presentaciones orales

3.3. COMUNICACIÓN EN IDIOMAS EXTRANJEROS

- 3.3.1. Capacidad de comunicarse de forma oral y escrita en Inglés
- 3.3.2. Capacidad de comunicarse de forma oral y escrita en otros idiomas

4 CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR SISTEMAS EN EL CONTEXTO ORGANIZACIONAL Y SOCIAL

4.1. CONTEXTO SOCIAL Y EXTERNO [h]

- 4.1.1. Comprender el rol y responsabilidad del ingeniero
- 4.1.2. Comprender el impacto de la ingeniería en la sociedad
- 4.1.3. Conocer las regulaciones sociales sobre la ingeniería
- 4.1.4. Conocer el contexto histórico y cultural
- 4.1.5. Comprensión de la actualidad y valores contemporáneos [j]
- 4.1.6. Desarrollar una perspectiva global

4.2. CONTEXTO ORGANIZACIONAL Y DE NEGOCIOS

- 4.2.1. Apreciar diferentes culturas organizacionales
- 4.2.2. Reconocer la estrategia empresarial, metas y sistema de planificación
- 4.2.3. Emprendimiento
- 4.2.4. Trabajo efectivo en organizaciones

4.3. CONCEBIR Y APLICAR INGENIERÍA A LOS SISTEMAS [c]

- 4.3.1. Definir requerimientos y metas del sistema
- 4.3.2. Definir funciones, conceptos y arquitectura del sistema
- 4.3.3. Desarrollar modelos del sistema que permitan su evaluación
- 4.3.4. Desarrollar la planificación del proyecto

4.4. DISEÑO [c]

- 4.4.1. El proceso de diseño
- 4.4.2. Conocer las fases y enfoques alternativos de diseño
- 4.4.3. Utilización del conocimiento técnico en el diseño
- 4.4.4. Diseño disciplinario
- 4.4.5. Diseño multidisciplinario
- 4.4.6. Diseño multi-objetivo

4.5. IMPLEMENTACIÓN [c]

- 4.5.1. Diseñar el proceso de implementación
- 4.5.2. Concebir el proceso de fabricación de Equipos
- 4.5.3. Concebir el proceso de Implementación de Software
- 4.5.4. Diseñar la implementación e integración de los procesos
- 4.5.5. Probar, Verificar, Validar y Certificar
- 4.5.6. Gestión de la implementación

4.6. OPERACIÓN [c]

- 4.6.1. Diseñar y optimizar operaciones
- 4.6.2. Entrenamiento y capacitación de las operaciones
- 4.6.3. Soporte durante el ciclo de vida del sistema
- 4.6.4. Reconocer la evolución y mejoramiento del sistema
- 4.6.5. Manejo de fin de vida útil y desechos
- 4.6.6. Gestión de operaciones

8 ANEXO 2: Integrantes de la Comisión.

Coordinadores

- Máximo Bosch Profesor Asociado Departamento Ingeniería Industrial UCH
- Pablo Irarrázabal Profesor Titular Departamento Ingeniería Eléctrica UC

Colaboradores UC

- Luis Fernando Alarcón Profesor Titular Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
- Hernán Santa María Profesor Auxiliar Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica
- Eduardo Varas Profesor Titular Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental
- Juan Carlos Muñoz Profesor Adjunto Departamento de Ingeniería de Transporte
- Jorge Vera Profesor Adjunto Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas
- Juan de Dios Rivera Profesor Adjunto Departamento de Ingeniería Mecánica y Metalúrgica
- Pedro Bouchon Profesor Adjunto Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos
- Miguel Ríos Profesor Adjunto Departamento de Ingeniería Eléctrica
- Yadran Eterovic Profesor Adjunto Departamento de Ciencia de la Computación
- Alfonso Otero Profesor Adjunto Centro de Minería
- Rafael Benguría Profesor Titular Facultad de Física
- Martín Chuaqui Profesor Adjunto Facultad de Matemáticas

Colaboradores UCH

- Julian Ortiz Profesor del Departamento de Ingeniería en Minas
- Aquiles Sepúlveda Profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica
- Tomás Vargas Profesor del Departamento de Ingeniería Química
- Cristián Cortés Profesor del Departamento de Ingeniería Civil
- Ramón Verdugo Profesor del Departamento de Ingeniería Civil

- Ernesto Brown Profesor del Departamento de Ingeniería Civil
- Nancy Hitschfield Profesora del Departamento de Ciencias de la
Computación
- Gerardo Díaz Profesor del Departamento de Ingeniería en Materiales
- Luis Vargas Profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica
- Mario Pardo Profesor del Departamento de Geofísica