



“Sh*tty Robots: Si les estudiantes¹ no pueden venir a la Universidad, la Universidad puede ir a sus casas”: Una experiencia de aprendizaje de robótica en la casa para estudiantes de segundo año

Francisco Casado Castro, Universidad de Chile, fcasado@uchile.cl

María José Alfaro, Universidad de Chile, maria.alfaro.h@ug.uchile.cl

Ulises Campodónico, Universidad de Chile, ulises.campodonico@ug.uchile.cl

Fernanda Sanchirico, Universidad de Chile, fernanda.sanchirico@ug.uchile.cl

Cristóbal Mesías, Universidad de Chile, cristobal.mesias@ug.uchile.cl

Leslie Cárdenas, Universidad de Chile, leslie.cardenas@ug.uchile.cl

RESUMEN

En este artículo se presentan los aprendizajes y resultados de “*Sh*tty Robots: robots mediocres, pero con buenas intenciones*”, una experiencia de docencia remota como base para una sección del curso obligatorio *CD2201 Módulo Interdisciplinario*, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. **Sh*tty Robots comprende un curso (clases y evaluaciones), junto a un kit de electrónica y mecatrónica de bajo costo, enviado por correspondencia a cada estudiante del curso, para que cada uno cuente con herramientas que le permiten aprender sobre robótica y diseño de productos sin tener experiencia previa.** Esta iniciativa surge como respuesta a la imposibilidad de que los estudiantes asistan presencialmente a usar las herramientas y tecnologías, disponibles dentro del Campus Beauchef, para aprender robótica y desarrollo de productos tecnológicos de manera *hands on*. Este trabajo muestra las motivaciones, decisiones de diseño relevantes, detalles sobre la implementación y los resultados positivos obtenidos con la experiencia, según las competencias desarrolladas por los estudiantes al final del curso y su satisfacción con los contenidos aprendidos y la experiencia en general.

PALABRAS CLAVES: docencia a distancia, innovación tecnológica, robótica y mecatrónica, covid-19.

1. INTRODUCCIÓN

El año 2019 se comenzó con la implementación del *Nuevo Plan de Estudios (2018)* [1] de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, el cual contempla el curso obligatorio de cuarto semestre, *CD2201 Módulo Interdisciplinario* (en adelante sólo *CD2201*) [2], orientado al desarrollo de competencias de innovación y trabajo en equipo como foco, además de abordar transversalmente la competencia de *ética y comunicación efectiva*. La implementación del nuevo plan ha sido progresiva y la primera generación en cursar el *CD2201* ha coincidido con el año en que comenzó la pandemia de COVID-19. Este escenario forzó cuarentenas estrictas y tuvo consecuencias adicionales para la comunidad estudiantil, tales como incentivar que estudiantes de regiones tomaran sus clases desde su domicilio y/o región de origen. En este sentido, todas las actividades de docencia presencial quedaron canceladas de facto y, hasta el día de la redacción de este artículo, no ha

¹ En este escrito se usa el pronombre neutro inclusivo “elle/le” y la terminación neutra de plurales “-es”.



sido posible realizar laboratorios ni experiencias prácticas, las cuales han constituido, históricamente, parte fundamental de la formación de profesionales en la FCFM.

Para hacer más gráfico el problema, es bueno hacer evidente que el desarrollo de tecnologías, sobre todo aquellas de hardware, está fuertemente ligado a la posibilidad de manipular, operar y modificar dispositivos y herramientas físicas de trabajo. Hay consenso en la comunidad ingenieril que el aprendizaje de una experiencia *hands-on* es invaluable e irremplazable [3,4] por cualquier alternativa que no contemple la manipulación de la tecnología. En este sentido, el escenario anteriormente descrito representa una amenaza fuerte al desarrollo de competencias de innovación tecnológica de los profesionales que la FCFM tiene por objetivo formar.

Es así como surge la experiencia piloto presentada en este trabajo, cuyos objetivos han sido, principalmente, i) mostrar que se pueden generar experiencias *hands-on* de relevancia formativa compatibles con la modalidad de docencia remota, en contextos de pandemia, y ii) combatir la brecha formativa generada por la falta de experiencias presenciales, de la mano de herramientas tecnológicas de bajo costo, disponibles comercialmente.

La información contenida en este trabajo está estructurada de la siguiente manera: la sección 2 presenta los principios fundamentales sobre los que se basa el diseño de las actividades formativas, presentado en la sección 3, y el diseño del kit de herramientas y componentes, presentado en la sección 4. Dentro de la sección 4 también se mencionan detalles sobre la implementación, fabricación del kit y logística de distribución a las diferentes regiones del país. La sección 5 presenta los principales resultados de la experiencia, en términos del logro de los objetivos del curso por parte de los estudiantes, así como su satisfacción y evaluación general de la experiencia. La sección 6 sintetiza los aprendizajes del trabajo

2. PRINCIPIOS ORIENTADORES DEL DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

El objetivo general de la experiencia es exactamente el mismo que tendría este mismo curso en condiciones presenciales:

“Permitir que cada estudiante resuelva un problema real a través de un artefacto que ellos hagan y programen con sus propias manos”.

El desafío, considerando esta descripción general y, suficientemente ambiciosa para el nivel de aprendizajes previos con que los estudiantes llegan al curso, se transforma en los siguientes principios orientadores dados por las condiciones de docencia remota:

- I. “Cada estudiante debe poder resolver las actividades de manera individual y autónoma, a la vez que sea capaz de contribuir con su propio aprendizaje a un desafío en equipo de manera colaborativa”
- II. “Todes los estudiantes deben contar con un estándar mínimo de recursos y herramientas disponibles que les permitan realizar las actividades propuestas”
No es nuevo que el desarrollo de hardware implica contar con componentes e instrumentos adicionales para poder trabajar con él. Para garantizar que cada estudiante pueda lograr el objetivo general del curso, a la vez que se cumple el objetivo del principio I, se deben hacer los esfuerzos que sean necesarios para cumplir el estándar mínimo de recursos y herramientas.



- III. “Plantear actividades que fomenten el uso y exploración de los recursos materiales enviados. Los materiales no hacen la experiencia, sino sólo la habilitan”
Este principio es muy importante, aunque no necesariamente evidente, pues lo que busca establecer es que enviar materiales no garantiza que haya aprendizaje e, incluso, puede ocasionar un efecto adverso en la disposición y motivación de los estudiantes al enfrentar las actividades del curso. Está suficientemente documentado [3,4,5] que el aprendizaje de tecnologías de hardware y software requiere práctica y que dicha práctica se debe intencionar por parte de los educadores para que cada estudiante mantenga una buena disposición y motivación por sobre la frustración que generan inherentemente los fallos durante el proceso de familiarización con la tecnología.
- IV. “Los canales de comunicación entre los estudiantes y el equipo docente deben ser expeditos y deben promover la participación”
La pandemia y la modalidad de clases remotas ha dejado en evidencia que la sala de clases por internet no tiene la riqueza de interacciones suficiente que tiene la sala presencial. Dado que en este curso se busca que los estudiantes tengan una experiencia de aprendizaje colaborativa, es necesario que los canales de comunicación sean flexibles y consideren las diferentes realidades de los estudiantes.

A modo de comentario, estos principios no fueron necesariamente explícitos durante las primeras etapas de diseño, sin embargo, cada una de las decisiones de diseño tomadas han sido justificadas en base a estos lineamientos, antes de comenzar la experiencia o durante su realización, a la hora de hacer ajustes a las actividades, según el progreso que se fue observando.

3. METODOLOGÍA DOCENTE

3.1 Aspectos administrativos

Un semestre regular en la FCFM contempla 15 semanas lectivas y 2 semanas al final para la toma de exámenes. A mitad de semestre se suele dar una semana de receso sin clases. Sin embargo, durante la pandemia, la Escuela de Ingeniería y Ciencias, decidió acortar el semestre a sólo 14 semanas y agregar una semana adicional de receso.

Adicionalmente, el curso CD2201 tributa 3 créditos, lo que le otorga sólo un bloque de clases cada semana, de una hora y media de duración. Para la realización de este piloto se agregó otro bloque para trabajo guiado síncrono, llamado horario “Auxiliar”. En este horario el equipo docente estaba completamente disponible para responder dudas del curso y se proponía a los estudiantes como el horario en el que podían desarrollar las tareas semanales y/o trabajar en el proyecto del curso, según la etapa del semestre.

3.2 Las clases y los contenidos

La metodología docente considera, además de los aspectos administrativos mencionados, un temario que engloba los contenidos más básicos sobre el manejo de herramientas para desarrollo de hardware y software, y los aprendizajes previos de los estudiantes de acuerdo a su avance en el plan de estudios. Esto contempla haber aprobado un ramo de programación (basado en el lenguaje de programación Python), además de 2 a 3 semestres de cursos de matemáticas y física clásica.



Las unidades del temario se han propuesto en base a la experiencia del propio cuerpo docente y a las realizaciones de cursos del plan de estudios anterior (2007) que abordaban temas similares (EI2001). En la sección 3.4 se muestran las unidades de contenidos, distribuidas en las primeras 8 semanas de clases, junto a la distribución de evaluaciones. Las semanas restantes sólo se dedican a trabajo en horario auxiliar.

Durante una clase, un profesor auxiliar, según el tópico y su dominio del tema, del equipo docente expone los contenidos de la sesión y dialoga con el profesor de cátedra para contrastar perspectivas sobre los temas expuestos. La experiencia piloto ha contado con la participación de un profesor de cátedra, ingeniero eléctrico, y cinco profesores auxiliares, estudiantes de la facultad, de las carreras: ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería en computación e ingeniería matemática.

3.3 Evaluaciones

Las evaluaciones del curso se dividen en dos grupos: *formativas* y *sumativas*. Las primeras son aquellas cuya calificación NO tiene relevancia en el cálculo de la nota final y se han realizado de manera semanal, propuestas al final de cada clase. Las evaluaciones *sumativas*, en cambio, sí tienen relevancia en el cálculo de la nota final.

3.3.1 Evaluaciones formativas

Las evaluaciones formativas corresponden a tareas individuales presentadas al final de cada clase de contenidos y cuyo objetivo es poner en práctica en el mismo momento los contenidos y herramientas vistos en la clase. Como ya se ha explicado, su nota no tiene relevancia para la entrega final, sin embargo el equipo docente gradúa cada entrega con la escala: Muy Bueno (MB), Bueno (B), Suficiente (S) e Insuficiente (I), además de entregar una pequeña retroalimentación para que cada estudiante pueda conocer los motivos de la graduación obtenida.

3.3.2 Evaluaciones sumativas

Las evaluaciones sumativas son aquellas cuya calificación sí tiene relevancia para el cálculo de la calificación final del curso. Se han propuesto tres evaluaciones que miden distintos resultados de aprendizaje, detalladas a continuación:

- Evaluación 1: “Mi primer robot”
Entrega: Individual, abierta entre las semanas 7 y 10
Ponderación: 30% de la nota final

La primera evaluación consiste en usar todas las herramientas de software para poder modelar el ensamblaje del robot en el que se basa el curso, además de simular tanto su comportamiento electrónico, como un programa básico. También se pide ensamblar el “*robot de ejemplo*” con las partes enviadas en el kit (más detalles en la sección 4). Por último, se pide agregar, en el modelo tridimensional, un *efector* completamente nuevo, incluyendo alguno de los motores enviados en el kit, y mostrando la función que realiza.

Los resultados de aprendizaje esperados son el buen manejo de las herramientas para realizar la simulación del comportamiento de cada subsistema funcional del robot, además de la capacidad de incorporar variantes de manera creativa y que incrementen la funcionalidad del robot.



La calificación de esta primera entrega se ha realizado según la metodología de *Aprendizaje para el dominio* [8] (del inglés “*mastery learning*”, o “*mastery grading*”), la cual permite que cada estudiante entregue resultados, reciba una calificación y retroalimentación y, posteriormente, se le da la posibilidad de corregir sus errores y entregar nuevamente su trabajo, de modo que pueda incorporar efectivamente los aprendizajes y desarrollar la tarea hasta completarla. Lo que ha motivado la implementación de esta metodología en esta evaluación es: i) promover el aprendizaje por sobre la calificación y, de la misma manera, usar la calificación como incentivo para completar la tarea y garantizar que los contenidos se han aprendido; ii) quitar o disminuir presión que el plazo de entrega genera en los estudiantes, de modo que la tarea permita la exploración y la duda.

- Evaluación 2: “Diseño en Equipo”
Entrega: Grupal, abierta entre las semanas 7 y 11
Ponderación: 30% de la nota final

La segunda entrega corresponde a una presentación en video incorporando un diseño conceptual del proyecto que se ha asignado para realizar durante la segunda mitad del curso. La presentación debe contener toda la descripción funcional del producto a realizar, sumado a la clara identificación de usuarios e interacciones. Para esto se pide explícitamente que se use la herramienta de diseño AEIOU (Acciones, Entorno, Interacciones, Objetos, Usuarios) y que el nivel de análisis tenga la suficiente profundidad como para generar discusión sobre dificultades no evidentes de la implementación del proyecto al final del semestre.

- Evaluación 3: “SHOWTIME”
Entrega: Grupal, entrega el día del examen (semana 16)
Ponderación: 40% de la nota final

La entrega final consiste en la presentación en directo de los resultados del proyecto realizado y de los aprendizajes obtenidos. Para esto, la presentación se divide en dos partes:

- a. *La venta de pomada*, sección similar a un *elevator pitch*, donde cada equipo debe mostrar todas las bondades del producto que han desarrollado, además de una breve demo del dispositivo (prototipo) funcionando para cautivar al público. Esta sección tiene una duración máxima de 2 minutos por equipo.
- b. *Sacar los trapitos al Sol*: en esta sección, cada equipo debe mencionar el proceso completo de desarrollo, incorporando prototipos que han realizado, dibujos y cualquier insumo o documento que permita entender cómo han pasado de una descripción conceptual del proyecto (enunciado entregado a mitad de semestre) hasta el prototipo que se ha mostrado en la sección anterior. Se exige que hablen todos los estudiantes del equipo. Esta sección no puede durar menos de 4 minutos, ni más de 6.



3.4 Proyectos propuestos

La segunda y tercera evaluación se basan en el desarrollo de un producto que consiste en un producto tecnológico que resuelve una necesidad de una manera excesivamente sofisticada para justificar el uso de la tecnología.

Los proyectos son propuestos por el equipo docente en un catálogo de 12 proyectos, contemplando mecanismos que requieren al menos dos actuadores, sensado y manejo de intervalos de tiempo entre las acciones.

3.5 Contenidos y Planificación

Tabla N° 3.1. Unidades del curso

#	Nombre de la unidad	Tópicos	Tarea
1	Presentación	Temas generales del curso y motivación	-
2	Las Cosas	Reconocer materiales de fabricación y representación digital de objetos con software CAD	Dibujo de una pieza estándar en Fusion 360
3	Cómo se mueven -y no se mueven- las cosas	Identificar grados de libertad y movilidad de mecanismos y establecer movilidad	Ensamble y acoplamiento de partes en Fusion 360
4	Cargas, Corrientes y Energía	Electrónica - Descripción básica de voltaje, corriente y microcontroladores. Descripción de Arduino UNO y electrónica	Simular un piano de 6 notas en Tinkercad, utilización de botones y buzzer. Programación basada en bloques
5	Corrientes y Materia	Integración Electrónica y Mecánica. Descripción de motores y fuentes de energía	Simular un torniquete que habilita el paso según el tamaño de un objeto. Utilización de motores y sensor ultrasónico en Tinkercad
6	Hola Mundo	Comunicación entre computadores y objetos, lenguaje de programación Arduino	¿Quién clickea más rápido? Simular en Tinkercad un juego que detecta cuál de dos jugadores clickea más rápido su botón
7	Tecnología para la innovación	Importancia de la tecnología como motor de innovación y metodología AEIOU para el desarrollo del proyecto del curso	-
8	Safety First	Consideraciones de seguridad generales, eléctricas y mecánicas, para armar un robot o cualquier producto electromecánico	-



3.5 Canales de Comunicación

La FCFM cuenta con la plataforma U-Cursos para todos sus cursos y comunidades en línea. Dado esto, la gestión del curso y canales para entregas de tareas y calificaciones se aloja en dicho sistema, sin embargo. Durante la pandemia se ha utilizado la plataforma Zoom para dictar las clases.

Dado el principio IV, mencionado en la sección 2, ambas plataformas presentan el problema de no ser lo suficientemente flexibles, ni eficaces. Por un lado, U-Cursos tiene funcionalidades para agrupar a los estudiantes en equipos, pero no tiene servicios de mensajería instantánea o la posibilidad de generar llamadas entre integrantes del curso. Para el caso de Zoom, el hecho que la sesión de conversación dependa de un host genera que los estudiantes no tienen control sobre cómo se comunican entre su propio equipo, lo que resulta limitante y merma en la cantidad de veces que los estudiantes solicitan ayuda para resolver problemas.

Es por estas razones que Discord es la plataforma de comunicación por excelencia para temas del curso. Discord permite que los horarios de auxiliares sean altamente eficaces y que la mayoría de las dudas sean abordadas por el equipo docente en cuestión de segundos, gracias a la funcionalidad que permite tener canales de voz funcionando en simultáneo y que todos los participantes puedan ver la actividad que tiene cada canal, además de disponer de canales de texto para solicitar asistencia usando *bots* (programas de software) disponibles para ese fin.

4. KIT DE MATERIALES

4.1 Diseño del Kit

El diseño del kit se basa en una versión simplificada de un actuador lineal, presente en la mayoría de las máquinas CNC de 3 ejes e impresoras 3D más populares del mercado. Uno de los objetivos de usar un mecanismo como este es que los estudiantes puedan *sentir* cómo funciona el sistema que ellos van a poder ver dentro de los laboratorios de la facultad y que les parezca natural usarlos una vez que se retomen las actividades presenciales.

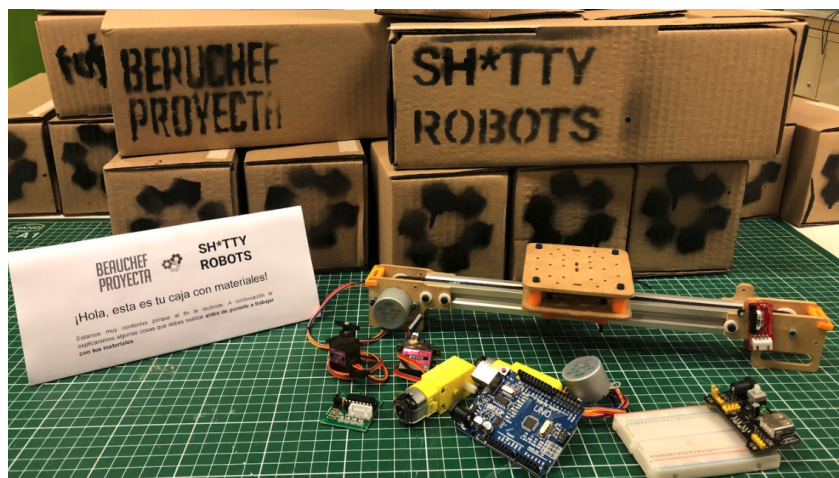


Figura N° 4.1. Muestra del robot de ejemplo armado (actuador lineal) junto a componentes del kit, folletos informativos y las cajas usadas para el envío



La decisión de usar este mecanismo ha considerado, también, que el kit mismo debe ser un ejemplo de un dispositivo que se pueda fabricar en las dependencias de la FCFM, de modo que cada estudiante tenga certeza de que lo que tiene en sus manos, al momento de hacer sus tareas, es algo que va a poder fabricar una vez que se retorne a condiciones de presencialidad. Esto dice relación con el principio III de la sección 2 y es la razón por la que el equipo ha decidido privilegiar un desarrollo *in-house*, pues además es una señal potente de que la Universidad se pone a disposición de entregar sus propias herramientas a los estudiantes cuando ellos no pueden acudir presencialmente.

Esta es la principal razón por la que se han descartado kits comerciales, además de considerar que el precio de un kit comercial con prestaciones similares es aproximadamente el doble. Los costos que se han abaratado corresponden a piezas estructurales y mecanismos fabricados dentro del FabLab de la Universidad de Chile.

Siguiendo la lógica de proveer piezas de fabricación propia, también está detrás la idea de poder proveer pequeños “bloques” que puedan ensamblarse para generar máquinas complejas al antojo de cada estudiante. La base de la estructura es un perfil de aluminio *V-Slot*, el cual es un estándar de prototipado en la industria y sobre él se pueden montar firmemente una diversidad enorme de piezas. Se agregan otras piezas que permiten fijar sensores y actuadores para usos específicos, pero también se da la posibilidad de desarmar por completo el actuador base y crear máquinas completamente diferentes.

Al momento de crear el kit se ha considerado, también ocupar diferentes materiales, de diferentes calidades y con diferentes procesos de manufactura, de manera que el kit en sí mismo sea un muestrario de las diferentes técnicas de prototipado que se usan hoy en el desarrollo de tecnologías.

4.2 Fabricación de partes *in-house* y logística de distribución

Cada kit consta de 39 partes diferentes, totalizando 124 piezas estructurales individuales (incluyendo pernería), de las cuales 51 se fabrican con las tecnologías de impresión 3D, corte CNC y corte láser, disponibles en el FabLab de la Universidad de Chile (y en cualquier otro FabLab del mundo). Todas las demás piezas han sido compradas a proveedores nacionales.

Por el lado de los componentes electrónicos, estos totalizan 19, dentro de los que destacan un Arduino UNO, Protoboard, Motores DC, Motores paso a paso y Servomotores, junto a los controladores y fuente de alimentación necesaria para que el sistema funcione sin ningún dispositivo adicional. El kit incluye todo lo necesario para armar el robot de ejemplo (actuador lineal) y hacerlo funcionar. El costo total de 1 kit es de, aproximadamente, \$56.000.-

En cuanto a la distribución, dadas las restricciones de movilidad y que cerca del 40% de los estudiantes estuvo localizado en regiones durante el semestre, se optó por enviar cada kit por Correos de Chile. El 80% de los kits llegó a las manos de los estudiantes en menos de 24 horas, incluyendo algunos en zonas extremas como Calama y Coyhaique. El envío se realizó luego de completar la sexta semana de clases.



5. RESULTADOS

5.1 Resultados de Aprendizaje

Desde el punto de vista cualitativo, todos los equipos mostraron resultados el día de la entrega final, los cuales se pueden observar en las figuras a continuación. Dentro de los aspectos destacables está el hecho que cada equipo usó el kit de manera diferente y logró implementar lógica compleja para controlar las máquinas.

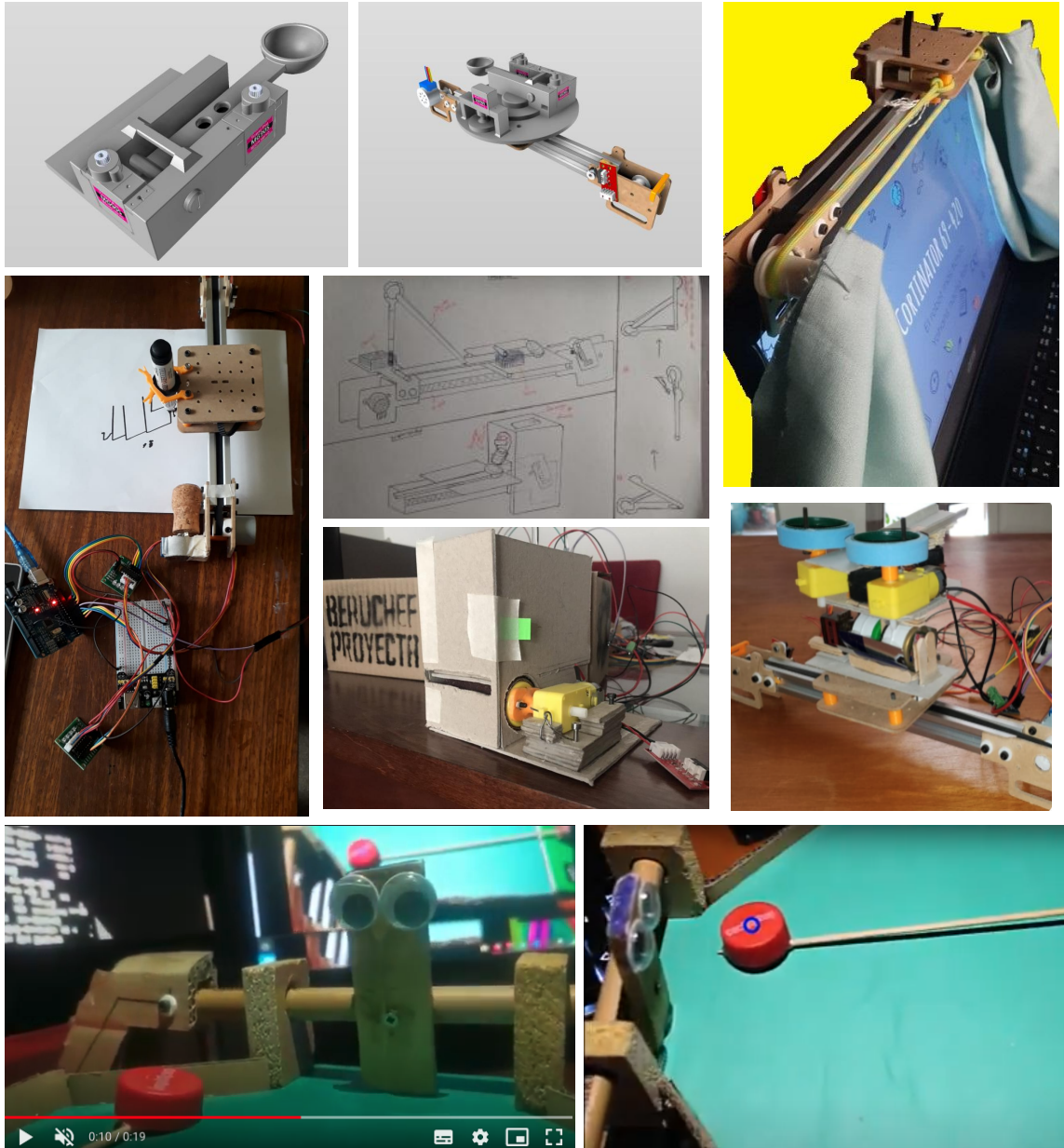


Figura N° 5.1. Imágenes de las demostraciones realizadas por los estudiantes.



También es importante destacar que todos los proyectos demostraron creatividad a la hora de resolver los problemas propuestos, ya que el catálogo de los proyectos sólo especificaba, en líneas generales, la funcionalidad que se quería lograr. No se especificaba *cómo* hacerlo, ni los componentes que debían utilizar.

Adicionalmente, uno de los resultados no esperados fue que un equipo de estudiantes incorporó herramientas avanzadas de visión computacional, que no conocían previamente, a la implementación de su “arquero de taca-taca” (ver últimas imágenes de la figura 5.1).

5.2 Resultados cuantitativos

Más allá de la evidencia anterior, algunas de los indicadores que son de relevancia para evaluar la actividad en su completitud son las siguientes:

Participación

- La asistencia a clases fue siempre superior al 88% en las sesiones de contenido.
- Durante los horarios de consulta, al menos la mitad de los estudiantes se conectaron al servidor del Discord.
- 10 de los 25 estudiantes entregaron todas las tareas formativas. El promedio de entregas de tareas formativas es de, aproximadamente, 68%, es decir, cada tarea formativa fue entregada por 17 estudiantes, en promedio.

Encuesta de satisfacción

Al término de la experiencia se observa, a través de una encuesta de satisfacción, que revela lo siguiente, considerando una muestra de 17 de los estudiantes del curso:

- 100% de quienes respondieron declararon que les gustó el curso
- 100% de quienes respondieron declararon que los horarios de consulta les fueron de ayuda para resolver las tareas semanales y el proyecto del curso
- 100% de quienes respondieron declararon que las tareas fueron adecuadas en dificultad, en relación a la carga de trabajo nominal del curso (3 créditos)
- 73,3% de los encuestados declaró que el proyecto tuvo una dificultad adecuada, mientras que el 26,7% restante declaró que su proyecto fue “difícil”.
- 94% de los encuestados declaró haber “aprendido lo suficiente” o “dominar” cada una de las unidades del curso.
- El kit de materiales tuvo un impacto positivo en la disposición de los estudiantes hacia el curso, lo que se evidencia en la siguiente figura:

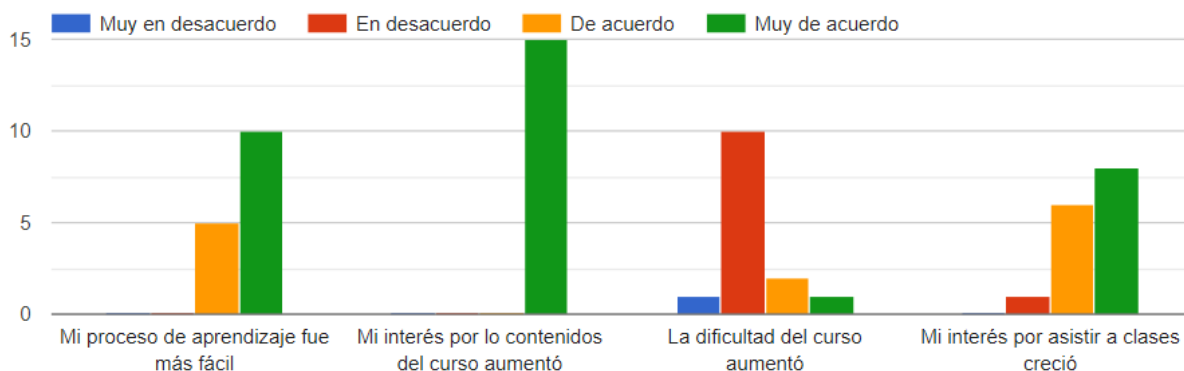


Figura N° 5.2. Imágenes de las demostraciones realizadas por los estudiantes.



6. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta cómo puede implementarse una experiencia de aprendizaje relevante para estudiantes de ingeniería, en condiciones adversas, a través de la reinterpretación de lo que significa la presencialidad. El avance tecnológico ha hecho posible que cada vez sea más barato y más fácil gestionar este tipo de experiencias, por lo que no se descarta que la modalidad de facilitar materiales a cada estudiante pueda ser parte de lo cotidiano en el futuro próximo.

Pese a que la industria manufacturera y de desarrollo tecnológico local no está al nivel de países desarrollados, este tipo de experiencias muestra un camino para desarrollar ingeniería orientada al desarrollo de productos a través de la integración de tecnologías de bajo costo, de la mano de la fabricación digital, pues el hecho de que existan espacios alrededor del mundo, como los FabLabs es decidir a la hora de generar estas iniciativas.

La experiencia creada tiene la capacidad de trascender al contexto de crisis sanitaria mundial, lo que, sumado a los resultados positivos observados, la convierten en un modelo de curso que facilita el desarrollo tecnológico *hands-on* en situaciones a distancia. Sin embargo, no está limitado al contexto a distancia y puede ser fácilmente desarrollado en un contexto presencial o semi-presencial.

Cabe destacar que, en la práctica, tener un gran equipo docente (6 personas) permitió mantener una comunicación más fluida con los estudiantes, puesto que siempre había al menos una persona del equipo docente disponible para responder dudas y apoyar el aprendizaje de los estudiantes en los horarios de consultas. Por otra parte, la utilización de Discord como plataforma de comunicación también aportó a lo anterior y permitió establecer una relación menos jerárquica y más horizontal entre estudiantes y equipo docente.

Los proyectos realizados por los estudiantes resultaron ser más interesantes y complejos de lo que se esperaba que serían. Los contenidos otorgados por el equipo docente fueron incorporados por los estudiantes en sus proyectos de diferentes maneras, reflejando así los aprendizajes de estos. Además, los estudiantes complementaron y profundizaron sus aprendizajes en torno a los distintos ejes temáticos de acuerdo a sus intereses y a las necesidades que sus proyectos presentaban.

Si bien la experiencia presentó muy buenos resultados, todavía existen cosas que se pueden mejorar. En particular, profundizar más en los contenidos de programación e incorporar nuevas partes en el kit que permita un mayor espectro de proyectos posibles. Considerando que los kits se pueden ir reutilizando, en un futuro se espera que lo anterior sea factible y que los estudiantes tengan acceso a una gran cantidad de piezas y dispositivos que les permitan explorar su creatividad e imaginación, así como distintos aspectos de la robótica.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta experiencia ha sido posible gracias al apoyo de las siguientes unidades de la FCFM: FabLab U de Chile, Hélice - Área de Ingeniería e Innovación y Escuela de Ingeniería y Ciencias

Los autores también agradecen enormemente la dedicación y la paciencia que demostraron cada uno de los estudiantes que participaron de esta experiencia.



REFERENCIAS

- [1] Nuevo Plan de Estudios 2018, Escuela de Ingeniería y Ciencias, FCFM, Universidad de Chile, disponible en: <http://escuela.ingenieria.uchile.cl/pregrado/mallas-curriculares/perfil-del-egresado>
- [2] Programa del curso CD2201 Módulo Interdisciplinario, FCFM, Universidad de Chile, disponible en: https://ucampus.uchile.cl/m/fcfm_catalogo/programa?bajar=1&id=60122
- [3] Carlson, Schoch et al. 1997. A Motivational First-year Electronics Lab Course. Journal of Engineering Education, 86: 357-362. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00309.x>
- [4] Putro, Pramadi et al. 2019. "Correlation Between Motivation and Achievement of Competencies in the Hands-On Learning Method," 2019 5th International Conference on Education and Technology (ICET), pp. 29-32, doi: 10.1109/ICET48172.2019.8987209.
- [5] Hara, N., & Kling, R. 1999. Students' frustrations with a web-based distance education course. Disponible en: <https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/download/710/620?inline=1>
- [6] Rodriguez, Blacklock et al. 2015, Letting Students Learn Through Making Mistakes: Teaching Hardware and Software Early in an Academic Career Paper presented at 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington. doi: 10.18260/p.24426
- [7] Daniel W. Bixby, 2018. "The Strategy of Hands-On Learning," in Product Training for the Technical Expert: The Art of Developing and Delivering Hands-On Learning , IEEE, pp.219-221, doi: 10.1002/9781119260325.ch23.
- [8] Lalley, J. P., & Gentile, J. R. 2009. Classroom assessment and grading to assure mastery. Theory Into Practice, 48(1), 28-35.