

# LOS VALORES DEL DESARROLLO ÁGIL DE SOFTWARE COMO VALORES DE PROCESOS EDUCATIVOS EN INGENIERÍA

Yadran Eterovic - P. Universidad Católica de Chile - yadran@ing.puc.cl

## RESUMEN

Los valores ágiles guían a muchos equipos de desarrollo de software, y pueden ayudarnos también a los que tenemos responsabilidades educativas en escuelas de ingeniería. En los proyectos de desarrollo de software los participantes nunca tienen información perfecta al inicio del proyecto, los planes que hacen sufren cambios continuamente durante la ejecución del proyecto, y no hay una única "mejor" forma de hacerlo. Por su parte, planificar y dictar un curso, formular y poner en marcha un programa curricular, y acreditar un programa, son tres tipos de proyectos educativos que comparten las características mencionadas. Por lo tanto, si cambiamos el propósito de desarrollar de software por el de formar profesionales, y aceptamos que: a) los proyectos educativos son proyectos de personas y para personas motivadas, y las personas nos entendemos mejor conversando, y b) los métodos para formar profesionales aún están siendo estudiados; entonces puede ser una buena idea enfrentar estos proyectos valorando a las personas, las clases presenciales, el conversar y ponerse de acuerdo, y el estar alertas y dispuestos para hacer cambios cuando parezca necesario, como se hace en los proyectos de desarrollo ágil de software.

**PALABRAS CLAVE:** Valores ágiles, Desarrollo ágil de software, Procesos educativos en ingeniería

## INTRODUCCIÓN

Planificar y dictar una asignatura, especialmente por primera vez, plantea varios desafíos: qué materias incluir, cuánto énfasis darle a cada una, qué actividades realizar, cómo evaluar a los estudiantes, etc. A otra escala, formular y poner en marcha un programa curricular —aun suponiendo que el perfil de egreso esté bien definido— es también muy desafiante: duración del programa, número de asignaturas, cuáles asignaturas y en qué orden deben tomarlas los estudiantes (incluyendo la definición de prerrequisitos), etc. En particular, son especialmente desafiantes las decisiones de cómo evaluar en qué medida los estudiantes están logrando las competencias, habilidades y conocimientos declarados en el perfil de egreso.

Y en otro ámbito, durante el proceso de acreditación de una carrera, cuando el consejo de acreditación de la agencia a cargo toma la decisión de acreditación, hacia el final del proceso, lo hace a partir de un informe escrito por el comité de pares evaluadores, que fue el que efectivamente visitó la carrera; pero ninguno de los integrantes del consejo ha visitado la carrera ni se ha entrevistado con sus profesores o estudiantes. En estas condiciones, tomar bien la decisión de acreditar o no y, en el primer caso, por cuántos años, es también un desafío.

Las decisiones anteriores son desafiantes porque al momento de tomarlas no contamos con toda la información necesaria; en la práctica, las tomamos haciendo supuestos. Pero también son desafiantes, porque el costo de tomar malas decisiones es alto: una nueva asignatura sobre un tema vigente y relevante, y que, sin embargo, significó tanto trabajo para los estudiantes que algunos la eliminaron de su carga académica, y, peor aún, otros simplemente la abandonaron; o una nueva malla curricular,

orientada al desarrollo de las competencias más anheladas por los empleadores, pero que, en la práctica, es imposible de seguir más allá del segundo año por problemas con los prerrequisitos o con asignaturas que se convierten en cuellos de botella.

Así, dictar una asignatura, definir un programa curricular, y acreditar una carrera son tres tipos de proyectos educativos que, como la experiencia nos demuestra una y otra vez, comparten no solo la característica de que su definición y/o ejecución se basa más en supuestos que en datos; también, el que muchas veces esos supuestos resultan no ser ciertos, lo que nos obliga a hacer cambios cuando no estamos preparados para ellos, lo que normalmente agrava la situación porque en lugar de cambiar, "parchamos".

En mi opinión, la razón más importante por la cual esto es así es que se trata de proyectos en que los "factores" más importantes somos las personas: las personas planificamos estos proyectos, las personas los llevamos a cabo, y los proyectos están dirigidos a personas. Y cuando se trata de proyectos de y para personas, no solo no tenemos una "mejor" forma de hacerlo ... ni siquiera sabemos con certeza cómo mejorar los resultados de estos proyectos.

Y tanto los problemas de los tres tipos de proyectos educativos descritos, como la explicación que yo les doy, son compartidos también por los proyectos de desarrollo de software (como está ampliamente documentado en la literatura de ingeniería de software [D. Kung, "Objectoriented software engineering", McGraw-Hill, 2013]). Por lo tanto, me parece razonable y sensato buscar entre lo que se ha venido haciendo en proyectos exitosos de desarrollo de software una posible respuesta a los desafíos que nos presentan los proyectos educativos.

## VALORES DEL DESARROLLO ÁGIL DE SOFTWARE

Los valores del desarrollo ágil de software (en adelante, los valores ágiles), que desde el año 2001 guían a muchos equipos de desarrollo de software, pueden ayudarnos también a los que tenemos responsabilidades educativas en escuelas de ingeniería. Los proyectos de desarrollo de software se caracterizan porque los participantes nunca tienen información perfecta al inicio del proyecto, los planes que hacen sufren cambios continuamente durante la ejecución del proyecto, y no hay una única "mejor" forma de hacerlo.

En 2001, diecisiete líderes de la industria del software se reunieron para ver si sus diversos métodos "livianos" de desarrollo de software, que se estaban volviendo cada vez más populares porque producían mejores resultados, tenían algo en común. Concluyeron con una declaración que titularon "Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software", o simplemente "Manifiesto Ágil" [<http://agilemanifesto.org/iso/en/manifesto.html>], que aquí reproduzco:

*Estamos descubriendo mejores formas de desarrollar software, tanto por nuestra propia experiencia, como ayudando a terceros. A través de este trabajo hemos aprendido a valorar:*

***Personas e interacciones*** sobre procesos y herramientas  
***Software que funciona*** sobre documentación completa  
***Colaboración con el cliente*** sobre negociación de contratos  
***Respuesta al cambio*** sobre seguir un plan

*Esto es, si bien hay valor en los ítemes a la derecha, valoramos más los ítemes a la izquierda.*

Al proponer estos cuatro valores, y no un método (o "metodología") para desarrollar software, los diecisiete líderes admiten que no hay una única "mejor" forma de desarrollar software. Pero, además, y tal vez más importante, aceptan que:

- los equipos involucrados en los proyectos de desarrollo de software trabajan mejor cuando se presta atención al elemento humano, lo que implica que cualquier herramienta que se quiera introducir en el proyecto tiene que cumplir con el criterio de mejorar las interacciones entre los integrantes del equipo y con los usuarios y otros *stakeholders*;
- si bien la documentación es útil —por ejemplo, cuando no está claro qué es lo que el software se supone que hace exactamente—, la forma más eficaz que tiene el usuario para saber qué tan bien funciona el software es usándolo;
- nunca se tiene información perfecta cuando empieza un proyecto, por lo que, en vez de tratar de fijar completa y exactamente qué se va a desarrollar antes de empezar, es mejor colaborar continuamente con los usuarios para tratar de tener los mejores resultados;
- los planes que el equipo pueda haber hecho van a cambiar cuando empiecen a trabajar en el código, por lo que, en vez de no permitir cambios o tener procedimientos engorrosos de control de cambios, el equipo espera y está preparado para que sus planes cambien.

Todos los puntos anteriores son aplicables, como veremos en la próxima sección, a los tipos de proyectos educativos que nos interesan. Por lo tanto, si cambiamos el propósito de desarrollar de software por el de formar profesionales, y además aceptamos las siguientes dos premisas:

- a. los proyectos educativos son proyectos de personas y para personas motivadas —profesores, estudiantes, gestores curriculares, pares evaluadores, etc.— y las personas nos entendemos mejor conversando;
- b. los métodos para formar profesionales aún están siendo estudiados, y las formas de mejorar nuestros resultados formando profesionales, también;

... entonces puede ser una buena idea enfrentar estos proyectos valorando las personas, las clases presenciales, el conversar y ponerse de acuerdo, y, principalmente, el estar alertas y dispuestos para hacer cambios cuando parezca necesario, como se explica a continuación.

## LOS VALORES ÁGILES EN EL CONTEXTO DE PROYECTOS EDUCATIVOS

Los valores ágiles tienen como objetivo el desarrollo de software, pero mi propuesta es que también son valiosos en el contexto de proyectos educativos cuyo propósito es la formación de profesionales (y científicos, artistas, etc.). Las razones son las que expuse en la Introducción; el desarrollo de la propuesta aparece a continuación.

Primero, establecemos una correspondencia entre los conceptos clave de los valores ágiles y los conceptos clave de proyectos educativos. Por ejemplo, cuando los valores hablan de *procesos*, nosotros hablamos de asignaturas y mallas curriculares. ¿Por qué? Porque en desarrollo de software un proceso es un arreglo de actividades con un propósito pertinente al objetivo de desarrollar software; y en proyectos educativos, las asignaturas y las mallas curriculares son arreglos de actividades conducentes al propósito de educar. Y cuando los valores hablan de *herramientas*, es decir, de algo que facilita el llevar adelante un proyecto, nosotros hablamos de sistemas de información y de control, y de manuales de procedimientos y reglamentos, ya que todos estos ayudan (muchas veces) a llevar adelante los proyectos educativos.

Usando un razonamiento análogo, que no creo necesario hacer más explícito, cuando los valores hablan de *personas*, nosotros hablamos de profesores, estudiantes y ayudantes, personal administrativo, pares evaluadores y consejos de acreditación; y cuando hablan de *interacciones*, nosotros hablamos de clases presenciales, sesiones de laboratorio, reuniones para llegar a acuerdos, y visitas.

La Tabla 1 resume una correspondencia aproximada para el resto de los conceptos. Aclaro que si bien en los proyectos de desarrollo de software tradicionalmente existe un cliente —la persona u organización que solicita el desarrollo del software y paga por el producto final—, en el caso de los proyectos educativos la idea de "colaboración con el cliente" la interpreto como colaboración entre cualesquiera de los diversos grupos de interesados que participan en el proyecto, por ejemplo, estudiantes, profesores, personal administrativo, pares evaluadores, consejo de acreditación, entendiendo que todos tienen como propósito el éxito del proyecto.

**Tabla 1. Correspondencia (aproximada) entre conceptos de los valores ágiles (en negrita) y conceptos de procesos educativos.**

<p><b>Personas, interacciones</b>            Profesores, estudiantes, ayudantes            Personal administrativo            Pares evaluadores, consejos de acreditación</p>	<p><b>Procesos, herramientas</b>            Asignaturas y mallas curriculares            Sistemas de información y de control            Manuales de procedimientos, reglamentos            Informes</p>
<p><b>Software que funciona</b>            Desarrollo de competencias            Enseñanza de conocimientos</p>	<p><b>Documentación completa</b>            Descripción detallada de la malla curricular            Apuntes completos de clases</p>
<p><b>Colaboración con el cliente</b>            Coversar, ponerse de acuerdo entre profesor y estudiantes, entre profesores y personal administrativo</p>	<p><b>Negociación de contratos</b>            Definición y aplicación de reglamentos, procedimientos y normas</p>
<p><b>Respuesta al cambio</b>            Revisar, actualizar y corregir frecuentemente</p>	<p><b>Seguir un plan</b>            Programa de curso detallado clase a clase            Malla curricular con múltiples hitos</p>

En segundo lugar, ¿en qué instancias concretas, en cada uno de los tres tipos de proyectos educativos considerados, pueden manifestarse los valores? Mi respuesta es que las instancias son múltiples y tienen que ver con los cuatro puntos de la sección anterior en que se explicita lo que los autores del Manifiesto Ágil aceptan (implícitamente) al proponer los valores ágiles, y que hay que poner en el contexto de los proyectos educativos.

Veamos, por ejemplo, el valor "**Personas e interacciones sobre procesos y herramientas**". En el caso de una asignatura, esto significa que valoremos la interacción entre profesor y estudiantes que ocurre en la sala de clase, para entregar realimentación a los estudiantes sobre su desempeño en una actividad evaluativa, hacerle ver al profesor que está pasando la materia muy rápido o que podría incluir más ejemplos, y resolver problemas administrativos diversos que normalmente se presentan durante el semestre. Y en el caso de un programa curricular, valoremos las reuniones periódicas entre profesores, estudiantes y personal administrativo a cargo del currículo, para hacer ajustes al reglamento del programa, a la malla curricular, a la actividad de titulación, etc.

Y ahora con respecto al valor "**Colaboración con el cliente sobre negociación de contratos**". En el caso de una asignatura (en especial, si está siendo impartida por primera vez), valoremos los acuerdos a los que puedan llegar profesor y estudiantes —más allá del programa y "reglamento" del curso entregado el primer día de clases— para ir ajustando el programa de la asignatura, las actividades que deben realizar los estudiantes, e incluso las formas de evaluación, según lo que va ocurriendo a lo largo del semestre. Y en el caso de una acreditación, valoremos el acompañamiento que el organismo acreditador pueda proporcionar a la carrera, después de la decisión de acreditación, para permitirle ir resolviendo paso a paso sus problemas, en lugar de revisar todo de nuevo en cuatro o cinco años más.

La Tabla 2 ilustra otras instancias en que cada uno de los valores puede ayudar a hacer mejor algo o a tomar una mejor decisión en cada uno de los tipos de procesos educativos considerados.

**Tabla 2. Manifestación de los valores ágiles en procesos educativos.**

Valor ágil	Asignatura	Programa curricular	Acreditación
<b>Personas e interacciones</b> sobre procesos y herramientas	Profesor y estudiantes en la sala de clases; versus el sitio Web de la asignatura	Profesores, estudiantes y administradores se reúnen periódicamente; versus un sistema de información que toma decisiones por nosotros	Consejo de acreditación, pares evaluadores, representantes del programa; y recopilación de evidencia por visitas y entrevistas; versus informes
<b>Software que funciona</b> sobre documentación completa	¿Funciona un curso sin apuntes de clase detallados? ¿Cómo evaluar el logro de competencias?	¿Cómo asegurar el logro de competencias? Planes de estudio, múltiples hitos, reglamentos	Resultados del programa (p.ej., tasa de titulación oportuna); opinión de los titulados y empleadores; versus procesos definidos y sistemáticos
<b>Colaboración con el cliente</b> sobre negociación de contratos	El programa de curso, entregado el primer día de clases, ¿es un contrato? ¿Funciona un curso sin tanta regla? ¿Depende del tamaño? ¿Depende del nivel? Motivación de los estudiantes	¿Cómo aplicar constructivamente los reglamentos, etc.? Comisiones bipartitas. Interés de los estudiantes	La acreditación persigue el mejoramiento continuo de una carrera o programa: resolución de problemas paso a paso, acompañamiento
<b>Respuesta al cambio</b> sobre seguir un plan	Ajustar método docente, tipos de evaluaciones, nivel de exigencia, conformación de grupos de trabajo	Difícil anticipar cómo van a reaccionar los estudiantes; ¿es la malla inmejorable? ¿son los hitos adecuados?	

Por último, una advertencia (tal vez innecesaria). Tal como lo dice el propio Manifiesto Ágil ("*Esto es, si bien hay valor en los ítemes a la derecha, valoramos más los ítemes a la izquierda.*"), no se trata de que procesos, herramientas, documentación, contratos y planes —en realidad, los conceptos correspondientes según la columna derecha de la Tabla 1— no tengan valor.

Por supuesto, todos son valiosos: las asignaturas, las mallas curriculares, los reglamentos, los apuntes de clase son muy importantes: le dan una estructura, una guía y una forma de controlar su propio desarrollo a los procesos educativos que nos interesan; es decir, aseguran (o al menos hacen más probable) que los buenos resultados de una asignatura, programa curricular o proceso de acreditación sean sostenibles en el tiempo.

De lo que se trata es, simplemente, de no supeditar a esos ítemes el propósito fundamental de nuestro quehacer: formar profesionales (y científicos, artistas, etc.) mediante procesos que son llevados a cabo

por personas motivadas y para personas motivadas. Por ejemplo, es evidente que necesitamos una malla curricular antes de darle el vamos a una carrera de ingeniería. Pero no interpretemos la malla (o el programa de una asignatura o un procedimiento administrativo) como algo infalible; estemos alerta a las señales que nos puedan estar diciendo que esa malla, programa o procedimiento, tal vez está presentando problemas, y estemos dispuestos a hacer los cambios que sean necesarios por el bien de nuestros estudiantes.

## **A MODO DE CIERRE**

¿Es válido este planteamiento?

Mi experiencia de 35 años como profesor en un Departamento de Ciencia de la Computación de una Escuela de Ingeniería me dice que sí. Veamos solo los últimos cinco años. En 2013, mi escuela le dio el vamos a una nueva malla curricular para todas las especialidades; la de ingeniería de computación fue actualizada durante 2015 y hoy coexisten las versiones 2013 y 2016. Asimismo, coexisten dos versiones de malla curricular en otras cuatro especialidades: en dos casos, las versiones son 2013 y 2015, y en los otros dos casos, un poco más extremos, las versiones son 2013 y 2014; es decir, no bien se había echado a andar la malla 2013, cuando empezaron las actualizaciones. Finalmente, durante este año 2018 se están aprobando cambios a las mallas de varias otras especialidades.

Lo importante en estos casos es que las solicitudes de actualización, especialmente las primeras, tomaron por sorpresa hasta cierto punto a las unidades administrativas a cargo, tanto de la escuela, como de la universidad, ya que se suponía que el proceso que se había seguido para definir las mallas originales (2013) garantizaba que éstas se mantendrían válidas por un buen tiempo.

Por otra parte, con respecto al proceso de titulación, mi escuela eliminó la memoria de título en 2009, pero mantuvo el examen de título, de manera que los estudiantes que han ingresado a la escuela a partir de 2009 solo se han podido titular vía el examen. Como la carrera dura seis años, la titulación vía exclusivamente el examen empezó, para todos los efectos prácticos, el segundo semestre de 2014. A lo largo de los tres años siguientes, hasta el segundo semestre de 2017, nos fuimos dando cuenta de que tener una única vía de titulación resultaba problemático. Pero no teníamos contemplado que ese pudiera ser el caso, por lo que solo ahora en 2018 aprobamos una segunda vía de titulación.

## **BEAUCHEF PROYECTA: IMPLEMENTACIÓN CURRICULAR DE PROYECTOS MULTIDISCIPLINARIOS**

Matías Mattamala - Universidad de Chile - mmattamala@ug.uchile.cl

Matías Lasen - Imperial College London - matias.lasen17@imperial.ac.uk

Rodrigo Chi - University of California-Berkeley - rodrigo.chi@berkeley.edu

Andrés Caba - Universidad de Chile - acaba@ing.uchile.cl

Miguel Patiño - Universidad de Chile - mpatino@ing.uchile.cl

Javier Larrondo - Universidad de Chile - jalarron@ing.uchile.cl

Viviana Meruane - Universidad de Chile - vmeruane@ing.uchile.cl

## RESUMEN

En este trabajo se presenta *Beauchef Proyecta (BP)*, el área de proyectos multidisciplinarios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile. BP se originó como una iniciativa estudiantil y actualmente es parte del programa Ingeniería y Ciencias 2030 de la FCFM, impactando a la fecha a más de 250 estudiantes. Esta iniciativa actualmente posee 3 líneas de trabajo que intervienen distintas etapas de la formación de ingeniería y ciencias en la FCFM: Cursos de Licenciatura, Cursos de Especialidad y Memorias Multidisciplinarias. Los estudiantes que han sido parte de las distintas líneas han desarrollado diversos proyectos entre distintas disciplinas de la ingeniería, y también con otras carreras como como diseño industrial y periodismo. Los resultados concretos y la retroalimentación a la fecha demuestran el impacto de la iniciativa en la formación de los estudiantes y en la comunidad universitaria.

**PALABRAS CLAVES:** Interdisciplinariedad, Multidisciplinariedad, Ingeniería y Ciencias 2030, Aprendizaje basado en proyectos.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de trabajos *multidisciplinarios*<sup>15</sup> en ingeniería es uno de los grandes desafíos para impulsar el desarrollo (Ertas et al., 2003), que a nivel local se está trabajando principalmente a través del programa Ingeniería 2030 de CORFO. El Congreso SOCHEDI del 2017 abarcó principalmente este desafío y se presentaron diversas estrategias que abarcan la implementación de cursos con proyectos interdisciplinarios (Cid et al., 2017), minors (Albornoz & Moris, 2017), majors (Miranda, 2017) y concursos co-curriculares (Lazcano et al., 2017) enfocados en establecer lazos entre la ingeniería y otras carreras.

Este trabajo continúa esa línea y presenta la experiencia de *Beauchef Proyecta (BP)*, el área de proyectos multidisciplinarios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile. *Beauchef Proyecta* lleva casi 4 años de operación y actualmente se encuentra enmarcada dentro del proyecto Ingeniería y Ciencias 2030 de esta Facultad. Actualmente, tres generaciones de estudiantes han sido parte a través de diversos programas de esta iniciativa, desarrollando proyectos y memorias de título con otros estudiantes de la Universidad, como Diseño Industrial y Periodismo. Este trabajo resume las motivaciones para crear *Beauchef Proyecta*, las estrategias implementadas, y los aprendizajes a la fecha.

## QUÉ ES BEAUCHEF PROYECTA

### Inicios

Los orígenes de *Beauchef Proyecta* se remontan al 2013-2014 como una iniciativa de Matías Lasen, en ese entonces estudiante de Ingeniería Civil Mecánica, quien tenía interés en realizar más proyectos en el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIMEC). Sin embargo, no fue hasta el año 2015 en se que logró apoyo institucional por parte del Centro de Estudiantes de Ingeniería Mecánica (CEIMEC), con lo que posteriormente se iniciaron conversaciones con el Centro de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica (CEIE) para motivar la implementación de proyectos entre ambos departamentos, motivados por iniciativas como el auto solar Eolian<sup>2</sup> y el satélite SUCHAI<sup>3</sup>.

---

<sup>15</sup> Entendiendo *multidisciplinariedad* como un concepto más general que incluye *interdisciplinariedad* y *transdisciplinariedad*. (Jantsch, 1970) provee definiciones más precisas y las diferencias respectivas.

A Septiembre de ese año, se preparó una propuesta, la cual fue presentada a los Comités Técnicos Docentes (CTD) de los respectivos departamentos, donde se acordó un plan general para implementar cursos en conjunto entre ambos departamentos, que tuvieran una componente que involucrar a ambas disciplinas. Así, el 2016 y a modo de piloto, se implementaron los primeros cursos de proyectos interdisciplinarios entre ambos departamentos, donde particularmente se articularon los proyectos realizados por los estudiantes de ingeniería mecánica en el curso ME5601 Diseño de Sistemas Mecánicos, con proyectos de ingeniería eléctrica del curso EL5002 Introducción al Taller de Diseño, ambos obligatorios de las respectivas carreras.

A mediados del 2016 se continuó bajo este esquema, generando más proyectos multidisciplinarios. Adicionalmente se iniciaron las gestiones para expandir el área y conseguir más financiamiento para los proyectos, lográndose el año 2017 financiamiento adicional mediante Ingeniería y Ciencias 2030, con el que se logró contratar a un Coordinador de tiempo completo y contar con presupuesto para desarrollar los proyectos de los cursos. Durante el 2017 se formalizó el esquema de trabajo, se inició el programa de memorias multidisciplinarias y se iniciaron cursos piloto con estudiantes de los primeros años de ingeniería, cuyos detalles se profundizan en las siguientes secciones. Para este año, con la segunda etapa del Proyecto Ingeniería y Ciencias 2030, Beauchef Proyecta consigue financiamiento para tres años siguientes (2018-2020), con lo que se pretende expandir la labor del área y profundizar los avances en el desarrollo de los futuros ingenieros y otros profesionales.

## **Misión y visión**

---

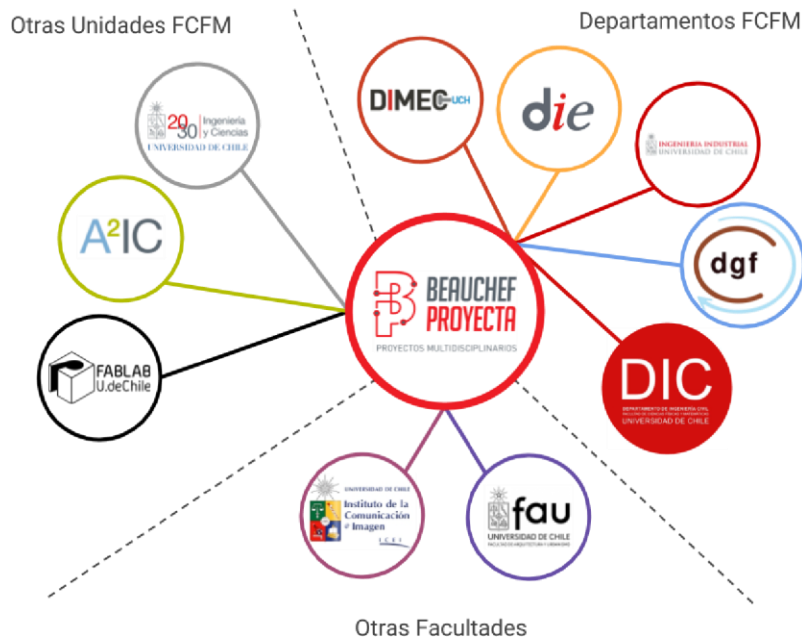
<sup>23</sup> <https://www.facebook.com/pg/EolianAutoSolar>

<http://spel.ing.uchile.cl/suchai.html>

Beauchef Proyecta, en la actualidad, se concibe como una unidad de la FCFM que apunta a contribuir al desarrollo de proyectos multidisciplinarios con un foco en innovación tecnológica, que sean significativos a la formación de ingenieras e ingenieros líderes para la sociedad. Así, la misión es motivar e impulsar proyectos que aporten a esta visión multidisciplinaria -y, por ende, real- de la ingeniería, y gestionar su desarrollo a través de distintas instancias curriculares.

## **Estructura Organizacional - Nivel general**

Para lograr los objetivos propuestos anteriormente, actualmente Beauchef Proyecta funciona como una unidad independiente a los departamentos, la cual coordina las operaciones de algunos cursos y programas específicos a sus objetivos. La Figura 1 ilustra las principales unidades de interacción.

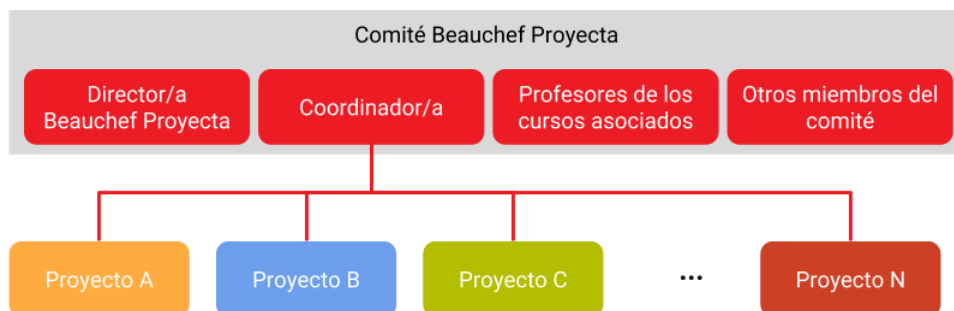


**Figura 1: Interacciones de Beauchef Proyecta con distintas unidades de la FCFM y Universidad de Chile.**

Las principales figuras de interacción corresponden a los Departamentos de la FCFM, dentro de los que se encuentran el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIMEC), Eléctrica (DIE), Ingeniería Industrial (DII), Ingeniería Civil (DIC) y Geofísica (DGF), además de otras facultades como la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) con la carrera de Diseño Industrial y el Instituto de Comunicación e Imagen (ICEI) con Periodismo. Adicionalmente, otras unidades como el Área de Aprendizaje en Ingeniería y Ciencias (A2IC), el FabLab U. de Chile o la administración de Ingeniería y Ciencias 2030, ofrecen asesoría docente, técnica y administrativa, respectivamente.

**Estructura Organizacional - Nivel interno**

Por otro lado, en términos de la operación interna de Beauchef Proyecta (Figura 2), se trabaja bajo el esquema de un *comité* que define los lineamientos generales, el cual es guiado por un académico responsable con el rol de *director/a*, algunos profesores de los cursos asociados a Beauchef Proyecta, y *otros miembros* que incluyen otros profesores y funcionarios que ofrecen asesoría.



**Figura 2: Estructura organizacional interna de Beauchef Proyecta**

Adicionalmente existe la figura del *coordinador/a*, quien además de ser parte del comité, gestiona la operación de los cursos y recursos directamente con los profesores y estudiantes responsables. Es importante destacar que la figura del coordinador presenta un rol consultivo con respecto a la organización interna de cada curso y, por lo tanto, no toma decisiones que refieren a los programas de contenidos de cada ramo.

El comité define los proyectos a realizarse a través de las distintas líneas de trabajo de Beauchef Proyecta, las cuales se explican con mayores detalles en la sección siguiente.

## LÍNEAS DE TRABAJO

Las líneas de trabajo son los instrumentos curriculares bajo los cuales Beauchef Proyecta impulsa los distintos proyectos. De modo de generar trabajo entre distintas disciplinas, a lo largo de estos 3 años se han probado varios esquemas de trabajo para operativizar el desarrollo de proyectos exitosos de mayor escala.

En un principio, durante el año 2016, la estructura fue más bien rígida y se basaba fuertemente en los cursos ME5601 Diseño de Sistemas Mecánicos y EL5004 Taller de Diseño, los cuales apuntaban a desarrollar proyectos de mayor escala, tales como vehículos tripulados o brazos robóticos. Sin embargo, durante el corto periodo de un semestre académico era complicado desarrollar proyectos de mayor complejidad, teniendo como posibles consecuencias la sobresimplificación de estos, la pérdida de la colaboración interdisciplinaria o bien un aumento considerable en la carga académica de los estudiantes.

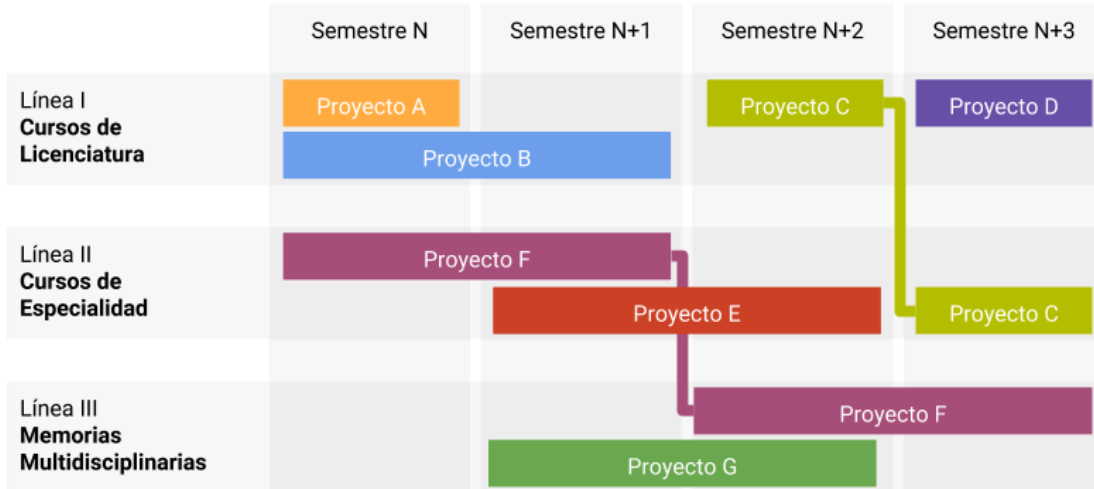
Durante el 2017 este proceso se refinó, incluyendo estudiantes de la carrera de Diseño Industrial, cuyo primer piloto se realizó el segundo semestre de ese año. Adicionalmente, se utilizaron otros cursos electivos de las carreras de ingeniería eléctrica enfocados en el trabajo práctico para complementar o profundizar proyectos anteriores. Por último, paralelamente se iniciaron dos nuevas líneas de trabajo: una al nivel del Plan Común/Licenciatura de estudiantes de ingeniería y ciencias, mientras que la otra apunta a estudiantes en las etapas terminales de sus carreras.



**Figura 3: Distintos esquemas utilizados para alinear los cursos de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería**

**Mecánica** y **Diseño Industrial** que marcaron el origen de Beauchef Proyecta; los códigos corresponden a los cursos asociados a cada carrera. El esquema asociado a cada año ilustra cómo se alinean los cursos de un **semestre A** inicial para iniciar un proyecto, el que se continuaba en los cursos del **semestre B** siguiente. Debido a que los cursos son semestrales, el semestre B podía corresponder al año siguiente. En el Anexo A se especifican los nombres completos y departamentos de los cursos.

Con el aprendizaje de ese semestre y los nuevos cursos integrados en Beauchef Proyecta, se reestructuraron nuevamente los cursos para tener una organización más orgánica y flexible basada en 3 líneas de trabajo. Con esto se busca establecer mejores lazos entre las distintas disciplinas para enfrentar las nuevas problemáticas. La implementación de esta idea se ilustra en la Figura 4.



**Figura 4: Líneas de trabajo y su relación con los distintos proyectos. Bajo este esquema, los proyectos pueden escalar entre distintas líneas de desarrollo.**

Este esquema es el que se está siguiendo actualmente, el cual permite mayor flexibilidad para lograr proyectos exitosos, ya que elimina de los requerimientos de los cursos el entregar un producto o sistema funcional en el marco de un semestre o un año. Esto apunta a que el resultado sea de mejor calidad, más revisado, y con un procedimiento que se asemeja más a cómo se desarrolla una solución de ingeniería del “mundo real”.

### Cursos de Plan Común de Ingeniería

La primera línea de trabajo corresponde a cursos obligatorios y electivos de Plan Común. Respecto a los cursos obligatorios, en segundo año los estudiantes deben cursar el curso EI2001 Taller de Proyecto del Área de Ingeniería e Innovación (3 SCT), donde se espera que desarrollen proyectos afines a su área de interés y futura especialidad. Actualmente, se están ofreciendo cursos de proyectos con Arduino y construcción de *battlebots*, en conjunto a estudiantes de diseño industrial de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), además de otro curso de Periodismo de Datos en conjunto a estudiantes de periodismo del Instituto de la Comunicación e Imagen (ICEI).

Por otro lado, los estudiantes deben cursar 5 cursos electivos para lograr el grado de licenciado<sup>4</sup>, sean estos de ingeniería, geología, física, astronomía o geofísica. Dentro de estos electivos actualmente se ofrecen un grupo de cursos similares al EI2001 pero de 6 y 9 créditos, de códigos EI3001/4001 respectivamente. Este curso también se realiza en conjunto a diseñadores industriales, enfocados en el desarrollo de proyectos y soluciones con la plataforma Arduino<sup>5</sup>.

### Cursos de especialidad

El fuerte de Beauchef Proyecta se da principalmente en los cursos de quinto año de las ingenierías mecánica y eléctrica, mediante los cursos ME5601 Diseño de Sistemas Mecánicos y EL5002/EL5004

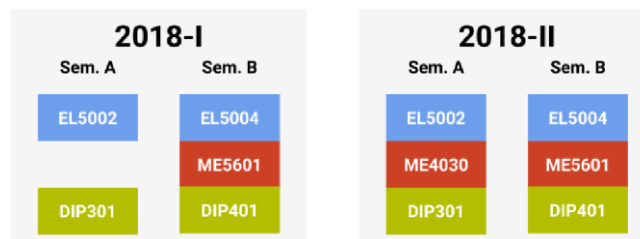
Taller de Diseño, los que fueron mencionados anteriormente por haber originado Beauchef Proyecta (Figura 3). En estos cursos se busca desarrollar soluciones cercanas a un nivel profesional de ingeniería, que involucran el diseño y manufactura de dispositivos tecnológicos. Como bien se explicó anteriormente, adicionalmente en los últimos años se han integrado en este esquema de trabajo diseñadores industriales de FAU que toman el curso obligatorio Taller de Diseño Industrial.

La estructura actual seguida en estos cursos (Figura 5) este año, pretende asemejar el proceso de diseño e implementación de una solución de ingeniería, en el cual grupos de estudiantes desarrollan proyectos en el transcurso de un año: en el primer semestre (Semestre A), los estudiantes de ingeniería eléctrica y diseño industrial realizan una etapa inicial de diseño e ingeniería básica, con la que se espera un prototipo funcional de la solución. Luego, el semestre

<sup>45</sup> <http://ingenieria.uchile.cl/estudiar-en-la-fcm/plan-comun/88775/mallas-curriculares> <http://www.arduino.cc>

siguiente (B) se realiza ingeniería de detalles e implementación de los proyectos en colaboración con los estudiantes de ingeniería mecánica.

Para el segundo semestre de 2018 se pretende cambiar nuevamente la estructura de trabajo para los nuevos proyectos que se iniciarán, donde se espera incluir ingenieros mecánicos desde la etapa de diseño y factibilidad del Semestre A. Esto, debido a que se observó la falta de criterios mecánicos para los diversos proyectos que se empezaron a desarrollar el primer semestre. Es importante destacar también que en la actual malla de ingeniería mecánica no existe un curso previo al ME5601, por lo que se pretende realizar mediante un curso electivo (ME4030 Seminario de Diseño e Innovación Tecnológica).



**Figura 5: Izquierda: La estructura de cursos utilizada el primer semestre del 2018. Derecha: La estructura que se pretende seguir para incentivar la participación de ingenieros mecánicos en la etapa de diseño.**

### Memorias Multidisciplinarias

La última línea de trabajo de Beauchef Proyecta contempla el financiamiento y asesoría metodológica para desarrollar memorias multidisciplinarias. Esta línea se trabaja bajo el formato de un fondo concursable, que financia un número determinado de memorias al semestre por hasta 1.2 millones de pesos, donde participen estudiantes de más de una carrera. A la fecha se han finalizado dos memorias multidisciplinarias, que han relacionado estudiantes de ingeniería mecánica, eléctrica, civil, computación y diseño industrial.

## RESULTADOS

### Proyectos desarrollados

En esta sección se muestran algunos proyectos que han sido desarrollados completamente por estudiantes que han pasado por los cursos de Beauchef Proyecta, de modo de ilustrar con ejemplos concretos los resultados de este proceso.



**Figura 6:** Algunos proyectos realizados en las primeras etapas de Beauchef Proyecta (2015-2016), como parte del curso ME5601 Diseño de Sistemas Mecánicos. *Izquierda:* Go-karts. *Derecha:* Vehículo de propulsión humana (arañas mecánicas).  
Fuente: Comunicaciones DIMEC e Ignacio Quinzacara.



**Figura 7:** Proyectos desarrollados entre estudiantes de ingeniería eléctrica, mecánica y diseño industrial bajo la línea de Cursos de Especialidad (2016-2018). *De arriba a abajo, izquierda a derecha:* Di-Wheel, go-kart teleoperado, brazos robóticos, máquinas de reciclaje de plásticos, auto eléctrico.

Fuente: Comunicaciones DIMEC



**Figura 8: Algunos cursos enmarcados en la línea de Cursos de Licenciatura (2017-2018). Izquierda:** Curso EI2001 Taller de Proyecto: Periodismo de datos, desarrollado entre estudiantes de 2do año de ingeniería y estudiantes de periodismo del ICEI. **Derecha:** Curso EI3001 Desarrollo de Proyectos, donde estudiantes de diversas carreras de ingeniería están fabricando una plataforma de pelea de *battlebots*.  
Fuente: Lionel Brossi y Matías Mattamala



**Figura 9: Primer proyecto desarrollado bajo la Línea de Memorias Multidisciplinarias: impresora 3D de Hormigón; este trabajo fue destacado recientemente por el Mercurio (Ibarra, 2018). Izquierda:** El equipo de desarrollo, conformado por Hugo Reyes (Ing. Civil), César Salazar (Ing. Mecánica), Paulo Sandoval (Ing. Civil en Computación). **Derecha:** Impresora diseñada y fabricada por el equipo.  
Fuente: Matías Mattamala

### Percepción de los estudiantes

Respecto a la percepción de los estudiantes, si bien a la fecha no se ha realizado un sondeo o encuesta sistemática a los estudiantes que han pasado por los cursos de *Beauchef Projecta*, se ha observado que el número de estudiantes que han sido parte de los cursos ha ido en aumento, impactando a un total de 250 alumnos desde su concepción hasta el 2017 (Chi, 2017).

Respecto a la percepción por líneas de trabajo, las líneas de Cursos de Licenciatura y Memorias Multidisciplinarias son las que presentan mejores comentarios por parte del estudiantado, lo que se ha obtenido informalmente a través de conversaciones o de la Encuesta Docente. Respecto a los primeros, en general los estudiantes valoran los cursos propuestos y la oportunidad de desarrollar proyectos de su interés, siendo los únicos comentarios negativos asociados a la falta de tiempo para poder trabajar aún más en sus proyectos. El Programa de Memorias Multidisciplinarias también ha generado interés y aceptación por permitir el desarrollo de proyectos de título entre estudiantes de distintas disciplinas, en temáticas que no hubiera sido posible desarrollar de otro modo.

La línea de Cursos de Especialidad es la que presenta comentarios más polarizados, donde si bien se coincide en que la propuesta es atractiva, también se señala frecuentemente que aún hay aspectos por mejorar. Dentro de estos últimos se destaca la falta tiempo para desarrollar los proyectos, de competencias de organización del equipo, planificación y asignación de tareas, como de conocimientos específicos para implementar las soluciones propuestas.

## DISCUSIÓN

De este proceso que ha sido llevar adelante proyectos multidisciplinarios, el equipo ha concluido tres ideas que resumen los desafíos de llevar adelante esta iniciativa, los cuales se presentan a continuación:

- I. *“La distancia entre la teoría y la práctica es más corta en la teoría que en la práctica”*: En una facultad como la FCFM donde los conocimientos teóricos tienen una gran importancia en la formación, el desarrollar proyectos prácticos y concretos es un gran desafío. Por un lado, se aprecia fuertemente la falta de más instancias de taller a lo largo de la carrera para que los estudiantes sigan desarrollando proyectos, lo que influye directamente en su capacidad de diseñar, prototipar y probar soluciones, en un ciclo de diseño que debería ser cada vez más rápido. Por otro lado, respecto a las metodologías docentes, también es desafiante y hasta provocador el pasar de un esquema casi “paternalista” y fuertemente estructurado, a otro enfoque donde todos los actores involucrados comparten responsabilidades similares para lograr objetivos que pueden ir cambiando a medida que se va desarrollando el proceso. El entender que el mundo no funciona tan estructuradamente y que los proyectos en la vida real son procesos más dinámicos que los que se ven en la sala de clases ha sido un duro proceso de aprendizaje tanto para los estudiantes como para los docentes de los cursos
- II. *“La enfermedad geográfica intrínseca de la Universidad de Chile”*: Otro particular desafío que sufre la Universidad de Chile respecta a la particular distribución que tienen sus diversas facultades por Santiago, la cual claramente no fomenta la colaboración entre disciplinas que se encuentran separadas geográficamente. Si bien a la fecha esto se ha logrado de “buena voluntad” con FAU e ICEI, es un esquema claramente poco sustentable y que requiere cambios más profundos en cómo está estructurada la Universidad, que ofrezcan mayores oportunidades y flexibilidad para este tipo de iniciativas multidisciplinarias.
- III. *“Cómo proyectar Beauchef Proyecta”*: Por último, al estar enmarcado dentro del proyecto Ingeniería y Ciencias 2030, Beauchef Proyecta cuenta con financiamiento por los próximos 3

años (2018-2020). Si bien esto asegura cierta estabilidad para los próximos años, actualmente se están evaluando nuevos modelos de financiamiento basados en donaciones, alumni o fundaciones. Por otro lado, diversos cambios institucionales a nivel interno (cambios de mallas) como a nivel externo (Ley de Universidades Estatales) presentan diversos cambios estructurales y operacionales para Beauchef Proyecta, que alteran el esquema actual de funcionamiento. Por último, otro aspecto a seguir desarrollando es el establecimiento de más lazos con otras carreras dentro y fuera de la FCFM, lo que permita fomentar un ecosistema de colaboración e innovación interdisciplinaria en la Universidad de Chile.

## CONCLUSIONES

Este trabajo resume las principales motivaciones, historia, metodologías y resultados de la iniciativa Beauchef Proyecta de la FCFM, a casi 4 años de operación. Los estudiantes que han pasado por los cursos de Beauchef Proyecta han desarrollado diversos proyectos que les han permitido aprender, en la práctica, diversas competencias técnicas y profesionales que aportan enormemente en formación como ingenieros. Mediante los proyectos interdisciplinarios propuestos se está trabajando en pos de un ecosistema que fomente la colaboración entre distintas disciplinas, favoreciendo no solamente a cientos de estudiantes de ingeniería, sino también a otras carreras como diseño y periodismo.

El proceso de llevar adelante esta iniciativa además ha proporcionado diversos aprendizajes no sólo a los estudiantes sino también al equipo de Beauchef Proyecta, ya que el enfrentarse a problemáticas reales, con grupos humanos tremendamente complejos y con culturas organizacionales distintas, indudablemente es un desafío donde el fallar o equivocarse son parte inseparable del proceso.

Los retos principales refieren a *cómo seguir proyectando Beauchef Proyecta*, lo que involucra tanto las perspectivas institucionales, financiamiento y operativas, a fin de efectivamente lograr más colaboración entre las distintas disciplinas de la FCFM y la Universidad de Chile, formando personas más integrales y preparadas para los desafíos del país.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a quienes han aportado al desarrollo y crecimiento de Beauchef Proyecta: Roberto Corvalán (DIMEC), Héctor Augusto (Escuela de Ingeniería), Felipe Álvarez (Decanato), Pablo Domínguez (FAU), Marcos Orchard (DIE), Mauricio Tapia (FAU), Lorna Lares (FAU), Eugenio Bravo y Daniel Gutiérrez (Escuela de Ingeniería), Matías Espinoza (FAU), Lionel Brossi (ICEI), Ricardo Flores (Banco Central), además de todos los estudiantes y ayudantes que han participado en los diversos cursos y proyectos que hemos desarrollado.

Beauchef Proyecta es financiado por el Programa Ingeniería y Ciencias 2030, Proyecto Innova-Chile 14ENI2-26863.

## REFERENCIAS

Albornoz, L., Moris, M. (2017). Evaluación de la Implementación del Minor Interdisciplinario para la Carrera de Ingeniería Civil Mecánica de la Universidad de Talca: A un Año de la Implementación. *XXX Congreso SOCHEDI 2017*, Santiago, Chile.

Chi, R. (2017) Informe de Planificación Beauchef Proyecta 2018-2020. *Reporte Técnico, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, Santiago, Chile.

Cid, F., Melillanca, J., Schleyer, G., Gallardo, P., Vargas, F., Mardones, J., Sanhueza, S., Lühr, D. (2017) Desarrollo de un Prototipo Práctico de Fantomas para Auscultación Basado en Aprendizaje Multidisciplinario para el Fortalecimiento de Capacidades Técnicas y Blandas Aprendidas en Clases. *XXX Congreso SOCHEDI 2017*, Santiago, Chile.

Ertas, A., Timothy Maxwell, T., Rainey, V.P., Tanik, M.M. (2003). Transformation of Higher Education: The Transdisciplinary Approach in Engineering. *IEEE Transactions On Education*, Vol. 46, No. 2.

Ibarra, A. (2018). Jóvenes crean una impresora 3D con residuos y otra que imprime concreto. *El Mercurio*. Recuperado de:

<http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2018-08-20&PaginaId=9&bodyid=1>

Jantsch, E. (1970). Inter- and Transdisciplinary University: A Systems Approach to Education and Innovation. *Policy Sciences*, 1(4), 403-428

Lazcano, V., Klapp, I., Jerez, F. (2017). Interdisciplinariedad en Concurso de Innovación y Emprendimiento. *XXX Congreso SOCHEDI 2017*, Santiago, Chile.

Miranda, C. (2017). DiLab: A 4 años de un Modelo Sustentable de Multidisciplina donde se Mezclan Diseño, Ingeniería e Innovación. *XXX Congreso SOCHEDI 2017*, Santiago, Chile.

## ANEXO A: Cursos asociados a Beauchef Projecta

Código del curso	Nombre	Línea de BP	Departamento/ Área	Carácter	SCT
EI2001	Taller de Proyecto	Cursos de Licenciatura	Ingeniería e Innovación	Obligatorio Sem. III	3
EI3001	Desarrollo de Proyectos	Cursos de Licenciatura	Ingeniería e Innovación	Electivo Licenciatura	6
EI4001	Coordinación de Proyectos	Cursos de Licenciatura	Ingeniería e Innovación	Electivo Licenciatura	9
ME4030	Seminario de Diseño e Innovación Tecnológica	Cursos de Especialidad	Ingeniería Mecánica	Electivo Especialidad	6
ME5601	Diseño de Sistemas Mecánicos	Cursos de Especialidad	Ingeniería Mecánica	Obligatorio Sem. X	6
EL5002	Introducción al Taller de Diseño	Cursos de Especialidad	Ingeniería Eléctrica	Obligatorio Sem. X	3
EL5004	Taller de Diseño	Cursos de Especialidad	Ingeniería Eléctrica	Obligatorio Sem. XI	6
EL4030	Seminario de Diseño e Innovación Tecnológica I	Cursos de Especialidad	Ingeniería Eléctrica	Electivo Especialidad	6
EL5030	Seminario de Diseño e Innovación Tecnológica II	Cursos de Especialidad	Ingeniería Eléctrica	Electivo Especialidad	6
EL6030	Seminario de Diseño e Innovación Tecnológica III	Cursos de Especialidad	Ingeniería Eléctrica	Electivo Especialidad	6
XX6908	Introducción al Trabajo de Título	Memorias Mutidisciplinarias	Todos los departamentos	Obligatorio Sem. XI	6
XX6909	Trabajo de Título	Memorias Mutidisciplinarias	Todos los departamentos	Obligatorio Sem. XII	24

## APRENDIZAJE EN INGENIERÍA A TRAVÉS DE PROYECTOS INTERASIGNATURA y MULTINIVEL

Gustavo Schleyer Daza - Facultad de Ciencias de la Ingeniería, UACH - gustavo.schleyer@uach.cl