

# Objetivos de aprendizaje y currículo integrado

## 1 Introducción

El presente documento pretende examinar lo que a juicio del suscrito son dos problemas relacionados, uno a nivel de unidades curriculares, otro a nivel de carreras.

### 1.1 A nivel de unidad curricular

Tradicionalmente, los programas cada unidad curricular constaban de un listado de temas a ser considerado seguido de una bibliografía. Esta última daba a los docentes una idea del nivel en que se debían tratar los diferentes contenidos. Es en oportunidad del plan '97 que se estableció que los programas debían contener obligatoriamente, entre otros ítems, los objetivos de la unidad curricular. En ese momento no se dieron mayores indicaciones sobre cómo se debía completar este ítem, más allá de que había que ponerse del punto de vista del estudiante: se debían enumerar habilidades que el estudiante debía obtener en el curso. Esta falta de directivas precisas sobre cómo describir ese ítem hizo que en su compleción hubiera una gran dispersión en lo presentado por las diferentes unidades curriculares, como lo muestra un análisis de la página “Programas de asignaturas de Facultad”<sup>1</sup>. De hecho, al lado de buenas descripciones, se observan otras que dejan dudas, hasta porque en algunos casos los objetivos se expresan desde el punto de vista de lo que se enseña, pero en realidad, no importa tanto lo que hace el profesor sino que a lo que hay que prestar atención es a lo que el estudiante efectivamente obtiene.

Es opinión del suscrito que el ítem objetivos no ocupó ni ocupa mayor relevancia frente a los tradicionales de temario y bibliografía: si se les pidiera a los docentes que reprodujeran de memoria el programa de la asignatura que están dictando, seguramente lo harían bien en los ítems de temario y bibliografía, pero a juicio del suscrito, una gran mayoría de docentes tendría dificultades en lo que respecta a los objetivos. Esto se daría particularmente en los años iniciales en que las unidades curriculares están a cargo de grupos de docentes que generalmente centran su atención en el temario que debe impartirse, bajo las directivas del responsable y coordinador, y no tanto en los objetivos del programa. A juicio del suscrito, la falta de claridad en los objetivos de muchas de las unidades curriculares tiene consecuencias importantes que son desarrolladas en la Subsección 2.1 de este documento.

### 1.2 A nivel de carrera

A los efectos de este documento, se utilizará una definición de currículo como la dada por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia<sup>2</sup>, que establece que es

1 Disponible a diciembre 2019 en <https://www.fing.edu.uy/node/31286/programas-de-asignaturas>.

2 Artículo 76 de la ley 115 del 8/2/94 del Congreso de la República de Colombia. Disponible a enero 2020 en <https://www.google.com.uy/search?source=hp&ei=UG8TXpqEMarB5OUPxLG1-Ao&q=Ley+115.+Santaf%C3%A9+de+Bogot%C3%A1+Congreso+de+la+Rep%C3%BAblica+de+Colombia.&oq=Ley+115.+Santaf>

“el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías, y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional.”

En esta definición se observa que se incluyen muchas componentes interactuantes, con lo que su coordinación resulta compleja.

Un párrafo de objetivos generales que aparece en los planes de estudios (uno de los elementos del currículo) de las carreras de ingeniería de la Facultad establece que:

“El objetivo fundamental del presente Plan de Estudios es la formación de ingenieros dotados de preparación suficiente para insertarse en el medio profesional y capacitados para seguir aprendiendo, acompañando la evolución científica, tecnológica y social, y perfeccionándose para abordar actividades más especializadas y complejas. Ello implica apuntar a preparar ingenieros con una fuerte formación básica y básico-tecnológica. Por lo tanto se hace énfasis en una sólida formación analítica, que permita una comprensión profunda de los objetos de trabajo. También es necesario desarrollar la metodología para realizar medidas y diagnósticos en forma rigurosa, así como la capacidad de formulación de modelos, que permitan interpretar la realidad para actuar sobre ella. Lo anteriormente descrito unido a una buena capacidad de síntesis, buscarán crear en el egresado una actitud creadora e innovadora. Se considera parte de la formación profesional la comprensión de la función social de la profesión y la ética en el uso de los conocimientos y de los recursos naturales, incluyendo el trabajo.”

La pregunta es ¿de qué manera la Facultad se asegura que se cumplen estos objetivos, o los varios otros establecidos en otras secciones de los planes de estudios como las que se desprenden del “perfil del egresado”, o los adjudicados a las áreas de formación? Las unidades curriculares suelen enfocarse en transmitir su temario. En la Subsección 2.2 se argumenta una cierta falta de alineación entre los objetivos expresados en el el plan de estudios y los objetivos de las unidades curriculares.

### 1.3 Organización del documento

Como ya se expresó en 1.1 y en 1.2, en la Sección 2 se plantean ambos problemas, el dado a nivel de unidad curricular, y el presentado a nivel de carrera. En la Sección 3 se describe una posible respuesta a las dificultades a nivel de unidad curricular usando como herramienta una taxonomía de objetivos de aprendizaje (una clasificación de objetivos de acuerdo a niveles de dificultad). Lo que se propone, como primer paso para atacar el problema, es revisar los objetivos de los programas, con una mirada puesta en los planes de estudios y en el marco de una taxonomía de objetivos de aprendizaje, taxonomía que en cada unidad curricular en principio podría ser elegida de entre las varias que existen. Los objetivos de aprendizaje no son solamente los correspondientes al temario de la unidad curricular<sup>3</sup>, sino también otros aspectos mencionados en los planes de

---

[%C3%A9+de+Bogot%C3%A1%3A+Congreso+de+la+Rep%C3%BAblica+de+Colombia.&gs\\_l=psy-ab.12](#)

3 En el presente documento no se hace énfasis en los temarios de las unidades curriculares porque se estima que no está allí el problema, pero sí tanto a otros aspectos del plan de estudios, como también al nivel cognitivo que cada

estudios, y a los cuales diferentes unidades curriculares deben contribuir en la medida en que les corresponda.

En la Sección 4 se plantea una posible respuesta al problema de la alineación de los elementos que componen el currículo, y es la creación de un currículo integrado. En esa sección se describe resumidamente una forma de construirlo mediante el enfoque CDIO (sigla por Concepción, Diseño, Implementación, Operación), que es una hoja de ruta para llegar al objetivo. En la Sección 4 se resume una primera etapa del enfoque CDIO, y se esbozan elementos para completarla. Ese currículo integrado, al buscar una mirada global, incorpora en una de sus etapas la elaboración de objetivos en los programas de la Sección 3 ya mencionada. Finalmente, en la Sección 5 se hacen dos sugerencias, una relativa a unidades curriculares, la segunda, relativa a las carreras.

Los ejemplos que se vierten en este documento, por los antecedentes del suscrito, están muy dirigidos a la matemática, pero, mutatis mutandis, lo que ejemplifican se extienden a otras unidades curriculares de la Facultad. Los conceptos expuestos en este documento son responsabilidad del suscrito, y no son implican a ninguna institución u orden.

## **2 Planteo del problema**

### **2.1 A nivel de unidad curricular**

En el examen de cálculo 1 de febrero de 2017, en algún ejercicio se les pedía a los estudiantes razonar sobre la demostración de un teorema considerado durante el curso, pero en el que en la hipótesis se habían introducido algunas variantes. Dejando de lado la cuestión de si en el curso se le suministró a los estudiantes las herramientas necesarias para esa tarea y a qué nivel se hizo, cabe la pregunta de si la mencionada tarea es o no es un objetivo del curso de cálculo 1. En lo más cerca que está el programa de cálculo 1 de esta cuestión en sus objetivos, es donde afirma que “el estudiante debe adquirir cierta solvencia en el razonamiento lógico y abstracto. Esto incluye [...] la capacidad de elaboración razonamientos por su propia cuenta, tanto para la resolución de problemas prácticos como para el acercamiento a un nuevo concepto.” Es al menos discutible si la “cierta solvencia en el razonamiento [...] para el acercamiento a un nuevo concepto” incluye la capacidad de análisis de una demostración al nivel solicitado en ese examen.

Viendo el mismo problema pero desde otra óptica: en la literatura se distinguen dos grandes métodos de calificación del trabajo estudiantil: la calificación referida por normas y la referida por criterios:

- **Calificación por normas:** en este caso, se determina a priori una distribución de resultados de los estudiantes, y la calificación se ajusta de acuerdo a ese criterio. Por ejemplo, se podría determinar que el 10% de los estudiantes con mejor resultado obtenga una A, el 30% siguiente una B, y así sucesivamente. La calificación de cada estudiante depende, entonces, del desempeño del grupo. Este método aparece por ejemplo en pruebas de admisión o coeficientes de inteligencia.

- Calificación por criterios: se trata de determinar en qué medida el estudiante logra resultados de aprendizaje especificados previamente.

En principio, lo usual en las instituciones de enseñanza es que, como primera respuesta, manifiesten que usan una calificación referida por criterios. No obstante, la diferencia es más bien teórica, los criterios se fijan usualmente con una mirada sobre lo que los estudiantes efectivamente consiguen realizar. Según Lok et al.<sup>4</sup>,

“Está claro que ninguno de los dos enfoques, en su forma pura, es apropiado en escenarios extremos. La mayoría de los profesores, *si se les presiona*, confesaría que se trata de un híbrido pragmático, esperando algún nivel de rendimiento absoluto y respetando al mismo tiempo la convención sobre la distribución de calificaciones. Este enfoque está siendo sometido a una presión cada vez mayor por diversas razones. [...] Por estos motivos, se ha debatido continuamente sobre la evaluación basada en criterios y normas, hasta el punto de que a menudo se consideran opciones mutuamente excluyentes en una elección binaria.”

En ese artículo de Lok<sup>4</sup> se argumenta contra una falsa dicotomía, y que ambas opciones deben coexistir en un balance inteligente.

La falta de claridad en el ítem objetivos de las unidades curriculares en los programas de Facultad hace que una evaluación basada en criterios sea cuando menos difusa en lo que respecta a requerimientos exigidos a los estudiantes, obteniendo un gran peso la calificación referida a normas. No son raras las oportunidades en que se fijan criterios en pruebas en función del número de estudiantes que contestan acertada o equivocadamente a la preguntas. El suscrito opina que si en algún momento, por ejemplo por alguna innovación educativa, en una unidad curricular se alcanzaran niveles de conocimiento más profundo que antes de la innovación, entraría en acción una aspiración de discriminar los desempeños de los estudiantes, lo que haría que en el mediano plazo los porcentajes de aprobación volverían a ser similares a los originales, debido esto a la poca claridad de los objetivos de aprendizaje<sup>5</sup>.

Es usual, en pruebas de matemática, solicitar al estudiante la demostración de un determinado teorema. La definición de la RAE afirma que demostrar es “hacer ver que una verdad particular está comprendida dentro de otra de la que se tiene certeza”. Esta definición no es de gran ayuda a comprender qué dominio de un teorema se debe tener: el “hacer ver” puede ser hecho por ejemplo recordando y transcribiendo una demostración. Pero también puede lograrse entendiéndola y explicándola con sus propias palabras. El estudiante, incluso, podría alcanzar un nivel más profundo, comprendiendo qué importancia tiene cada una de los elementos que componen la hipótesis del teorema y siendo capaz, si se hace una variación en las hipótesis, a) de dar un contraejemplo si el nuevo enunciado es falso, o b) de modificar la demostración en lo que corresponda para llegar a la tesis. Finalmente, podría llegarse a un nivel de creación (no necesariamente original, pero sí llegando a una demostración no vista en el curso ni conocida de

---

4 Lok, B., McNaught, C., y Young, K. (2016). Criterion-referenced and norm-referenced assessments: Compatibility and complementarity. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(3), 450-465. Disponible en Timbó a diciembre 2019

5 Esto no es absoluto, se pueden mencionar excepciones, por ejemplo si coexisten modalidades de enseñanza tradicionales con innovadoras, o en el caso de utilizar los tests Concept Inventory, que son pruebas referenciadas por criterios bien conocidas por los físicos.

antemano por el estudiante) sintetizando diferentes elementos del curso o de cursos anteriores. En principio, cualquiera de los cuatro pueden ser objetivos válidos en un curso. Un ejemplo para ser más claro: no es lo mismo repetir una demostración de la irracionalidad de  $\sqrt{2}$  (sin comprenderla), que entender esa misma demostración y explicarla con palabras propias. No es lo mismo, tampoco, como tercera opción, que después de haber entendido la mencionada demostración, se aplique para demostrar la irracionalidad de  $\sqrt{3}$ , que si bien no conlleva aparentemente una mayor complejidad que la de comprender, sí representa un salto cognitivo. Una cuarta opción, creciente en nivel de complejidad, es probar la irracionalidad de  $\sqrt{12}$ , allí el estudiante debe sintetizar la demostración conocida de la irracionalidad de  $\sqrt{2}$  con conceptos de descomposición factorial de naturales. Finalmente, una quinta opción podría ser pedir conjeturar y probar un teorema que dé una condición necesaria y suficiente para que la raíz cuadrada de un natural sea irracional. Son niveles diferentes de conocimiento, algunos puede que sean razonables exigir, otros no, la respuesta a ello depende del desarrollo cognitivo que posea el estudiante.

## 2.2 A nivel de carrera

En los planes de estudios de las carreras de grado de ingeniería, entre otros objetivos generales, se menciona que se debe lograr una fuerte formación analítica y buena capacidad de síntesis. Cabe preguntarse cómo se logran esas formaciones. La capacidad de síntesis aparece explícitamente en, por ejemplo, el proyecto de fin de carrera. Pero parece razonable que esas formaciones (y por supuesto, asociada a contenidos, no es posible aprehenderlas en abstracto), aparezcan en forma progresiva durante todo el desarrollo de la carrera, para lo que es de recibo preguntarse si ese objetivo fue tenido en cuenta al elaborarse los distintos programas de las unidades curriculares.

Primero que nada, ¿cuál es el punto de partida estudiantil al ingreso? El punto queda evidenciado en los cursos iniciales de matemática de facultad, en que revelan que muchos estudiantes están lejos de una capacidad medianamente fluida de hacer análisis o síntesis, y básicamente no pasan de capacidad de entender. El problema discutido arriba sobre la irracionalidad de la raíz de un entero no es teórico: en cierto año, se hizo la demostración de la irracionalidad de  $\sqrt{2}$  en el teórico de Cálculo 1, y se pidió demostrar la irracionalidad de  $\sqrt{3}$  en el práctico. Fueron muchos los estudiantes que se detuvieron en la palabra “demostrar”, y una vez superada esa parálisis, no supieron continuar con el resto del ejercicio. Esto no es un problema que se reduce al Uruguay: en Crawford et al.<sup>6</sup> se hizo una encuesta a 300 estudiantes ingresantes a la universidad en Australia, previo al inicio de cursos de matemática que revela que “Una gran proporción de la muestra de egresados de enseñanza media estudiados conciben la matemática como números, reglas y fórmulas que se pueden aplicar para resolver problemas. En nuestra muestra, estas visiones de la matemática se asocian con enfoques superficiales del estudio de la matemática.” El tema está más desarrollado en el documento del Claustro “El problema de la matemática”<sup>7</sup>,

---

6 Crawford, K., Gordon, L. S., Nicholas, J., y Prosser, M., 1993, Learning mathematics at university level: initial conceptions of mathematics, in Atweh, W.; Kanes, C., Carss, M., and Booker, G. (ed) Contexts in Mathematics Education: Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (MERGA), Brisbane. Disponible a enero 2020 en [https://www2.merga.net.au/documents/RP\\_Crawford\\_Gordon\\_Nicholas\\_Prosser\\_1993.pdf](https://www2.merga.net.au/documents/RP_Crawford_Gordon_Nicholas_Prosser_1993.pdf)

7 Disponible a enero 2020 en [https://www.fing.edu.uy/documentos\\_digitales/download/4?query=actividades+de+ense%C3%B1anza&dir=documentos\\_digitales%2F1+a\\_cogobierno%2F2\\_claustro&after=&before=&sort=mtime&ascending=0&page=1](https://www.fing.edu.uy/documentos_digitales/download/4?query=actividades+de+ense%C3%B1anza&dir=documentos_digitales%2F1+a_cogobierno%2F2_claustro&after=&before=&sort=mtime&ascending=0&page=1)

¿Cuál es la situación avanzada la carrera? En los años 2008 y 2009 se llevó adelante la llamada “Herramienta diagnóstica media”<sup>8</sup> (HDM), dirigida a estudiantes que habían completado entre 150 y 200 créditos de la carrera. Como resumen del resultado de esas pruebas, se transcriben los siguientes párrafos de la HDM 2009 (resultados similares hay en la HDM 2008):

“En la HDM 2009 se obtuvo un 32,5% de suficiencia<sup>9</sup> global. Este resultado es más bajo que el obtenido en el año 2008 aunque no se puede asegurar la equivalencia de las pruebas ya que se realizaron modificaciones en la prueba principalmente en las competencias específicas de cada carrera.

La carrera que obtuvo mayor porcentaje de suficiencia global fue Eléctrica con un 69%; en las otras carreras se obtuvo entre el 21 y el 25% de suficiencia global salvo para Agrimensura en la cual ningún estudiante logró la suficiencia.

Si se analizan las componentes por separado, para las **competencias generales** comunes a todas las carreras se obtuvo un 27% de suficiencia, siendo también la carrera de Eléctrica la que obtuvo el mayor porcentaje (58%). Ingeniería en computación obtuvo el 11% de suficiencia en esta componente y para Agrimensura ningún estudiante logró la suficiencia en esta componente.

En la **componente específica** para cada carrera, Eléctrica obtuvo un 76% de suficiencia, Computación 61%, Química y Alimentos 52%, Civil 38%, Mecánica 37% y en Agrimensura 2 de los 4 estudiantes que se presentaron lograron la suficiencia en esta componente. Estos resultados no son comparables entre sí por tratarse de pruebas diferentes, con índices estadísticos que difieren de una propuesta a otra.”

Esas cifras, referidas a estudiantes que ya consiguieron un cierto avance en su carrera, apuntan a mostrar que hay un conjunto no menor de ellos cuyos conocimientos y habilidades no son lo suficientemente satisfactorias. Del análisis del informe no es fácil entender dónde están los problemas: hay conceptos referidos a preguntas específicas pero no muchas miradas globales. De todas formas, de la HDM 2008 se transcriben, en este sentido, algunas expresiones de Iván López referidas a los estudiantes de ingeniería química:

“Como una hipótesis muy preliminar podría plantearse que los problemas más grandes se dan no en los conocimientos adquiridos sino en la capacidad para la abstracción, la formulación de modelos y su aplicación a situaciones prácticas. A modo de ejemplo la pregunta 25 (balance de masa de dos corrientes en un punto) preguntada explícitamente es contestada en forma ampliamente correcta. Sin embargo es una constatación reiterada que planteada esa situación en el marco de un problema genera muchas dificultades. En el mismo sentido las preguntas ‘matemáticas’ deben tener un doble problema: requerir mayor abstracción y no establecer un contacto directo con ejemplos reales. Las situaciones de manejo ‘práctico’ no son del todo bien resueltas, por ejemplo, en la pregunta de la absorción, se requería tener un conocimiento elemental de cuales eran ácidos y

8 Disponibles a diciembre 2019 en <https://www.fing.edu.uy/~enrich/evaluacion/HDM2008.doc> y en <https://www.fing.edu.uy/~enrich/evaluacion/HDM2009.doc>

9 Por “suficiencia” debe entenderse haber obtenido 60% o más de los puntos posibles.

bases y si eran volátiles (el amoníaco), detalles que no eran preguntados explícitamente pero que se requerían para resolver la situación. También en la pregunta de las incertidumbres se nota falta de resolución práctica (haber tenido que ‘utilizar’ una incertidumbre).”

Se resalta que, entre las observaciones anteriores se expresan dudas sobre cómo se estaban alcanzando algunos objetivos, por ejemplo se menciona “la formulación de modelos y su aplicación a situaciones prácticas.” El plan de estudios establece entre los objetivos generales que los egresados deben tener “capacidad de formulación de modelos, que permitan interpretar la realidad para actuar sobre ella”. También se mencionan dudas sobre la capacidad de abstracción, que es uno de los objetivos normalmente adjudicados a la área de formación matemática.

En otro pasaje del mismo documento se lee:

“En lo que refiere a estrategias de aprendizaje, podemos destacar que, aún a esta altura de la carrera, un 16% de los estudiantes manifiesta estudiar memorizando todos los temas y un 42% lo hace particularmente frente a aquellos temas que les resultan de difícil comprensión. Si consideramos además que 23% durante la preparación de los exámenes estudia sólo los temas que preguntan siempre, es importante continuar trabajando con los estudiantes actividades relativas a las estrategias de aprendizaje específicas de cada disciplina, pues recordamos que lamentablemente se desarrollan estrategias que permiten salvar exámenes aunque no se puede asegurar que los estudiantes hayan logrado aprendizajes significativos.

Aún una cantidad importante de estudiantes (39%) asegura interesarse solamente por los resultados de los ejercicios y no por el proceso de su resolución, lo que no es promotor de aprendizajes significativos, lo que sin embargo puede constituirse en una estrategia para ‘salvar’.”

Problemas como el anterior se encuentran no solamente en Uruguay: en Anderson et al.<sup>10</sup> se hizo un estudio sobre las respuestas dadas por estudiantes de grado de tercer año de 15 instituciones universitarias diferentes a preguntas simples de matemática de nivel correspondiente a primer año. Se encontró que “las ideas erróneas encontradas indican que los cimientos establecidos en el primer año, sobre los que se construyen sus conocimientos posteriores, son a menudo muy endeble. Los datos recogidos incluyen información sobre la concesión del título final de la mayor parte del grupo de prueba. Se ha comprobado que incluso entre los estudiantes que posteriormente obtuvieron buenos títulos, la retención del material de primer año es demostrablemente débil y sugiere algún motivo de preocupación entre los que los enseñan.”

Como reflexión final referida a las HDM, se señala que en el informe HDM 2008 se discute los resultados de una pregunta de física sobre acción y reacción que había sido propuesta en la Herramienta Diagnóstica al Ingreso (HDI). Después de un curso de física general, 1 y para varios estudiantes, después de un curso de mecánica newtoniana, no pocos estudiantes continuaban contestando erróneamente la pregunta, e incluso varios, habiéndola contestado bien en la HDI,

---

10 Anderson J., Austin, J. Barnard, T. y Jagger, J. (1998) Do third-year mathematics undergraduates know what they are supposed to know?, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 29:3, 401-420

cambiaban su respuesta por una errónea en la HDM. Esta situación es bien conocida en la literatura internacional, es muy común en artículos que se refieren a metodologías de aprendizaje activo en cursos de física, que uno de los problemas a atacar es que muchos estudiantes, luego de cursos enseñados con metodologías tradicionales, si bien consiguen resolver problemas de mecánica de cierta complejidad igualmente siguen teniendo una “concepción aristotélica” respecto a ciertas cuestiones de física. El problema no se reduce a la física. En el capítulo 3 “What students learn” del libro de Ramsden<sup>11</sup> se encuentran las siguientes expresiones:

“Un cuadro deprimente surge de los estudios sobre la calidad de la comprensión de los estudiantes en las disciplinas académicas y las materias profesionales. Parece que muchos estudiantes no cambian su comprensión de la manera que sus profesores desearían.

Si se compara con la posición epistemológica y educativa adoptada en el capítulo 1 de este libro -que el aprendizaje se refiere fundamentalmente a los cambios en la comprensión de la realidad, y que la enseñanza debe orientarse a ayudar a los estudiantes a comprender los fenómenos de la manera en que lo hacen los expertos-, estas conclusiones representan una seria acusación de la eficacia de la educación superior. Parece que no ha tenido tanto éxito como podría haber tenido en ayudar a los estudiantes a cambiar su comprensión de, por ejemplo, la naturaleza del mundo físico o a captar la naturaleza del proceso científico. Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto que:

- Muchos estudiantes logran habilidades rutinarias complejas en ciencias, matemática y humanidades, incluyendo algoritmos de resolución de problemas.
- Muchos se han apropiado de enormes cantidades de conocimiento detallado, incluyendo el conocimiento de la terminología específica de la materia.
- Muchos son capaces de reproducir grandes cantidades de información factual cuando se les pide.
- Muchos son capaces de aprobar exámenes.
- Pero muchos son incapaces de demostrar que entienden lo que han aprendido cuando se les hacen preguntas sencillas pero que ponen a prueba su comprensión del contenido. Siguen profesando ideas erróneas sobre conceptos importantes; sus ideas sobre cómo los expertos proceden e informan sobre su trabajo son a menudo confusas; la aplicación de sus conocimientos a nuevos problemas es a menudo débil; sus habilidades para trabajar conjuntamente para resolver problemas son a menudo inadecuadas. Los cambios conceptuales son ‘relativamente raros, frágiles y dependientes del contexto’ (Dahlgren<sup>12</sup> 1984:33).

---

11 Ramsden, P. (2003) Learning to Teach in Higher Education. London: Routledge.

12 Dahlgren, L. O. 1984 ‘Outcomes of learning’, disponible a enero 2020 en [http://www.docs.hss.ed.ac.uk/iad/Learning\\_teaching/Academic\\_teaching/Resources/Experience\\_of\\_learning/EoLChapter2.pdf](http://www.docs.hss.ed.ac.uk/iad/Learning_teaching/Academic_teaching/Resources/Experience_of_learning/EoLChapter2.pdf). En el capítulo 2 de Marton, F., Hounsell, D. y Entwistle, N. (eds) The Experience of Learning, Edinburgh: Scottish Academic Press, disponible a enero 2020 en <https://www.ed.ac.uk/institute-academic-development/learning-teaching/research/experience-of-learning>



En resumen, la investigación indica que, al menos durante un corto período, los estudiantes retienen grandes cantidades de información. Por otra parte, muchos de ellos parecen olvidar pronto gran parte de ella (véase, por ejemplo, Saunders<sup>13</sup> 1980), y parecen no hacer buen uso de lo que recuerdan. Experimentan muchos cambios superficiales -adquiriendo la jerga de las disciplinas, por ejemplo- pero tienden a operar con concepciones ingenuas y erróneas. Además, muchos estudiantes no saben lo que no saben: no han desarrollado una conciencia autocrítica en sus asignaturas.”

Es claro, a juicio del suscrito, que como estudiante es más fácil avanzar en la carrera aplicando, donde sea pertinente, herramientas de nivel cognitivo superior que usando exclusivamente la memoria de corto plazo. Pero la evidencia indica que, si bien hay un conjunto grande de estudiantes que efectivamente consiguen desarrollar esas herramientas cognitivas de nivel superior, hay otro conjunto también grande de estudiantes que consiguen avanzar en la carrera sin desarrollarlas, a pesar de lo establecido en los planes de estudios. Las metodologías expositivas en los cursos predominantes en facultad y de resolución de problemas en el pizarrón estimulan el uso de herramientas cognitivas de nivel inferior. Las evaluaciones son usualmente sobre aspectos que implican recordar y comprender, pero no analizar o sintetizar. Este problema está siendo cada vez más comprendido, los cursos de Matemática Inicial y Cálculos Diferencial e Integral son ejemplos, pero de todas formas, es de preguntarse cómo se alinean los cursos de Facultad con los objetivos del plan de estudios (y no solamente pensando en contenidos temáticos). Otra vez, ese problema no es exclusivamente uruguayo, en Barrie<sup>14</sup>, se lee:

“Durante muchos años, las universidades de todo el mundo han tratado de articular la naturaleza de la educación que ofrecen a sus estudiantes a través de una descripción de las cualidades y habilidades genéricas que poseen sus graduados. [...] Es evidente que los profesores universitarios australianos encargados de la responsabilidad de desarrollar los atributos genéricos de los estudiantes no comparten una comprensión común ni de la naturaleza de estos resultados, ni de los procesos de enseñanza y aprendizaje que podrían facilitar el desarrollo de estos resultados. En cambio, los académicos tienen concepciones cualitativamente diferentes del fenómeno de los atributos de los estudiantes.”

El tema de poseer capacidad de análisis o síntesis no es un tema on-off, es decir, no es algo que se tiene o que no se tiene, sino que se posee en diversos grados. Pero al estar planteado en los planes de estudios, parece necesario que la Facultad preste atención a cómo los estudiantes logran esos objetivos, así como los otros puntos estipulados en los planes de estudios de Ingeniería.

---

13 Saunders, P. (1980) ‘The lasting effects of introductory economics courses’, *Journal of Economic Education* 12:1–14. Disponible a diciembre 2019 en Timbó.

14 Barrie, S. C. (2004). A research-based approach to generic graduate attributes policy. *Higher Education Research & Development*, 23(3), 261–275. Disponible a enero 2020 en [https://www.researchgate.net/profile/Simon\\_Barrie/publication/228988722\\_A\\_research-based\\_approach\\_to\\_generic\\_graduate\\_attributes\\_policy/links/0a85e5317aa7e2f7d2000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Simon_Barrie/publication/228988722_A_research-based_approach_to_generic_graduate_attributes_policy/links/0a85e5317aa7e2f7d2000000.pdf)

## 2.3 Antecedentes inmediatos

Hace unos meses, una subcomisión de la Comisión de Políticas de Enseñanza (CoPE) puso sobre la mesa el problema de si los conocimientos que adquiere un estudiante al aprobar una unidad curricular son suficientes para poder seguir cursos de los cuales la unidad curricular es previa. Yendo a un ejemplo extremo, es posible cursar Cálculo 2 sin tener ningún conocimiento en absoluto de conceptos de cálculo integral de Cálculo 1. Más allá que eso es teóricamente posible (se podría desarrollar el cálculo integral en varias variables e introducir cálculo en una variable como caso particular), el enfoque que se le da en los cursos de ingeniería hace que eso no sea recomendable en absoluto. La subcomisión planteó que en cada unidad curricular se especificaran explícitamente temario y nivel necesario para continuar cursos de los que son previas, y para ello puso sobre la mesa las taxonomías de Bloom, y la de Bloom revisada. Pero no parece razonable aplicar una taxonomía a una parte del programa (la necesaria para obtener la aprobación) y no a todo el programa. Por otra parte, un par de borradores que llegaron a la CoPE mostraban que se mantenía una dispersión entre ellos y dudas sobre su alineación con el plan de estudios. Por lo pronto, parece necesario hacer una guía para ponerse de acuerdo en el alcance de los verbos que se usaban en cuanto a los requisitos que debía obtener el estudiante. Este punto, relacionado con el tema taxonomías de objetivos de aprendizaje es el objeto de la sección 3.

## 3 Taxonomías de objetivos de aprendizaje

Una taxonomía de objetivos de aprendizaje es un marco que sirve para clasificar los mencionados objetivos según niveles de profundidad. Se han desarrollado muchas<sup>15</sup>, las dos más conocidas y utilizadas son la Bloom y la de Bloom revisada por Anderson y Krathwohl. Entre varias otras, también se mencionan la SOLO<sup>16</sup> (sigla de Structure of Observed Learning Outcome) de Biggs, la del aprendizaje significativo de Fink<sup>17</sup>, la taxonomía de los objetivos educativos de Marzano y Kendall<sup>18</sup> (esta última también se basa en la de Bloom).

¿Por qué una taxonomía? En el capítulo 1 de Anderson et al.<sup>26</sup> se esgrimen las siguientes preguntas que una taxonomía ayuda a contestar:

“Tradicionalmente, los maestros han luchado con asuntos y preocupaciones relacionados con la educación, la enseñanza y el aprendizaje. Aquí están cuatro de las preguntas organizativas más importantes:

- ¿Qué es importante que los estudiantes aprendan en el limitado tiempo disponible? (la cuestión del aprendizaje)

---

15 Ver por ejemplo, Moseley, D., Elliott, J., Gregson, M. y Higgins, S. (2005) Thinking skills frameworks for use in education and training, *British Educational Research Journal*, 31(3): 367–90. Disponible a diciembre 2019 en <http://www.academia.edu/download/7962764/Moseleyetal05.pdf>

16 Biggs, J. B. y Collis, K. F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy, Structure of the Observed Learning Outcome*. (London: Academic Press) Ver también Biggs, J. B. y Tang, C. (2011) *Teaching for Quality Learning at University What the Student Does 4th edition* The Society for Research into Higher Education and Open University Press.

17 Fink, L.D., (2002) *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*, San Francisco, Cal.: Jossey-Bass,.

18 Marzano, R y Kendall, J. (2007) *The new taxonomy of educational objectives*, 2nd. Edition Corwin Press, Thousand Oaks, CA.

- ¿Cómo se planifica y se imparte la instrucción que resultará en altos niveles de aprendizaje para un gran número de estudiantes? (la cuestión de la instrucción)
- ¿Cómo se seleccionan o diseñan los instrumentos y procedimientos de evaluación que proporcionan información precisa sobre el nivel de aprendizaje de los estudiantes? (la cuestión de la evaluación)
- ¿Cómo se asegura uno de que los objetivos, la instrucción y la evaluación sean coherentes entre sí? (la cuestión de la alineación)”

La bibliografía sobre cómo servirse de una taxonomía para redactar resultados de aprendizaje de un curso es amplia, en particular si se trata de la taxonomía de Bloom. Como ejemplos se señala las páginas del Mohawk College<sup>19</sup> y de la Universidad de Arkansas<sup>20</sup>.

### 3.1 Taxonomía de Bloom<sup>21</sup>

Es, probablemente, la más antigua, no obstante este hecho y que posteriormente han aparecido varias otras, continúa siendo ampliamente utilizada lo que demuestra su fortaleza. En la taxonomía de Bloom se reconocen tres dimensiones, la cognitiva, la psicomotora y la afectiva. En este documento nos interesa la dimensión cognitiva, en la que hay seis niveles, que en orden ascendente son a) conocimiento, b) comprensión, c) aplicación, d) análisis, f) síntesis y g) evaluación. Están jerárquicamente ordenados, en el sentido que se supone que si alguien alcanza uno de esos niveles, tiene los que lo preceden (esto no implica que para llegar a obtener un nivel cognitivo se deban recorrer en orden los que lo preceden). El suscrito remite a la amplia bibliografía existente por más detalles, de cualquier manera en la primera página del anexo del presente documento se presenta un cuadro<sup>22</sup> donde se puede leer una descripción de las habilidades que constituyen cada nivel y qué tipo de actividades debe poder lograr hacer. Aparece también un listado sugerido de verbos que se pueden usar para describir actividades en cada nivel. En la taxonomía de Bloom se desaconseja el uso de algunos verbos en la descripción de actividades como por ejemplo “comprender” porque es difícilmente cuantificable. De cualquier manera, hay que ser cuidadoso con el uso de los verbos, por ejemplo, “explicar” aparece en la columna correspondiente a comprensión, sin embargo una frase como “explicar la relación entre A y B”, si tal relación fuera un problema abierto, implicaría movilizar niveles cognitivos superiores.

19 Mohawk College “How to Write Course Learning Outcomes” Disponible a enero 2020 en <https://www.mohawkcollege.ca/employees/centre-for-teaching-learning/curriculum-development/how-to-write-course-learning-outcomes>

20 Arkansas University, 2018 Using Bloom’s Taxonomy to Write Effective Learning Objectives, disponible a enero 2020 en <https://tips.uark.edu/using-blooms-taxonomy/>

21 Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives: Handbook I - cognitive domain. New York: McKay. Disponible a diciembre 2019 en <https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Bloom%20et%20al%20-Taxonomy%20of%20Educational%20Objectives.pdf>

22 El cuadro fue tomado de [http://web.uaemex.mx/incorporadas/docs/MATERIAL%20DE%20PLANEACION%20INCORPORADAS/Taxonomia%20de%20Bloom1\(VERBOS\).pdf](http://web.uaemex.mx/incorporadas/docs/MATERIAL%20DE%20PLANEACION%20INCORPORADAS/Taxonomia%20de%20Bloom1(VERBOS).pdf). Se señala que presenta algún error de traducción: en los niveles de síntesis y evaluación de la Taxonomía de Bloom presenta verbos, mientras la versión original presenta sustantivos.

Un documento que explora aspectos de la taxonomía de Bloom para carreras de ingeniería es el trabajo de Kadir<sup>23</sup>. Algunas indicaciones sobre cómo aplicar la taxonomía de Bloom específicamente en la matemática se pueden encontrar en Luengo<sup>24</sup> y en Shorser<sup>25</sup>.

## 3.2 Taxonomía de Bloom revisada (Anderson y Krathwohl)<sup>26</sup>

En contraste con la unidimensionalidad de la taxonomía de Bloom, la de Bloom revisada tiene dos dimensiones: la del proceso cognitivo y la del conocimiento, puede pensarse en una matriz en que hay seis columnas del proceso cognitivo (recordar, comprender, analizar, evaluar y crear) y cuatro filas de la dimensión del conocimiento (factual, conceptual, procedimental y metacognitivo). En el proceso cognitivo, en relación con la taxonomía de Bloom original se han sustituido los sustantivos por verbos, pero lo más relevante es que el nivel evaluar pasa del sexto lugar al quinto, y se sustituye sintetizar por crear, que pasa al nivel más alto. En las páginas 2 y 3 del anexo se presenta un cuadro<sup>22</sup> que da una idea de su funcionamiento.

## 3.3 Otras taxonomías relacionadas con ingeniería

Si bien las taxonomías de Bloom y la revisada de Bloom son las más difundidas, al aplicarse a dominios específicos pueden presentarse algunos inconvenientes que pretenden ser resueltos por otras taxonomías. Una de ellas es la taxonomía de Feisel-Schmitz<sup>27</sup>, que es una taxonomía de conocimiento técnico, y por ello se menciona aquí. Comprende los siguientes niveles, que también presentan un orden jerárquico: defina, calcule, explique, resuelva y juzgue. El suscrito encontró poca información al respecto de esa taxonomía, desconoce si es usada en alguna institución.

En el caso particular de la matemática se ha encontrado dificultades en algunos aspectos al aplicar la taxonomía de Bloom, por lo que se han desarrollado otras taxonomías como la MATH (sigla por Mathematical Assessment Task Hierarchy), para ser aplicada en particular en evaluaciones. Se puede encontrar información sobre la misma en Smith et al.<sup>28</sup> y en Darlington<sup>29</sup>. No es una taxonomía jerárquica como la de Bloom, si bien los niveles aparecen en tres grupos, en

---

23 Kadir, A. Quality Improvement of Examination's Questions of Engineering Education According To Bloom's Taxonomy, The Sixth International Arab Conference on Quality Assurance in Higher Education (IACQA'2016). Disponible a enero 2020 en <https://pdfs.semanticscholar.org/6b9e/f94dd276d3bf63186da8e26d1b6075d52b7b.pdf>

24 Luengo, M. 1998 Taxonomía de capacidades aplicadas a las matemáticas Aula abierta, N° 71, 1998, (201-210) Disponible a diciembre 2019 en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/45427.pdf>

25 Shorser, L. (1999). Bloom's Taxonomy Interpreted for Mathematics. Disponible a diciembre 2019 en <http://www.math.toronto.edu/writing/BloomsTaxonomy.pdf>

26 Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K.A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., y Wittrock, M. C. (Eds.) D.R. (2001). A taxonomy for Learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Addison Wesley Longman. New York. Disponible a diciembre 2019 en <https://www.uky.edu/~rsand1/china2018/texts/Anderson-Krathwohl%20-%20A%20taxonomy%20for%20learning%20teaching%20and%20assessing.pdf>

27 Feisel, L. A Taxonomy of Technical Knowledge Disponible a diciembre 2019 en <http://iucce.org/iucce/wp-content/uploads/2018/11/A-Taxonomy-of-Technical-Knowledge-160808.pdf>

28 Smith, G. Wood, L. Coupland, M. y Stephenson, B. Constructing mathematical examinations to assess a range of knowledge and skills. International Journal of Mathematics Education in Science and Technology, 27(1):65-77, 1996. Disponible a diciembre 2019 en [https://www.researchgate.net/profile/Leigh\\_Wood/publication/226328009\\_The\\_Secondary-tertiary\\_Interface/links/0f317534c8c1c1ace1000000/The-Secondary-tertiary-Interface.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leigh_Wood/publication/226328009_The_Secondary-tertiary_Interface/links/0f317534c8c1c1ace1000000/The-Secondary-tertiary-Interface.pdf)

29 Darlington, E. (2013) The use of Bloom's Taxonomy in advanced mathematics questions. Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics (C. Smith ed.). Bristol, UK, pp. 7-12 Disponible a diciembre 2019 en la red.

donde las actividades que necesitan un enfoque más superficial aparecen a la izquierda, las más profundas a la derecha, en la tabla abajo.

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Conocimiento factual Comprensión	Transferencia de información Aplicación a nuevas situaciones	Justificación e interpretación Implicaciones, conjeturas y comparaciones Evaluación
Uso rutinario de procedimientos		

Otra taxonomía difundida es la DOK (sigla por Depth Of Knowledge) de Webb<sup>30</sup>, que al menos en su origen fue pensada para matemática y ciencias. Tiene cuatro niveles: el primer nivel es pensamiento memorístico, el segundo, de procesamiento, el tercero, estratégico y el cuarto, pensamiento extendido.

## 4 El enfoque CDIO

El enfoque CDIO debe la sigla de su nombre a que toma como premisa que el trabajo de un ingeniero está inscripto en alguno(s) de los siguientes ítems: Concebir, Diseñar, Implementar u Operar productos, procesos o sistemas, y en consecuencia ofrece un marco de planificación curricular de la ingeniería que enfatiza sus fundamentos en el contexto de los mencionados elementos: Concepción - Diseño - Implementación - Operación. Está implícita la expectativa adicional de que los egresados de ingeniería deben desarrollarse como individuos íntegros, maduros y reflexivos. Fue creado hacia el año 2000 por iniciativa del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en los Estados Unidos y realizado conjuntamente con las universidades Universidad Tecnológica Chalmers (Chalmers), la Universidad de Linköping (LiU) y el Real Instituto de Tecnología (KTH), todas ellas de Suecia. Actualmente en su página web<sup>31</sup> se cuentan 175 instituciones integrantes de todo el mundo. Puede verse una descripción de la iniciativa en el libro de Crawley et al.<sup>32</sup>, de donde el suscrito ha tomado conceptos para elaborar el presente resumen, salvo mención en contrario los párrafos entrecomillados se refieren a ese libro. En la página de bibliografía<sup>33</sup> de la CDIO se puede encontrar más referencias, en particular en la página de la LiU<sup>34</sup> hay una breve introducción al CDIO. Un ejemplo de implementación en la región a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) de Medellín está expuesto en el capítulo 5 y Anexo 1 de Ocampo<sup>35</sup>

El enfoque intenta dar un mecanismo sistemático para responder a dos preguntas:

30 Webb, N. L. (1997). Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education (Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph No. 6). Madison, WI: University of Wisconsin–Madison, Wisconsin Center for Education Research. Disponible a enero 2020 en <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED414305.pdf> Ver también [https://www.aps.edu/saprr/documents/resources/Webbs\\_DOK\\_Guide.pdf](https://www.aps.edu/saprr/documents/resources/Webbs_DOK_Guide.pdf)

31 Ver <http://www.cdio.org/cdio-collaborators/school-profiles>.

32 Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund S., Brodeur, D. R., Edström, K. (2014) Rethinking Engineering Education The CDIO Approach Second Edition- Springer

33 Ver <http://www.cdio.org/knowledge-library>.

34 Ver <https://www.lith.liu.se/internwebb/cdio?l=en&sc=true>

35 Ocampo, C (2012) Método de Construcción de Currículos para Formación en Educación Superior a partir de Modelos de Gestión de Conocimiento. Tesis de Maestría, disponible a enero 2020 en [http://bdigital.unal.edu.co/6934/1/70568895\\_2012.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/6934/1/70568895_2012.pdf)

- ¿Cuál es el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que los estudiantes de ingeniería deben poseer al salir de la universidad y con qué nivel de competencia?
- ¿Cómo podemos mejorar para asegurar que los estudiantes aprendan estas habilidades?

En las Subsecciones 4.1 a 4.4 se contesta la primera pregunta, en las Subsecciones 4.5 y 4.6 se esbozan respuestas a la segunda. En la Subsección 4.7 se incluyen algunos apuntes de historia de la ingeniería, siempre tomados del libro de Crawley et al.<sup>32</sup>. A continuación se describen los dos elementos claves del enfoque CDIO: un sílabo y los estándares.

## 4.1 El sílabo<sup>36</sup>

El sílabo es un listado de posibles metas para la formación de grado de los ingenieros, las que pueden integrar la base para los resultados educativos y de aprendizaje, para el diseño de los planes de estudios o para un sistema integral de evaluación del aprendizaje de los estudiantes. El propuesto a continuación es un documento de referencia, no es prescriptivo, puede ser modificado en la forma que parezca adecuada. El sílabo propuesto se presenta en varios niveles, en el primer nivel aparecen cuatro ítems.

“Una persona interesada en aspectos técnicos posee un conjunto de *Habilidades y Atributos Personales y Profesionales*, que son centrales para la práctica. Para desarrollar sistemas complejos de ingeniería de valor añadido, los estudiantes deben dominar los fundamentos de los *Conocimientos Disciplinarios y de Razonamiento* apropiados. Para trabajar en un ambiente moderno de equipo, los estudiantes deben haber desarrollado las *Habilidades Interpersonales de trabajo en equipo y comunicaciones*. Finalmente, para crear y operar productos y sistemas, el estudiante debe haber sido introducido en *Concebir, Diseñar, Implementar y Operar Sistemas en el Contexto Empresarial, Social y Ambiental*. Es así que aparecen los cuatro niveles primarios”:

1. CONOCIMIENTOS TÉCNICOS<sup>37</sup>
2. HABILIDADES Y ATRIBUTOS PERSONALES Y PROFESIONALES
3. HABILIDADES INTERPERSONALES: COMUNICACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO
4. CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR SISTEMAS EN EL CONTEXTO ORGANIZACIONAL Y SOCIAL

En el segundo nivel, se propone la siguiente desagregación:

- 1 CONOCIMIENTOS TÉCNICOS<sup>37</sup>
  - 1.1 Conocimientos en ciencias básicas
  - 1.2 Conocimientos en los fundamentos de la especialidad
  - 1.3 Conocimientos avanzados de la especialidad

<sup>36</sup> Disponible a diciembre 2019 en [http://www.cdio.org/files/project/file/cdio\\_syllabus\\_v2.pdf](http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf)

<sup>37</sup> Se mantuvo la versión en español del sílabo para ser coherente con los demás documentos en español, aunque se observan algunas diferencias de denominación y contenido en algunos ítems con el sílabo en inglés. Por ejemplo, el ítem 1. CONOCIMIENTOS TÉCNICOS, correspondería a 1. CONOCIMIENTOS DISCIPLINARIOS Y DE RAZONAMIENTO si se hace una traducción literal. La versión en inglés está disponible a enero 2020 en <https://www.ed.ac.uk/institute-academic-development/learning-teaching/research/experience-of-learning>



- 2 HABILIDADES Y ATRIBUTOS PERSONALES Y PROFESIONALES
  - 2.1 Solución de problemas y razonamiento ingenieril
  - 2.2 Experimentación y conducción de investigaciones
  - 2.3 Pensamiento sistémico
  - 2.4 Habilidades y actitudes personales
  - 2.5 Habilidades y actitudes profesionales
- 3 HABILIDADES INTERPERSONALES: COMUNICACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO
  - 3.1 Trabajo en equipo
  - 3.2 Comunicación efectiva
  - 3.3 Comunicación en idiomas extranjeros
- 4 CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR SISTEMAS EN EL CONTEXTO ORGANIZACIONAL Y SOCIAL
  - 4.1 Contexto social y externo
  - 4.2 Contexto organizacional y de negocios
  - 4.3 Concebir y aplicar ingeniería a los sistemas
  - 4.4 Diseñar
  - 4.5 Implementar
  - 4.6 Operar

Este listado se desagrega a su vez en un tercer nivel, para su examen se remite al vínculo correspondiente<sup>38</sup>. Es de observar que el tópico “Conocimientos técnicos” del nivel 1 no aparece desagregado al nivel 3 porque es muy dependiente de la rama de ingeniería que se esté considerando, es decir, la mencionada desagregación debe ser hecha en cada carrera en particular. En cambio se considera que los restantes ítems pueden ser comunes a todas las carreras. En el enfoque CDIO se elabora la tabla desagregada hasta el cuarto nivel<sup>39</sup>.

## 4.2 Los estándares<sup>40</sup>

“Los estándares CDIO definen los rasgos que permiten distinguir un programa CDIO sirven como directrices para la reforma y la evaluación de programas educacionales, generan puntos de referencia y metas que pueden aplicarse internacionalmente, y proporcionan un marco para la mejora continua. Los 12 Estándares CDIO abordan la filosofía del programa (Estándar 1), el desarrollo del currículo (Estándares 2, 3 y 4), las experiencias de diseño-implementación y los espacios de trabajo (Estándares 5 y 6), los métodos de enseñanza y aprendizaje (Estándares 7 y 8),

---

38 Disponible a diciembre 2019 en <http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIOSyllabus3rdLevelSpanish.pdf>.

39 Disponible a diciembre 2019 en <http://www.cdio.org/files/document/file/CDIOSyllabus4thLevelSpanish.pdf>.

40 Disponible a diciembre 2019 en <http://www.cdio.org/files/syllabus/CDIOStandardsv2Spanish%202010.pdf>.

el desarrollo docente (Estándares 9 y 10), y la evaluación (Estándares 11 y 12). Cada estándar se presenta con una descripción, una fundamentación y una rúbrica.”

### **4.3 Determinación de niveles de competencia de cada elemento del sílabo**

En esta etapa, se parte de la base que como mínimo se conoce la razón de ser de la carrera, incluyendo su contexto y las futuras tareas y roles profesionales de sus graduados. A continuación, se identifica un conjunto de personas interesadas en el tema (docentes, estudiantes, egresados, cámara de industrias, ...) para recabar su opinión sobre el sílabo ya sea mediante entrevistas, grupos focales, talleres, encuestas. Lo importante es tener en cuenta el nivel de detalle por un lado, y por otro el método de priorización. Sobre el nivel de detalle, en esta etapa, se sugiere usar el sílabo hasta el nivel 2, en que seguramente habrá alrededor de 15 tópicos. El nivel 1 resultaría muy pobre, y el nivel 3 tendrá cerca de 100 ítems, lo que puede ser excesivo en muchos casos. De todas formas, si bien la opinión se recabaría hasta el nivel 2, el presentar el nivel 3 puede servir para aclarar significados y contenidos de algunos tópicos. Sobre el método de priorización, la sugerencia es hacer preguntas tanto cuantitativas como cualitativas. Las preguntas no deben permitir responder que todos los elementos son igualmente importantes. Se pueden hacer varias preguntas, por ejemplo "¿Qué nivel de competencia deben alcanzar los estudiantes al graduarse?, alternativamente, "¿Cuál es la importancia relativa de estos temas?", o "Relativamente, ¿cuánto tiempo debería dedicarse a este tema?". En los aspectos cuantitativos, una sugerencia es colocar un número a cada tópico, determinado a partir de cuál de las siguientes afirmaciones se le puede anteponer<sup>41</sup>:

1 si se le puede anteponer “Haber experimentado o haber estado expuesto a...”

2 si “Poder participar en y contribuir a...”

3 si “Ser capaz de entender y explicar...”

4 si “Ser hábil en la práctica o implementación de...”

5 si “Ser capaz de liderar o innovar en...”

Cada una de las expresiones anteriores es un nivel de competencia diferente. La siguiente etapa consiste en llegar a consensos con toda la información obtenida, y determinar el nivel de competencia de cada ítem *en el tercer nivel* del sílabo. En la página 76 y ss. del Crawley al.<sup>32</sup> se describe este proceso en el caso del MIT.

### **4.4 Traduciendo los niveles de competencia en resultados de aprendizaje**

A continuación, la idea es traducir los niveles de competencia en resultados de aprendizaje. Para ello se sugieren los siguientes pasos:

- Elegir una taxonomía de los resultados del aprendizaje.
- Elaborar una correspondencia entre la escala de calificación utilizada para determinar los niveles de competencia esperados y la taxonomía.

---

41 Se supone que se coloca el mayor número admisible.



- Especificar un resultado del aprendizaje para cada uno de los temas al mayor nivel del sílabo utilizando la correspondencia anterior.

Por ejemplo, supongamos que se usa la Taxonomía de Bloom, una correspondencia podría ser la dada por las primeras dos columnas de la tabla siguiente:

Escala de valoración de la competencia	Dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom	Ejemplos de resultados de aprendizaje
Haber experimentado o haber estado expuesto a		
Poder participar en y contribuir a	Conocimiento	Enumere los supuestos y las fuentes de sesgo
Ser capaz de entender y explicar	Comprensión	Explique las discrepancias en los resultados
Ser hábil en la práctica o implementación de	Aplicación	Practique análisis de costo-beneficio y de riesgos
	Análisis	Discrimine las hipótesis a probar
Ser capaz de liderar o innovar en	Síntesis	Construya las abstracciones necesarias para modelar el sistema
	Evaluación	Haga juicios razonables sobre la evidencia material

Finalmente, se convierten los tópicos del sílabo en resultados de aprendizaje, asociándole a cada uno una frase con un verbo que describa lo mejor posible el nivel de competencia. Se muestran ejemplos de cómo podrían ser esas frases en la última columna de la tabla anterior.

## 4.5 Primera etapa del diseño de un currículo integrado

Este es el objeto del capítulo 4 del Crawley et al.<sup>32</sup> Un currículo integrado es un currículo diseñado con cursos disciplinarios que se apoyan mutuamente (establecen conexiones explícitas entre contenidos y resultados de aprendizajes relacionados), con un plan explícito para integrar habilidades personales e interpersonales y habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas. Un currículo integrado se caracteriza por:

- Resultados de aprendizaje del programa que sistemáticamente se reducen a resultados de aprendizaje en cada uno de las unidades curriculares.
- Componentes del sistema educativo que se apoyan mutuamente en el aprendizaje de los fundamentos de la disciplina y en el logro de los niveles deseados de habilidades profesionales.
- Un currículo explícito que sea adoptado y apropiado por todo el profesorado.

Esto se puede llevar a la práctica mediante varios documentos confluyentes, a continuación se dan ejemplos:

- a) En Malmqvist et al.<sup>42</sup> se explicita cómo implementó el KTH estas ideas para diseñar el currículo de la carrera de ingeniería de vehículos. Resumidamente, una vez establecido el sílabo con los resultados de aprendizaje de 4.4 se elabora una matriz en que aparecen en la primera columna, el sílabo con sus resultados de aprendizaje, y en la primera fila, las unidades curriculares involucradas. La matriz establece qué resultados de aprendizaje estarán a cargo de cuáles unidades curriculares, por ejemplo, tendría un aspecto como el siguiente:

	Unidad curricular 1	Unidad curricular 2	Unidad curricular 3
1.1	X	X	
1.2		X	
1.3			X
2.1		X	

- b) En Gunnarsson et al.<sup>43</sup> se explicita el llamado “estudio de puntos de referencia”. A los docentes se les pregunta en qué medida se abordan los resultados específicos del aprendizaje en sus respectivos cursos. Para cada uno de los temas del segundo nivel del sílabo se les pide a los docentes que identifiquen los resultados del aprendizaje y la forma en que se implementan en el diseño del curso. A estos efectos se definen tres actividades: introducir (I), enseñar (E) y usar (U), determinadas a través de la siguiente tabla:

	Resultados del aprendizaje	Actividades de aprendizaje	Evaluación
Introducir	Probablemente un resultado no explícito	El tópico está incluido en una actividad	No evaluado
Enseñar	Debe ser un resultado de aprendizaje explícito	Incluido en una actividad obligatoria. Los estudiantes practican y reciben realimentación	La ejecución de los estudiantes es evaluada. Puede ser o no ser calificada
Usar	Puede ser un resultado de aprendizaje relacionado	Se usa para alcanzar otros resultados previstos	Usado para evaluar otros resultados

Para cada carrera se elabora una matriz en la que en la primera columna se colocan ítems del sílabo (a nivel 2 o 3, por ejemplo) y en las columnas los distintos cursos de los ejemplos de

42 Malmqvist, J., Östlund, S., y Edström, K. (2006). Using integrated program descriptions to support a CDIO programme design process. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 5(2), 259–262. [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.5,%20No.2%20\(2006\)/04\\_Malmqvist2.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.5,%20No.2%20(2006)/04_Malmqvist2.pdf)

43 Gunnarsson, S., Herbertsson, H., Kindgren, A., Wiklund, I., Willumsen, L., y Vigild, M. (2009). Using the CDIO syllabus in the formulation of program goals: Experiences and comparisons. In *Proceedings of the 5th International CDIO Conference*, Singapore, 2009. [https://www.researchgate.net/profile/Ingela\\_Wiklund2/publication/228900856\\_USING\\_THE\\_CDIO\\_SYLLABUS\\_IN\\_FORMULATION\\_OF\\_PROGRAM\\_GOALS-EXPERIENCES\\_AND\\_COMPARISONS/links/00b7d5208a9dfdea41000000/USING-THE-CDIO-SYLLABUS-IN-FORMULATION-OF-PROGRAM-GOALS-EXPERIENCES-AND-COMPARISONS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ingela_Wiklund2/publication/228900856_USING_THE_CDIO_SYLLABUS_IN_FORMULATION_OF_PROGRAM_GOALS-EXPERIENCES_AND_COMPARISONS/links/00b7d5208a9dfdea41000000/USING-THE-CDIO-SYLLABUS-IN-FORMULATION-OF-PROGRAM-GOALS-EXPERIENCES-AND-COMPARISONS.pdf)

implementación. En cada elemento de la matriz se coloca la inicial que corresponda (I, E, U) o se deja en blanco si no corresponde. La matriz tendría el aspecto:

	Unidad curricular 1	Unidad curricular 2	Unidad curricular 3
1.1	U		IEU
1.2	E	EU	
1.3			IE
2.1		I	

- c) También en Gunnarsson et al.<sup>43</sup> se mencionan las matrices de progresión de habilidades. Se establece un número para cada nivel de la taxonomía elegida, por ejemplo si es la de Bloom, el 1 sería Conocimiento, el 2 Comprensión, el 3 Aplicación y así sucesivamente. En las columnas se colocan las unidades curriculares de un ejemplo de implementación, y en filas los elementos del sílabo a nivel 2. En cada elemento de la matriz se coloca el número correspondiente. Con colores para cada nivel de la taxonomía, se puede visualizar cómo se avanza en los niveles con el avance en la carrera.

	Unidad curricular 1	Unidad curricular 2	Unidad curricular 3
1.1	1		
1.2	2	2	2/3
1.3	2		4
2.1		4	

En términos generales, en enseñanza media en Uruguay se alcanza dominio en recordar y comprender y en los niveles cognitivos más elevados (aplicar, analizar, sintetizar, evaluar), se observan más deficiencias. En los primeros años de la carrera debería ser puesto un adecuado énfasis en aplicar y analizar los objetivos que correspondan (sin dejar de lado otros niveles), que no son solamente los del temario de la unidad curricular, sino otros objetivos de los planes de estudios con los que la unidad curricular colabora en contribuir. A medida que la carrera progresa, se debería apuntar más a sintetizar y evaluar, ver al respecto por ejemplo la guía de implementación de la Oklahoma Baptist University<sup>44</sup>. Con esta información, en esta etapa la idea es diseñar los objetivos en las unidades curriculares, y aquí es donde entran en juego las taxonomías, mencionadas en la Sección 3. Es claro que no todos los elementos del temario ni demás ítems del plan de estudios deben ser desarrollados con el mayor nivel cognitivo, pero sí que el temario debe contener elementos que contribuyan a desarrollar lo planificado hasta esta etapa.

En el capítulo 4 de Crawley et al.<sup>32</sup> se dan algunas sugerencias generales sobre las unidades curriculares que podrían integrar la carrera: 1) la existencia de cursos de introducción a las ingenierías que sirvan de visión general, motivación y que creen el marco para la carrera, 2) cursos disciplinarios interrelacionados que, al ser el núcleo de la carrera, hagan contribuciones sustanciales a los resultados esperados 3) experiencias de diseño-implementación: cursos basados en proyectos

44 Oklahoma Baptist University, "Guidelines for Bloom's Taxonomy Usage For Instructional Design" disponible a enero 2020 en <https://www.google.com.uy/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjeycD60Y3nAhWiKLkGHbjDC-AQFjAAegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Fwww.okbu.edu%2Finstitutional-effectiveness%2Fdocuments%2Fguidelines-for-blooms-taxonomy.pdf&usg=AOvVaw3s2>

que permitan a los estudiantes trabajar en problemas alineados con la práctica profesional 4) una (o más) experiencias sumativas, del tipo proyecto de fin de carrera que incluye una experiencia sustancial en la que los estudiantes conciben, diseñan, implementan u operan un producto, proceso o sistema.

## 4.6 ¿Cómo asegurarse que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades especificadas?

En los capítulos 5 a 10 de Crawley et al.<sup>32</sup> se continúa con el tema iniciado en la Subsección 4.5 anterior, sobre cómo asegurarse que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades especificadas, y que completaría la elaboración de un currículo integrado. En este documento se hará poco énfasis en este tema, no porque no sea importante -que lo es y mucho- sino que por un lado, su consideración sería función de lo alcanzado en la etapa de diseño anterior. Por otro lado, de alguna manera la orientación del contenido de los capítulos 5 y 6 de Crawley et al.<sup>32</sup> ya fue considerado en otros trabajos: ver la Sección 3 del Capítulo 2 “Estudiantes y Enseñanza de Grado” de las Memorias vivas de la Facultad<sup>45</sup>, ver el documento del Claustro sobre abandono estudiantil en los años iniciales: “Informe de la comisión de actividades de Enseñanza” de fecha agosto de 2015<sup>46</sup> y ver también la Resolución correspondiente N°50 del 15/11/2016 del Consejo de la Facultad de Ingeniería<sup>47</sup>. En cuanto al Capítulo 7, un trabajo sobre evaluación (que es a lo que se refiere ese capítulo) está siendo elaborado sobre la Comisión de Actividades de Enseñanza del Claustro. De todas formas, para dar los títulos sobre a qué se refieren los mencionados capítulos, el 5 se denomina “Experiencias de diseño e implementación y espacios de trabajo de ingeniería”, y versa sobre las llamadas “experiencias prácticas”<sup>48</sup>, el Capítulo 6 se refiere a Aprendizaje activo y el Capítulo 7 trata sobre Evaluación de aprendizajes. Los siguientes capítulos también son importantes, aunque tampoco se desarrollarán aquí. El Capítulo 8 incluye comentarios sobre la implementación del enfoque CDIO en facultades, y el Capítulo 9, que se relaciona con la Subsección 4.2 de estándares, se refiere a la evaluación del programa como un todo, es decir, es el tema de control. El suscrito se refiere al texto de Crawley et al.<sup>32</sup> sobre todos estos temas.

## 4.7 Apuntes históricos

El Capítulo 10 de Crawley et al.<sup>32</sup> hace un resumen de los 200 últimos años de la ingeniería, entendiendo que al emprender cambios en su enseñanza es importante comprender el contexto histórico. En lo que sigue de la subsección, se transcriben y resumen algunas ideas, aunque es de señalar, se hará en forma bastante incompleta. Básicamente, durante gran parte de ese período se señala un penduleo entre dos concepciones, una, la enseñanza técnica práctica, especializada y basada en la artesanía, la otra, la enseñanza basada en la ciencia, si bien un estudio más detallado puede determinar un espectro de posiciones. En el siglo 19 y en la primera concepción están muchas instituciones del Reino Unido, en la segunda posición se encuentran las grandes écoles

45 Disponible a enero 2020 en <https://www.fing.edu.uy/memorias-vivas/capitulo2>

46 Disponible a enero 2020 en [https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/claustro\\_citaciones/2015/distribuido/23974/14-2015%20Informe%20comisi%C3%B3n%20%20Actividades%20de%20ense%C3%B1anza%20%28v7\\_8\\_15%29.pdf](https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/claustro_citaciones/2015/distribuido/23974/14-2015%20Informe%20comisi%C3%B3n%20%20Actividades%20de%20ense%C3%B1anza%20%28v7_8_15%29.pdf)

47 Disponible a enero 2020 en <http://www.expe.edu.uy/expe/resoluci.nsf/49234bd62bde699f03256f3500602bcc/62a8cd692d4e629c03258067005c7a1f?OpenDocument>

48 “hands-on experiences”

francesas basadas en la École Polytechnique francesa. Fueron evidentes desde el principio las tensiones entre la formación politécnica basada en la física y la matemática frente a las habilidades prácticas en el dibujo técnico y los experimentos de laboratorio. Hacia fines del siglo 19 y principios del 20, la estructura curricular de muchas instituciones de ingeniería estaba basada sobre los cuatro grandes de la ingeniería de ese momento: civil, mecánica, química y eléctrica.

Al principio, había una brecha en los planes de estudios de ingeniería entre las asignaturas científicas basadas en altos grados de conocimientos matemáticos formalizados y las asignaturas técnicas más descriptivas y menos codificadas. Las controversias suscitadas por esta brecha dieron como resultado el posicionamiento de las ciencias técnicas como secundarias, o aplicadas, en relación con las ciencias naturales. Las universidades técnicas, por lo menos en Europa, se vieron restringidas de otorgar títulos de doctorado y de abordar asuntos científicos sin el apoyo de profesores universitarios versados en las ciencias naturales. Durante la primera mitad del siglo XX, las universidades politécnicas lucharon por ser aceptadas. Fueron reconocidas por sus fundamentos en la ciencia, pero se les cuestionó si podían llevar a cabo investigaciones científicas independientes. La idea de la ciencia como base de la ingeniería aparece con fuerza a partir de y creada por las necesidades impuestas por Segunda Guerra Mundial.

Las décadas de la posguerra vieron el surgimiento de la ingeniería de sistemas como herramienta de ingeniería de amplia aplicación. Las ciencias de los sistemas que incluyen la teoría del control, la teoría de los sistemas, la ingeniería de sistemas, la investigación de operaciones, la dinámica de sistemas, la cibernética y otras, llevaron a los ingenieros a concentrarse en la construcción de modelos analíticos de sistemas de pequeña y gran escala, a menudo haciendo uso de las nuevas herramientas proporcionados por computadoras digitales y simulaciones. Las técnicas van desde herramientas prácticas de gestión, como la ingeniería de sistemas, hasta formalismos técnicos, tales como como teoría de control, a formulaciones más matemáticas, como la investigación de operaciones. Un amplio movimiento dentro de la ingeniería encontró que estas herramientas podrían finalmente proveer la base teórica para toda la ingeniería que va más allá de los principios básicos proporcionados por las ciencias naturales. Esta nueva relación y comprensión de las ciencias naturales y técnicas se refleja en la noción de la ingeniería como tecnociencia, concepto que refleja una nueva relación íntima de más paridad entre la tecnología y la ciencia, distinta de la de tomar la ciencia como base de la ingeniería.

El crecimiento del uso de la tecnología en la segunda mitad del siglo XX, en combinación con las grandes inversiones realizadas en la investigación en ingeniería por la industria y por los institutos de investigación y las universidades ha dado lugar a un enorme crecimiento del conjunto de conocimientos tecnológicos, del número de nuevos dominios tecnológicos y de las disciplinas especializadas de las ciencias técnicas. La diferenciación en las especialidades de la ingeniería ejerce presión sobre la enseñanza de la ingeniería para hacer frente a la diversidad y mantenerse en la primera línea del conocimiento en diversos campos. En muchas instituciones, esto dio lugar a una serie de nuevas especializaciones. Los cambios en las demandas de especialización crearon una tensión entre los conocimientos generales de ingeniería y los conocimientos especializados necesarios en dominios individuales de la tecnología y la práctica de la ingeniería en, por ejemplo, la ingeniería de carreteras, la construcción naval, la ingeniería sanitaria, la ingeniería de minas, la ingeniería energética, la ingeniería offshore, la ingeniería de microcircuitos, la bioingeniería, la nanotecnología, la ingeniería multimedia y la ingeniería de turbinas eólicas. La evolución de la

tecnología ha hecho que los límites entre las disciplinas de la ingeniería se desdibujen. Lo que antes eran áreas de ingeniería bastante distintas (civil, mecánica, química, eléctrica) se han convertido ahora en combinaciones de dos o más campos y sus disciplinas.

Los debates sobre la enseñanza de la ingeniería tienden a repetir una serie de discusiones una y otra vez. Un ejemplo es el equilibrio entre las habilidades prácticas y el conocimiento teórico. Si bien el debate puede parecer el mismo, el contenido ha cambiado radicalmente durante el más de un siglo de controversia. La lista de las habilidades prácticas relevantes no sería la misma, y de manera similar, el conocimiento teórico ha evolucionado como resultado de los desarrollos tecnológicos, las herramientas avanzadas, las computadoras y los modelos de simulación. Las reformas necesitan producir una nueva realización del tipo de conocimientos prácticos relevantes para la enseñanza de la ingeniería hoy en día.

Otro desafío es el equilibrio entre el conocimiento especializado y el generalista en la ingeniería. Se produce un proceso en el que el conocimiento y las habilidades actuales cambian continuamente. Los nuevos conocimientos y habilidades que comienzan como parte de una frontera científica se consideran exigentes. A medida que se mueve la frontera de la innovación tecnológica, ese conocimiento y esas habilidades se convierten en parte de los procedimientos de ingeniería estándar, de las normas técnicas, de los componentes estandarizados y de los conceptos de diseño, apoyados por herramientas computarizadas y modelos de simulación. Lo que se considera central o básico en un plan de estudios de ingeniería cambia a raíz de la expansión de nuevos dominios y disciplinas de la ingeniería, a pesar de que todos están dominados por la idea de un fundamento teórico común.

## **5 Un par de sugerencias**

1. Respecto a las unidades curriculares, el suscrito sugiere que, como primera etapa, la Facultad elabore una guía, que podría estar basada en la taxonomía clásica de Bloom,<sup>49</sup> para que las diversas unidades curriculares trabajen en una segunda etapa afinando sus objetivos, teniendo en cuenta no solamente el temario de sus cursos sino también los objetivos de los planes de estudios. Esta guía debería ser elaborada con intervención de las comisiones de carrera. Se debería distinguir entre objetivos que el estudiante debe alcanzar por un lado, para aprobar el curso, y por el otro para exonerarlo, como había establecido la subcomisión de la CoPE mencionada en 2.3. En lo que respecta a la implementación de los cambios que se produzcan se debe ser cuidadoso, en particular, cambios en el programa pueden producir cambios no solamente en las evaluaciones sino también en el curso: los estudiantes deben recibir las herramientas necesarias especificadas en los programas. En el caso de las unidades curriculares, el fijar objetivos debe servir como orientación para los cursos, y para

---

49 En contraste con la libertad en las unidades curriculares que se sugiere para adoptar una taxonomía de objetivos de aprendizaje, si se fuera a recorrer alguna de las presentes sugerencias, a nivel de Facultad debería adoptarse una sola taxonomía, y tratar de donde sea necesario, que se hagan las “traducciones” a dicha taxonomía. Se sugiere a nivel Facultad usar la taxonomía clásica de Bloom, que si bien tiene más de 60 años, ha demostrado tener fortaleza como para seguir perdurando con éxito frente a otras que se crearon posteriormente. Incluso parece preferible a la de Bloom revisada: si bien el nivel de “crear” es el más alto si se piensa en creación original, a nivel de cursos de grado la ubicación del nivel de “síntesis” parece más adecuada donde lo presenta la taxonomía de Bloom clásica. Además el tema de la doble dimensionalidad de la taxonomía de Bloom revisada agregaría un problema adicional que parece conveniente, al menos por el momento, simplificar.

las evaluaciones parecen razonables los conceptos mencionados por Lok<sup>4</sup>, en que se sugiere llegar a un equilibrio razonable entre una calificación referida por normas y una calificación referida por criterios.

2. Sobre las carreras, el suscrito sugiere que la Facultad elabore currículos integrados. Lo expuesto en el presente documento está solamente al nivel de concepción de la primera etapa de la elaboración de un currículo integrado. Incluso si se siguiera el enfoque CDIO, habría que hacer el diseño desde las primeras etapas (elaboración del sílabo) en adelante. En caso que se siga adelante con la elaboración del currículo integrado, una idea puede ser trabajar en paralelo con la revisión de los objetivos de las unidades curriculares señalada en 5.1., de forma de que cuando el resultado del trabajo de elaboración de un currículo integrado se cruce con el de las unidades curriculares, el intercambio para llegar a una síntesis sobre los objetivos genéricos de los programas pueda ser más rico. Algunas de las conclusiones a las que se llegue en esta etapa podrán ser implementadas sin inconvenientes en las unidades curriculares, otras podrán exigir un mayor trabajo de elaboración.

Heber Enrich, enero de 2020

# ANEXO

Tomado de [http://web.uaemex.mx/incorporadas/docs/MATERIAL%20DE%20PLANEACION%20INCORPORADAS/Taxonomia%20de%20Bloom1\(VERBOS\).pdf](http://web.uaemex.mx/incorporadas/docs/MATERIAL%20DE%20PLANEACION%20INCORPORADAS/Taxonomia%20de%20Bloom1(VERBOS).pdf)

## TAXONOMÍA DE BLOOM DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO (1956)

CATEGORÍA	CONOCIMIENTO RECOGER INFORMACIÓN	COMPRENSIÓN CONFIRMACIÓN APLICACION	APLICACIÓN HACER USO DEL CONOCIMIENTO	ANÁLISIS (ORDEN SUPERIOR) DIVIDIR, DESGLOSAR	SINTETIZAR (ÓRDEN SUPERIOR), REUNIR, INCORPORAR	EVALUAR (ÓDEN SUPERIOR) JUZGAR EL RESULTADO
<b>Descripción</b> Las habilidades que se deben demostrar en este nivel son:	Observación y recordación de información; conocimiento de fechas, eventos, lugares; conocimiento de las ideas principales; dominio de la materia.	Entender la información; captar el significado; trasladar el conocimiento a nuevos contextos; interpretar hechos; comparar, contrastar; ordenar, agrupar; inferir las causas predecir las consecuencias.	Hacer uso de la información; utilizar métodos, conceptos, teorías, en situaciones nuevas; solucionar problemas usando habilidades o conocimientos.	Encontrar patrones; organizar las partes; reconocer significados ocultos; identificar componentes.	Utilizar ideas viejas para crear otras nuevas; generalizar a partir de datos suministrados; relacionar conocimiento de áreas diversas; predecir conclusiones derivadas.	Comparar y discriminar entre ideas; dar valor a la presentación de teorías; escoger basándose en argumentos razonados; verificar el valor de la evidencia; reconocer la subjetividad.
<b>Que Hace el Estudiante</b>	El estudiante recuerda y reconoce información e ideas además de principios aproximadamente en misma forma en que los aprendió.	El estudiante esclarece, comprende, o interpreta información en base a conocimiento previo.	El estudiante selecciona, transfiere, y utiliza datos y principios para completar una tarea o solucionar un problema.	El estudiante diferencia, clasifica, y relaciona las conjeturas, hipótesis, evidencias, o estructuras de una pregunta o aseveración.	El estudiante genera, integra y combina ideas en un producto, plan o propuesta nuevos para él o ella.	El estudiante valora, evalúa o critica en base a estándares y criterios específicos.
<b>Ejemplos de Palabras Indicadoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- define</li> <li>- lista</li> <li>- rotula</li> <li>- nombra</li> <li>- identifica</li> <li>- repite</li> <li>- quién</li> <li>- qué</li> <li>- cuando</li> <li>- donde</li> <li>- cuenta</li> <li>- describe</li> <li>- recoge</li> <li>- examina</li> <li>- tabula</li> <li>- cita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- predice</li> <li>- asocia</li> <li>- estima</li> <li>- diferencia</li> <li>- extiende</li> <li>- resume</li> <li>- describe</li> <li>- interpreta</li> <li>- discute</li> <li>- extiende</li> <li>- contrasta</li> <li>- distingue</li> <li>- explica</li> <li>- parafrasea</li> <li>- ilustra</li> <li>- compara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aplica</li> <li>- demuestra</li> <li>- completa</li> <li>- ilustra</li> <li>- muestra</li> <li>- examina</li> <li>- modifica</li> <li>- relata</li> <li>- cambia</li> <li>- clasifica</li> <li>- experimenta</li> <li>- descubre</li> <li>- usa</li> <li>- computa</li> <li>- resuelve</li> <li>- construye</li> <li>- calcula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- separa</li> <li>- ordena</li> <li>- explica</li> <li>- conecta</li> <li>- divide</li> <li>- compara</li> <li>- selecciona</li> <li>- explica</li> <li>- infiere</li> <li>- arregla</li> <li>- clasifica</li> <li>- analiza</li> <li>- categoriza</li> <li>- compara</li> <li>- contrasta</li> <li>- separa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- combina</li> <li>- integra</li> <li>- reordena</li> <li>- sustituye</li> <li>- planea</li> <li>- crea</li> <li>- diseña</li> <li>- inventa</li> <li>- que pasa si?</li> <li>- prepara</li> <li>- generaliza</li> <li>- compone</li> <li>- modifica</li> <li>- diseña</li> <li>- plantea hipótesis</li> <li>- inventa</li> <li>- desarrolla</li> <li>- formula</li> <li>- reescribe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- decide</li> <li>- establece gradación</li> <li>- prueba</li> <li>- mide</li> <li>- recomienda</li> <li>- juzga</li> <li>- explica</li> <li>- compara</li> <li>- suma</li> <li>- valora</li> <li>- critica</li> <li>- justifica</li> <li>- discrimina</li> <li>- apoya</li> <li>- convence</li> <li>- concluye</li> <li>- selecciona</li> <li>- establece rangos</li> <li>- predice</li> <li>- argumenta</li> </ul>
<b>EJEMPLO DE TAREA(S)</b>	Describe los grupos de alimentos e identifica al menos dos alimentos de cada grupo. Hace un poema acróstico sobre la comida sana.	escriba un menú sencillo para desayuno, almuerzo, y comida utilizando la guía de alimentos	Qué le preguntaría usted a los clientes de un supermercado si estuviera haciendo una encuesta de que comida consumen? (10 preguntas)	Prepare un reporte de lo que las personas de su clase comen al desayuno	Componga una canción y un baile para vender bananos	Haga un folleto sobre 10 hábitos alimentarios importantes que puedan llevarse a cabo para que todo el colegio coma de manera saludable



## REVISIÓN DE LA TAXONOMÍA DE BLOOM (ANDERSON & KRATHWOHL, 2000)

CATEGORÍA	RECORDAR	COMPRENDER	APLICAR	ANALIZAR	EVALUAR	CREAR
<b>Descripción</b>	Reconocer y traer a la memoria información relevante de la memoria de largo plazo.	Habilidad de construir significado a partir de material educativo, como la lectura o las explicaciones del docente.	Aplicación de un proceso aprendido, ya sea en una situación familiar o en una nueva.	Descomponer el conocimiento en sus partes y pensar en cómo estas se relacionan con su estructura global.	Ubicada en la cúspide de la taxonomía original de 1956, evaluar es el quinto proceso en la edición revisada. Consta de comprobación y crítica.	Nuevo en esta taxonomía. Involucra reunir cosas y hacer algo nuevo. Para llevar a cabo tareas creadoras, los aprendices generan, planifican y producen.
<b>Verbos Indicadores de procesos cognitivos + Ejemplos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>reconocer</b> [Identifique las ranas dadas en un diagrama de diferentes tipos de anfibios. Encuentre un triángulo isósceles en su vecindario. Conteste cualquier pregunta de falso-verdadero o de selección.]</li> <li>- <b>recordar</b> [Nombre tres autoras latinoamericanas del siglo XIX. Escriba las tablas de multiplicar. Reproduzca la fórmula química del tetracloruro de carbono.]</li> <li>- <b>listar</b></li> <li>- <b>describir</b></li> <li>- <b>recuperar</b></li> <li>- <b>denominar</b></li> <li>- <b>localizar</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>interpretar</b> [Traduzca el problema de un relato en una ecuación algebraica. Dibuje un diagrama del sistema digestivo.]</li> <li>- <b>ejemplificar</b> [Dibuje un paralelogramo. Cite un ejemplo del estilo de escritura presente en una corriente de pensamiento dada. Nombre un mamífero que viva en nuestra área.]</li> <li>- <b>clasificar</b> [Etiquete números pares o impares. Elabore una lista de los tipos de gobierno encontrados en las naciones de África moderna. Agrupe animales nativos en sus correspondientes especies.]</li> <li>- <b>resumir</b> [Redacte un título para un pasaje corto. Elabore una lista de los puntos clave de un artículo dado.]</li> <li>- <b>inferir</b> [Lea un diálogo entre dos personajes y extraiga conclusiones acerca de sus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>ejecutar</b> [Agregue una columna de números con dos dígitos. Oralmente, lea un pasaje en una lengua extranjera. Lance correctamente una bola de béisbol hacia el bateador]</li> <li>- <b>implementar</b> [Diseñe un experimento para observar cómo crecen las plantas en distintos tipos de suelo. Corrija el texto de un escrito dado. Elabore un presupuesto.]</li> <li>- <b>desempeñar</b></li> <li>- <b>usar</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>diferenciar</b> [Señale la información relevante en una igualdad matemática, y tache la información irrelevante. Dibuje un diagrama que muestre los personajes principales y secundarios de una novela.]</li> <li>- <b>organizar</b> [Ubique los libros en la biblioteca de la escuela, ordenados en categorías. Haga un gráfico que ilustre los modos en que las plantas y los animales en su vecindario interactúan unos con otros]</li> <li>- <b>atribuir</b> [Lea las cartas al editor de una publicación local, para encontrar puntos de vista de los lectores respecto a problemas locales. Determine la motivación de un personaje en una novela o cuento corto. Examine folletos propagandísticos de candidatos políticos, y plantee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>comprobar</b> [Participe en un grupo de redacción, y retroalimente a los compañeros en cuanto a la organización y lógica de los argumentos. Escuche un discurso político y anote las contradicciones que encuentre. Revise un plan de proyecto para verificar si se incluyeron todos los pasos necesarios.]</li> <li>- <b>criticar</b> [Juzgue en qué medida un proyecto se ajusta a los criterios de una matriz de valoración. Escoja el mejor método para resolver un problema matemático complejo. Determine la validez de los argumentos a favor y en contra de la Astrología.]</li> <li>- <b>revisar</b></li> <li>- <b>formular</b></li> <li>- <b>hipótesis</b></li> <li>- <b>experimentar</b></li> <li>- <b>juzgar</b></li> <li>- <b>probar</b></li> <li>- <b>detectar</b></li> <li>- <b>monitorear</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>generar</b> [Con base en una lista de criterios, escriba algunas opciones para mejorar las relaciones interraciales en la escuela. Genere diversas hipótesis científicas para explicar por qué las plantas necesitan luz solar. Proponga un grupo de alternativas para reducir la dependencia de combustibles fósiles, que contemple tanto aspectos de interés económico como ambiental. Sugiera hipótesis alternativas, basadas en los criterios.]</li> <li>- <b>planear</b> [Prepare fichas gráficas para una representación multimedia sobre insectos. Esboce un trabajo de investigación sobre el punto de vista de García Márquez con respecto a la religión. Diseñe un estudio</li> </ul>

		<p>relaciones pasadas. Averigüe el significado de un término no familiar presente en un artículo. Analice una serie numérica y prediga cuál será el próximo número.]</p> <p><b>- comparar</b> [Explique por qué el corazón se parece a una bomba. Escriba acerca de una de sus experiencias que se asemeje a la de los colonizadores de su región. Use un diagrama de Venn para demostrar cómo se asemejan y difieren dos libros de García Márquez.]</p> <p><b>- explicar</b> [Dibuje un diagrama que explique cómo la presión del aire afecta el clima. Proporcione detalles para justificar por qué aconteció la Revolución Francesa, cuándo y cómo sucedió. Describa cómo la tasa de interés afecta la economía.]</p> <p><b>- parafrasear</b> [Parafrasee un discurso de Simón Bolívar.]</p>		<p>hipótesis sobre sus perspectivas en relación con diferentes problemas.]</p> <p><b>- comparar</b> <b>- deconstruir</b> <b>- delinear</b> <b>- estructurar</b> <b>- integrar.</b></p>		<p>científico para probar el efecto de distintos tipos de música en la producción de huevos de gallina.]</p> <p><b>- producir</b> [Escriba un diario desde el punto de vista de un soldado. Construya un hábitat para las aves acuáticas locales. Monte una obra teatral basada en un capítulo de una novela que esté leyendo.]</p> <p><b>- diseñar</b> <b>- construir</b> <b>- idear</b> <b>- trazar</b> <b>- elaborar.</b></p>
--	--	---	--	--	--	--