



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Arte electrónico y multimedia,  
tecnología artística y diseño  
tecnológico a partir del ingenio  
con enfoque de futuro(s)**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Eléctrica Electrónica**

**P R E S E N T A**

Cecilia Sánchez Nava

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Ricardo Mota Marzano



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ARTE ELECTRONICO Y MULTIMEDIA, TECNOLOGIA ARTISTICA Y DISEÑO TECNOLOGICO A PARTIR DEL INGENIO CON ENFOQUE DE FUTURO(S) que presenté para obtener el título de INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

---

CECILIA SANCHEZ NAVA  
Número de cuenta: 096047040

## Índice de contenido.

<b>I. Objetivos.</b>	( 4 )
<b>II. Marco teórico.</b>	( 6 )
• Un ingenio/diseño con enfoque de futuro(s).	( 6 )
• Pensamiento creativo-crítico.	( 9 )
• Educación y Metodologías STEAM y STEM.	(11)
• STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)	(11)
• STEAM / steAm (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas)	...(15)
<b>III. Antecedentes del tema.</b>	(16)
• Introducción.	(16)
• Golan Levin (US) y Tega Brain (AU). Código Creativo.	(17)
• Leah Buechley (US). e-Textiles y computación física cosible.	(18)
• Katia Vega (PE) y el paradigma de la computación invisible.	(19)
• Ana Laura Cantera (AR). Arte y Biorrobótica.	(20)
• Sara Lana (BR). Arte, Ingeniería, Matemáticas y experimentación sonora.....	(23)
• Tania Candiani (MX). Intersecciones entre Arte, Literatura, Música, Arquitectura, saberes y técnicas ancestrales, Ciencia y las Tecnologías.....	(24)
• Hugo Solís (MX). Arte a partir del cruce entre lo sonoro, las tecnologías digitales e interactividad.	(25)
• Jim Campbell (US). Formatos escultóricos del pixel.	(28)
• Ksawery Kirklewski (PL). Arte generativo e instalaciones lumínicas interactivas.	(29)
• F3 (MX). Arte lumínico a través de exploraciones de la forma, el espacio y el sonido.	(30)
<b>IV. Definición del problema o contexto de la participación profesional.</b>	(32)
• Contexto general.	(32)

• Laboratorio de Ciudadanía Digital. ....	(33)
<b>V. Análisis y metodología empleada. ....</b>	<b>(35)</b>
• Metodologías activas steAm y Tinkering. ....	(35)
• Tinkering. ....	(35)
• Pedagogía de la Obsolescencia. ....	(38)
<b>VI. Participación profesional. ....</b>	<b>(39)</b>
• Conceptos de Ingeniería aplicados a los proyectos expuestos en este trabajo. ....	(40)
• Asenath B. Proyecto de mi total autoría, 2013. ....	(44)
• Participación en Semáforos Sonoros. Proyecto de Félix Blume, 2016. ....	(68)
• Participación en Coro informal. Proyecto de Félix Blume y Daniel Godínez Nivón, 2016. ....	(89)
• Participación en Noise(s) / Ruido(s). Proyecto de Félix Blume, 2016. ....	(101)
• Cursos que impartí en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM. ....	(107)
• Talleres que impartí sobre Computación física y Electrónica creativa para niñas, niños y jóvenes, con el Centro Cultural de España en México. ....	(130)
• e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable. Proyecto de mi total autoría. ....	(162)
• Otras actividades profesionales que he realizado. ....	(168)
• Experiencia profesional relacionada con la docencia. ....	(169)
• Participación Profesional en Ponencias, conferencias y conversatorios. ....	(173)
• Algunas publicaciones de mi autoría y participación. ....	(175)
<b>VII. Resultados obtenidos. ....</b>	<b>(176)</b>
<b>VIII. Conclusiones. ....</b>	<b>(180)</b>
<b>IX. Bibliografía. ....</b>	<b>(182)</b>
<b>X. Anexos. ....</b>	<b>(188)</b>

## **Nombre del proyecto:**

### **Arte electrónico y multimedia, tecnología artística y diseño tecnológico a partir del ingenio con enfoque de futuro(s)**

#### **I. Objetivos**

- Mostrar - a través de mi experiencia profesional- un ejemplo de la importancia de las Ingenierías y en mi caso particular, de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica (con módulo terminal de Sistemas Embebidos), dentro de disciplinas creativas actuales y emergentes como Arte y Diseño Electrónico y Multimedia y en general, en disciplinas con un carácter híbrido entre Ingeniería, Diseño y Arte, donde los medios electrónicos digitales son parte fundamental en su desarrollo.
- De igual forma, mostrar la importancia de fomentar un pensamiento creativo en la formación en Ingeniería, a fin de potenciar la innovación a partir de enfoques circulares de la tecnología. Por ejemplo, para contrarrestar en la medida de lo posible problemáticas como la basura electrónica, resultado -entre otros factores- de la llamada obsolescencia programada en dispositivos electrónicos, mediante un diseño y programación de hardware con un enfoque circular. Mostrar ejemplos de posibilidades de uso de tecnologías entendidas como obsoletas, como punto de partida para la innovación tecnológica.
- Relacionado al punto anterior, proponer una Pedagogía de la obsolescencia, no sólo en la formación en Ingeniería, sino también en la práctica con otras disciplinas y en educación básica, media y media superior, mediante el uso de medios electrónicos entendidos como obsoletos - pero funcionales - en el diseño de soluciones innovadoras con un enfoque circular. Con una metodología similar a la STEAM (de las siglas en Inglés de Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), pero con procesos de enseñanza - aprendizaje centrados en un pensamiento creativo-crítico. De esta forma, el/la futuro ingeniero tiene un amplio panorama de posibilidades y de potenciales de la Ingeniería en ámbitos híbridos y en el diseño e ingenio de tecnologías que puedan evolucionar y/o actualizarse, tener un plan de mantenimiento y recuperación si han llegado a un final de vida

útil, en lugar de convertirse en basura electrónica, además de buscar reducir el impacto ambiental (huella de carbón, hídrica, etcétera) asociado a su producción, comercialización, uso y disposición una vez desechadas o descartadas. Por otro lado, una persona egresada de una disciplina relacionada con Artes, Diseño y Humanidades, también puede entender la importancia de las Ingenierías, prácticamente en cualquier ámbito y crear soluciones óptimas en conjunto, a partir de la creatividad, el ingenio y un pensamiento crítico. Cuestión hoy día más tangible, con el creciente uso de tecnologías basadas en automatismos cognitivos (herramientas de IA), tornando necesario un pensamiento crítico-creativo a fin de aprovechar estas herramientas y desarrollarlas de manera ética, tanto en un sentido humano como de coexistencia con otras especies, recursos y entornos.

- Relacionado con los puntos anteriores, promover nuevas áreas profesionales como la restauración de Arte Electrónico o Museografía en nuevas Tecnologías con enfoque circular, con el propósito de reducir problemáticas como la basura electrónica, entre otras.
- Promover el uso de software libre y hardware abierto en educación y desarrollo de proyectos, concientizando a personas de distintas disciplinas acerca de la importancia de estos recursos y su potencial en innovaciones a partir de un enfoque creativo, crítico y circular.

### **Objetivos particulares.**

A partir de los trabajos expuestos en este informe, mostrar la importancia de un enfoque creativo de las Ingenierías y de las tecnologías digitales en general, en particular de la Ingeniería Electrónica, Diseño y programación de hardware, Sistemas embebidos, Electrónica digital, Control digital, Mecatrónica, entre otros campos relacionados, por su capacidad de generar nuevas prácticas y conocimientos transversales a las Artes y el Diseño, además de generar nuevas disciplinas a partir de su encuentro con éstas, como Arte y Diseño Multimedia, Arte electrónico, entre otras vertientes actuales y emergentes.

Mostrar parte de mi trabajo profesional, desde mi egreso de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con módulo terminal en Sistemas Embebidos, hasta la actualidad.

## II. Marco teórico.

Palabras clave: Pensamiento creativo-crítico, steAm o STEAM (de las siglas en Inglés: Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), Tinkering, basura electrónica, obsolescencia programada, Pedagogía de la obsolescencia, Arte Electrónico, Arte Multimedia, Arte Wearable, Diseño con enfoque de futuro(s), Diseño especulativo, Tecnología creativa, conocimiento situado, DIWO (en Inglés "Hacer con otr@s"), DIY (en Inglés "Hazlo tu mism@"), OSHW (en Inglés "Open Source Hardware"), Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030.

### Un ingenio/diseño con enfoque de futuro(s).

Durante mi participación como ponente en el panel POETA (Programa de Oportunidades Económicas a través de la Tecnología en las Américas) titulado "Los empleos/trabajos del futuro", realizado en el marco del Robotic Fest 2018, evento organizado por la Fundación Proacceso ECO y Aula POETA Youthspark (se anexa constancia de participación y vídeo), entre otros temas, se mencionó el proyecto "El futuro de la educación y las habilidades 2030<sup>1</sup> de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE (2018) en el cual, Andreas Schleicher, Director de Educación y Habilidades menciona que:

*Nos enfrentamos a desafíos sin precedentes -sociales, económicos y ambientales- impulsados por la aceleración de la globalización y un ritmo más rápido de desarrollo tecnológico. Al mismo tiempo, esas fuerzas nos brindan innumerables oportunidades nuevas para el avance humano. El futuro es incierto y no podemos predecirlo; pero tenemos que estar abiertos y listos para eso. **Los niños que ingresan a la educación en 2018 serán adultos jóvenes en 2030.** Las escuelas pueden prepararlos para trabajos que aún no se han creado, para tecnologías que aún no se han inventado, para resolver problemas que aún no se han anticipado. Será una responsabilidad compartida aprovechar las oportunidades y encontrar soluciones.*



Fig. 1 Durante mi participación en el Panel POETA: "Los empleos/trabajos del futuro".



Fig. 2. Durante mi participación en el Panel POETA "Los empleos/trabajos del futuro".

Considerando el título del Panel, para mi fue clara la importancia de abordar los retos en Educación para lograr que las y los futuros adultos jóvenes en 2030 sean capaces de desarrollar saberes y habilidades para crear proyectos, soluciones e innovaciones



colaborativas en las que, desde su concepción y diseño vislumbren el futuro de éstas, es decir, cómo podrían evolucionar o bien, tener un manejo adecuado tras su vida útil, a fin de reducir el impacto ambiental (huella de carbón, hídrica, etcétera) asociado a su producción, comercialización, uso y disposición una vez desechadas o descartadas. Con el objetivo de lograr un diseño tecnológico con enfoque de futuros, considerando que personas, entornos y especies puedan coexistir en condiciones de bienestar general y con posibilidades de seguir creando otros futuros, más allá de sólo abordar cuáles podrían ser los empleos del futuro para las y los niños que ingresaban a la educación en aquel 2018. **No** formar estudiantes que en su vida profesional estén preparadas y preparados únicamente para afrontar las necesidades del momento de un mercado, o para ser únicamente operadores de tecnologías específicas. En cambio, formar estudiantes que creen, desarrollen e intervengan tecnologías de manera colaborativa, ética y circular, a fin de generar soluciones e innovaciones con dicho enfoque de futuro(s).

Sin embargo al tratar estos temas durante el Panel, pude tener una retroalimentación muy rica de las y los demás panelistas, al abordar problemáticas relacionadas con el tema de privacidad y uso de datos en tecnologías emergentes o cuestiones de género como: cuál era el panorama para las niñas en ámbitos relacionados con Ingenierías y Ciencias, entre otros temas sumamente interesantes de los cuales pudimos conversar y compartir con estudiantes, docentes y especialistas asistentes al evento.

Por otro lado, de acuerdo con el proyecto de la OCDE (2018), dado que las y los:

*Estudiantes preparados para el futuro necesitarán conocimientos amplios y especializados para aplicar en circunstancias desconocidas y en evolución, también necesitarán una amplia gama de habilidades, como pensamiento crítico, pensamiento creativo, aprender a aprender y autorregulación, habilidades sociales y emocionales como empatía, autoeficacia y colaboración; habilidades prácticas y físicas, como el uso de nuevos dispositivos de tecnología de la información y la comunicación.*

En este sentido, considerando mis intereses híbridos entre Arte e Ingeniería, para mí ha sido importante abordar el tema desde un pensamiento creativo, crítico y autónomo, a fin de lograr soluciones e innovaciones tecnológicas en cualquier ámbito, que propicien un diseño, producción, uso, compartición y evolución de tecnologías con un enfoque ético, colaborativo y circular, es decir, con enfoque en futuro(s) o un enfoque prospectivo. Siendo este enfoque distinto del especulativo, que entre otros aspectos, busca crear escenarios futuros a partir de imaginar condiciones probables, plausibles, posibles y deseables. Siendo un futuro deseable, de acuerdo a autores como Dunne & Raby (2013)<sup>2</sup>, la intersección entre el probable y el plausible. Sin embargo, un diseño/ingenio con enfoque en futuro(s) o prospectivo también tiene múltiples puntos en común con el enfoque especulativo. Molano y Garzón (2020) es citado por Rincón (2023)<sup>3</sup> en la idea de "*un diseño especulativo, como un diseño de transición que promueve un futuro sostenible y sustentable como conocimiento y saberes situados*".

De igual forma, Dunne & Raby (2013) es citado por Rincón (2023), en el sentido de que:

*El diseño crítico va más allá de lo radical, promoviendo un compromiso [con] lo social en relación a crear conciencia de lo que hace la sociedad y cómo estos procesos culturales, educativos, políticos y estéticos contribuyen a la inspiración y reflexión de problemáticas como catalizadores de cambios y transformaciones futuras, todo en pro del cambio paradigmático del vivir bien-buen vivir.*

Ambas ideas coinciden en mi propuesta de diseño/ingenio con enfoque en futuro(s) o prospectivo que expongo en este trabajo.

### **Pensamiento creativo-crítico.**

Acercas del tema de creatividad, Esquivias (2004)<sup>4</sup> señala que si bien las diferentes "*definiciones de creatividad responden al momento histórico en el que surgen, así como a la formación o los enfoques de sus autores, (...) [todas tienen como constantes a] la novedad y la aportación*". También menciona las investigaciones de Lowenfeld<sup>5</sup> (1961)

acerca de actividades pictórico - plásticas, donde Lowenfeld propone cuatro factores de la creatividad: "*sensibilidad, movilidad, originalidad y variabilidad*", así como una capacidad de análisis, síntesis y redefinición de los problemas, además de una coherencia en la resolución y en la organización. En mi experiencia, estos factores pueden funcionar en cualquier actividad de carácter híbrido entre Ingeniería, Arte y Diseño, independientemente del sector o ámbito para el cual se esté desarrollando un proyecto. Por otro lado, Esquivias (2004) menciona que en 2001 realizó un estudio comparativo de dos Universidades - una Pública y otra Privada - en México, encontrando dentro de los resultados del análisis cualitativo, que la muestra de la Universidad Pública indicó mayor manifestación de la variable creatividad, respecto de la Privada.

Como consecuencia de este estudio, Esquivias (2004) menciona entre otros aspectos que:

*La enseñanza de la creatividad en el nivel universitario, representa un reto. Es importante considerar la naturaleza de la enseñanza creativa la cual debe de ser flexible y adaptativa, donde debe de predominar la metodología indirecta, orientarse al desarrollo de capacidades y habilidades cognoscitivas, imaginativa y motivante, fomento de la combinación de materiales e ideas, favorecer la relación entre el docente y el alumno y atender los procesos sin descuidar los resultados (De la Torre, 1999).*

En mi propia experiencia, el estudiar en la UNAM es una maravillosa y gran oportunidad de coincidir con diversos universos de conocimiento y de perspectivas, que definitivamente propicia un ambiente de reflexión en la búsqueda de soluciones a problemas de estudio reales, tanto de forma creativa a partir de los recursos disponibles, pero también con un enfoque social.

El resultado del estudio de Esquivias(2004) también me hace reflexionar acerca del conocimiento y prácticas situadas. Podemos encontrar múltiples ejemplos en México, como el reuso de dispositivos electrónicos para reparar o crear ingenios específicos.

También podemos encontrar diversos proyectos como el del artista e investigador Ernesto Oroza (2009)<sup>6</sup>, quien acuñara el término de *desobediencia tecnológica*.

Al hacer la pregunta ¿Cómo podemos aprovechar estos ingenios como herramientas de aprendizaje en Educación formal? Una de mis propuestas es hacerlo mediante una Pedagogía de la obsolescencia, para reducir el impacto ambiental y energético relacionado con el desarrollo de nuevas tecnologías y fomentar la innovación tecnológica con un enfoque circular, ético, colaborativo y también hacia una soberanía tecnológica.

## **Educación y Metodologías STEAM y STEM**

### **STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)**

STEM - en español CTIM - es una metodología de enseñanza-aprendizaje con un enfoque interdisciplinario entre Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas que aprovecha elementos comunes entre estas disciplinas. De acuerdo con Pastor (2018)<sup>7</sup>, el concepto STEM fue utilizado por primera vez por la U.S. National Science Foundation<sup>8</sup> en la década de los 90, pero fue hasta 2010 que comenzó a tener importancia dentro de las políticas públicas de Estados Unidos. La NSF es una agencia federal independiente que apoya la ciencia y la ingeniería en Estados Unidos. Un dato interesante que menciona Pastor(2018) es que "*durante los primeros años, se dio mayor importancia a la enseñanza de Ciencias y Matemáticas (...), que a la Ingeniería y a la Tecnología*".

Pascual (2016) es citado por Pastor (2018) en relación a que la metodología STEM incluye contextos y situaciones que las y los alumnos pueden encontrar en su cotidianidad y retoma la definición de aprendizaje interdisciplinario de Yakman (2008), que da la misma importancia a la transferencia de los contenidos entre las diferentes disciplinas involucradas.

Menciona que:

*En teorías más actuales, se puede abarcar el aprendizaje interdisciplinar desde cuatro enfoques: constructivista [la realidad se desarrolla a través de conexiones interdisciplinarias, no en una sola disciplina], holístico [educación formal y no*

*formal de carácter integral], enfoque de otras teorías modernas (la educación debe mostrar la realidad, permitiendo a estudiantes descubrir y reflexionar las conexiones que existen en la misma) y alfabetización funcional [un objetivo es que las personas puedan aprender y adaptarse a un entorno que se transforma de manera constante].*

A su vez, Pastor hace referencia a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 1970) que *"defiende la implantación de programas de alfabetización funcional que forme a personas [con] base [en] su entorno"*.

Pastor (2018) menciona cuatro campos de operación de la interdisciplinariedad: científica, escolar, profesional y práctica. Donde *"la interdisciplinariedad práctica tiene como objetivo que el alumno sea capaz de resolver un problema cotidiano a través de los conocimientos prácticos, técnicos o procedimentales que ha obtenido a través de la experiencia"*. El autor menciona que es necesario transformar la interdisciplinariedad en la educación, ya que en muchas ocasiones se relaciona con la científica, y éstas tienen un enfoque diferente acerca de sus objetivos e implementación del conocimiento. La interdisciplinariedad profesional integra procedimientos y saberes prácticos y científicos en el desarrollo de competencias específicas para una profesión. A su vez Pastor (2018) hace referencia a Lenoir (2013), acerca de que los conocimientos relacionados con la interdisciplinariedad profesional se consideran saberes a-disciplinarios, ya que abarcan saberes teóricos y de práctica profesional, con una interacción dinámica.

Dentro de la investigación de Pastor (2018), llamó mi atención la parte donde menciona que la interdisciplinariedad en educación debe unir tres enfoques:

- Relacional (formación). En el cual se construyen y establecen vínculos entre disciplinas.
- Ampliativo o de Investigación. En el cual pueden surgir nuevas disciplinas.
- Reestructurador o de crítica epistemológica. En este enfoque se cuestiona la naturaleza de los saberes y se promueve una nueva concepción u organización de saberes científicos.

En este sentido, en mi experiencia profesional al día de hoy, relacionada con actividades docentes en Educación formal (educación Básica y Superior) y no formal (cursos y Talleres para niñas, niños, jóvenes y adultos), he utilizado el enfoque relacional para establecer vínculos entre distintas disciplinas desde un pensamiento creativo y por otro lado, he utilizado el enfoque ampliativo o de investigación, al aplicar el conocimiento adquirido durante mi formación, tanto en mis clases y talleres como en proyectos de Arte Electrónico, Arte y Diseño Multimedia, Arte y Diseño Experiencial, fashion-Tech, entre otras disciplinas, resultado de la hibridación entre Arte, Ingeniería, Tecnología y Diseño. También en ese sentido, a partir de mi experiencia hasta el momento, considero más adecuada una metodología STEAM (o steAm) y en mi caso, las Artes y el pensamiento creativo son el eje central del proceso de enseñanza-aprendizaje y de la práctica profesional interdisciplinaria, a-disciplinaria o transdisciplinaria.

Según Pastor (2018), cada disciplina cuenta con diversas herramientas para una enseñanza didáctica y lúdica, sin embargo en mi experiencia en Educación formal a nivel Básico, observé que es necesario mejorar las herramientas dirigidas hacia las Ingenierías y Tecnología, ya que algunas de ellas como los robots educativos Dash & Dot<sup>9</sup>, aún muestran la "Tecnología" como una especie de caja cerrada lista para operarse, en lugar de tener la posibilidad de conocer sus elementos o poder intervenirles para una mayor experiencia de aprendizaje. En mi experiencia en educación Básica al usar herramientas como ésta, si bien hubo un primer momento de sorpresa y encanto (además de que sólo había un par de dispositivos para cada grupo escolar), después de haber explorado la aplicación y generar algunas acciones en los robots, las y los alumnos comenzaban a distraerse, dado que no había mayor reto al "programar" acciones en ellos. En algún momento parecía que las y los alumnos los comparaban con juguetes de "control remoto". Por otra parte, su costo hace difícil tener suficientes dispositivos para un grupo escolar (aunque se realicen actividades en equipo). De acuerdo al sitio web de los robots educativos mencionados, el robot "Dash" cuesta alrededor de \$179.99 USD (alrededor de 3000 MXN), sin contar el costo del segundo robot o accesorios que ofrece el fabricante. Además de considerar la problemática, en caso de que el Sistema Operativo de los dispositivos con los que son programados los

robots - por ejemplo tabletas - se vuelvan obsoletos tras alguna actualización de la aplicación del fabricante.

En mi experiencia en Educación Básica, observé que es necesario transformar este tipo de herramientas comerciales contempladas para introducción a la Programación o Computación física, hacia entornos de desarrollo que permitan a las y los estudiantes diseñar proyectos enfocados en un problema de interés asociado a su formación curricular en general. En este sentido, tengo la impresión de que quienes proponen herramientas como Dash & Dot, LEGO Mindstorms, Makeblock y otras similares, quizá en su propia experiencia, no hayan encontrado cómo conectar Diseño y Programación de hardware con otras disciplinas (ésta es una de mis hipótesis).

En ese sentido, también es necesario un trabajo interdisciplinario y transdisciplinario entre disciplinas como Ingeniería Electrónica, Mecatrónica, Computación, Arte Electrónico, Diseño y Arte Multimedia, a fin de llegar a herramientas tecnológicas para un aprendizaje realmente significativo. En ese sentido, una opción que he utilizado en todos los niveles de educación: Básica, Superior y Talleres libres, ha sido - entre otras - el IDE Arduino, con el objetivo de fomentar usos creativos de la computación física y la creación de proyectos de fuente abierta (OSHW)<sup>10</sup> que también propician un aprendizaje colaborativo.

Considero importante transformar herramientas tecnológicas comerciales de diseño cerrado o privativo, por herramientas de hardware abierto e incluso que puedan ser diseñados, construidos y programados desde el aula, pudiendo ser ejercicios aplicativos para estudiantes de licenciatura en Ingeniería y Diseño/Arte, a fin de ser utilizados en aulas de Educación Básica y Media. Diseñados con elementos modulares para un mantenimiento óptimo, con elementos de reuso o bien a partir de tecnologías o dispositivos en un estado de "obsolescencia" pero que son 100% funcionales, entre otras metodologías para su diseño y programación de hardware.

## **STEAM / steAm (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas)**

Por último, la Asociación para la Formación, el Ocio y el Empleo en España AFOE (2021)<sup>11</sup> menciona que:

*Georgette Yakman acuñó el término STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Math, en español CTIAM), un modelo educativo que promueve la integración y el desarrollo de las materias científico-técnicas y artísticas en un único marco interdisciplinar, como un nuevo paradigma que plantea la Ciencia y Tecnología interpretada a través de la Ingeniería y de las Artes". (Resnick & Rosenbaum, 2013).*

Con un proceso activo de enseñanza-aprendizaje a través del juego, que promueve la disolución de fronteras entre las disciplinas y múltiples posibilidades de interconexión entre Arte, Ciencia y Tecnología (AFOE, 2021).

Este modelo utiliza metodologías activas de enseñanza-aprendizaje como el "Tinkering" entre otras, que "*permite el acceso a planteamientos complejos de forma intuitiva y dirigidos por el interés personal*", facilitando procesos creativos.

Por otro lado, la AFOE (2021) también menciona que este modelo:

*Reivindica un ámbito de investigación educativa transdisciplinar y transpersonal apoyado en comunidades físicas y virtuales (makerspaces) cuya base principal es el acceso abierto al conocimiento (sharing knowledge) orientado a un aprendizaje compartido (sharing learning) y entre iguales (peer-learning).*

Así mismo, hacen referencia a Lourdes Cilleruelo y Augusto Zubiaga (2014) acerca de que "*es fundamental incrementar recursos y redes de aprendizaje [para crear] recorridos curriculares personalizados basados en los intereses personales de [las y los estudiantes], con la curiosidad como guía del conocimiento*".



### III. Antecedentes del tema.

#### Introducción.

El estudiar Ingeniería Electrónica para desarrollar proyectos de Arte y Diseño Electrónico y Multimedia, me llevó a entender la enorme importancia de la Ingeniería a fin de aplicar de manera adecuada los elementos necesarios en el diseño y programación del hardware implementado en cada proyecto. Si se mira únicamente desde la perspectiva de una disciplina por separado, es difícil observar la importancia y la relación de todos los elementos involucrados en el desarrollo de un proyecto que hibrida Arte, Diseño e Ingeniería. El ingenio - la actividad de ingeniería - ya es una actividad creativa en sí.

También, en ese sentido podemos observar disciplinas relativamente recientes que fusionan Arte, Diseño, Ingeniería y Tecnología tales como Arte y Diseño Multimedia, Arte Electrónico, Arte y Diseño Experiencial, Arquitectura computacional, Diseño computacional, Diseño interactivo, Tecnología Creativa, Computación Física, entre otras. Así como conceptos o nuevos paradigmas dentro de estas disciplinas, que actualmente son asignaturas curriculares y que en sí mismas, hablan acerca de nuevas formas de diseñar tecnologías, por ejemplo el Diseño de Interfaces Tangibles de Usuario@ (TUI en inglés), las cuales de acuerdo con Brygg Ullmer e Hiroshi Ishii (2000)<sup>12</sup>, *dan forma física a la información digital, empleando artefactos físicos como representaciones y como controles para medios computacionales. Las TUI combinan representaciones físicas (por ejemplo, objetos físicos espacialmente manipulables) con representaciones digitales (por ejemplo, gráficos y audio), produciendo interfaces de usuario que están mediadas computacionalmente, pero que generalmente no son identificables como "computadoras" per se.*

El diseño y programación de hardware se fusiona con el diseño de entornos y experiencias multisensoriales a través de interfaces tangibles (TUI), abriendo posibilidades infinitas de innovación en el diseño de tecnologías, por ejemplo con enfoque de accesibilidad y con un enfoque circular para un menor impacto ambiental, entre otros.

La mayor parte de mi actividad profesional que incluyo en este trabajo, son proyectos que han involucrado el diseño y desarrollo de interfaces tangibles de usuari@ a partir del uso de diversos sensores, actuadores y programación de hardware, entre otros elementos, como diseño y fabricación de circuitos electrónicos digitales y analógicos.

### **Golan Levin (US) y Tega Brain (AU). Código Creativo.**

Por otro lado, una referencia que menciono en mis actividades docentes son: el artista, ingeniero, investigador y educador Golan Levin, junto con la artista e ingeniera ambiental Tega Brain (2021)<sup>13</sup> quienes hablan de Código Creativo o del código como medio creativo, y que actualmente podemos ver también como asignatura curricular en algunas instituciones de Educación Superior, la mayoría hasta el momento privadas, por ejemplo en CENTRO, entre otras con distintos acercamientos y nominaciones. En la UNAM tenemos el espacio idóneo para generar actividades curriculares de proyectos híbridos e integrales, con participación de diferentes disciplinas, y que puedan tener un impacto social y enfoque de pensamiento creativo-crítico, además de circular.

Como comenté antes, en mi caso también fue el interés por desarrollar proyectos de Tecnología creativa y Arte Multimedia lo que me llevó a incursionar en la Ingeniería Electrónica aplicada al Arte. La importancia de estudiar Ingeniería para comprender los elementos necesarios al realizar proyectos de Arte y Diseño Electrónico/Multimedia y haber encontrado un enorme potencial al vincular de manera creativa lo aprendido en la licenciatura. Hoy día es más palpable la necesidad de tener un pensamiento creativo y crítico al buscar soluciones a problemáticas actuales e imaginar posibles escenarios, pero también hacerlo a través de un diseño prospectivo, a fin de pensar futuros posibles.

La incursión de las Ingenierías en actividades creativas no es reciente. En este apartado mencionaré algunos ejemplos de creadoras y creadores que en distinta forma, han realizado proyectos a partir de la fusión de Arte, Diseño, Tecnología, Ingeniería y Ciencia.

### **Leah Buechley (US). e-Textiles y computación física cosible.**

Mi segunda referencia es **Leah Buechley (US)**<sup>14</sup>, profesora asociada en el Departamento de Informática de la Universidad de Nuevo México, donde dirige el Grupo de Investigación *Hands and Machine*<sup>15</sup>. Su trabajo explora la integración de Electrónica, Informática, Arte, Artesanía y Diseño. Leah es pionera en productos de Electrónica a base de papel y textiles. Es creadora de Lilypad Arduino, un kit para fabricación de e-textiles o electrónica cosible, a veces conocida como "electrónica suave" por estar embebida en materiales textiles. Leah fue profesora en el MIT Media Lab, donde fundó y dirigió el grupo *High-Low Tech*. De acuerdo con su información pública, ella tiene Doctorado en Informática por la Universidad de Colorado, además de una Licenciatura en Física por el Skidmore College. En ambas instituciones también estudió Danza, Teatro, Artes y Diseño.

En este primer ejemplo, podemos ver claramente una formación de carácter híbrido; y observando los proyectos que Leah ha creado, en los que ha incursionado o dirigido, se observa un pensamiento creativo y de ingenio. Por ejemplo, tiene un proyecto que implica impresión 3D con metal de bajo costo.

Leah Buechley también es citada por Golan Levin y Tega Brain (2021):

*Es difícil exagerar la importancia de la alfabetización computacional - [yo agregaría formación en Computación Tangible]- en la vida del siglo XXI. La programación de computadoras, una vez una habilidad esotérica en Ingeniería y negocios, ha adquirido una amplia aplicabilidad en Artes, Diseño, Arquitectura, Música, Humanidades, Periodismo, Activismo, Poesía y muchos otros campos creativos. Como ha observado Leah Buechley, los cursos tradicionales de informática a menudo no se conectan con los estudiantes que aprenden mejor de experiencias concretas, no de principios abstractos; quienes prefieren trabajar improvisando, en lugar de seguir fórmulas.*



Fig. 3. Portada del libro "Textile Messages: Dispatches From the World of E-Textiles and Education" Editado por Leah Buechley, Kylie Peppler, Michael Eisenberg y Yasmin Kafai. Peter Lang Inc., International Academic Publishers. 2013. ISBN-13: 978-1433119200. Imagen obtenida de <<http://leahbuechley.com/>> En la imagen se puede ver la placa LilyPad Arduino, creada por Leah Buechley.

### **Katia Vega (PE) y el paradigma de la computación invisible.**

Como tercera referencia, quiero mencionar a la artista y académica **Katia Vega (PE)**<sup>16</sup>, quien ha participado en mi proyecto e-cuerpo<sup>17</sup>: encuentro internacional de Arte & Tecnología wearable, el cual también se menciona en este trabajo.

De acuerdo con su semblanza publicada en diversos lugares y también compartida con e-cuerpo:

*Katia Vega es profesora asistente del Departamento de Diseño de la Universidad de California, Davis, donde fundó y dirige el Laboratorio de Organismos Interactivos, el cual como ella menciona, lidera nuevas exploraciones de la próxima generación de simbiosis organismos-dispositivos, al desdibujar los límites entre las formas vivas, la estética y la tecnología. Se crean nuevas*

*interfaces en/alrededor de la piel y dentro de bio-organismos como: Beauty Technology (electrónica embebida en cosméticos), Body Modification Technologies (biosensores en tatuajes u ortodoncia dental, para monitoreo de salud) y Growable Interfaces (interfaces sostenibles, mediante materiales de base biológica como sustrato para circuitos). Fue Asociada Postdoctoral en el MIT Media Lab (Estados Unidos). Obtuvo su grado de PhD y Maestría en Ciencias de la Computación en la PUC-Rio (Brasil). Fue investigadora en el Departamento de Bellas Artes de la HKBU (Hong Kong). Realizó sus estudios de Licenciatura en Ciencias de la Computación en la UNMSM (Perú). Ha publicado en revistas y conferencias de Ciencias de la Computación de primer nivel, como CHI, TEI, DIS, IUI e IEEE Computer. Su trabajo ha sido presentado en BBC, New Scientist, Wired, Discovery, CNN y premiado por SXSW, Ars Electronica, Johnson & Johnson, CNET, entre otros. Springer publicó su libro 'Beauty Technology: Designing Seamless Interfaces for Wearable Computing'.*

#### **Ana Laura Cantera (AR). Arte y Biorrobótica.**

Mi cuarta referencia es la artista y académica **Ana Laura Cantera (AR)**<sup>18</sup> quien también ha participado en mi proyecto e-cuerpo<sup>19</sup>: encuentro internacional de Arte & Tecnología Wearable, mencionado más adelante.

De acuerdo con su semblanza publicada en diversos lugares y también compartida con e-cuerpo:

*Ana Laura Cantera es artista, investigadora y docente. [Como ella menciona,] en sus producciones artísticas trabaja con los conceptos de naturalezas, territorios y los vínculos horizontales con organismos no-humanos desde perspectivas decoloniales. Es Maestra en Artes Electrónicas, graduada con honores en la Universidad Nacional de Tres de Febrero, Licenciada y Profesora en Artes Visuales egresada de la Universidad Nacional de las Artes, y actualmente Doctoranda en Artes y Tecnoestéticas en la UNTREF. Es desarrolladora y creadora de biomateriales, especializada en diseños cultivados a partir de*

*micelio de hongo. Obtuvo recientemente la beca Global Community Bio Fellows del MIT, la ELAP Emerging Leaders in the Americas Program (Concordia University-Montreal) y el Primer Premio Itaú Artes Visuales en la categoría Arte Robótico. Es co-fundadora junto a Demián Ferrari, de Mycocrea - Laboratorio de biomateriales y del colectivo de Arte y Biorrobótica Robotícula. Es docente en la Maestría en Tecnología y Estética de las Artes Electrónicas, en el Diplomado de Humanidades Ambientales en el Cruce del Arte y la Tecnología de la Universidad Nacional de Tres de Febrero y en la Especialización en Sociología del Diseño en la Universidad de Buenos Aires. Ha exhibido sus obras en Argentina, Brasil, Venezuela, Canadá, México, Irán, Israel, Mongolia, Francia, España, EEUU, entre otros lugares.*

En su proyecto "Cartografías Invisibles" (2018) realizado en Murum Sum, Mongolia, Ana Laura menciona que construyó junto con Demian Ferrari, el robot "Life Guardian", el cual debía poder transitar el territorio mongol y ser visualizador de información del aire circundante.

*[Este robot es un] cíborg construido con una parte electrónica, una mecánica impresa en 3D y una parte viva: un hongo. La parte biótica determina y modifica el comportamiento del robot, convirtiéndose metafóricamente en su cerebro. El biobot funciona como un animal electrónico-fúngico nacido en la actual era de naturalización e incremento de los nuevos medios y las biomáquinas.*

El biobot cuenta con sensores para monitorear permanentemente el lugar donde se encuentra, como también las condiciones en la que se encuentra el organismo vivo, además de un módulo GPS. El biobot se mueve buscando el mayor bienestar para el hongo. Los datos que monitorea son humedad, temperatura, color del hongo, presencia de polución en el aire, gases en la atmósfera y registros fotográficos. La información puede ser vista en tiempo real a través de una pantalla LCD y también es almacenada junto con la posición, en una memoria SD.

Como menciona Ana Laura, para ella:

*Fue interesante conocer a través de los desplazamientos del biobot, las lecturas de porcentajes de metano proveniente de la metabolización del ganado en el lugar. El proyecto pretende visualizar la información invisible en los entornos en los que nos desarrollamos, en post de ser conscientes de lo que respiramos.*

Este proyecto también lleva a imaginar situaciones donde organismos no humanos pudieran controlar - de algún modo - elementos tecnológicos en el entorno (dispositivos o procesos) a fin de lograr mejores condiciones ambientales o bien, a manera de llamado de atención a nosotras y nosotros como especie, acerca de un mejor cuidado del entorno y de los seres con quienes cohabitamos.

Por otro lado, en el caso de Katia Vega, un ejemplo de exploración de interfaces electrónicas sostenibles, mediante biomateriales como sustrato para circuitos electrónicos o la posibilidad de crear biosensores en tatuajes u ortodoncia para monitorear variables asociadas a estados de salud (pH y glucosa, por ejemplo), entre otras aplicaciones.

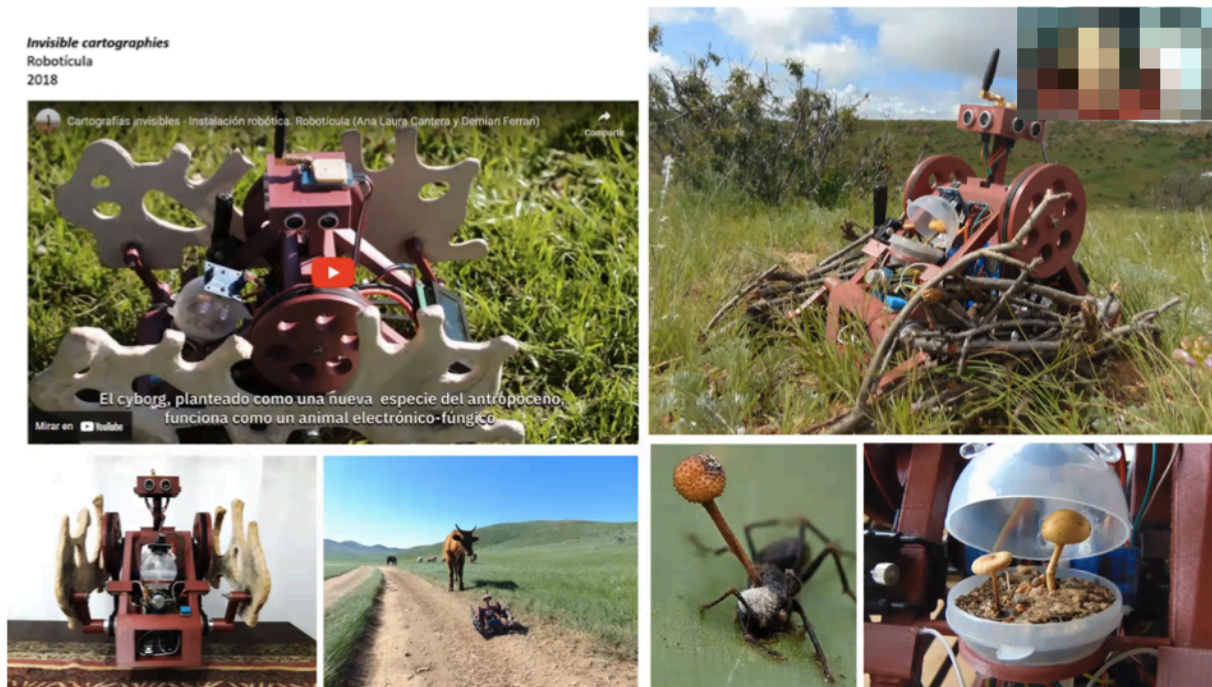


Fig. 4. Detalle de "Cartografías Invisibles" (2018) de Ana Laura Cantera y Demian Ferrari. Imagen de la conferencia online "Parentescos e intersecciones biomateriales" dictada por Ana Laura Cantera el 8 de julio de 2023, en el marco de mi proyecto

e-cuerpo<sup>20</sup>: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable, edición IV, el cual se menciona adelante en este trabajo.

**Sara Lana (BR). Arte, Ingeniería, Matemáticas y experimentación sonora.**

Mi quinta referencia es **Sara Lana** (BR,1988)<sup>21</sup>, quien también ha participado en mi proyecto e-cuerpo<sup>22</sup>: encuentro internacional de Arte & Tecnología Wearable. Sara Lana es artista y desarrolladora.

De acuerdo con su semblanza publicada en diversos lugares y también compartida con e-cuerpo:

*Estudió Matemáticas e Ingeniería Eléctrica en la Universidad Federal de Minas Gerais de 2007 a 2015, donde colaboró con el Centro de Investigación en Gesto y Expresión Musical. Como ella menciona, sus proyectos se encuentran en la convergencia del Arte y la Tecnología. Utiliza múltiples soportes, especialmente sonido, electrónica y vídeo, teniendo la ilustración y la cartografía como elementos importantes a lo largo de su proceso creativo.*

Sara recibió la beca Akademie Solitude 2024 y la beca Bolsa Pampulha (Museo de Arte de Pampulha, Brasil) cuando desarrolló y exhibió su proyecto 'Especies de espacios'. También ha sido artista residente en varios espacios dedicados al Arte, sonido y tecnología en Brasil, Chile, México, Rumania y Suiza.





Fig. 5. Imagen de la conferencia "Puntos Ciegos" dictada por Sara Lana, el 21 de octubre de 2019 realizada en el marco de mi proyecto e-cuerpo<sup>23</sup>: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable, edición IV.

**Tania Candiani (MX). Intersecciones entre Arte, Literatura, Música, Arquitectura, saberes y técnicas ancestrales, Ciencia y las Tecnologías.**

Mi sexta referencia es la artista **Tania Candiani** (MX, 1974)<sup>24</sup> con quien he tenido el enorme gusto de trabajar. De acuerdo con su semblanza publicada en diversos lugares:

*Cuenta con una extensa trayectoria en México y a nivel internacional. [Uno de los intereses centrales de su trabajo interdisciplinario es] la idea expandida de traducción, ampliada al campo experimental mediante el uso de lenguajes visuales, sonoros, textuales y simbólicos. Muchos de sus proyectos consideran el universo de lo sonoro y las políticas de la escucha como una herramienta capaz de ampliar y transformar percepciones, tanto humanas como no humanas. Parte fundamental de su obra se relaciona con políticas y prácticas feministas, entendiéndolas como una experiencia comunitaria, afectiva y ritual. Su producción suele involucrar grupos de trabajo interdisciplinarios en diversos campos, consolidando intersecciones entre arte, literatura, música, arquitectura, ciencia y labor, con un énfasis en los saberes y técnicas ancestrales, las tecnologías y su historia en la producción de conocimiento. Es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte de México; recibió la Beca Guggenheim para las Artes y la Beca de investigación para artistas del Smithsonian Institution, entre otras. En 2015 representó a México en la 56ª Bienal de Venecia. Su trabajo ha sido exhibido internacionalmente en museos, instituciones y espacios independientes, y forma parte de importantes colecciones públicas y privadas.*

*Sus libros monográficos son Tania Candiani. Los ojos bajo la sombra (2023); Tania Candiani. Como el trazo, su sonido (2022); Habita Intervenido (2015); Possessing Nature (2015); Cinco variaciones de circunstancias fónicas y una pausa (2014)."*



Fig. 6. Detalle del proyecto "Cinco variaciones de circunstancias fónicas y una pausa" de Tania Candiani (2012). Imagen obtenida de <<https://taniacandiani.com/work/cinco-variaciones-de-circunstancias-fonicas-y-una-pausa/>> Fui parte del equipo de desarrollo de una de las piezas que forman parte del proyecto.

**Hugo Solís (MX). Arte a partir del cruce entre lo sonoro, las tecnologías digitales e interactividad.**

Mi séptima referencia es el artista mexicano **Hugo Solís** (MX, 1976)<sup>25</sup>, con quien también he tenido el gran gusto de colaborar.

De acuerdo su semblanza publicada en diversos lugares, como él menciona:

*Es un artista electrónico enfocado en las posibilidades creativas y estéticas producto de la intersección entre sonido, tecnologías digitales e interactividad. Ha exhibido obras y dado conciertos en México, Japón, Irlanda, Estados Unidos, España, Brasil, Italia y Portugal. Participa regularmente en actividades*

*especializadas en el campo del Arte, la Ciencia y la Tecnología. Presenta instalaciones sonoras, interactivas y conciertos de manera regular. Actualmente es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I y del Sistema Nacional de Creadores de México. Ha recibido apoyos, becas y reconocimientos por parte del FONCA, la UNAM, TELMEX, MIT, University of Washington, DXARTS, IMEB-Bourges, Centro Multimedia, Transitio\_MX y Leonardo, entre otros. Es profesor titular de tiempo completo de la carrera de Arte y Comunicación Digitales de la Universidad Autónoma Metropolitana. Del 2013 al 2015 fue profesor de tiempo completo del Tecnológico de Monterrey. Durante los últimos años se ha dedicado a la docencia en el campo de la creatividad digital. Durante el 2012 y el 2013 fue director del departamento de tecnología, medios e interacción del Centro de Cultura Digital de la Secretaría de Cultura, México. Realizó un Doctorado en Arte Digital y Medios Experimentales (DXARTS) en la Universidad de Washington. Su trabajo se ha presentado en diversas galerías, exhibiciones y festivales como Jack Straw Sound Gallery, MacLeod Residence, Transitio\_MX, Sonorities, Fonca XX años y Kirkland Art Center. Entre 2004 y 2006 realizó un DEA en Ciencias de la Computación y Comunicación Digital en la Universidad Pompeu Fabra, donde fue miembro del Grupo de Tecnología Musical. En la UPF fundó el ensAmble Crumble y realizó análisis computacional de su música. Al mismo tiempo colaboró con el grupo de Sistemas Interactivos ayudando en la etapa inicial del proyecto reacTable<sup>26</sup>.*

*Entre el 2002 y el 2004 Realizó la Maestría en Artes y Ciencias en el Media Laboratory del Massachusetts Institute of Technology en el grupo Opera del Futuro en donde desarrolló IMPI un sistema para analizar “gestos” gráficos y convertirlos -en tiempo real- en notación musical tradicional. Realizó sus estudios de licenciatura en piano en la Escuela Nacional de Música de la UNAM. Realizó estudios de música electrónica con Nick Didkovsky en la Universidad de New York.*



Fig. 7. Detalle del Proyecto "Metáforas para Pianos Muertos" de Hugo Solís (2009). "*Un conjunto de esculturas sonoras interactivas, construidas a partir del desmembramiento de pianos acústicos desechados.*" Imagen e información obtenidas de <<https://hugosolis.net/es/projects/metaforas-para-pianos-muertos>>

## **Jim Campbell (US). Formatos escultóricos del pixel.**

Por último, quiero mencionar tres artistas más, que en ocasiones muestro como referencia en mis clases a nivel Licenciatura o en cursos y Talleres con jóvenes y adult@s.

Un ejemplo es **Jim Campbell (1956)**<sup>27</sup>, artista que explora imágenes en movimiento en baja resolución, trasladando los pixeles físicos de una pantalla bidimensional convencional a un formato escultórico.

De acuerdo su semblanza publicada en diversos lugares, como él menciona:

*Su trabajo se ha exhibido internacionalmente y en América del Norte en instituciones como el Whitney Museum of American Art, Nueva York; el Museo de Arte Moderno de San Francisco; El Centro Internacional de Fotografía, Nueva York; El Museo J. Paul Getty, Los Ángeles y el Museo de Arte Contemporáneo, Sydney, Australia. Tiene dos títulos de Licenciatura en Matemáticas e Ingeniería del MIT. Como ingeniero, posee casi veinte patentes en el campo del procesamiento de imágenes de vídeo. Su pieza de 2018, "Day for Night", es una instalación LED permanente que comprende los nueve pisos superiores de la Torre Salesforce de 61 pisos en San Francisco.*

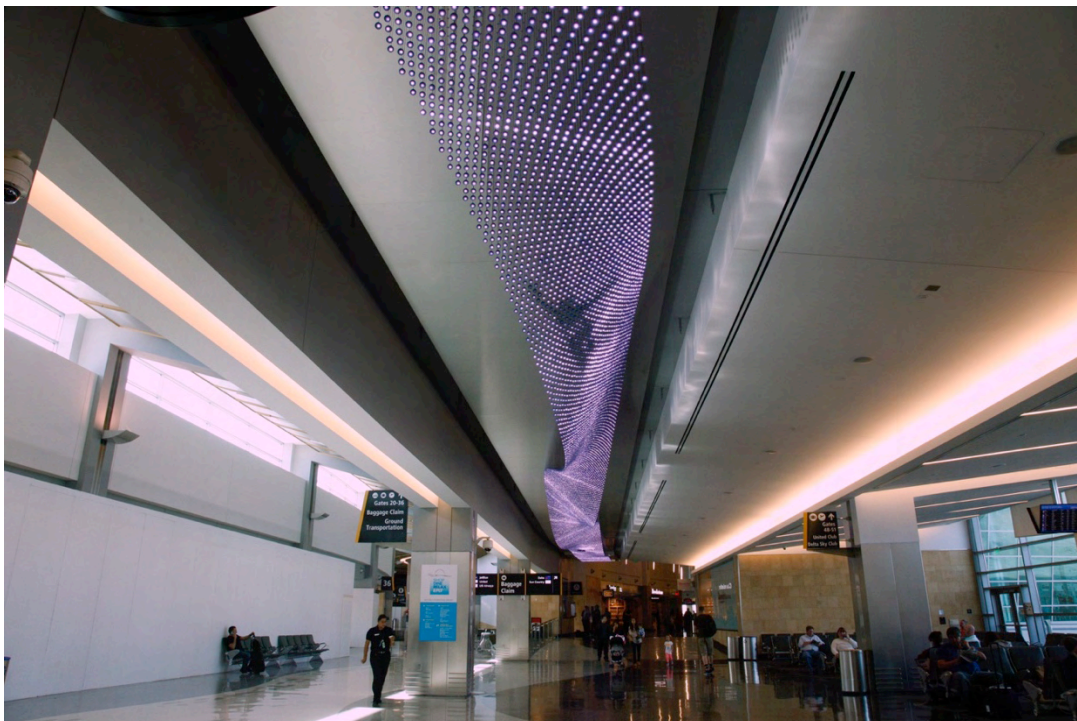


Fig. 8. "The Journey", 2014. Jim Campbell. Electrónica personalizada con 37,000 LEDs

*La obra de arte público más grande del artista hasta la fecha, está suspendida del techo para crear un plano ondulado que guía a los pasajeros desde el área de seguridad hasta el área de la puerta de embarque en la Terminal 2 del área recientemente remodelada del aeropuerto. La cinta de luz pareciera flotar entre once y veintiocho pies por encima de su cabeza: una aparición aérea, a través de la cual se puede ver. (Gizmo) [Imagen e información obtenidas de <<https://www.new.jimcampbell.tv/portfolio/the-journey>>]*

### **Ksawery Kirklewski (PL) . Arte generativo e instalaciones lumínicas interactivas.**

El siguiente ejemplo es **Ksawery Kirklewski**(1988)<sup>28</sup>, diseñador gráfico, animador, programador creativo y artista de nuevos medios, graduado de la Academia de Bellas Artes de Gdańsk, Polonia. De acuerdo su semblanza publicada en diversos lugares, como él menciona, es autor de instalaciones de luz interactivas, vídeos musicales, animaciones generativas, esculturas figitales (**del término en inglés phygital: acrónimo para physical + digital**) e instalaciones en espacio público. En su trabajo utiliza nuevas tecnologías, programación y medios publicitarios, centrándose principalmente en el campo del arte digital y generativo.



Fig. 9. Detalle de ENTER 2023, de Ksawery Kirklewski. Instalación lumínica interactiva, que utiliza 800 m de tiras LED, una cámara infrarroja de alta velocidad, sistema de sonido de cuatro canales y un micrófono, además de software y hardware personalizados. Imagen e información obtenidas de <<https://ksawerykomputery.com/works/enter-2023>>

De acuerdo con Ksawery Kirklewski:

*Todos los días ingresamos nuestra información personal en nubes de datos. Al mismo tiempo, asistimos al nacimiento de una inteligencia artificial similar a la humana. Imagina tu avatar como un clon tuyo egoísta, entrenado para ayudarte en tus tareas diarias. Quizás la era de los teclados esté llegando a su fin. ¿Quizás, pronto lo único que haremos será hablar con las pantallas?*

### **F3 (MX). Arte lumínico a través de exploraciones de la forma, el espacio y el sonido.**

Por supuesto, existen muchísim@s más artistas que exploran esa fusión entre Arte, Ingeniería, Tecnología, Diseño y/o Ciencia. Pero quiero terminar esta sección con un ejemplo de artistas multimedia mexican@s, quienes de hecho en su etapa inicial, tomaron uno de mis Cursos de Computación física, en búsqueda por explorar con interacción lumínica y es un enorme gusto ver que hoy día realizan proyectos alrededor del mundo. Se trata del Estudio de Arte en Nuevos Medios **F3**<sup>29</sup>.

Quienes de acuerdo su semblanza publicada en diversos lugares, mencionan que su práctica artística:

*Es una fusión de la visión estética, social y existencial de dos mentes entusiastas de la abstracción y la exploración de la fenomenología de la luz, la forma, el espacio y el sonido. Su trabajo muestra una tendencia hacia la apreciación de la simplicidad. A través de la observación, estudio y análisis de conceptos básicos, desarrollan sus propias interpretaciones expresadas en composiciones*

*audiovisuales que pueden variar entre instalaciones, performances, vídeos, objetos y dibujos. Han presentado su trabajo tanto en México como en el extranjero en espacios como .dreams NFT Showcase de Generative Gallery (Dubai | AE), Tomorrow Exhibition de Generative Gallery (Ramat Gan | IL), Bahidorá (México | MX), Garden Of Unity ( Seúl | KR), XIX Festival Internacional Cervantino Barroco 2021 (Chiapas | MX), PUMPUMYACHKAN Festival Asimtria 16 (Cusco | PE), NODE Forum for Digital Arts 2020 (Frankfurt | DE), Atenas Digital Arts Festival 2020 (Atenas | GR), Showfields (Nueva York | UE), entre otros ."*



Fig. 10.  
CONSTANTE,  
F3 (2022).

Instalación de  
luz sobre  
lago. 10,4 m  
de altura.

Instalación  
lumínica "que  
busca  
explorar  
percepciones  
verticales

*evidenciando la presencia invisible del equilibrio, la simetría y la dimensión en un espacio «vacío».*" Imagen e información obtenida de < <https://f3.studio/work/constante>>



#### **IV. Definición del problema o contexto de la participación profesional.**

##### **Contexto general.**

Tras haber egresado de la Facultad de Ingeniería, realicé mi Servicio Social inicialmente asesorando algunos proyectos estudiantiles enfocados en Diseño de objetos lumínicos e interactivo y asesorando algunos proyectos de tesis de Diseño Industrial; además de apoyar en algunas clases optativas de Diseño de objetos lumínicos, así como realizar Talleres relacionados con iluminación, tanto para estudiantes de Diseño Industrial como de Arquitectura; además de realizar un Taller de Computación Física con IDE Arduino y Arte generativo con software Processing para estudiantes universitari@s, de agosto a noviembre de 2010, con el artista y educador Juan Manuel de J. Escalante<sup>30</sup>, cuyo resultado fue la publicación "// Artefactos"<sup>31</sup> y la Exposición colectiva "PRELUDIO // Arte Digital Generativo".

A partir de estos primeros acercamientos, me di cuenta del gusto por la docencia enfocada en Electrónica Digital y Computación Física para aplicaciones creativas, además de mi interés en poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridos en mi formación como ingeniera electrónica, relacionadas con diseño electrónico (diseño y fabricación de circuitos electrónicos) y programación de hardware para aplicaciones específicas de acuerdo con cada proyecto, y con ello también explorar formas de creación tecnológica que pudiesen tener un enfoque circular, en el sentido de evitar una obsolescencia tecnológica en su diseño, aprovechar elementos de reuso y fomentar el desarrollo de aplicaciones OSHW, por ejemplo en Interfaces Tangibles de Usuari@. De esta forma, además de querer desarrollar proyectos de Arte y Diseño Electrónico, Multimedia, Experiencial, fashion-Tech, entre otras disciplinas, resultado de la hibridación entre Arte, Ingeniería, Tecnología y Diseño, también creció mi interés por promover una enseñanza steAm, con el Arte y el pensamiento creativo como los ejes centrales de los procesos de enseñanza- aprendizaje y de relacionarla con mi práctica profesional. En este caso, con mayor interés de hacerlo en contextos donde no hay herramientas tecnológicas de aprendizaje adecuadas por diversos factores, pero en los cuales a lo largo de mi práctica, he observado enorme talento para idear innovaciones tecnológicas

con ese enfoque colaborativo y de comunidad. Por otro lado, también me llevó mi interés por la enseñanza de Computación física y Electrónica creativa a jóvenes con inquietudes de fusionar Arte, Diseño, Ingeniería y Tecnología, en un momento en el que aún no había opciones curriculares de esta naturaleza en educación superior formal y a su vez, a través de todas estas actividades, poder desarrollar habilidades pedagógicas en distintos niveles educativos, edades y contextos.

Es así que comencé a realizar Talleres en lugares como la Unidad de Vinculación Artística del Centro Cultural Universitario Tlatelolco de la UNAM o dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México, actividad central de este informe, entre otros. En la UVA han sido actividades para público en general, pero de edades mayormente entre 15 y 25 años, interesad@s en realizar proyectos de Arte Multimedia o Electrónico, y en el caso de los Talleres en CCEMx, con un enfoque de Ciudadanía Digital y educación steAm para infancias, adolescentes y jóvenes en su mayoría, aunque también ha habido talleres con público adulto.

### **Laboratorio de Ciudadanía Digital.**

El Laboratorio de Ciudadanía Digital es una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria “la Caixa” y el Ateneo Español, que tiene como objetivo contribuir a acortar la brecha digital en México con el uso de la tecnología como herramienta para el empoderamiento de la ciudadanía.<sup>32</sup>

De acuerdo con Fundación Telefónica México:<sup>33</sup>

*El Laboratorio de Ciudadanía Digital es una plataforma de formación que mezcla las Artes, la Cultura y la Ciencia con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para incidir en el desarrollo humano y en la formación de ciudadanas y ciudadanos críticos. Es un espacio de innovación educativa que ofrece talleres y actividades socioculturales, en los que se promueven metodologías de aprendizaje que favorecen el desarrollo de competencias digitales, competencias STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas por sus siglas en inglés) y competencias del siglo XXI: pensamiento*

*crítico, liderazgo, empatía, solidaridad, innovación, manejo de información, medios y uso de las TIC. Además de favorecer la profesionalización de formadores en entornos formales y no formales, que utilizan la Cultura y la Tecnología para incidir en el desarrollo de la población infantil y juvenil, a través de un programa que aborda temas como: metodologías participativas, ciudadanía digital, nuevos enfoques educativos, metodología STEAM y tecnología en la educación, todos con un enfoque disruptivo que explora nuevas propuestas. Del 2014 en que inició el Laboratorio de Ciudadanía Digital al 2020, se habían impartido 1,015 talleres presenciales con 68,556 participantes y realizado 78 actividades socioculturales, como resultado de los talleres, en los que 23,335 personas habían asistido. También menciona que había consolidado una red de colaboración con más de 200 nodos en la Ciudad de México y varios estados de la República Mexicana, además de estar en una fase multiplicadora en América Latina, para implementarse en Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Chile y Perú.*

Cabe resaltar que todos los Talleres de dicha plataforma, son gratuitos e incluyen los materiales para l@s participantes.

O-O-O

Por último, retomo las preguntas que formulé en el marco teórico, para exponer la definición del problema del presente trabajo:

**Uso y reuso de tecnologías digitales entendidas - comercialmente - obsoletas, pero funcionales, para transformarlas en herramientas de aprendizaje y de desarrollo de educación formal, de innovación tecnológica y de creación artística.**

**Cuál es el papel actual de la Ingeniería dentro de prácticas y procesos, que en sí mismos son objetos de estudio transdisciplinarios (que involucran Arte, Ingeniería, Diseño y Tecnología, entre otras disciplinas): como el Arte Electrónico, arte Multimedia, fashion tech o tecnología Wearable, por mencionar algunos ejemplos.**

## V. Análisis y metodología empleada.

### Metodologías activas steAm y Tinkering.

Como mencioné en el marco teórico, realicé la actividad profesional expuesta en este trabajo utilizando metodologías activas como steAm (o STEAM) y Tinkering<sup>34</sup>, pero con un enfoque de pensamiento creativo-crítico como eje central para fomentar la creación e innovación de tecnologías con enfoque de futuros y con un enfoque circular, además de buscar incentivar un pensamiento autónomo, fuera del enfoque de ser sólo ser operadores de tecnologías. De ahí que utilice steAm en lugar de STEAM.

### Tinkering

La metodología activa *Tinkering*<sup>35</sup> fue creada por el proyecto Exploratorium (2024), "*un Laboratorio público de aprendizaje a través de la Ciencia, el Arte y la percepción humana*", ubicado en San Francisco, California, Estados Unidos. Como ellos mencionan, a través de su programa de Investigación y Desarrollo llamado *Tinkering Studio*, desarrollan actividades prácticas que exploran el aprendizaje y la creatividad a través del hacer (*making*), a fin que las y los estudiantes exploren la Ciencia, el Arte y la Tecnología **"mediante la creación de proyectos, resolución de problemas y de soluciones que sean significativas también de manera personal. Probando ideas de manera colaborativa, construyendo prototipos, discutiendo experiencias y realizando experimentos"**. También mencionan que la Pedagogía en la que basan su trabajo tiene origen en el constructivismo, que expresa que **"el conocimiento se construye activamente en la mente de cada alumno a partir de las experiencias individuales, no simplemente de una figura de autoridad"**. Siendo la forma más eficaz de enseñar, el crear condiciones óptimas para que las y los alumnos establezcan sus propios objetivos de aprendizaje, además de proporcionarles las herramientas y el entorno adecuado para alcanzar sus propias conclusiones; siendo este según el *Tinkering Studio*, su objetivo general. También hacen referencia al científico y educador Seymour Papert<sup>36</sup>, acerca de que **"el aprendizaje puede ocurrir de manera más efectiva cuando las personas participan activamente en la creación de objetos**

***tangibles en el mundo real. Así, la metodología de Tinkering se desarrolla a través de la experimentación, la reflexión y la iteración constante"***, en ese sentido, tiene muchas similitudes con metodologías como el *design thinking*.

En mis actividades docentes en Educación Básica, tomé como referencia parte de las fases de desarrollo de un proyecto educativo STEM, donde Espinosa (2018) es citado por Pastor (2018) (En mi caso, dirigiendo dichas fases hacia un enfoque steAm):

- 1. Despertar: Las habilidades STEM afloran en los estudiantes a partir de la Educación Preescolar y Primaria Baja, es decir, hasta segundo grado de Primaria.*
- 2. Desarrollo: Los alumnos se encuentran en una etapa de desarrollo de las habilidades STEM desde segundo a quinto - sexto grado de Primaria. Para beneficiar este desarrollo se debe buscar el desarrollo del pensamiento computacional.*
- 3. Profundización: Durante la Secundaria, las habilidades STEM alcanzan un enfoque más profesional, ya que se emplean lenguajes de programación más elaborados.*
- 4. Elección de Carrera: Los dos últimos años de bachillerato es la etapa donde el alumno se perfila más allá de las asignaturas STEM. **Con la incorporación de la Ingeniería desde edades más tempranas, los alumnos pueden resolver de una manera eficaz los problemas de la vida real.***

Si bien tomé de manera general estas etapas como referencia, me interesé en la idea acerca de incorporar un pensamiento creativo y de ingenio desde etapas tempranas, vinculando temas curriculares de estudio, con problemáticas de la vida real y contextos cercanos a las y los estudiantes. En mi experiencia hasta el momento, si se fomenta un pensamiento creativo en el desarrollo de ingenios, para resolver problemas de interés de las y los alumnos en la comunidad donde se está trabajando, entonces se podrá lograr un aprendizaje significativo. El cual no sólo será útil en su futura vida profesional, si no que también fomenta el imaginar-crear-ingeniar soluciones en búsqueda de un bienestar

común, a través de un proceso colaborativo y considerando factores del contexto donde se desarrolla.

De modo similar, incorporé elementos de estas metodologías al realizar diversos proyectos de Arte y Diseño Electrónico/Multimedia, en los cuales apliqué el Ingenio desde la perspectiva de la programación y diseño de hardware, para realizar experiencias, interfaces y objetos tangibles interactivos, buscando implementar tecnologías que reduzcan la necesidad de actualización (mediante nuevos equipos); con un diseño modular y de reparación accesible. De igual forma, que busquen generar una reflexión acerca de la necesidad imperativa de un diseño de nuevas tecnologías con enfoque de futuro(s), de manera ética y tratando de tener el menor impacto ambiental posible. No una innovación por innovación hacia un mercado de lujo en tecnologías digitales, que ha resultado entre otras cosas, en problemáticas de extractivismo desmedido, alto impacto ambiental en sus procesos de producción y comercialización, precarización laboral, contaminación en los lugares donde se recuperan materiales de dispositivos electrónicos y en general, toda la problemática asociada con la basura electrónica (e-waste).

Por otro lado, dado que es relativamente reciente la implementación de las metodologías mencionadas, retomo la idea que menciona Pastor (2018) acerca de ser necesaria la existencia de equipos multidisciplinarios para crear un currículum integrador y que en ocasiones también es necesario realizar una re-conceptualización del mismo, a fin de dar un enfoque interdisciplinar y *"lograr las conexiones entre las disciplinas que tienen en común crear individuos que puedan conocer y analizar la realidad de una manera crítica"*. A su vez, considerando la mención que él hace de Esteve (2003) acerca de que *"una característica de la sociedad actual es la continua formación, las y los ciudadanos se encuentran en un continuo proceso de aprendizaje para lograr adaptarse a los continuos cambios"*. Es de vital importancia fomentar un pensamiento creativo-crítico y autónomo a fin que l@s estudiantes no sólo puedan afrontar problemáticas específicas de contextos futuros, si no tratar de diseñar soluciones tecnológicas que puedan cohabitar y evolucionar hacia un bienestar común.

En consecuencia a esto, también la necesidad de una mayor inclusión de contenidos relacionados con Ingenierías y Humanidades desde etapas tempranas de educación, a fin de concientizar y entender la importancia del ingenio y de un pensamiento creativo-crítico dentro de cualquier disciplina. A través de un mapa curricular integral, capaz de incorporar nuevos saberes sobre una base sólida.

### **Pedagogía de la Obsolescencia.**

En consecuencia, propongo una Pedagogía de la obsolescencia al aprovechar elementos tecnológicos en desuso pero funcionales, como medios de aprendizaje, de desarrollo e innovación tecnológica, además de medios y materiales locales, a fin de tener el menor impacto ambiental posible. Utilizar esta Pedagogía de la obsolescencia no sólo en la formación en Ingeniería, sino también en la práctica con otras disciplinas y en Educación Básica, Media y Media Superior. De esta forma, las y los futuros ingenieros tienen un amplio panorama de posibilidades potenciales de la Ingeniería en ámbitos híbridos y en el diseño e ingenio de tecnologías que puedan evolucionar y/o actualizarse, tener un plan adecuado de mantenimiento y recuperación, si han llegado a un final real de vida útil, en lugar de sólo convertirse en basura electrónica. Además de buscar reducir el impacto ambiental resultante de su producción, comercialización, uso y disposición, una vez desechadas o descartadas. Por otro lado, una persona egresada de una disciplina relacionada con Artes, Diseño y Humanidades puede entender la importancia de las Ingenierías, prácticamente en cualquier ámbito y crear soluciones óptimas en conjunto, a partir de la creatividad, el ingenio y un pensamiento de diseño crítico. Cuestión hoy día más tangible, con el creciente uso de tecnologías basadas en automatismos cognitivos (herramientas de IA), tornando sumamente necesario un pensamiento crítico-creativo, a fin de aprovechar estas herramientas y desarrollarlas de manera ética, tanto en un sentido humano como de coexistencia con otras especies, recursos y entornos.

## **VI. Participación profesional.**

A partir del contexto de mi participación profesional expuesto anteriormente - como mencioné - es que comencé a realizar Talleres en lugares como la Unidad de Vinculación Artística del CCUT de la UNAM o dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, iniciativa del Centro Cultural de España en México, actividad central de este informe, entre otros. En la UVA, con actividades para público mayormente entre 15 y 25 años, interesado en realizar proyectos de Arte Multimedia o Electrónico, y en el caso de los Talleres en CCEMx, con un enfoque de Ciudadanía Digital y educación steAm para infancias, adolescentes y jóvenes en su mayoría, aunque también ha habido talleres con público adulto.

**Cabe mencionar que todos los proyectos expuestos en este informe realizados por mi, fueron producto de resolver una necesidad artística y/o pedagógica, las cuales requirieron de mi análisis ingenieril, planteamiento de la entidad del sistema, el desarrollo de su arquitectura, programación, aplicación de pruebas, exposición de resultados al artista plástic@ o área que requirió de mis servicios y conocimientos; realizar las correcciones necesarias, hasta llegar al punto de la implementación y exposición. Esto resume el algoritmo básico de diseño del/la ingenier@ de diseño electrónico aplicando una metodología formal. En el caso de proyectos de Arte Electrónico y Multimedia de mi autoría, diseñé los proyectos por completo, no sólo los Sistemas Electrónicos Digitales implementados. En el caso específico de proyectos con una aplicación pedagógica, el desarrollo de contenidos, ejercicios y sistemas electrónicos digitales son de mi autoría, además de haberlos impartido ofreciendo la asesoría y acompañamiento al alumnado en el desarrollo de sus proyectos. En el caso de proyectos artísticos como son los casos de "Semáforos Sonoros", "Coro Informal" y "Noise(s) / Ruido(s)", mi colaboración consistió en aplicar toda la metodología de diseño electrónico antes mencionada, interactuando permanentemente con el artista, hasta satisfacer cada requerimiento electrónico creativo.**



A continuación mencionaré cómo fue su diseño enfocándome en los conceptos, temas y asignaturas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica relacionados.

### **Conceptos de Ingeniería aplicados a los proyectos expuestos en este trabajo.**

En los proyectos que he realizado desde mi egreso de la Facultad de Ingeniería, tanto propios como en colaboración con artistas, así como en los distintos cursos y talleres que he impartido; en todos he utilizado de distinta forma dada su naturaleza, conceptos aprendidos a lo largo de mis estudios y los asimilados en mi experiencia profesional. Haciendo una puntualización de lo que en general he aplicado en todos mis proyectos (también en otros más no incluidos aquí), expongo los conceptos, temas y asignaturas de referencia, que son parte de mi actividad profesional en el área de la Ingeniería Electrónica:

- **Aplicación de las Metodologías de diseño Descendente (Top - Down) y Ascendente (Down - Top), para integrarlas en una metodología “Top-Down-Top”:** A partir de conocer el objetivo final a desarrollar, se lleva a cabo un panorama general y revisión de posibles tecnologías para su realización (Top), para entonces comenzar el desarrollo del sistema electrónico digital, partiendo siempre de las bases necesarias, a fin de lograr un diseño óptimo (Down - Top). Aprovechando las ventajas del desarrollo electrónico y las actuales herramientas software de diseño, apliqué esta metodología que me ha permitido abordar mis diseños desde una perspectiva jerárquica (niveles de abstracción) y tener la formalidad que exige mi actividad profesional.
- Aplicación directa e indirecta de los conceptos de las **ciencias básicas (Cálculo, Álgebra, Probabilidad y Estadística, Física Experimental, etc.)**, que reúne los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico.

- **Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.** Apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, Física General (óptica, por ejemplo).
- Resultado del punto anterior, apliqué los conceptos teóricos y prácticos relacionados con **Dispositivos y Circuitos Electrónicos.**
- Puse en práctica todos los conceptos del **Diseño Digital (codificación y decodificación, multiplexaje, máquinas de estado finito, etc.).**
- Analicé y seleccioné el tipo de **Sensores y Actuadores (conceptos de la instrumentación Electrónica)** a utilizar en cada proyecto o curso a impartir, basándome en **especificaciones técnicas** (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.).
- Diseñé las **Arquitecturas Electrónicas** en diferentes **niveles de abstracción** hasta definir los elementos constitutivos y las características de las señales de interconexión necesarias.
- Diseñé, programé y construí **Sistemas Electrónicos Digitales** basados en **Microprocesadores y Microcontroladores** como Atmega328P, PIC16F18855, ATtiny85, por ejemplo, orientados a un funcionamiento autónomo y a construir **sistemas embebidos**. En el presente informe me he referido a estos aspectos como "Diseño y programación de hardware".
- Apliqué herramientas **software para el desarrollo de sistemas electrónicos digitales** basados en microcontroladores (compiladores), principalmente desarrollando mi **Programación en lenguaje C para microcontroladores.**
- Apliqué la estandarización que rige a los protocolos de comunicación, siendo el caso más recurrente la utilización de la **comunicación serie RS-232.**
- Diseñé las **tarjetas de circuitos impresos (PCB)** utilizando software CAD Eagle.

- En conjunto con la contraparte artística y/o pedagógica, **validé, liberé y expuse** cada proyecto.
- Durante todo el desarrollo y aplicación de conceptos antes mencionados, y como un **aspecto ético profesional**, en todos los diseños procuré y expuse la importancia de **no establecer obsolescencia programada** de tal forma que todos los dispositivos y circuitos electrónicos empleados sean reutilizables.

Al momento de poner en práctica la Ingeniería Eléctrica Electrónica, a veces olvidamos que los conocimientos adquiridos en la etapa de Ciencias Básicas siempre están inmersos en nuestra práctica. Materias como Cálculo Diferencial e Integral, Electricidad y Magnetismo, ecuaciones diferenciales o geometría analítica, entre otras, prácticamente se encuentran en cualquier sistema real. Sólo por mencionar algunos ejemplos: sea al momento de decidir cómo se moverá una luz robótica para iluminar el rostro de una persona y obtener sombras proyectadas en direcciones específicas, dentro de una instalación interactiva; entender el comportamiento físico y respuesta de distintos componentes y dispositivos electrónicos en el diseño de sistemas electrónicos, o bien optimizar el diseño de una interfaz tangible de usuari@ (Brygg Ullmer e Hiroshi Ishii, 2000)<sup>37</sup>, entre otras muchas cuestiones.

Pienso en materias como Química, al estudiar biocompatibilidad en investigaciones sobre tecnología wearable, o en Estadística, que también permite entender cuestiones relacionadas con proyectos de visualización de datos y en ese sentido, recuerdo algo que mencionó justamente mi profesora de Estadística, en relación a que durante la carrera aprendemos las bases importantes, de tal forma que podamos extrapolar, actualizar y trabajar interdisciplinariamente para solucionar problemas reales de diversa complejidad y contextos.

Conceptos básicos como los del álgebra lineal son parte importante detrás de diseños que involucran, por ejemplo, la Realidad Virtual y su correcta aplicación define la eficiencia y calidad del desempeño del sistema. En ese sentido, me es claro que

independientemente de las posibilidades y retos que hay al desarrollar proyectos con tecnologías actuales (por ejemplo, donde se utiliza *machine learning*, IA, etc.), es importante entender las bases teóricas y conocimientos fundamentales, además de fomentar un pensamiento creativo-crítico, a fin de potenciar un diseño de tecnologías e innovación con enfoque de futuro(s) y un diseño circular de sistemas electrónicos digitales.

Estos temas han sido parte de lo que la Facultad imparte y promueve permanentemente y ejemplo de ello, es una edición del programa de radio "Ingeniería En Marcha"<sup>38</sup>, en donde académic@s de la Facultad de Ingeniería abordaron temas que coinciden perfectamente con los intereses de mi trabajo:

- ***Innovación sostenible sin obsolescencia programada.***
- ***Sistemas sostenibles como metodología en educación y como metodología de diseño de sistemas electrónicos digitales en los que se implementen las características de un sistema de este tipo, es decir, que sea integrable, flexible, modular y escalable.***

## **Asenath B. Proyecto de mi total autoría, 2013.**

**Proyecto:** Asenath B.

**Propuesta artística original (autor):** Cecilia Sánchez Nava

**Participación:** Autora y diseño del sistema electrónico.

### **Fechas importantes:**

- Desarrollé el proyecto durante 2013.
- Exhibición final del proyecto, de Julio a Agosto de 2014.

**Lugar:** Centro Nacional de las Artes, Ciudad de México.

### **1. Resumen**

De forma paralela a los cursos y talleres que he impartido, también he realizado proyectos de Arte Electrónico **de mi autoría** como "Asenath B"<sup>39</sup>, **el cual desarrollé** a través del Programa de Apoyo a la Producción e Investigación en Arte y Medios 2012 del CMM, Centro Nacional de las Artes, México.

Realicé este proyecto aplicando los conocimientos adquiridos durante mis estudios en Ingeniería Electrónica, partiendo del análisis del problema (proyecto) hasta la realización del sistema electrónico correspondiente. Realicé este proyecto durante 2013 y fue exhibido en el Centro Nacional de las Artes, del 25 de Julio al 15 de Agosto de 2014. El proyecto fue validado en su aplicación, primero ante el comité del Programa de Apoyo y en sitio durante la Exposición, al ser utilizado por las personas que visitaron la exposición. A continuación se encuentra una liga con vídeo-documentación del proyecto, donde se puede escuchar parte de los audios resultado durante la exposición.

**<https://vimeo.com/122267098>**

Las Fig. 16-20 son parte de la vídeo-documentación del proyecto Asenath B:

El audio en el vídeo es parte de la memoria sonora del proyecto.

Conceptualmente, Asenath B. es una especie de empática tecnológica que busca realizar una 'transmutación digital de personalidad vía llamada telefónica', al generar un encuentro telefónico entre dos personas sin que éstas tengan intención de que ocurra tal.

A través de una TUI (interfaz tangible de usuari@), Asenath B. 'pide' un par de números telefónicos. En cuanto los números son introducidos, Asenath B. realiza la conexión y las personas 'origen' y 'destino' de la 'transmutación' reciben una llamada telefónica. Cuando las personas contestan su teléfono, sus voces se encuentran directamente.

Los resultados sonoros de los encuentros generados por Asenath B. son modificados para no reconocer directamente su fuente, pero de tal forma que los mensajes puedan entenderse, a fin de respetar la privacidad de las personas participantes. Las personas participantes están al tanto, ya que ésta información es incluida en la obra.

## **2. Introducción**

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

A partir de la conceptualización que realicé de este proyecto, el objetivo general fue realizar una interfaz tangible de usuari@ (ITU), con la cual el público visitante introdujera dos números telefónicos para realizar una conexión telefónica tripartita, de tal forma que cuando las dos personas cuyos números fueron introducidos contestasen, éstas se escuchen directamente y a su vez, almacenar los resultados sonoros de los encuentros telefónicos generados a través de la interfaz Asenath B.

- **Alcance del proyecto.**

El sistema debía estar terminado hacia finales de 2013 para su posterior exhibición a público, dentro de la Muestra del Programa de Apoyo a la Producción e Investigación en Arte y Medios 2012, realizada del 25 de Julio al 15 de Agosto de 2014 en Centro Nacional de las Artes.

### 3. Marco Teórico.

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.
  - Diseño Digital.
  - Sistemas Embebidos.
  - Instrumentación Electrónica (sensores y actuadores).
  - Electrónica Digital.
  - Microprocesadores y Microcontroladores.
  - Programación en Lenguaje C.
  - Computadoras y programación.
  - Costos y Evaluación de Proyectos.

En general en todos los proyectos expuestos en este informe, he aplicado estos conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica: Aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas que reúnen los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos,<sup>40</sup> donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Como resultado, apliqué los conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos<sup>41</sup> y puse en práctica conceptos de Diseño Digital.<sup>42</sup> Analicé y seleccioné el tipo de dispositivos electrónicos digitales (conceptos de Instrumentación Electrónica) y el hardware a utilizar en el diseño del sistema (conceptos de Sistemas Embebidos<sup>43</sup> y de computadoras y programación), basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.). Diseñé las Arquitecturas Electrónicas en diferentes niveles de abstracción, hasta definir

los elementos constitutivos y las características de las señales de interconexión necesarias, así como la organización y arquitectura del sistema embebido. Diseñé y desarrollé un sistema embebido con una plataforma comercial (intel Atom), con la correspondiente interconexión de dispositivos, configuración de procesos de software en el sistema operativo e implementación de *shell scripts* para automatizar la secuencia de arranque del sistema y algunas rutinas del proyecto. Diseñé, programé y realicé el Sistema Electrónico Digital basado en el Microcontrolador Atmega328P para su funcionamiento como interfaz -periférico- de entrada para ingresar los números telefónicos al sistema diseñado. Apliqué herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Así como elementos de costos y evaluación de proyectos<sup>44</sup> para su gestión, es decir, desde la formulación, desarrollo y evaluación del sistema, a fin de tomar decisiones siempre buscando ser productivas, eficientes y eficaces.

Al concluir el desarrollo del sistema, en conjunto con el comité del Programa de Apoyo, validé, liberé y expuse el proyecto desarrollado, el cual finalmente también fue validado en su funcionamiento durante su Exposición final pública de julio a agosto de 2014.

### **Estado del arte.**

Este proyecto esta enmarcado en el Arte electrónico y en ese sentido, no tiene precedentes. Por otro lado, también uno de mis objetivos fue generar una reflexión acerca de la idea de una existencia a través de plataformas digitales y virtuales y de problemáticas asociadas con la privacidad en éstas. Así mismo, busqué aprovechar elementos de e-waste como las carcasas de ordenadores, utilizadas como componentes estéticos de la instalación final.



## 4. Metodología

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

En general, en todos los proyectos que incluye este informe integré las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top), que me ayudó a abordar mi proyecto desde una perspectiva jerárquica y tener la formalidad que exige mi actividad profesional. Partiendo de la funcionalidad general buscada (Top), para continuar con un análisis de la solución de diseño electrónico digital, desde la base teórica para una óptima elección de dispositivos y componentes electrónicos, hasta desarrollar el sistema implementado (Down- Top).

A continuación se muestra el diagrama del diseño general implementado en Asenath B (Fig. 11).

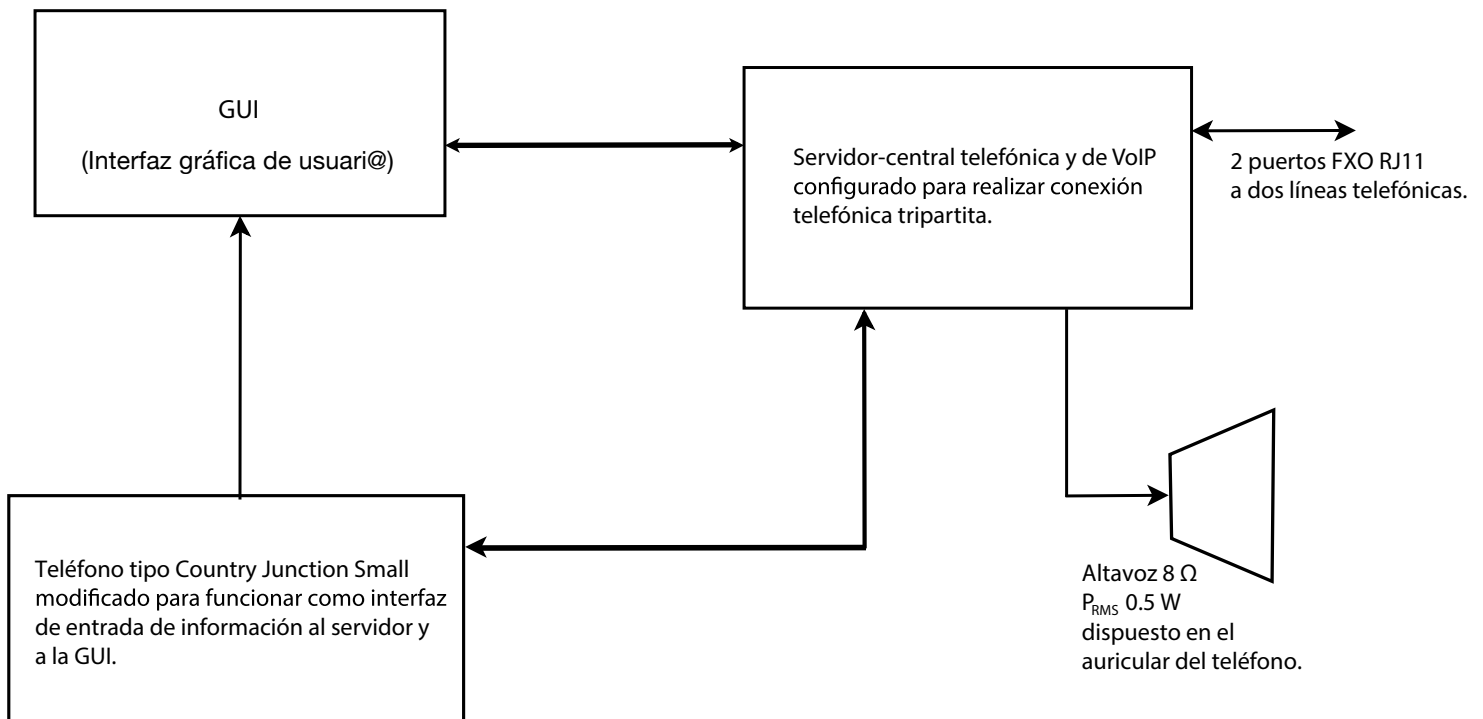


Fig. 11

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

A través de una interfaz gráfica de usuari@ (GUI), se pide ingresar un par de números telefónicos 'origen' y 'destino' de la conexión telefónica.

Para el procesamiento de la información que es introducida a través de la TUI, utilicé un teléfono estilo modelo Country Junction Small de ATT Western Electric, el cual modifiqué electrónicamente para su funcionamiento como interfaz -periférico- de entrada de información al servidor y a la GUI, a través de sus botones. A su vez, agregué un auricular extra a modo de un teléfono siamés.

Para esta parte, los antecedentes directos me llevaron a plantear el utilizar alguno de los microcontroladores vistos en mis estudios de licenciatura, por ejemplo:

- TM4C1294NCPDT de Texas Instruments.
- MPS430 de Texas Instruments.
- Atmega328P de ATMEL (actualmente Microchip).
- PIC16F18855 de Microchip.
- Arquitectura a la medida en CPLD o FPGA de Altera o Xilinx.

La selección final se fundamenta en:

- Capacidad de procesamiento y puertos de comunicación.
- Escalabilidad.
- Vigencia (obsolescencia).
- Accesibilidad (Licencias de herramientas de desarrollo).
- Tiempo de desarrollo (Time to Market).
- Costo.

Selección:

- **Procesamiento 1:** Atmega328P<sup>45</sup>. Es el que responde satisfactoriamente a todos los puntos establecidos anteriormente. Utilizado para hacer que el teléfono funcione como interfaz de entrada de información al sistema (servidor y GUI), a través de sus botones.
  - Formato encapsulado DIP: SPDIP-28
  - Pines: 28
  - Memoria FLASH: 32KB
  - Memoria RAM: 2KB
  - Memoria EEPROM: 1KB
  - Frecuencia de funcionamiento: 20MHz máx.
  - CPU: 8-bit AVR
  - Pines de entrada/salida: 23
  - Entradas analógicas (ADC 10-bit): 6
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5 VDC
  - Temperatura de trabajo: -40 °C a 105 °C
  - Interfaces I2C, SPI, UART.
  
- **Adquisición de datos:** Interconexión de los botones del teléfono, para funcionar como teclado matricial de 4x3.
  - Voltaje de alimentación: 3.3VDC a 5 VDC.
  - Teclado tipo matriz de 4 filas x 3 columnas (12 botones, 7 pines/líneas).
  - Configurado en Procesamiento1 con números: 0 - 9. Caracteres: ' \* ' y ' # '
  - Resistencia de contacto máx.: 200Ω
  - Tiempo de rebote aproximado (bounce time): ≤ 5 ms
  - Corriente máxima: 30 mA
  - Resistencia de aislamiento: 100 MΩ (@ 100 V)
  - Temperatura de trabajo: 0°C a 50 °C

- **GUI:** Monitor LCD touch screen, 18.5." Para mostrar información general de la obra y activar acciones como "Enviar", una vez introducidos los números telefónicos con el teclado del teléfono.
  - Voltaje de alimentación: 110 VAC - 120 VAC @ 60 Hz.
  - Consumo energético: 24 W
  - Consumo (inactivo): 0.3 W
  - Tecnología de visualización: TN+Film LCD. Touch screen.
  - Diagonal de la pantalla: 18.5"
  - Resolución: 1366 x 768 HD
  - Puertos e interfaces: 1 entrada VGA (D-Sub)
  - Razón de contraste típica: 700:1. R.C. Dinámica: 50000:1
  - Relación de aspecto nativa: 16:9
  - Brillo típico de display: 200 cd / m<sup>2</sup>
  - Tamaño de pixel: 0.3 x 0.3 mm
  
- **Procesamiento 2:** Ordenador funcionando como servidor-central telefónica, para realizar una conexión telefónica tripartita.
  - Voltaje de alimentación: 110 VAC - 120 VAC @ 60 Hz.
  - Consumo energético: 65 W
  - Procesador: Intel Atom® Series D425<sup>46</sup>
  - Núcleos: 1
  - Subprocesos totales: 2
  - Frecuencia de procesador: 1.8 GHz
  - Caché de procesador: 512 KB, tipo de caché L2, bus DMI
  - Velocidad del bus de procesador: 2.5 GT/s
  - Potencia de diseño térmico de procesador (TDP): 10 W
  - Litografía del procesador: 45 nm
  - T<sub>JUNCTION</sub> (max): 100 °C

- Número de transistores del chip de procesador: 123 M
  - Tamaño del chip de procesador: 66 mm<sup>2</sup>
  - Zócalos compatibles: FCBGA559
  - Conjunto de instrucciones de procesador: 64-bit (Intel® SSE2, Intel® SSE3, Intel® SSSE3)
  - Tipos de memoria soportados por el procesador: DDR3 800 (sólo SODIMM); DDR2 667/800
  - Cantidad de canales de memoria: 1
  - Ancho de banda de memoria máxima: 6.4 GB/s
  - Memoria interna accesible al CPU: 2 GB
  - Memoria interna máxima: 4 GB
  - Capacidad de almacenamiento: 250 GB
  - Número de HDD instalados: 1 (5400 RPM) Interfaz SATA II
  - SO GNU/Linux Debian con Asterisk<sup>47</sup>.
  - Puertos USB 2.0: 6
  - Puertos VGA (D-Sub): 1
  - Puertos Ethernet LAN (RJ-45): 1
  - Puertos analógicos FXO RJ11 para conectar a Telcom: 2, máximo 0.2 REN<sup>48</sup> (Ringer Equivalence Number<sup>49</sup>).
  - Consumo de corriente de puertos FXO: 200 mA.
- **Emisión de audio (altavoz):** Interconexión del audio -modificado sonoramente- proveniente del servidor hacia un auricular (receptor) del teléfono siamés, utilizando un altavoz genérico<sup>50</sup> de impedancia de 8 Ω y P<sub>RMS</sub> de 0.5 W.
- Potencia promedio: 0.5W a 1 W
  - Impedancia: 8 Ω ±15%
  - Respuesta en frecuencia: 450Hz a 20 kHz
  - Nivel medio de presión sonora (sensibilidad): 96 dB/W

- Distorsión Armónica @ 2.0 kHz, 0.1 W:  $\leq 10\%$  (TMD%)
- Frecuencia de resonancia típica: 1 kHz
- Temperatura de trabajo: -20 °C a 85 °C
- Altura del embobinado: 3.5 mm  $\pm 0.3$  mm
- Diámetro de corte: 15 mm  $\varnothing \pm 0.3$  mm
- Peso: 1.5 g

### **Operación del sistema implementado:**

- Embebido.
- A través de una GUI se solicitan dos números telefónicos.
- Lectura de los números telefónicos y envío de la información a servidor-central telefónica.
- Conexión telefónica tripartita.
- Almacenamiento del audio resultante en el servidor y modificación del mismo.

A través de la GUI en el monitor ubicado en la parte superior de la interfaz, se piden dos números telefónicos, los cuales son introducidos mediante los botones del teléfono electrónicamente modificado.

Una vez introducidos los números, se envían hacia un servidor-central telefónica y de VoIP configurado para realizar una conexión telefónica tripartita mediante Asterisk<sup>51</sup>, un software de código abierto (licencia GPLv2<sup>52</sup>) para establecer comunicaciones unificadas con equipos destinados a ser centrales telefónicas (con Asterisk se puede integrar VoIP, vídeo conferencia, servidor de fax, mensajería instantánea y de correo electrónico, grabación de llamadas, soporte de softphones, entre otros servicios); el cual también está configurado para almacenar la memoria sonora de las llamadas realizadas. Dicho servidor-central tiene dos puertos FXO (para conexión de dos líneas telefónicas analógicas) para realizar las dos llamadas, simultáneamente.

Realicé configuración de procesos de software en el sistema operativo e implementación de *shell scripts* para automatizar la secuencia de arranque del sistema y algunas rutinas

del proyecto. De tal forma que el sistema se enciende y apaga de manera automatizada dentro de los horarios de exhibición del espacio (de 10:00 h - 20:00 h aprox.).

Los resultados sonoros de los encuentros generados por Asenath B. fueron modificados para no reconocer directamente su fuente, pero de tal forma que los mensajes puedan entenderse, a fin de respetar la privacidad de las personas participantes. Las personas participantes están al tanto, ya que ésta información fue incluida en la obra. Parte de dichos audios fueron incluidos en la video-documentación del proyecto, que se puede consultar en la sección de evidencias. Así mismo, por el altavoz del teléfono se puede escuchar de manera diferida la memoria sonora de Asenath B.

Una vez finalizada la conexión telefónica, la GUI pide ingresar otro par de números telefónicos.

Por otro lado, realicé la programación de la interfaz utilizada en el teléfono incorporando tarjeta de desarrollo Arduino, a fin de agilizar el tiempo de producción. A continuación, parte de la programación para la lectura de teclas del teléfono.

```
#include <Keyboard.h>

#include <Keypad.h>

byte renglon = 4;

byte columna = 3;

byte colPines [columna] = {2, 4, 5};

byte rowPines [renglon] = {7, 8, 12, 13};

char keys[renglon][columna] = {

    {'1', '2', '3'},

    {'4', '5', '6'},

    {'7', '8', '9'},
```

```

    {'*', '0', '#'}
};

char tecla;

Keypad tecladoTel = Keypad( makeKeymap(keys), rowPines, colPines, renglon,
columna);

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    Keyboard.begin();

}

void loop() {

    tecla = tecladoTel.getKey();

if (tecla) {

    Keyboard.write(tecla);

    Serial.println(tecla);

    delay(100);

    Keyboard.releaseAll();

}

}

//// otra forma

#include <Keyboard.h>

```



```
byte renglon = 4;

byte columna = 3;

byte pinRows[ ] = {7, 8, 12, 13};

byte pinCols[ ] = {2, 4, 5};

char teclas[renglon][columna] = {

    {'1', '2', '3'},

    {'4', '5', '6'},

    {'7', '8', '9'},

    {'*', '0', '#'}

};

char tecla;

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    Keyboard.begin();

    for (int r = 0; r <= 3; r++) {

        pinMode(pinRows[r], OUTPUT);

        digitalWrite(pinRows[r], HIGH);

    }

    for (int c = 0; c <= 2; c++) {

        pinMode(pinCols[c], INPUT);
```

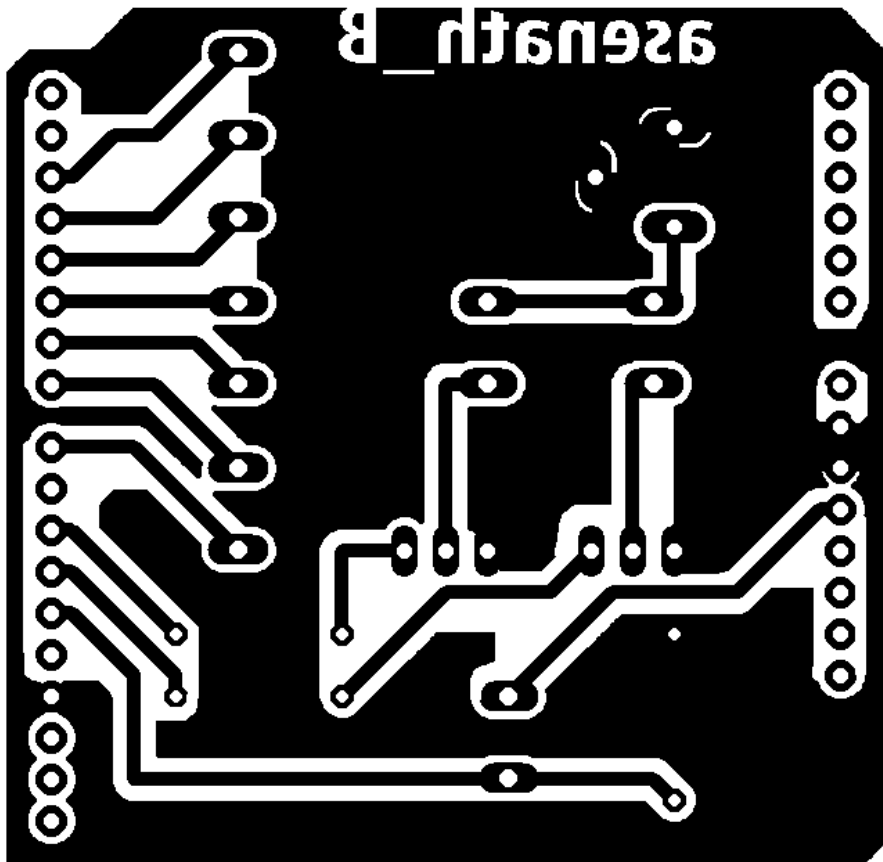
```

}
}
void loop() {
  for (int r = 0; r <= 3; r++) {
    digitalWrite(pinRows[r], LOW);
    for (int c = 0; c <= 2; c++) {
      if (digitalRead(pinCols[c]) == LOW) {
        tecla = teclas[r][c]; //c
        if (tecla) {
          Keyboard.write(tecla);
          Serial.println(tecla);
          delay(100);
          Keyboard.releaseAll();
        }
        while (digitalRead(pinCols[c]) == LOW) {
        }
      }
    }
    digitalWrite(pinRows[r], HIGH);
  }
}

```

```
delay(10);
```

```
}
```



Para el diseño de la PCB para el teclado del teléfono, utilicé el software de diseño Eagle (Fig. 12 - 14).

Fig. 12

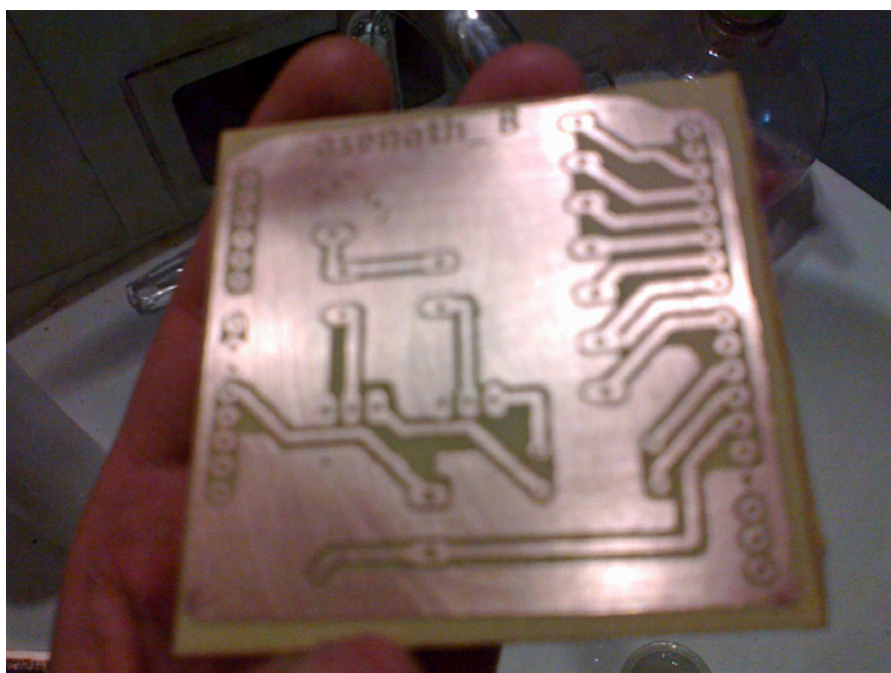


Fig. 13

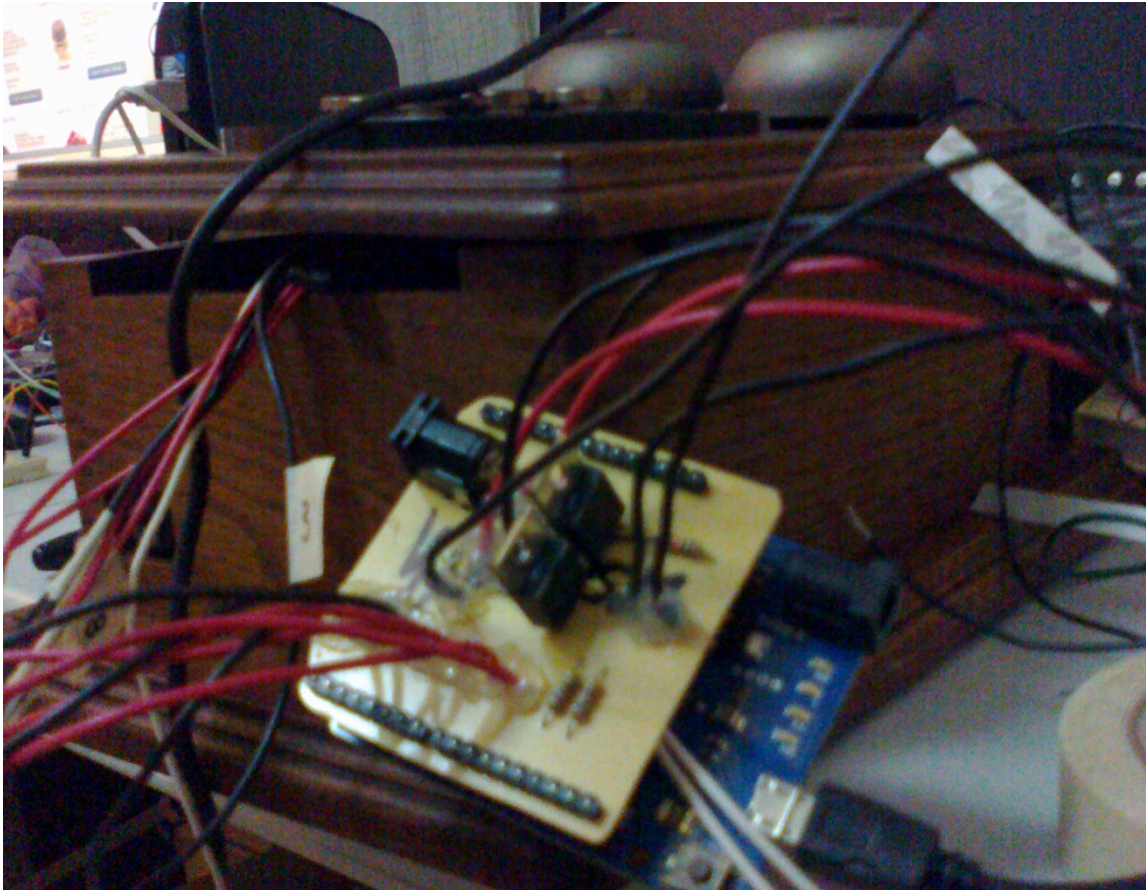


Fig. 14. Previo a incorporar el circuito al teléfono.



Fig. 15. Durante el desarrollo de la interfaz gráfica de usuari@ de Asenath B.

Al comprobar la correcta operación del sistema en casa, procedí a llevar a cabo pruebas validadas por el Comité de Apoyo del proyecto, verificando que todo funcionaba bien. Finalmente en sitio durante la exposición, nuevamente verifiqué que todo funcionaba bien.

## **Resultados**

Al validarse la correcta operación del sistema por el Comité de Apoyo del proyecto, verificando que todo funcionaba bien, fue que finalmente instalé en sitio para su exhibición pública.

En este proyecto como en otros que he realizado, invertí mayor tiempo en la investigación y diseño general del sistema, a fin de tomar decisiones óptimas al momento de elegir los distintos dispositivos y componentes con los cuales lo desarrollé.

Otro aspecto a destacar es que el diseño del sistema es modular, permitiendo una instalación sencilla en sitio, en caso que la obra se expusiera en un lugar lejano -que yo no pudiese estar- y con otra persona encargada del montaje de la obra.

No tuve necesidad de realizar ningún mantenimiento durante la exposición. Por otro lado, incorporé un elemento importante en este tipo de proyectos, es decir, automatizar el encendido, puesta en marcha y apagado del sistema, para facilitar la labor al personal de sala, encargado de abrir y/o cerrar el espacio de exhibición.

El único ajuste que realicé por decisión mía como autora, fue el no reproducir la memoria sonora de Asenath B. en el auricular del teléfono, únicamente, a fin que las personas que visitaran la obra no se confundieran pensando que la interacción fuese únicamente escuchar el audio. Por ello, elegí agregarlos en la vídeo-documentación final del proyecto publicada en línea. La liga se encuentra en la sección de evidencias.

La exhibición de este proyecto fue realizada en la Muestra del Programa de Apoyo a la Producción e Investigación en Arte y Medios 2012, del 25 de Julio al 15 de Agosto de 2014 en el Centro Nacional de las Artes.

En parámetros eléctricos, el diseño final opera:

- Voltajes de alimentación: 110-120 VAC @ 60Hz (sistema) y + 5 VDC (circuito electrónico digital).
- Consumo de energía promedio: 91 W (interfaz de entrada de información, monitor, servidor).

## Evidencias

Fig. 16-20 son parte de la vídeo-documentación del proyecto Asenath B:

<https://vimeo.com/122267098>

El audio en el vídeo es parte de la memoria sonora del proyecto.

Físicamente, Asenath B. es una especie de cabina telefónica. En la parte superior se encuentra 'su rostro': una pantalla touch que muestra una interfaz gráfica con un mensaje de bienvenida. Una vez que la persona usuaria accede a través de la GUI, Asenath pide ingresar un par de números telefónicos 'origen' y 'destino' para realizar la 'transmutación'. (Fig. 16, 17)



Fig. 16

La persona usuaria introduce los dos números telefónicos en los campos correspondientes 'origen' y 'destino', activando cada uno de los campos en la GUI, al tocarlos. Los números son introducidos a través de los botones del teléfono, como se muestra a continuación (Fig. 17). La persona puede retroceder para borrar un número, mediante el botón central del teléfono ("el ojo de Asenath").



Fig. 17



Fig. 18

Una vez que la persona usuaria ha agregado los dos números telefónicos, Asenath B. realiza la conexión y entonces, 'origen' y 'destino' reciben una llamada telefónica. (Fig. 18, 19)



Fig. 19

Al momento que las dos personas contestan su teléfono, se escuchan directamente una a la otra, como si se hubiesen llamado ellas mismas. (Fig. 20)

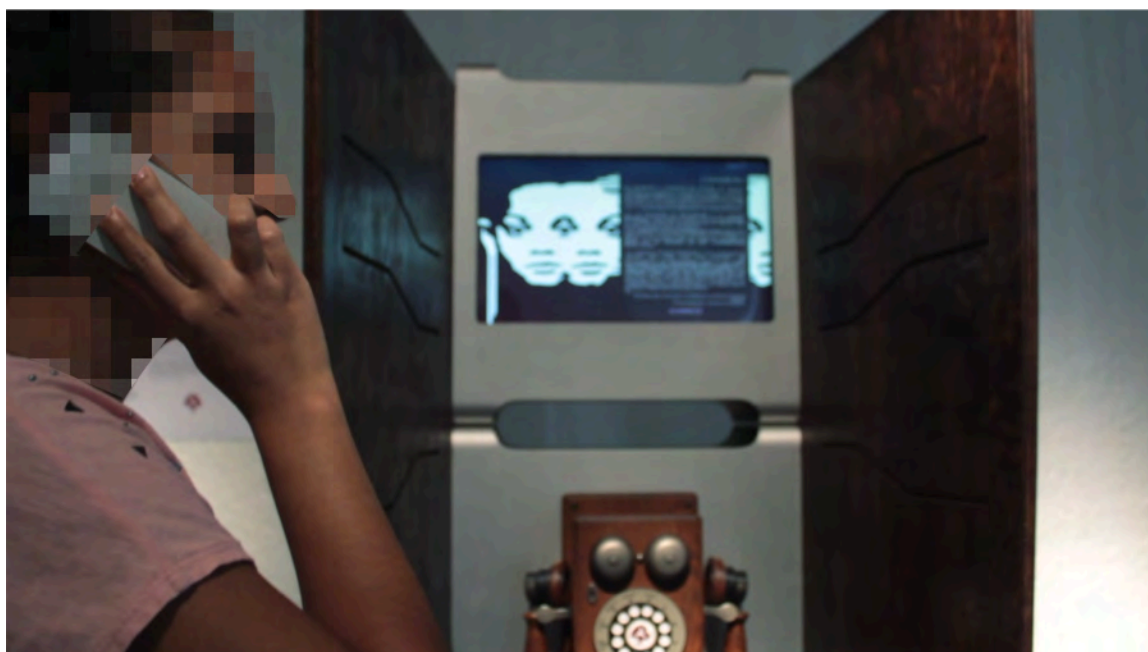


Fig. 20



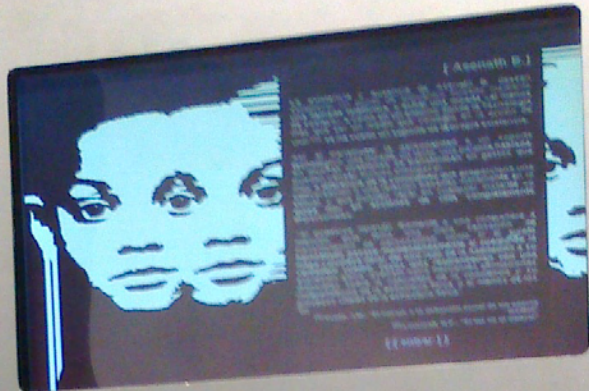


Imagen anterior, detalle de Asenath B. Proyecto de Cecilia Sánchez Nava, durante la exposición en Cenart en 2014. (Fig. 21).



Fig. 22. Detalle de Asenath B. Proyecto de Cecilia Sánchez Nava, durante la exposición en Cenart en 2014.

## 8. Conclusiones.

Puse en práctica todos los conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con el diseño de sistemas embebidos y sistemas electrónicos basados en microcontroladores. Obtuve un producto bajo requerimientos artísticos, con un diseño modular reducido en obsolescencia programada.

**En este proyecto de mi total autoría**, realicé desde la conceptualización hasta el desarrollo del mismo. Análisis, planeación, diseño del sistema; selección de hardware, componentes electrónicos y materiales; así como el diseño, programación y construcción del sistema electrónico digital basado en un microcontrolador Atmega328P para el procesamiento de la información, en este caso para hacer que el teléfono estilo modelo Country Junction Small de ATT WE funcionara como interfaz de entrada para ingresar los números telefónicos al servidor y a la GUI, a través de sus botones. Aplicando herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Como mencioné antes, diseñé y desarrollé el sistema embebido con una plataforma comercial (intel Atom), con la correspondiente interconexión de dispositivos, configuración de procesos de software en el sistema operativo e implementación de *shell scripts* para automatizar la secuencia de arranque del sistema y algunas rutinas del proyecto. Además de reuso de elementos de e-waste como las carcasas de ordenadores, como componentes estéticos en el diseño de la interfaz tangible de usuari@. La estructura central del cuerpo de Asenath B. está formada por cuatro gabinetes vacíos de Power Mac G5 de reuso, dispuestos uno encima de otro. Estos gabinetes alojan toda la electrónica, hardware y software que da vida a Asenath B.

Proyectos propios como Asenath B. me han permitido desarrollar y poner en práctica desde un ámbito artístico, habilidades en diseño de sistemas electrónicos digitales, diseño y fabricación de placas de circuito impreso (PCB), así como plantear un diseño de hardware reduciendo obsolescencia tecnológica y basura electrónica. También desarrollar habilidades en gestión de proyectos multidisciplinarios donde interviene la Ingeniería y mostrar su importancia, desde un acercamiento creativo y crítico.

Teniendo un panorama claro de los elementos tecnológicos a implementarse para desarrollar de manera eficiente un proyecto de creativo que requiera de ingeniería electrónica. Con ello, explorar posibilidades en Arte o Diseño Electrónico/Multimedia con tecnologías digitales e Interfaces Tangibles de Usuario (TUI) y también plantear nuevas actividades profesionales como restauración o mantenimiento de Arte Electrónico/Multimedia.

En ese sentido, también comencé a realizar colaboraciones con artistas y diseñadores. Un ejemplo de dicha participación profesional, es la colaboración para tres proyectos del artista sonoro e ingeniero de sonido, Félix Blume (FR): "Semáforos sonoros" , "Coro Informal" y "Noise(s) / Ruido(s)". Los cuales se muestran a continuación.

## **9. Referencias y anexos.**

En las referencias citadas, se encuentran especificaciones de componentes utilizados en el proyecto.

## **Participación en Semáforos Sonoros. Proyecto de Félix Blume, 2016.**

**Proyecto:** Semáforos Sonoros

**Propuesta artística original (autor):** Félix Blume.

**Participación:** Diseño del Sistema Electrónico.

Con apoyo de las instituciones correspondientes para su muestra en espacio público.

### **Fechas importantes:**

- Desarrollé el primer dispositivo y el artista inició la gestión para intervenir los semáforos en la calle Madero. Octubre de 2015.
- Instalación del proyecto final. Noviembre de 2016.

**Lugar:** Calle Madero y Museo Ex Teresa arte Actual, Centro Histórico, Ciudad de México.

### **1. Resumen**

El artista sonoro e ingeniero de Sonido, Félix Blume, me expuso la necesidad de diseño y desarrollo del sistema electrónico para su proyecto denominado "Semáforos Sonoros" (2016)<sup>53</sup>, con el objetivo de intervenir los semáforos peatonales de la calle Madero en el Centro Histórico de la Ciudad de México con sonidos personalizados, para ser emitidos por el sistema electrónico cuando la luz del semáforo es verde peatonal.

Acepté participar aplicando los conocimientos adquiridos durante mis estudios en Ingeniería Electrónica, partiendo del análisis del problema (proyecto) hasta la realización del sistema electrónico correspondiente. El proyecto se realizó en dos etapas y finalmente se implantó en cruces peatonales de la calle Madero en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Para que el proyecto fuera válido en su aplicación, los sonidos emitidos por el sistema electrónico instalado en 13 semáforos de la Calle Madero, fueron elegidos y procesados por estudiantes de la Escuela Nacional para Ciegos, como resultado de un taller realizado por Félix Blume.

Fig. 23. Fig. 24. Detalle de los dispositivos sonoros realizados para los 13 semáforos intervenidos de la calle Madero, en el Centro Histórico de la CDMX. 2016. Imágenes del artista.

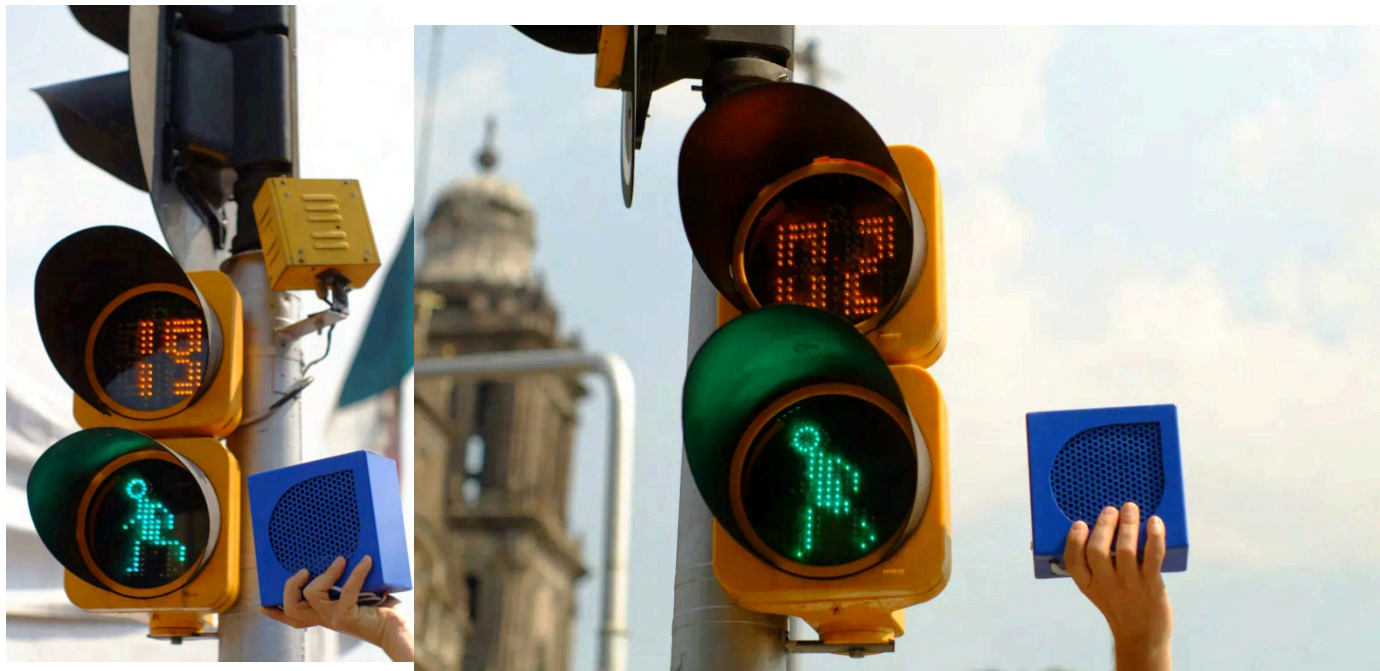
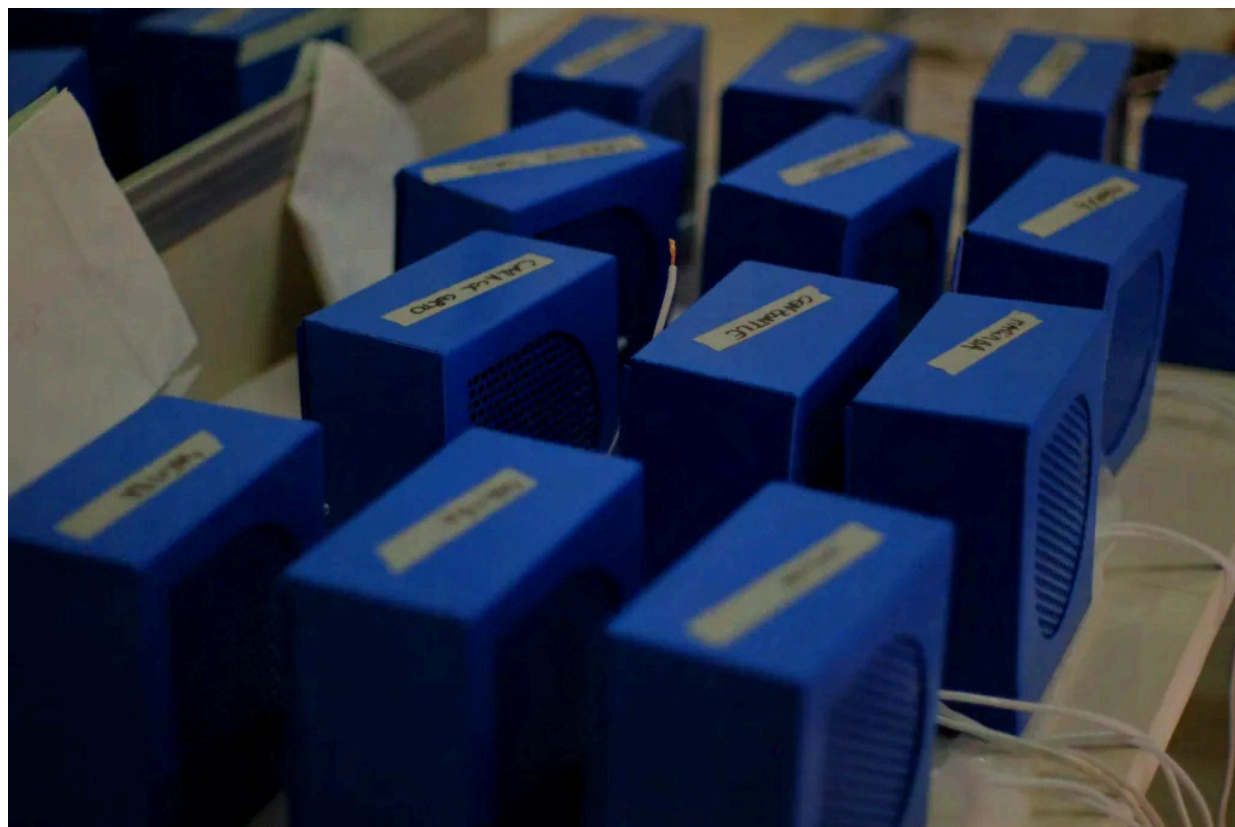


Fig. 25 Dispositivos sonoros realizados para los 13 semáforos intervenidos de la calle Madero, en el Centro Histórico de la CDMX. 2016. Imágenes del artista.



## **2. Introducción**

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

En una primera aproximación de diseño electrónico y puesto que aún no se tenía acceso al sistema electrónico de los semáforos instalados en vía pública, Félix Blume me solicitó desarrollar un primer sistema que detectara los cambios de luz del semáforo (sistema no invasivo) y dependiendo de su comportamiento emitiera un sonido personalizado, es decir, cuando la luz del semáforo fuese verde peatonal (Fig. 26 - 30). Realicé este primer sistema y en octubre de 2015 se sometió a pruebas. A partir de estos primeros resultados y la gestión por parte del artista con las instituciones correspondientes, se otorgaron los permisos necesarios para intervenir los semáforos públicos en su estructura electrónica.

El diseño y desarrollo del sistema electrónico definitivo es el que informo en el presente trabajo. Un objetivo de este proyecto fue implantar un sistema electrónico de concientización ciudadana y señalización incluyente en dispositivos urbanos de movilidad, desde una perspectiva artística.

- **Alcance del proyecto.**

El proyecto planteó instalar temporalmente un sistema electrónico en cada uno de los trece semáforos de la calle Madero en el Centro Histórico de la Ciudad de México. El sistema debía estar operando para su exhibición pública en noviembre de 2016. Un dispositivo extra fue exhibido en el museo Ex Teresa Arte Actual.

En las siguientes imágenes se observa el primer dispositivo desarrollado para el proyecto "Semáforos Sonoros". Imágenes del artista.



Fig. 26.



Fig. 27



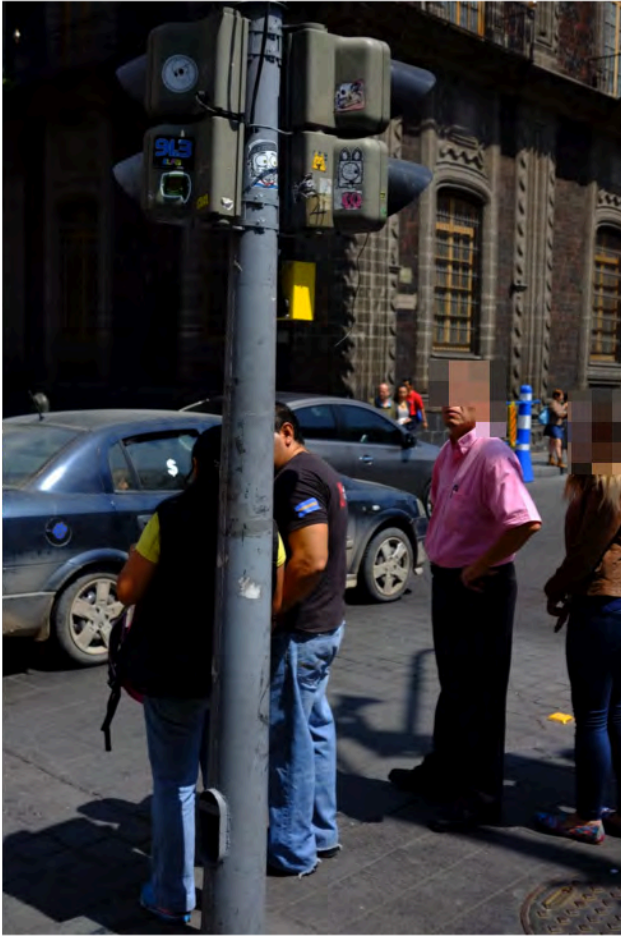


Fig. 28



Fig. 29



Fig. 30

Fig. 26 - 30. Primera versión del sistema electrónico que desarrollé para el proyecto "Semáforos Sonoros" de Félix Blume. Algunas personas que transitaban durante la prueba se sorprendían con el sonido. Imágenes del artista.

### 3. Marco Teórico.

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.
  - Diseño Digital.
  - Instrumentación Electrónica (sensores y actuadores).
  - Sensores y Actuadores.
  - Electrónica Digital.
  - Microprocesadores y Microcontroladores.
  - Programación en Lenguaje C.

Estos son algunos de los conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica que apliqué en este proyecto: Aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas que reúne los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.<sup>54</sup> Donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Como resultado, apliqué los conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos<sup>55</sup> y puse en práctica conceptos del Diseño Digital.<sup>56</sup> Analicé y seleccioné el tipo de Sensores y Actuadores<sup>57</sup> (conceptos de la instrumentación Electrónica) a utilizar, basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.). Diseñé las Arquitecturas Electrónicas en diferentes niveles de abstracción, hasta definir los elementos constitutivos y las características de las señales

de interconexión necesarias. Diseñé, programé y realicé el Sistema Electrónico Digital basado en el Microcontrolador Atmega328P. Apliqué herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Diseñé las placas de circuito impreso (PCB) utilizando software CAD Eagle. En conjunto con la contraparte artística, validé, liberé y expuse el proyecto desarrollado.

### **Estado del arte.**

Si bien este proyecto está enmarcado en el Arte sonoro y electrónico, también invita a concientizar acerca de realizar un diseño electrónico digital con un enfoque en diversidad de usuarios. Hay aspectos a destacar del proyecto a diferencia de otros existentes, por ejemplo, que desde una perspectiva del Arte Sonoro, invita a la reflexión acerca de la importancia de un diseño tecnológico que cubra la diversidad de maneras de percibir el espacio público y como menciona Félix Blume (2016): "*haciendo explícito el derecho a la ciudad que tiene la comunidad invidente*".

## **4. Metodología**

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

En este proyecto también apliqué las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top), para abordar mi diseño desde una perspectiva jerárquica y tener la formalidad que exige mi actividad profesional. En este caso, partiendo de la funcionalidad general solicitada (Top), para continuar con un análisis de la solución de diseño electrónico digital, desde la base teórica para una óptima elección de dispositivos y componentes electrónicos, hasta desarrollar el sistema implementado (Down- Top).

Comienzo exponiendo el diseño del primer prototipo indicando los parámetros eléctricos electrónicos generales (Fig. 31):

Diagrama de la Versión 1 del dispositivo sonoro: sobrepuesto en el semáforo.

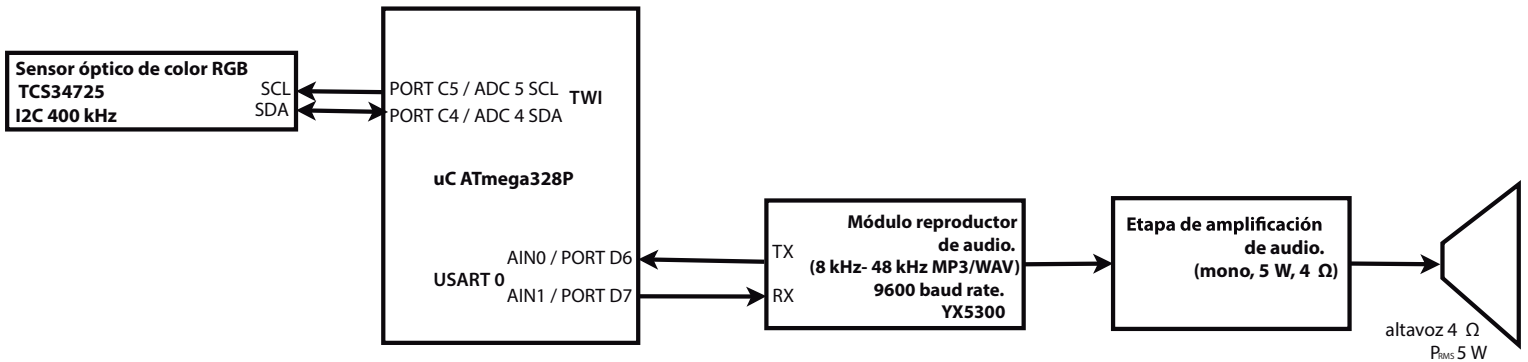


Fig 31.

Un aspecto importante es que en mi selección de dispositivos que integran al sistema, se enfatiza el evitar en la medida de lo posible la obsolescencia programada, de tal forma que todos los dispositivos y circuitos electrónicos empleados no estén clasificados como obsoletos o bajo recomendación alguna de evitarlos para su uso en nuevos diseños.

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

El dispositivo medular para el sistema es el de procesamiento de la información. Los antecedentes directos me llevan a plantear el utilizar los microcontroladores asimilados en mis estudios de licenciatura, como por ejemplo:

- TM4C1294NCPDT de Texas Instruments.
- MPS430 de Texas Instruments.
- Atmega328P de ATMEL (actualmente Microchip).
- PIC16F18855 de Microchip.
- Arquitectura a la medida en CPLD o FPGA de Altera o Xilinx.

La selección final se fundamenta en:

- Capacidad de procesamiento y puertos de comunicación.

- Escalabilidad.
- Vigencia (obsolescencia).
- Accesibilidad (Licencias de herramientas de desarrollo).
- Tiempo de desarrollo (Time to Market).
- Costo.

En el caso de la velocidad de operación, todos los posibles dispositivos mencionados, exceden por mucho la(s) frecuencia(s) de operación requerida(s).

Selección:

- **Procesamiento:** Atmega328P<sup>58</sup> . Es el que responde satisfactoriamente a todos los puntos establecidos anteriormente.
  - Formato encapsulado DIP: SPDIP-28
  - Pines: 28
  - Memoria FLASH: 32KB
  - Memoria RAM: 2KB
  - Memoria EEPROM: 1KB
  - Frecuencia de funcionamiento: 20MHz máx.
  - CPU: 8-bit AVR
  - Pines de entrada/salida: 23
  - Entradas analógicas (ADC 10-bit): 6
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5 VDC
  - Temperatura de trabajo: -40 °C a 105 °C
  - Interfaces I2C, SPI, UART.
  
- **Adquisición de datos:** TCS34725. Sensor óptico de color RGB basado en el IC TCS34725<sup>59</sup>, con el que ya había trabajado.
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5 VDC.
  - Interfaz I2C.

- Gama de colores RGB, luz visible y filtro IR.
  - Interrupción “mascarable”.
- **Emisión de audio (reproductor):** YX5300<sup>60</sup>, reproductor mp3 y WAV con comunicación UART y lectura de memoria SD.
- Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5.2 VDC
  - Voltaje de control: 3.3 VDC a 5.2 VDC.
  - Corriente máxima: 200 mA.
  - Formatos admitidos: MP3 y WAV.
  - SD compatibles: 2 GB ≤ en FAT16 o FAT32.
  - SDHC compatibles: 32 GB V en FAT16 o FAT32.
  - Niveles de volumen: 30
  - Frecuencias de muestreo: 8, 11.025, 12, 16, 22.05, 24, 32, 44.1, 48 KHz.
  - Interfaz: UART (serie Rx y Tx).
  - Tasa de transmisión: 9600 bps.
- **Amplificador de Audio** TA0104A<sup>61</sup>.
- Estéreo de 500W PMPO Clase T.
  - Eficiencia: 90% @ 8Ω Vs = ± 75 V, 80% @ 4Ω Vs = ± 75 V.
  - Grado automotriz (previendo temperaturas extremas en vía pública).
  - Protección contra corto circuito, ruido e interferencia EM.
- **Emisión de audio (altavoz):** Altavoz W130S (9022)<sup>62</sup>, impedancia: 4 Ω y P<sub>RMS</sub>: 5W. Potencia promedio, según el fabricante: 50 W.
- Potencia promedio: 50 W
  - Potencia RMS: 5 W
  - Impedancia: 4 Ω

- Respuesta en frecuencia: (-10 dB) 92Hz a 12 kHz
- Nivel medio de presión sonora (sensibilidad): 87 dB (1 W/1m)
- Frecuencia de resonancia: 50 Hz / 52 Hz
- Diámetro de la bobina móvil: 25 mm Ø
- Altura del embobinado: 8.5 mm
- Diámetro de corte: 109 mm Ø
- Terminal de conexión: 4.8 x 0.8 mm (+)/2.8 x 0.8 mm (-)

### Operación del circuito:

- Externa al semáforo (anclado al semáforo).
- Detección de colores para cada emisor de luz.
- Reproducción de sonidos según el caso (cambio de color luz detectado).

### Segundo diseño y definitivo:

Al tener la aceptación del proyecto con los permisos necesarios de interacción con los sistemas electrónicos de los trece semáforos de la calle de Madero, el sistema se redimensionó al esquema siguiente (Fig. 32).

Diagrama de la versión 2 del dispositivo sonoro: Con acceso a la señal proveniente del sistema del semáforo, indicando el cambio de color.

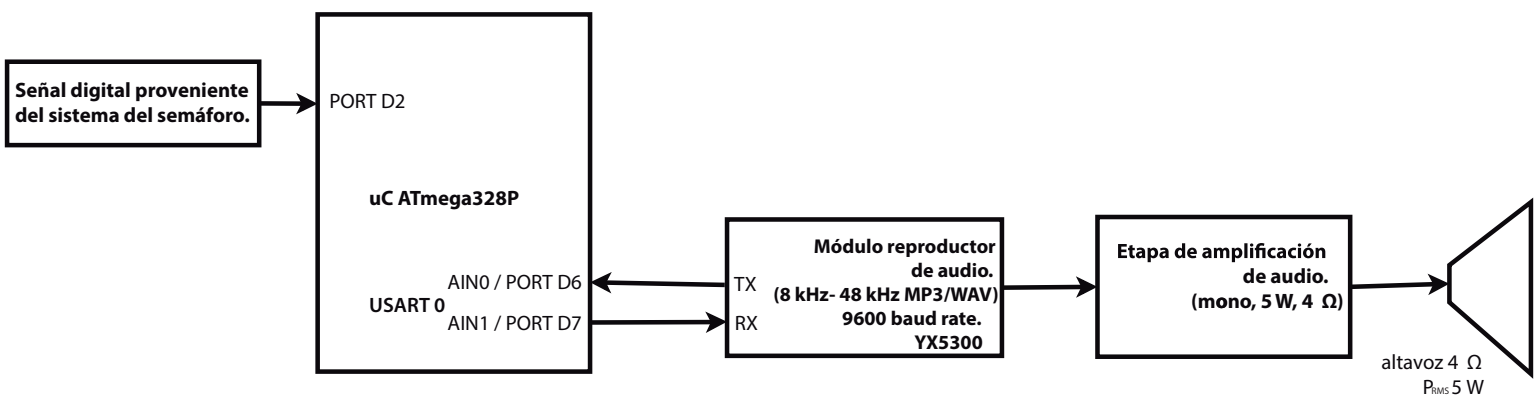


Fig. 32

La segunda versión del circuito implementado fue para su aplicación como un sistema embebido en el sistema de los semáforos.

- Eliminé el uso de sensor óptico de color, ya que en esta segunda versión tuve acceso a la señal que se activa cuando hay cambio de color en el semáforo. Aunque no descarto su utilización a futuro como medio de retroalimentación que sirva para detectar la correcta operación de emisión de luz en los semáforos.
- Analicé el sistema electrónico con el que operan los semáforos (por derechos de propiedad intelectual de los fabricantes del sistema, no puedo dar a conocer mayores detalles de éste).
- Interacción con el sistema para capturar y procesar señalización digital.
- Reproducción de audio según corresponda.
- Uso de fuente de alimentación del sistema de semáforo (comprobé no exceder la potencia máxima que puede suministrar al sumar el de mi sistema).

La versión final la realicé incorporando tarjetas de desarrollo Arduino, a fin de agilizar el tiempo de producción y para que el artista pudiese continuar utilizando o modificando la aplicación a futuro. Una programación de prueba de reproducción de audio, a partir de algunas referencias del módulo reproductor de audio como base, fue la siguiente:

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial player( 7, 6);
```

```
int playAudio = 0;
```

```
boolean PlayP = false;
```

```
int8_t envio[8] = {0};
```

```
int altoPin = 2;
```

```
void setup() {
```



```
pinMode( altoPin, INPUT);

Serial.begin( 9600);

player.begin( 9600);

}

void loop() {

playAudio = digitalRead( altoPin);

if (playAudio == HIGH) {

delay(200);

PlayP = !PlayP;

if (PlayP == true) {

comandosPlayer( CMD_PLAY);

}

else {

comandosPlayer( CMD_PAUSE);

}

}

else if ( playAudio == LOW) {

PlayP = false;

comandosPlayer( CMD_STOP_PLAY);

}

}
```

```

}

void comandosPlayer( byte valor) {

comandosPlayer( valor, 0, 0);

}

String valorHx( uint8_t op ) {

String hex;

hex = "0X";

if (op < 16) hex += "0";

hex += String( op , HEX);

hex += " ";

return hex;

}

void comandosPlayer( byte valor, byte dato1, byte dato2 ) {

delay( 30);

envio[0] = 0x7E;

envio[1] = 0xFF;

envio[2] = 0x06;

envio[3] = valor;

envio[4] = 0x01;

envio[5] = dato1;

```

```
envio[6] = dato2;

envio[7] = 0xEF;

for ( uint8_t j = 0; j < 8; j++) {

player.write( envio[j] );

Serial.print( valorHx ( envio[j] ) );

}

}
```

Al comprobar la correcta operación validada por el autor del proyecto (Félix Blume), procedí a llevar a cabo pruebas en sitio, bajo condiciones reales.

El sistema fue totalmente portable ya que el sistema de semáforos es compatible con distribución de puertos de conexión tipo Arduino, por lo que el montaje fue directo con la placa de desarrollo seleccionada que contiene el Atmega328P.

El diseño de la PCB (utilicé el software de diseño Eagle) de los restantes elementos (regulación y potencia de audio), resultó en los siguientes archivos esquemático y gerber-excellon (fig. 33 y 34).

Agregué un regulador de voltaje de 5V DC como elemento adicional por posibles expansiones, además de varios puntos de conexión a GND.

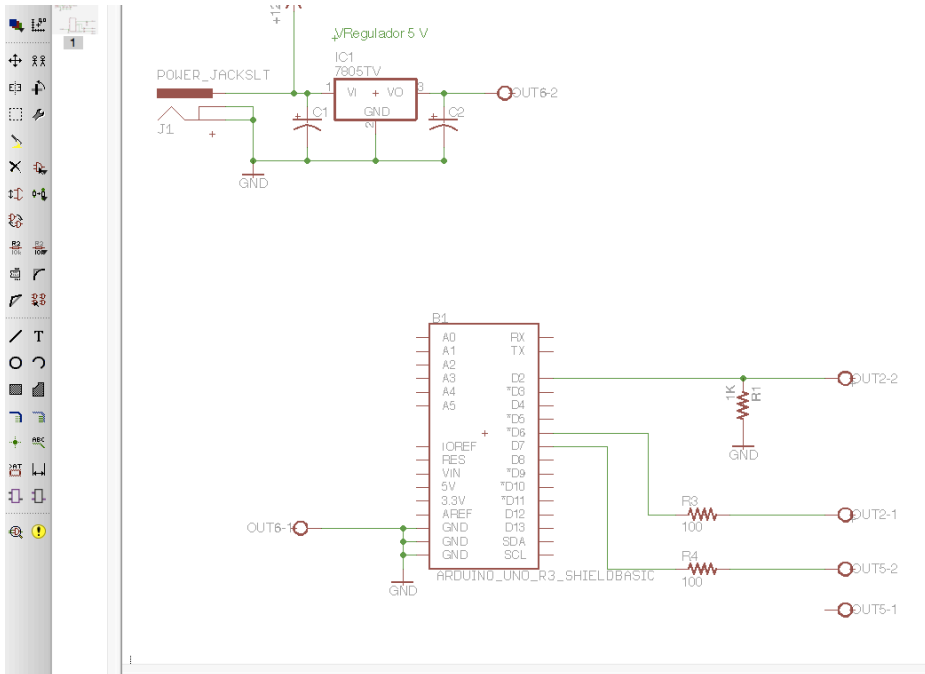


Fig. 33

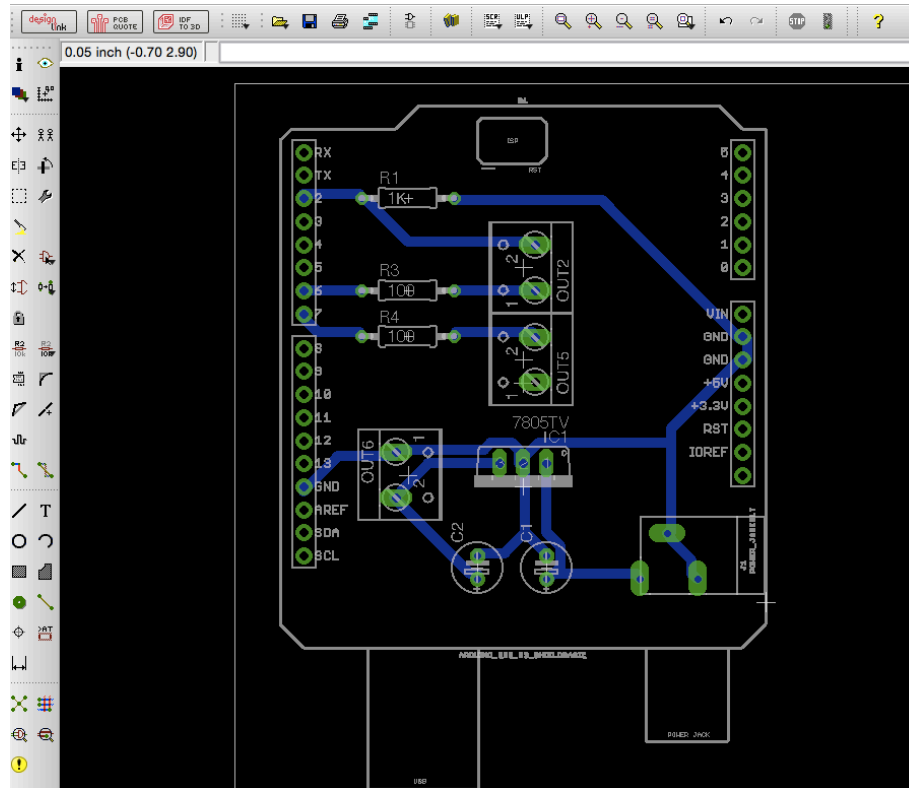


Fig. 34

## Resultados

En conjunto con el autor y también líder del proyecto, además del personal responsable del sistema de semáforos de la calle de Madero (personal de las instancias correspondientes del gobierno de la CDMX), se llevaron a cabo las pruebas en sitio de las cuales el único ajuste fue el de reducir ligeramente el nivel de volumen, ya que se escuchaba sin mayor problema al realizar las pruebas.

Finalmente, los dispositivos fueron instalados en la calle Madero del Centro Histórico de la Ciudad de México con apoyo las instancias correspondientes (Fig. 35 y Fig. 36), ya que por tratarse de mobiliario público y dispositivos de movilidad urbana, el montaje debía ser realizado por el área técnica correspondiente.

Los dispositivos que realicé para ese proyecto, estuvieron trabajando sin requerimiento de mantenimiento de mi parte.

La muestra de este proyecto fue realizada durante el mes de noviembre de 2016, tiempo en el cual las personas que transitaron a lo largo de la calle Madero, específicamente pudieron escuchar en el momento del "Alto" de cada semáforo, sonidos de marimba tocando "La llorona", sonidos de tranvía, de caracol como instrumento musical y de ceniztle, entre otros.

En parámetros eléctricos, el diseño final opera:

- Voltajes de alimentación: 5 VDC
- Corriente promedio de consumo: 200 mA (variable dependiendo de la potencia de salida de audio)
- Potencia de salida de audio: 5 Wrms (ajustada según condiciones ambientales en cada cruce y bajo supervisión del autor del proyecto y responsables de las instancias correspondientes del gobierno de la CDMX).

## Evidencias

Parte de las evidencias de los resultados obtenidos pueden apreciarse en las Fig 35- 38. En las Fig. 35 y Fig. 36 se observa detalle de la instalación de los dispositivos de los "Semáforos Sonoros" en calle Madero en el Centro Histórico de la Ciudad de México, Noviembre de 2016 (Imágenes del artista). Fig. 35, semáforo cercano al Zócalo y Fig. 36, semáforo en esquina con calle Bolívar, frente a una tienda de ropa muy conocida.

También estos resultados fueron mostrados a través de la Muestra "Un Mundo en Común", donde fueron exhibidos:

*Algunos registros de los procesos y una de las bocinas intervenidas de semáforo, a través de la cual los resultados del ejercicio desarrollado en las calles peatonales del Centro Histórico [pudieron] ser escuchados por el público.*

En la Fig. 37. se observa detalle de la Muestra "Un mundo en común" realizada **del 9 al 19 de noviembre de 2016** en el museo ExTeresa Arte Actual. En esta exposición fue mostrado un dispositivo y la ruta sonora de los 13 dispositivos instalados en la calle Madero. En la Fig. 38. se aprecia una de las caminatas sonoras guiadas del proyecto, realizadas el 12 de noviembre de 2016, como comenta Félix Blume (2016), con "*la intención de inducir al público vidente a experimentar la ciudad a ciegas*".

En resumen, diseñé y fabriqué 13 circuitos electrónicos digitales basados en un microcontrolador Atmega328P, con un módulo reproductor de audio basado en el IC YX5300, compatible con MCU's AVR, ARM y PIC y un módulo amplificador basado en el IC TA0104A de dos canales, con un promedio continuo de 500 W (4  $\Omega$ ), que de acuerdo a especificaciones, ofrece tanto la fidelidad de audio de la clase AB como la eficiencia energética de los amplificadores de clase D y con un disipador integrado y protección contra ruido e interferencia EM.

Fig. 35

Fig.36



Fig. 35. Fig. 36. Parte de la instalación de los dispositivos finales de los "Semáforos Sonoros" en calle Madero en el Centro Histórico de la Ciudad de México, Noviembre de 2016. Imágenes del artista. Fig. 35, semáforo cercano al zócalo. Fig. 36, semáforo en esquina con calle Bolívar, frente a una tienda de ropa muy conocida.

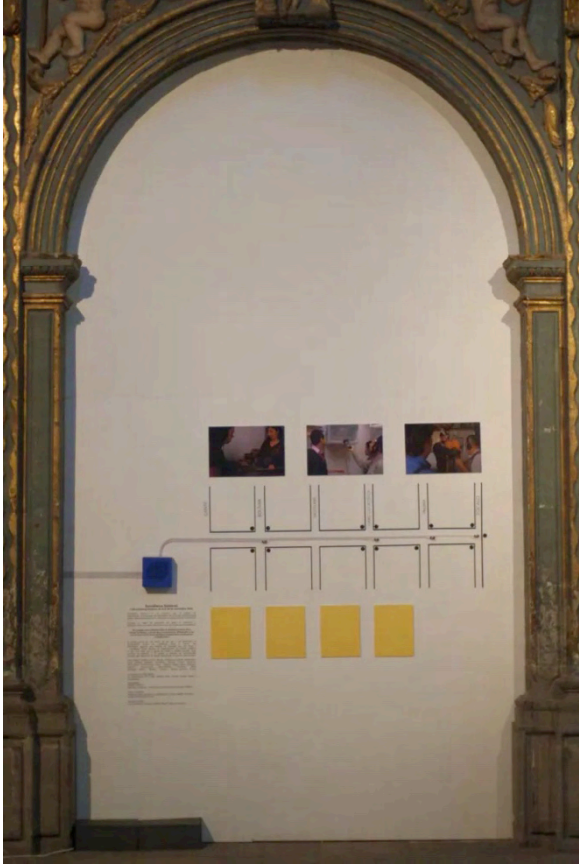


Fig. 37



Fig. 38

Fig. 37. Detalle de la Muestra "Un mundo en común" realizada **del 9 al 19 de noviembre** 2016. En esta exposición fue mostrado un dispositivo y la ruta sonora de los 13 dispositivos instalados en la calle Madero. Fig. 38. Durante una de las caminatas sonoras del proyecto. Imágenes del artista.

## 8. Conclusiones.

Puse en práctica todos los conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con el diseño de sistemas electrónicos basados en microcontroladores. Obtuve un producto bajo requerimientos de terceros, que van desde aspectos artísticos, ambientales, reducidos en obsolescencia programada, e interactuando con sistemas diseñados por empresas privadas. Pero lo más importante para mí es haber contribuido al diseño de un Sistema Electrónico de aplicación social para el derecho de una



señalización de calidad para personas invidentes y que está diseñada para su escalabilidad.

De acuerdo con Félix Blume (2016):

*La intervención sonora en los semáforos tiene al menos dos propósitos: Por un lado, generar una llamada de atención para considerar las otras posibilidades en que se experimenta el espacio público, haciendo explícito el derecho a la ciudad que tiene la comunidad invidente. Y, por otro, que el grupo de ciegos y débiles visuales exprese el tipo de percepciones sonoras que tienen de la ciudad, asumiendo el espacio como propio.*

## **9. Referencias y anexos.**

En las referencias citadas, se encuentran especificaciones de componentes utilizados en el proyecto.

**Participación en Coro informal. Proyecto de Félix Blume y Daniel Godínez Nivón, 2016.**

**Proyecto:** Coro informal

**Propuesta artística original (autor):** Félix Blume y Daniel Godínez Nivón.

**Participación:** Diseño del Sistema Electrónico.

**Fechas importantes:**

- Desarrollé el sistema electrónico digital, durante el primer semestre de 2016.
- Muestra del proyecto final, por primera vez, el 9 de junio de 2016.

**Lugar:** Muestra del proyecto final, por primera vez en la Fonoteca Nacional. A partir de entonces, ha sido expuesto en diversos lugares en México y Francia.

## **1. Resumen**

El artista sonoro e ingeniero de Sonido, Félix Blume, me expuso la necesidad de diseño y desarrollo del sistema electrónico para el proyecto titulado "**Coro informal**" del artista sonoro e ingeniero de sonido, Félix Blume y del artista visual Daniel Godínez Nivón (2016)<sup>63</sup>, con el objetivo de realizar una instalación sonora de diez contenedores de madera, cada uno "guardando" un sonido de pregón y la ilustración de un vendedor(@) ambulante. De tal forma que al abrir cada contenedor se escuche el sonido que contiene y al cerrarlo, se detenga. Finalmente, para que las personas visitantes pudieran formar un coro de pregones, de acuerdo al número de contenedores abiertos.

El artista Félix Blume realizó las grabaciones:

*En colaboración con [vendedor@s] de la calle Moneda, en el centro de la Ciudad de México. Las ilustraciones, presentadas en formato de postal, [realizadas por el artista Daniel Godínez Nivón,] están inspiradas en una serie de postales parisinas de 1901. Cada dibujo está acompañado de las letras y la partitura del grito que se escucha.*

Acepté participar aplicando los conocimientos adquiridos durante mis estudios en Ingeniería Electrónica, partiendo del análisis del problema (proyecto) hasta la realización del sistema electrónico correspondiente. Realicé el sistema electrónico digital para en cada contenedor. El proyecto fue validado en su aplicación por los artistas. "Coro informal" se ha expuesto hasta el momento, en diversos lugares de México y Francia.

## 2. Introducción

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

El objetivo general fue desarrollar un sistema electrónico digital que reprodujera un sonido específico al momento de abrir mecánicamente un contenedor y se detuviera al momento de cerrarlo; además de implementar dicho sistema en diez contenedores de características físicas similares.

En una primera aproximación de diseño electrónico, pensé utilizar una detección mecánica de apertura de cada contenedor, pero decidí hacerlo de manera óptica a fin de evitar generar otro sonido más allá de los contemplados por el proyecto (los pregones).

Realicé el sistema y en mayo de 2016 se sometió a pruebas. El diseño y desarrollo del sistema electrónico implementado es el que informo en el presente trabajo.

- **Alcance del proyecto.**

El sistema debía estar operando para su exhibición pública en junio de 2016, como parte de la Exposición "Polifonía Ambulante" en la Fonoteca Nacional, en la Ciudad de México.

A partir de entonces ha sido exhibida, en diversos lugares de México y Francia, como los que menciona Félix Blume (2016):

*Centro Cultural Universitario Tlatelolco, (Mx, 2016-2017), MASIN Sinaloa (Mx, 2017), Faro Aragón (Mx, 2017), Ex Teresa (Mx, 2018-2019), FKL Symposium (It, 2019), Le Mans Sonore (Fr, 2019), Fabra i Coats, Festival Sálmon (Es, 2020), Son Mire (Fr, 2020), Galerie l’Affenage (Fr, 2020), Villa des illusions (Fr, 2021), En Traits Libres (Fr, 2021), Lycée Nevers Montpellier (Fr, 2021), Museo Artes*

*Gráficas (Mx, 2022), Les Grandes-Serres de Pantin (Fr, 2023), Sonic Protest (Fr, 2023), Rien à voir (Fr, 2023), Les Stables (Fr, 2023), Longueur d'ondes (Fr, 2024).*

Una vez que el proyecto fue expuesto fuera de México, se incorporó más participantes para su posterior mantenimiento.

### **3. Marco Teórico.**

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.
  - Diseño Digital.
  - Instrumentación Electrónica (sensores y actuadores).
  - Electrónica Digital.
  - Microprocesadores y Microcontroladores.
  - Programación en Lenguaje C.

En todos los proyectos he aplicado conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica, como las enlistadas anteriormente: Aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas con los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. Donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos, además de poner en práctica conceptos del Diseño Digital. Conceptos de Instrumentación Electrónica, para analizar y seleccionar los sensores y actuadores a utilizar, basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.).

Diseñé las Arquitecturas Electrónicas en diferentes niveles de abstracción, hasta definir los elementos constitutivos y las características de las señales de interconexión necesarias. Diseñé, programé y realicé el Sistema Electrónico Digital basado en el Microcontrolador Atmega328P. Apliqué herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Diseñé las placas de circuito impreso (PCB) utilizando software CAD Eagle. En conjunto con la contraparte artística, validé, liberé y expuse el proyecto desarrollado.

### **Estado del arte.**

Hay aspectos a destacar del proyecto, por ejemplo que desde una perspectiva del Arte Sonoro, como menciona Félix Blume:

*Es un homenaje a los pregones de la Ciudad de México, a sus gritos, a sus cantos. (...) En un contexto global de homogeneización del sonido urbano, la Ciudad de México posee una identidad sonora característica. Los cantos y pregones de sus vendedores son un componente importante de este paisaje sonoro. Propone una escucha alternativa de los gritos de la ciudad desde una perspectiva musical y lúdica.<sup>64</sup>*

Es decir, puede usarse medios electrónicos para desarrollar proyectos de exploración sonora lúdica inspirados en diversos aspectos de un lugar o un tema específico, por ejemplo.

## **4. Metodología**

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

Como he mencionado antes, en los proyectos de este informe, apliqué las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top), para abordar mi diseño desde una perspectiva jerárquica y tener la formalidad que exige mi actividad profesional. En este caso, partiendo de la funcionalidad general solicitada (Top), para continuar con un análisis de la solución de diseño electrónico digital, desde la base

teórica para una óptima elección de dispositivos y componentes electrónicos, hasta desarrollar el sistema implementado (Down- Top).

A continuación el diseño del sistema implementado, indicando los parámetros eléctricos electrónicos generales (Fig. 39):

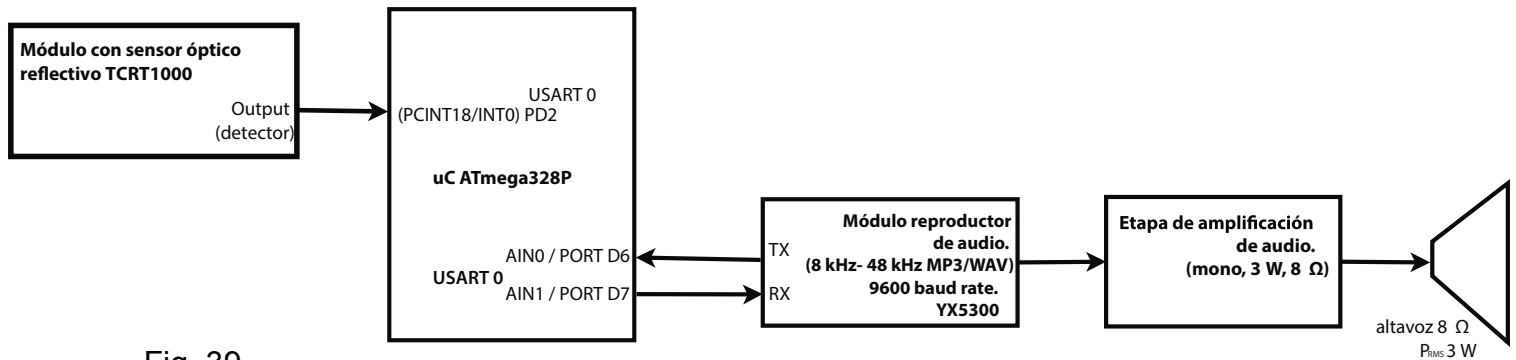


Fig. 39

Como en los otros proyectos expuestos, un aspecto importante en mi selección de dispositivos del sistema es evitar en la medida de lo posible, la obsolescencia programada, de tal forma que todos los dispositivos y circuitos electrónicos empleados no estén clasificados como obsoletos o bajo recomendación alguna de evitarlos para su uso en nuevos diseños.

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

El dispositivo medular para el sistema es el de procesamiento de la información. Los antecedentes directos me llevan a plantear el utilizar los microcontroladores asimilados en mis estudios de licenciatura, como por ejemplo:

- TM4C1294NCPDT de Texas Instruments.
- MPS430 de Texas Instruments.
- Atmega328P de ATMEL (actualmente Microchip).
- PIC16F18855 de Microchip.
- Arquitectura a la medida en CPLD o FPGA de Altera o Xilinx.

La selección final se fundamenta en:

- Capacidad de procesamiento y puertos de comunicación.
- Escalabilidad.
- Vigencia (obsolescencia).
- Accesibilidad (Licencias de herramientas de desarrollo).
- Tiempo de desarrollo (Time to Market).
- Costo.

En el caso de la velocidad de operación, todos los posibles dispositivos mencionados, exceden por mucho la(s) frecuencia(s) de operación requerida(s).

Selección:

- **Procesamiento:** Atmega328P. Es el que responde satisfactoriamente a todos los puntos establecidos anteriormente.
  - Formato encapsulado DIP: SPDIP-28
  - Pines: 28
  - Memoria FLASH: 32KB
  - Memoria RAM: 2KB
  - Memoria EEPROM: 1KB
  - Frecuencia de funcionamiento: 20MHz máx.
  - CPU: 8-bit AVR
  - Pines de entrada/salida: 23
  - Entradas analógicas (ADC 10-bit): 6
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5 VDC
  - Temperatura de trabajo: -40 °C a 105 °C
  - Interfaces I2C, SPI, UART.

- **Adquisición de datos:** Módulo con sensor óptico reflexivo TCRT1000<sup>65</sup>
  - $V_{\text{Forward}}$  Emisor (LED IR): 1.2 VDC a 1.6 VDC .  $I_F = 20\text{mA}$
  - $V_{\text{CE}}$  Detector (fototransistor): 5 VDC.  $I_C = 0.1 \text{ mA}$
  - Distancia de operación: 1 mm
  - Longitud de onda: 950 nm
  - Protección contra luz ambiental.
  - Frecuencia de corte, hasta 40 kHz
  - Temperatura de trabajo: -55 °C a 85 °C
  
- **Emisión de audio (reproductor):** YX5300 reproductor mp3 y WAV con comunicación UART y lectura de memoria SD.
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5.2 VDC
  - Voltaje de control: 3.3 VDC a 5.2 VDC
  - Corriente máxima: 200 mA
  - Formatos admitidos: MP3 y WAV
  - SD compatibles: 2 GB ≤ en FAT16 o FAT32
  - SDHC compatibles: 32 GB V en FAT16 o FAT32
  - Niveles de volumen: 30
  - Frecuencias de muestreo: 8, 11.025, 12, 16, 22.05, 24, 32, 44.1, 48 KHz.
  - Interfaz: UART (serie Rx y Tx)
  - Tasa de transmisión: 9600 bps
  
- **Amplificador de Audio** Módulo con TPA3116D2<sup>66</sup>.
  - Estéreo 15 W. Clase D
  - Voltaje de alimentación: 4.5 V a 26 V DC
  - Eficiencia: > 90%
  - Temperatura de trabajo: -40°C a 85°C



- Protección contra corto circuito, ruido e interferencia EM.
- **Emisión de audio (altavoz):** Altavoz, impedancia:  $8 \Omega$  y  $P_{\text{RMS}}$ : 3 W.
- Potencia RMS: 3 W
- Impedancia:  $8 \Omega$
- Nivel medio de presión sonora (sensibilidad): 86 dB/W
- Respuesta en Frecuencia: 450 Hz a 5 kHz
- Distorsión Armónica:  $\leq 5$  (TMD%)
- Frecuencia de resonancia: 50 Hz / 52 Hz
- Altura del embobinado: 13 mm
- Diámetro de corte: 50 mm  $\varnothing$

#### **Operación del circuito:**

- Embebido a los contenedores.
- Detección óptica de proximidad.
- Reproducción de sonidos cuando no hay detección de luz IR reflejada en el rango de distancia de operación (1 mm).

Realicé el diseño, programación y construcción del sistema electrónico digital basado en un microcontrolador Atmega328P, incorporando tarjetas de desarrollo Arduino, a fin de agilizar el tiempo de producción. En este caso, mediante un sensor óptico reflectivo (LED IR + fototransistor como detector de proximidad) para detectar cuando se abre cada uno de los contenedores y reproducir un audio. Realicé un diseño modular del sistema electrónico digital implementado a fin de facilitar su mantenimiento, en caso de requerirlo. Además de consultar especificaciones de fabricante para considerar limitantes y uso adecuado de los dispositivos que utilicé para este proyecto.

Al comprobar la correcta operación validada por el líder del proyecto (Félix Blume), se realizó la instalación en sitio. El sistema fue totalmente portable. El diseño de la PCB (utilicé el software de diseño Eagle) de los restantes elementos (regulación y potencia de audio) fue similar al que implementé en el proyecto Semáforos sonoros, por lo cual no lo agregué en ésta sección.

## **Resultados**

En conjunto con el líder del proyecto, se llevaron a cabo las pruebas de funcionamiento. No hubo necesidad de realizar ajuste alguno. Los contenedores fueron expuestos por primera vez en la Fonoteca Nacional, en junio de 2016. A partir de entonces, ha sido expuesto en diversos lugares en México y Francia. Los dispositivos que realicé para ese proyecto estuvieron trabajando sin requerimiento de mantenimiento de mi parte. Una vez que el proyecto fue expuesto fuera de México, se incorporaron otros participantes para su posterior mantenimiento.

En parámetros eléctricos, el diseño final opera:

- Voltaje de alimentación: 5 VDC
- Corriente promedio de consumo: 80 mA (variable dependiendo de la potencia de salida de audio)
- Potencia de salida de audio: 3 Wrms.

## Evidencias

En la Fig. 40 se observa detalle de la instalación de los dispositivos de "Coro Informal" cuando fue expuesto en el Centro Cultural Universitario Tlatelolco, en 2016-2017. Fig 41, en Faro Aragón (México, 2017). Fig. 42, en Sonic Protest (Francia, 2023). Imágenes del artista.

En resumen, diseñé y fabriqué 10 circuitos electrónicos digitales basados en un microcontrolador Atmega328P, con un sensor óptico reflectivo TCRT1000 usado como interruptor de proximidad, un módulo reproductor de audio basado en el IC YX5300 y un módulo con amplificador basado en el IC TPA3116D2 clase D, de 2 canales, con un promedio continuo de 3 W (@ 8  $\Omega$ ) y protección contra ruido e interferencia EM.



Fig. 40.

Detalle de "Coro Informal" en CCUT (Mx, 2016-2017). Imagen del artista.



Fig 41.

Detalle de "Coro Informal" en Faro Aragón (Mx, 2017). Imagen del artista.



Fig. 42. Detalle de "Coro Informal" en Sonic Protest (Fr, 2023). Imagen del artista.

## 8. Conclusiones.

Puse en práctica los conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con el diseño de sistemas electrónicos basados en microcontroladores. Obtuve un producto bajo requerimientos de terceros, que van desde aspectos artísticos, ambientales, reducidos en obsolescencia programada y diseñado para su escalabilidad, en caso de haberla.

Como menciona Félix Blume (2016), "Coro Informal" es:

*Una instalación sonora interactiva compuesta de diez contenedores de madera, cada uno guarda el pregón y la ilustración de un vendedor ambulante distinto. Al momento que las personas del público abren cada contenedor, pueden ver la*

*ilustración de un vendedor y liberar el sonido que contiene, decidiendo de ésta forma, el número de voces que componen el Coro informal. [Al cerrar un contenedor, se detiene el sonido correspondiente.] Las grabaciones se hicieron en colaboración con vendedores de la calle Moneda, en el centro de la Ciudad de México. Las ilustraciones, presentadas en formato de postal, están inspiradas en una serie de postales parisinas de 1901. Cada dibujo está acompañado de la letra y la partitura del pregón que se escucha. [Coro informal se ha expuesto en diversos lugares en México y Francia].*

## **9. Referencias y anexos.**

En las referencias citadas, se encuentran especificaciones de componentes utilizados en el proyecto.

## **Participación en Noise(s) / Ruido(s). Proyecto de Félix Blume, 2016.**

**Proyecto:** Noise(s) / Ruido(s)

**Propuesta artística original (autor):** Félix Blume.

**Participación:** Diseño del Sistema Electrónico.

### **Fechas importantes:**

- Preparación e intervención de dispositivos, enero-febrero de 2016.
- Muestra del proyecto final en marzo de 2016.

**Lugar:** Museo Ex Teresa, en Ciudad de México.

### **1. Resumen**

El artista sonoro e ingeniero de Sonido, Félix Blume, me expuso la necesidad de diseño y desarrollo del sistema electrónico para el proyecto titulado "Noise(s) / Ruido(s)"<sup>67</sup> con el objetivo de realizar una instalación sonora reproduciendo ininterrumpidamente grabaciones de susurros en una serie de reproductores de audio. Acepté participar aplicando los conocimientos adquiridos durante mis estudios en Ingeniería Electrónica. En este proyecto realicé intervención electrónica de 10 reproductores de audio e instalación en el recinto. El proyecto fue validado en su aplicación por el artista y expuesto en el Museo ExTeresa.

### **2. Introducción**

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

El objetivo general fue intervenir una serie de reproductores de audio seleccionados previamente por el artista y realizar su instalación en el recinto, para que reprodujeran ininterrumpidamente "*grabaciones de susurros provenientes de las voces de trabajadores del museo, habitantes cotidianos de este espacio*". El proyecto fue validado en su aplicación por el artista y expuesto en el Museo ExTeresa.

- **Alcance del proyecto.**

El sistema debía estar operando para su exhibición pública en marzo de 2016, como parte de la Exposición FONEMA en Museo Ex Teresa, en Ciudad de México.

### **3. Marco Teórico.**

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.

En todos los proyectos he aplicado conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica, como las enlistadas anteriormente: Aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas con los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. Donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos, basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.) de los dispositivos electrónicos que fueron proporcionados para este proyecto.

### **Estado del arte.**

Desde una perspectiva del Arte Sonoro, hay aspectos a destacar del proyecto a diferencia de otros existentes, como menciona Félix Blume (2016):

*Esta obra se inscribe en la memoria sonora de Ex Teresa, un edificio donde se practicaba la vida religiosa y la liturgia católica. La sensación que provoca la instalación cuando se escucha a la distancia busca evocar sonidos que se asemejan a rezos. Estas letanías que se disipan por la capilla, son fragmentos de textos extraídos del CDXT; específicamente, se trata de diversas definiciones de ruido que, en conjunto, producen un nuevo ruido. Las grabaciones de los susurros provienen de las voces de trabajadores del museo, habitantes cotidianos de este espacio.*

#### **4. Metodología**

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

Como he mencionado antes, en los proyectos de este informe, apliqué las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top), lo cual me ayudó a abordar mi diseño desde una perspectiva jerárquica. En este caso, partiendo de la funcionalidad general solicitada, para continuar con un análisis de la solución y elección de materiales eléctricos o componentes electrónicos, para adecuar los dispositivos a utilizar, de acuerdo a la aplicación solicitada y la subsecuente instalación final en sitio.

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

Los dispositivos que fueron proporcionados para esta instalación tienen las siguientes características generales:

- **Emisión de audio (reproductor de audio portátil con amplificación y bocina incluida):** Dispositivo comercial proporcionado por el artista.
  - Voltaje de alimentación: 5 VDC
  - Corriente máxima: 200 mA
  - Formatos admitidos: MP3 y WAV
  - SD compatibles: 2 GB ≤ en FAT16 o FAT32



- SDHC compatibles: 32 GB en FAT16 o FAT32
- Niveles de volumen: 30
- Frecuencias de muestreo: 8, 11.025, 12, 16, 22.05, 24, 32, 44.1, 48 KHz.
- Tasa de transmisión: 9600 bps.
- Estéreo, Potencia RMS: 0.8 W
- Salida de altavoz: 8  $\Omega$  5W Máx.
- Jack 3.5mm para salida de audio.
- Eficiencia: > 90%
- Rango de Temperatura:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$
- Nivel medio de presión sonora (sensibilidad): 90 dB/W
- Dimensiones: diámetro 50 mm  $\varnothing$  y ancho 30mm.
- Peso: 25 g
- Controles: reproducción, stop, pausa, selección de música, volumen.

### **Operación del circuito:**

- Externa.
- Conexión en circuito reproductor de audio comercial proporcionado, para que reproduzca ininterrumpidamente un audio.

Realicé la conexión necesaria dentro de los circuitos de una serie de reproductores de audio seleccionados previamente por el artista, para que reprodujeran continuamente un audio y armado de cables de audio para la instalación en sitio.

### **Resultados**

En conjunto con el líder del proyecto, se llevaron a cabo las pruebas de funcionamiento. No hubo necesidad de realizar ajuste alguno. La instalación fue expuesta en el museo Ex Teresa, en 2016.

En parámetros eléctricos, el diseño final opera:

- Voltaje de alimentación: 5 VDC
- Corriente promedio de consumo: 100 mA (variable dependiendo de la potencia de salida de audio)
- Potencia de salida de audio promedio: 0.8 Wrms.

### **Evidencias**

En la Fig. 43 se observa detalle de la instalación sonora Noise(s) / Ruido(s) en el museo ExTeresa en 2016. Imagen del artista.



Fig. 43

### **8. Conclusiones.**

Puse en práctica conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con circuitos y dispositivos electrónicos, para intervenir el circuito de los dispositivos proporcionados y para realizar las conexiones necesarias para la instalación. Obtuve un

producto bajo requerimientos de terceros, que van desde aspectos artísticos hasta técnicos, para la instalación final.

Como menciona Félix Blume (2016):

*Esta obra se inscribe en la memoria sonora de Ex Teresa, un edificio donde se practicaba la vida religiosa y la liturgia católica. La sensación que provoca la instalación cuando se escucha a la distancia busca evocar sonidos que se asemejan a rezos. Estas letanías que se disipan por la capilla, son fragmentos de textos extraídos del CDXT; específicamente, se trata de diversas definiciones de ruido que, en conjunto, producen un nuevo ruido. Las grabaciones de los susurros provienen de las voces de trabajadores del museo, habitantes cotidianos de este espacio.*

En este proyecto, mi participación fue relacionada con la intervención electrónica de 10 reproductores de audio e instalación en el recinto.

## **9. Referencias y anexos.**

Se encuentran en las referencias citadas.

Paralelamente a proyectos como los mencionados anteriormente y después de la grata primer experiencia asesorando proyectos estudiantiles y proyectos de tesis de Diseño Industrial, apoyando en clases e impartiendo mis primeros cursos y Talleres, como mencioné antes, me di cuenta del gusto por la docencia relacionada con Electrónica Digital y Computación física con un enfoque en Arte y Diseño Electrónico/Multimedia. Fue así que comencé a realizar Talleres en espacios como la Unidad de Vinculación Artística del CCUT de la UNAM o el Centro Cultural de España en México, entre otros.

### **Cursos que impartí en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM.**

**Proyecto:** Cursos impartidos en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM.

**Propuesta original (autor):** Cecilia Sánchez Nava.

**Participación:** Creación de propuesta de cursos, gestión, planeación, diseño de contenidos, producción e impartición de los cursos, así como desarrollo de las herramientas pedagógicas y sistemas electrónicos digitales implementados en ellos.

### **Fechas importantes:**

- Impartición del curso "**Arduino y Bichos lumínicos**" de 2011 a 2019.
- Impartición del curso "**e-Textil & wearable**" de 2016 a 2019.

**Lugar:** Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM.

### **1. Resumen**

En la Unidad de Vinculación Artística del CCUT de la UNAM, impartí cursos de Computación Física y Electrónica para fines creativos y de e-Textiles y wearables para público joven y adulto (se adjunta constancia), titulados "**Arduino y Bichos lumínicos**" de 2011 a 2019 y el curso "**e-Textil & wearable**", de 2016 a 2019.

**En estos cursos, yo diseñé, planeé y desarrollé los contenidos, ejercicios y sistemas electrónicos digitales implementados en cada una de las clases. Con los**

**cuales, en la etapa final de cada Taller, l@s alumn@s desarrollaron proyectos específicos, a los cuales di asesoría para su realización.**

Dada la naturaleza de estos proyectos, su desarrollo será de manera descriptiva.

## **2. Introducción**

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

Uno de los objetivos de estos cursos ha sido dar un acercamiento a herramientas auxiliares en el desarrollo de proyectos que vinculan Arte, Diseño y disciplinas afines, con medios electrónicos y/o digitales y Computación Física, utilizando la plataforma de desarrollo Arduino. Ambos cursos se desarrollaron en ciclos de duración de cuatro meses (de Septiembre a Diciembre y de Febrero a Mayo) cada uno, con sesiones semanales de cuatro horas; y con un promedio de 15 participantes en cada ciclo.

Much@s de l@s participantes de estos cursos eran estudiantes de Artes Visuales, Diseño Gráfico, Industrial e Integral, Diseño textil y/o de moda, o bien se encontraban en un periodo previo a ingresar a licenciatura y/o también recién egresad@s. Personas interesadas en realizar proyectos de Arte o Diseño Electrónico, Multimedia e interactivo; quienes en ese momento no encontraban una oferta académica formal en Arte o Diseño que incluyera en su plan curricular materias vinculadas a nuevas tecnologías, computación, electrónica digital, mecatrónica, entre otras.

Si bien la mayoría de l@s participantes eran de estas disciplinas, también hubo participantes estudiantes de Ingeniería en Computación o Electrónica, Filosofía, Psicología, Pedagogía, Matemáticas y Biología.

- **Alcance del proyecto.**

En estos cursos, l@s participantes aprendieron principios básicos de Electrónica analógica y digital, además de Computación física utilizando el IDE Arduino, uso de distintos sensores y actuadores, además de diseño básico de circuitos electrónicos

impresos y fabricación de PCB's, además de uso básico de instrumentación de medición, como el multímetro y de soldadura de componentes electrónicos, de tal forma que las y los participantes desarrollaran un proyecto aplicativo propuesto por ell@s.

El proyecto fue validado en su aplicación por la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, que en cada ciclo dio constancia a las personas que tomaron los cursos, y también a través de una muestra final en sus instalaciones, de los proyectos desarrollados en cada curso.

### **3. Marco Teórico.**

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.
  - Diseño Digital.
  - Instrumentación Electrónica (sensores y actuadores).
  - Sensores y Actuadores.
  - Electrónica Digital.
  - Microprocesadores y Microcontroladores.
  - Programación en Lenguaje C.

En todos los proyectos he aplicado conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica, como las enlistadas anteriormente, que incluyen aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas con los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos, conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos y puse en práctica conceptos del Diseño Digital. Apliqué conceptos de Instrumentación Electrónica para

analizar y seleccionar sensores y actuadores a utilizar en estos cursos, basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.). Diseñé las Arquitecturas Electrónicas en diferentes niveles de abstracción, hasta definir los elementos constitutivos y las características de las señales de interconexión necesarias para los circuitos implementados en los ejercicios de los cursos, en lo que programé el Sistema Electrónico Digital basado en el Microcontrolador Atmega328P. Apliqué herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Impartí la sección relacionada con el diseño básico de PCB, utilizando software CAD Eagle. En cada ciclo, en conjunto con la contraparte institucional, validé y expuse los proyectos desarrollados por l@s participantes de los cursos.

### **Estado del arte.**

Un aspecto a destacar de estos cursos, enmarcados en el Arte Multimedia y electrónico, es por ejemplo el que much@s participantes de estos cursos eran estudiantes de Artes Visuales, Diseño Gráfico, Industrial e Integral, Diseño textil y/o de moda, o bien se encontraban en un periodo previo a ingresar a Licenciatura y/o también recién egresad@s.

Es decir, personas interesadas en realizar proyectos de Arte o Diseño Electrónico, Multimedia e interactivo; quienes en ese momento **no** encontraban una oferta académica formal en Arte o Diseño que incluyera en su plan curricular materias vinculadas a nuevas tecnologías, computación, electrónica digital, mecatrónica, entre otras. Por ello estaban muy interesad@s en tomar estos cursos y aplicar lo aprendido en sus proyectos creativos.

Como mencioné antes, si bien la mayoría de l@s participantes eran de estas disciplinas, también hubo participantes estudiantes de Ingeniería en Computación o Electrónica, Filosofía, Psicología, Pedagogía, Matemáticas y Biología.

#### 4. Metodología

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

En los cursos que he impartido, he utilizado metodologías steAm y de aprendizaje colaborativo o DIWO (Do it with others)<sup>68</sup> como método creativo, además de aprendizaje basado en proyectos. Utilizando herramientas tecnológicas abiertas como el IDE Arduino. Aplicando técnicas y procesos que tocan elementos de *circuit bending*<sup>69</sup>, intervención básica de hardware, diseño básico de circuitos electrónicos impresos, entre otros. Además de realizar los cursos con una perspectiva de OSHW (open source hardware)<sup>70</sup>.

Por otro lado, al asesorar los proyectos aplicativos, también utilicé las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top), a fin que l@s participantes abordaran sus proyectos partiendo de la funcionalidad general planteada (Top), para continuar con un análisis de la solución de diseño electrónico, desde las bases teóricas (Down), elección de dispositivos y componentes electrónicos, hasta desarrollar el sistema electrónico digital correspondiente (Top).

A continuación, el diseño general de los sistemas electrónicos digitales realizados durante estos cursos. (Fig. 44):

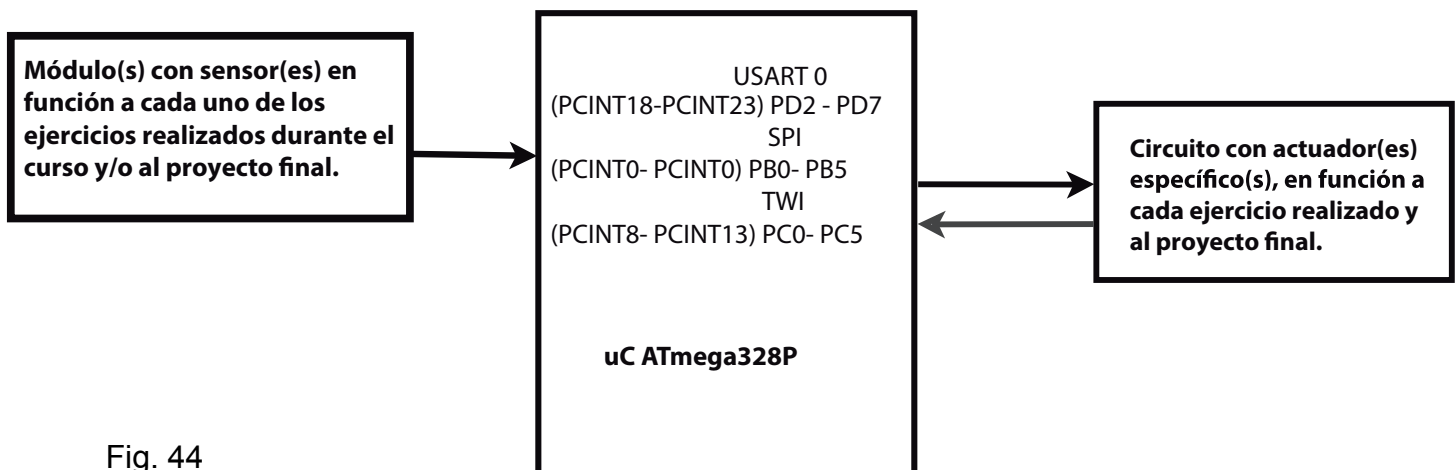


Fig. 44



Como en los otros proyectos expuestos, un aspecto importante en mi selección de dispositivos del sistema es evitar en la medida de lo posible, la obsolescencia programada, de tal forma que todos los dispositivos y circuitos electrónicos empleados no estén clasificados como obsoletos o bajo recomendación alguna de evitarlos para su uso en nuevos diseños. Por otro lado, también a fin de evitar en la medida de posible compra de sensores o actuadores de "un único uso", los que fueron utilizados para los ejercicios durante los cursos, se reutilizaron en cada nuevo curso, excepto los correspondientes a los proyectos finales, de los cuales cada participante se hizo cargo.

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

El dispositivo medular para el sistema es el de procesamiento de la información. Los antecedentes directos me llevan a plantear el utilizar los microcontroladores asimilados en mis estudios de licenciatura, como por ejemplo:

- TM4C1294NCPDT de Texas Instruments.
- MPS430 de Texas Instruments.
- Atmega328P de ATMEL (actualmente Microchip).
- PIC16F18855 de Microchip.
- Arquitectura a la medida en CPLD o FPGA de Altera o Xilinx.

La selección final se fundamenta en:

- Capacidad de procesamiento y puertos de comunicación.
- Escalabilidad.
- Vigencia (obsolescencia).
- Accesibilidad (Licencias de herramientas de desarrollo).
- Tiempo de desarrollo (Time to Market).
- Costo.

En el caso de la velocidad de operación, todos los posibles dispositivos mencionados, exceden por mucho la(s) frecuencia(s) de operación requerida(s).

Selección:

- **Procesamiento:** Atmega328P. Es el que responde satisfactoriamente a todos los puntos establecidos anteriormente.
  - Formato encapsulado DIP: SPDIP-28
  - Pines: 28
  - Memoria FLASH: 32KB
  - Memoria RAM: 2KB
  - Memoria EEPROM: 1KB
  - Frecuencia de funcionamiento: 20MHz máx.
  - CPU: 8-bit AVR
  - Pines de entrada/salida: 23
  - Entradas analógicas (ADC 10-bit): 6
  - Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 5 VDC
  - Temperatura de trabajo: -40 °C a 105 °C
  - Interfaces I2C, SPI, UART.
  
- **Adquisición de datos/señales:** A continuación, se enlistan algunos de los sensores utilizados en los cursos:
  
- **Módulo con sensor ultrasónico HC-SR04<sup>71</sup>**
  - Voltaje de alimentación: 5V DC
  - Corriente de operación: 15 mA
  - Rango mínimo de medición: 2 cm aprox.
  - Rango máximo de medición: 400 cm aprox.
  - Frecuencia de trabajo: 40 KHz

- Ángulo de medición efectivo:  $< 15^\circ$
  - Precisión:  $\pm 3\text{mm}$
  - Señal de entrada de Trigger (nivel TTL):  $10\ \mu\text{s}$
  - Señal de salida de Echo (nivel TTL):  $100\text{-}25000\ \mu\text{s}$  (señal de nivel TTL con rango en proporción a la distancia).
  - Tiempo mínimo de espera entre mediciones:  $20\ \text{ms}$
- **Módulo con sensor PIR (sensor piróxico IR) HC-SR501<sup>72</sup>**
- Voltaje de alimentación:  $3\ \text{VDC}$  a  $15\ \text{VDC}$
  - Voltaje de salida (TTL):  $3.3\ \text{VDC}$
  - Consumo de corriente en reposo:  $< 50\ \mu\text{A}$
  - Corriente de operación:  $70\ \text{mA}$
  - Distancia de detección:  $3\text{m}$  a  $7\ \text{m}$
  - Ángulo de detección:  $90^\circ$  a  $110^\circ$
  - Respuesta espectral:  $5\ \mu\text{m}$  a  $14\ \mu\text{m}$
  - Intervalo de tiempo de señal de detección:  $5\text{s}$
  - Temperatura de operación:  $-30^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$
  - Con lente Fresnel para detección de cuerpo humano.
  - Pulso de salida simple o continuo y retardo, ajustables.
- **Módulo con sensor óptico reflexivo CNY70<sup>73</sup>**
- $V_{\text{Forward}}$  Emisor (LED IR):  $1.25\ \text{VDC}$  a  $1.6\ \text{VDC}$  .  $I_{\text{F}} = 50\text{mA}$
  - $V_{\text{CE}}$  Detector (fototransistor):  $5\ \text{V DC}$ .  $I_{\text{C}} = 100\ \mu\text{A}$
  - Distancia de operación:  $0.3\ \text{mm}$
  - Longitud de onda:  $950\ \text{nm}$
  - Protección contra luz ambiental.
  - Potencia de disipación:  $200\ \text{mW}$

- Temperatura de operación: -55 °C a 85 °C
- **Sensor de temperatura en grados centígrados LM35<sup>74</sup>**
    - Voltaje de alimentación: 4 VDC a 30 VDC
    - Rango de medición: -55°C a +150°C (únicamente con el sensor) o de +2°C to +150°C (con conexión para rango completo de temperatura en centígrados).
    - Factor lineal de escala: +10.0 mV/°C
    - Exactitud: 0.5°C @ +25°C
    - Corriente de operación: < 60 µA
    - Voltaje de salida: 1.0 VDC - 6VDC
    - Corriente de salida: 10 mA
    - Auto calentamiento mínimo: 0.08°C en aire sin movimiento.
    - Impedancia de salida: 0.1 W para una carga de 1 mA.
- **Sensor de flexión resistivo de Spectrasymbol<sup>75</sup>**
    - Resistencia plana: 23 KΩ ± 30%
    - Rango de resistencia de flexión: de 45KΩ a 130KΩ ±30% (dependiendo del radio de flexión).
    - Potencia nominal: 0.5 W.
    - Temperatura de operación: -35°C a 80°C
- **Fotoresistor (LDR Serie GL55)<sup>76</sup>**
    - Voltaje máximo de operación: 150 VCA
    - Resistencia en oscuridad: 2 MΩ
    - Resistencia máxima bajo luz (10 Lux): 18 KΩ a 50 KΩ
    - Potencia de operación: 100 mW

- Corriente de operación: 15 mA
  - Temperatura de trabajo: -30°C a 70°C
- **Sensor de Temperatura y humedad relativa DHT22 (AM2302)<sup>77</sup>**
- Voltaje de alimentación: 3.3 VDC a 6VDC
  - Elemento de sensor: capacitor de polímero.
  - Rango de operación: Humedad 0% a 100% RH; Temperatura -40°C a ~ 80°C
  - Exactitud: Humedad  $\pm 2\%$  RH ( Max  $\pm 5\%$  RH); Temperatura  $< \pm 0.5$  °C
  - Resolución: Humedad 0.1% RH; Temperatura 0.1 °C
  - Periodo de detección promedio: 2s
  - Distancia máxima de transmisión alámbrica: 20 m
  - Señal de salida: Señal digital pre calibrada, vía un bus sencillo.
- **Módulo sensor de ritmo cardiaco tipo XD-58C<sup>78</sup>**
- Voltaje de alimentación 3.3 VDC a 5 VDC
  - Voltaje de alimentación de AmpOp de entrada diferencial: 1.8 VDC a 3.3 VDC
  - Voltaje de salida: 0 VDC a  $V_s$  (3.3 VDC a 5 VDC)
  - Longitud de onda máxima de LED: 515 nm
  - Corriente de LED: 0 mA a 50 mA.
  - Temperatura de operación: -40°C a 85°C
- **Módulo con CI acelerómetro ADXL345 GY-291.<sup>79</sup>**
- Voltaje de alimentación : 3.3 VDC a 5 VDC
  - Voltaje de alimentación de CI: 2.0 VDC to 3.6 VDC
  - Voltaje de I/O: 1.7 V to  $V_s$
  - Corriente de operación: 40  $\mu$ A

- Corriente en reposo: 0.1  $\mu$ A
  - Temperatura de operación:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$
  - Interfaces digitales SPI (3- y 4 hilos) @ 5 MHz e I2C (2 hilos) @ 100kHz-400kHz
  - Resolución de medición: 10-bit (por default) hasta 13-bit @ hasta  $\pm 16$  g.
  - Rangos de medición y ancho de banda seleccionable vía comando serie.
  - Grados de libertad ( DoF ): 3
  - Rango de medición:  $\pm 2$ g,  $\pm 4$ g,  $\pm 8$ g,  $\pm 16$ g
  - Detección: caída libre, actividad/inactividad.
- **Elemento piezoeléctrico** (tipo buzzer de 3.8 kHz).
    - Frecuencia de resonancia:  $6.0 \pm 0.6$  KHz
    - Impedancia de resonancia:  $< 500 \Omega$  max.
    - Capacitancia estática:  $12 \text{ nF} \pm 30\%$
- **Push button genérico de dos terminales.**
    - Voltaje máximo de operación: 24 VDC
    - Corriente máxima de operación: 50 mA
    - Pines: 2
    - Configuración de contacto: SPST (1 polo, 1 tiro)
    - Tipo de contacto: normalmente abierto.
    - Corriente de contacto mínimo:  $10 \mu\text{A}$  a 1 VDC
    - Resistencia de contacto máxima:  $100 \text{ m}\Omega$
    - Resistencia de aislamiento mínima:  $100 \text{ M}\Omega$
    - Fuerza de actuación: 1.6N a 2.6 N (160gf a 260 gf)

- **Potenciómetros** rotativos (lineales y logarítmicos), de diferentes valores, como 100KΩ, 1MΩ
  - Voltaje máximo de operación: 150V DC
  - Potencia nominal: 0.2 W
  - Pines: 3
  - Temperatura de operación: -10°C a 85°C

**Emisión de señales.** A continuación, se enlistan algunos de los actuadores utilizados en los cursos:

- **LEDs RGB de cátodo común (radial<sup>80</sup> y/o SMD<sup>81</sup>)**
  - $V_F$  Rojo: 1.9 VDC a 2.5 VDC
  - $V_F$  Verde: 2.9 VDC a 3.5 VDC
  - $V_F$  Azul: 2.9 VDC a 3.5 VDC
  - Corriente  $I_F$ : 20 mA
  - Longitud de onda de emisión pico promedio (radial). R: 640nm, G: 525nm, B: 465 nm
  - Longitud de onda (SMD): 617 ~ 627nm Rojo, 515 ~ 525nm Verde, 464 ~ 474nm Azul.
  - Intensidad luminosa (SMD): 460 mcd Rojo, 1300 mcd Verde, 270 mcd Azul @ 20mA.
  - Voltaje de alimentación de módulo con LED: 3.3 VDC a 5 VDC
  - Potencia disipada promedio (radial): 140 mW
  - Potencia disipada promedio (SMD): 75 mW Rojo, 105 mW Verde, 105 mW Azul
  - Ángulo de visión (radial): 40° a 50°
  - Ángulo de visión (SMD): 120°
  - Material de color emitido: AlGaInP Red; InGaN Green, InGa1N Blue
  - Temperatura de trabajo promedio: -40°C a +85°C

- **LEDs direccionales RGB con CI WS2812.**<sup>82</sup>
  - Voltaje de alimentación: 5 VDC (3 VDC a 7 VDC )
  - Voltaje de datos digitales: 5 VDC
  - Voltaje de alimentación por color: R 1.8 - 2.2 VDC, G 3 - 3.2 VDC, B 3.2 - 3.4 VDC.
  - Corriente promedio por canal RGB : 20mA
  - Longitud de onda: R 620 - 630 nm, G 515 - 530 nm, B 465 - 475 nm.
  - Intensidad lumínica: R 550 - 700 mCd, G 110 - 1400 mCd, B 200 - 400 mCd.
  - Ángulo de visión:120°
  - Interfaz UART.
  - Resolución de color: 8 bits (0-255)
  - Frecuencia de operación: 800 kHz
  - Velocidad de transmisión de datos promedio: 400 Kbps a 800 Kbps
  - Tiempo de retraso de transmisión: 300ns
  - Temperatura de trabajo: -55°C a 150°C
  - Empaquetado tipo 5050 SMD.
  
- **Display LCD 16 x 2 monocromático (SLC1602C Series).**<sup>83</sup>
  - Voltaje de alimentación: 4.8 VDC a 5.2 VDC
  - Corriente de alimentación para backlight: 25 mA
  - Interfaz: 8-bit Paralelo, 6800 4-bit Paralelo
  - Resolución: 16 caracteres x 2 filas.
  - Tamaño de punto: 0.55×0.60 mm
  - Paso (pitch) de punto: 0.60 ×0.65
  - Controlador: AIP31066, HD44780, KS0066 , SPLC780 , ST7066 o equivalente
  - Número de pines: 16
  - Empaquetado de IC: COB
  - Temperatura de trabajo: -20°C a 70°C



- **servomotor SG90 RC 9g<sup>84</sup>**
  - Voltaje de alimentación: 5 VDC (rango de 4.8 VDC a 6 VDC)
  - Grados / Ángulo de rotación máximo: 0° a 180°
  - Velocidad de operación: 0.1 s /60°
  - Torque de parada: 1.8 kgf·cm
  - Ancho de banda "muerto": 10 μs
  - Engranajes: Nylon
  - Temperatura de trabajo: -30 °C a +60 °C
  - Peso: 9 g
  
- **Motor DC** genérico 3V 8000 RPM
  - Voltaje de alimentación: 3 VDC a 6 VDC
  - Peso: 15g
  - Escobillas metálicas
  - Temperatura de trabajo: -10°C a 60°C
  - Corriente de operación: 350 mA a 400 mA
  - Corriente sin carga: 70 mA
  - RPM nominal: 8000
  - Dimensiones: 25mm x 15mm x 20mm
  - Diámetro del eje: 2mm
  
- **Motor a pasos 28BYJ-48** con controlador CI ULN2003 <sup>85</sup>
  - Voltaje de alimentación de motor: 5 VDC
  - Consumo promedio: 55 mA
  - Número de fases: 4
  - Ángulo por paso: 5.625°
  - Relación de reducción (mediante engranajes): 1/64

- 1 Paso de  $5.625/64 = 0.088^\circ$
  - Arrastre en torque: 300 gf.cm
  - Torque de tracción:  $> 34.3\text{mN.m}$  (120Hz)
  - Torque de auto posicionamiento:  $> 34.3\text{ mN.m}$
  - Torque de fricción: 600 gf.cm - 1200 gf.cm
  - Resistencia DC (embobinado):  $50\ \Omega \pm 7\%$  (@  $25^\circ\text{C}$ )
  - Resistencia de aislamiento  $> 10\ \text{M}\Omega$
  - Potencia eléctrica aislada: 600 VCA/ 1 mA/ 1 s
  - Grado de aislamiento: A
  - Aumento de temperatura  $< 40\ \text{K}$  (120 Hz)
  - Ruido  $< 35\ \text{dB}$  (120 Hz, sin carga, 10 cm)
  - Voltaje de alimentación de controlador ULN2003: 5V o 12V
  - Frecuencia máxima: 100Hz
  - Delay: 10 ms
  - Peso: 41 g
- **Altavoz genérico** de  $8\ \Omega$  y  $P_{\text{RMS}}$ : 1 W.
- Altavoz, impedancia:  $8\ \Omega$  y  $P_{\text{RMS}}$ : 1 W.
  - Potencia RMS: 1 W
  - Impedancia:  $8\ \Omega$
  - Nivel medio de presión sonora (sensibilidad):: 86 dB/W
  - Respuesta en Frecuencia: 0.45 a 5 kHz
  - Distorsión Armónica:  $\leq 5$  (TMD%)
  - Frecuencia de resonancia: 50 Hz / 52 Hz
  - Altura del embobinado: 13 mm
  - Diámetro de corte: 50 mm  $\varnothing$
  - Peso: 14 g

- **Elemento piezoeléctrico** (tipo buzzer de 3.8 kHz).
  - Frecuencia de resonancia:  $6.0 \pm 0.6$  KHz
  - Impedancia de resonancia:  $< 500 \Omega$  max.
  - Capacitancia estática:  $12 \text{ nF} \pm 30\%$

A su vez, para realizar interconexión de los actuadores, durante los cursos utilicé componentes discretos como resistores de carbón y capacitores de distintos valores, MOSFETs, transistores de señal pequeña y Darlington (MPSA13, por ejemplo), relevadores, puentes H, y/o módulos como elevadores de Voltaje (Boost Step Up), entre otros.

#### **Operación de los circuitos desarrollados en los cursos:**

- Embebidos a los proyectos finales.
- Detección de señales a través de distintos sensores
- Reacciones lumínicas, mecánicas, sonoras o envío de datos vía serial (UART) a otro software para control de audiovisuales.

#### **Resultados**

**Como mencioné antes, en estos Talleres yo diseñé y desarrollé los contenidos, ejercicios y sistemas electrónicos digitales implementados en cada una de las clases.** A partir de los cuales, en la etapa final de cada Taller, l@s alumn@s desarrollaron proyectos específicos, a los cuales di asesoría y acompañamiento para su realización.

En general, realicé desde el análisis y planeación de contenidos y ejercicios. De igual forma, elección de componentes electrónicos, sensores, actuadores y materiales a utilizar en cada uno de ellos y el correspondiente diseño de los circuitos electrónicos implementados en los ejercicios del curso, que implicaron Diseño, programación y

construcción de los sistemas electrónicos digitales basados en un microcontrolador Atmega328P, incorporando tarjetas de desarrollo Arduino, a fin de utilizar una herramienta de diseño abierto con la que l@s participantes pudieran continuar experimentando, aprendiendo y aplicando en sus futuros proyectos, además de agilizar tiempos de producción. Un ejemplo de esto, es el colectivo de diseño multimedia F3, quienes fueron alumn@s en uno de los cursos.

Los sistemas electrónicos digitales desarrollados en éstos cursos fueron realizados tanto para un funcionamiento autónomo, como para realizar sistemas embebidos al interconectar las interfaces tangibles de usuari@ ( con diferentes sensores y/o actuadores) con software como Processing o SuperCollider, para realizar aplicaciones audiovisuales interactivas mediante protocolo de comunicación serial.

De igual forma, di una introducción general a l@s participantes de cómo leer información de las hojas de datos de los componentes electrónicos utilizados en el curso, para considerar limitantes y uso adecuado de los dispositivos.

Finalmente, al comprobar la correcta operación validada por mi y por el personal de la UVA, se realizó la instalación para las muestras finales en sitio. Los diseños de PCB fueron realizados con el software de diseño Eagle.

En parámetros eléctricos, en general los diseños realizados en los cursos operan:

- Voltaje de alimentación: 5 VDC
- Corriente promedio de consumo: 80 mA - 150 mA (variable dependiendo de las cargas utilizadas en los proyectos y potencias de salida)

## Evidencias

Un ejemplo de los proyectos realizados por participantes de mi curso "Arduino y Bichos lumínicos", fue la instalación interactiva lumínica-audiovisual "Interfaz Física de Exploración" realizada por por I@s alumn@s Michelle Florencia de la Campa y José María Hernández Peña en 2013. La cual de acuerdo con ell@s: *es la "conceptualización de una máquina de exploración futurista basada en la visión de ciencia ficción de los 90's y el cómo se establece la interacción física máquina-humano. Conceptualmente, ésta máquina compara la exploración espacial con la del océano profundo, arrojando información basada en "los estudios del Dr. Paul Bunje (Senior Director of Prize Development and Ocean Health at the XPRIZE Foundation) y Alexandra Hall (Senior Director of Google Lunar XPRIZE), que concluye en una reflexión sobre cada entorno, desde la perspectiva terrestre: el espacio exterior es una frontera lejana, el océano es una frontera aún más lejana (Michelle F de la Campa, José M. Hernández, 2013)".* Este proyecto fue realizado con IDE Arduino, IDE Processing, electrónica analógica y digital personalizada e iluminación LED (se adjunta vídeo del proyecto) .

La instalación consta de:

- Una interfaz tangible de usuari@ (TUI) con tres sensores infrarrojos para detectar proximidad. Cuando la persona usuaria acerca alguna de sus manos a cualquiera de los sensores, se ilumina la sección correspondiente con luz blanca, y a su vez se activan respectivamente tres ventiladores que elevan prismas lumínicos. La interfaz cuenta con un interruptor para cambiar el color de iluminación de los prismas. La TUI fue desarrollada mediante programación en IDE Arduino, circuitos electrónicos personalizados e iluminación LED.
- Un visual interactivo programado con IDE Processing que despliega información y un sonido característico, de acuerdo con el sensor y prisma lumínico activados en la TUI. Este visual puede ser proyectado o mostrado vía un monitor.

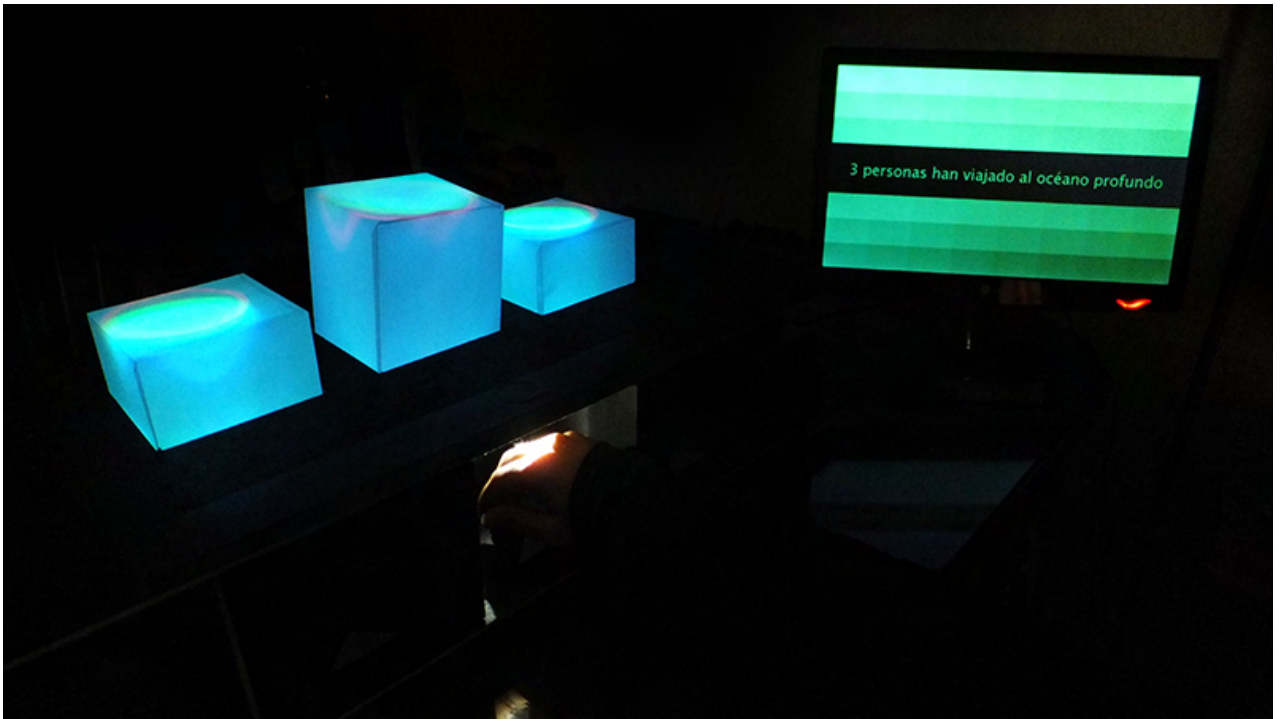


Fig. 45



Fig. 46

Fig. 45 y Fig. 46. Detalle del proyecto "Interfaz Física de Exploración" realizada por dos alumn@s, como resultado del curso de "Arduino y bichos lumínicos" que impartí en la UVA del CCUT, UNAM, de Septiembre a Diciembre de 2013.



Fig. 47. Durante la muestra final de proyectos del ciclo 6 de la UVA del CCUT, UNAM. Diciembre de 2013.

Este proyecto es uno de los que recuerdo con mucho gusto. **En general, l@s participantes de estos cursos aprendieron bases de Electrónica analógica y digital, además de Computación Física mediante IDE Arduino, para desarrollar un proyecto interactivo específico.** En este proyecto por ejemplo, la detección de proximidad de la mano de la persona usuaria fue realizada mediante un sensor infrarrojo. En aquel entonces no eran populares - como hoy día - los módulos comerciales con sensores, así que a partir de lo aprendido en el curso, l@s participantes realizaron un circuito para detección de proximidad utilizando LEDs IR, resistores y fototransistores, y realizaron el diseño de PCB del "shield" para conectarlo a la placa Arduino. Para el control de los ventiladores que elevaban los prismas y encendido de la luz LED blanca en la parte inferior de la TUI, utilizaron un MOSFET de canal N tipo IRF520N. Por otro

lado, el equipo integró un control sencillo para el cambio de color con un interruptor y LEDs RGB. Finalmente, la interfaz enviaba información vía comunicación serie a una aplicación audiovisual programada mediante IDE Processing.

Una de las intenciones en estos cursos también es que l@s participantes exploren las posibilidades de herramientas de fuente abierta como lo es el proyecto de hardware abierto Arduino o de software libre, como el IDE Processing por ejemplo. Pero también, que aprendan elementos básicos de diseño de placas de circuito impreso mediante herramientas como el CadSoft Eagle y fabricación básica de PCB's, en este caso a fin de que implementaran un "shield" personalizado de acuerdo a cada proyecto, para conectarse a la placa Arduino.

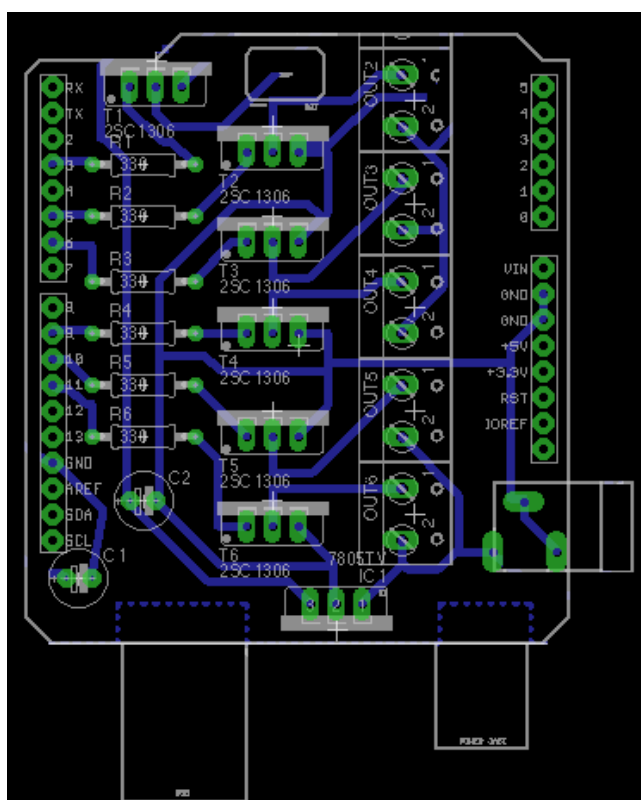


Fig. 48

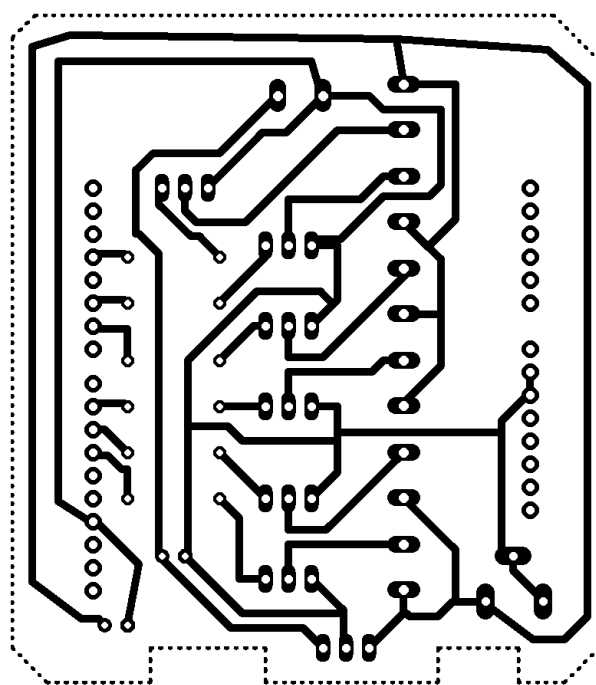


Fig. 49.

Fig. 48 y Fig. 49. Detalle de dos diseños de PCB's de proyectos desarrollados por mis alumn@s durante el curso "Arduino y Bichos Lumínicos", que impartí de 2011 a 2019 en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM.



## 8. Conclusiones.

Puse en práctica los conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con el diseño de sistemas electrónicos basados en microcontroladores, dispositivos y circuitos electrónicos, entre otros. Obteniendo en cada ciclo, productos (en este caso, los proyectos finales) bajo requerimientos que van desde aspectos artísticos, ambientales, reducidos en obsolescencia programada y diseñados para su escalabilidad, en caso de haberla.

Uno de los objetivos de estos cursos ha sido dar un acercamiento a herramientas para el desarrollo de proyectos que vinculan Arte, Diseño y disciplinas afines, con medios electrónicos digitales y Computación Física, mostrando la importancia de la ingeniería y el ingenio dentro del proceso creativo, para solucionar un problema de estudio. Siendo un reto agradable, el llevar conceptos complejos relacionados con ingeniería electrónica hacia un ámbito creativo y cómo es posible comprender dichos conceptos de manera práctica. Por otro lado, en cada ciclo hice una autoevaluación y una evaluación en conjunto con l@s participantes, a fin de mejorar técnicas de enseñanza, ejercicios y en general, las metodologías aplicadas en estos cursos.

L@s participantes exploraron las posibilidades del uso de herramientas de fuente abierta como el IDE de hardware abierto Arduino o de software libre, como el IDE Processing por ejemplo. Aprendieron principios básicos de Electrónica analógica y digital, además de diseño básico de circuitos electrónicos impresos y fabricación de PCB's, además de uso básico de instrumentación de medición como el multímetro y soldadura de componentes electrónicos, de tal forma que las y los participantes desarrollaran un proyecto aplicativo propuesto por ell@s.

Otro elemento a recalcar es que, como comenté antes, much@s de l@s participantes de estos cursos eran estudiantes de Artes Visuales, Diseño Gráfico, Industrial e Integral, Diseño textil y/o de moda, o bien se encontraban en un periodo previo a ingresar a Licenciatura y/o también recién egresad@s. Personas interesadas en realizar proyectos de Arte o Diseño Electrónico, Multimedia e interactivo; quienes en ese momento no

encontraban una oferta académica formal en Arte o Diseño que incluyera en su plan curricular materias vinculadas a nuevas tecnologías, computación, electrónica digital, mecatrónica, entre otras. Aunque, como comenté antes, si bien la mayoría de I@s participantes eran de estas disciplinas, también hubo participantes estudiantes de Ingeniería en Computación o Electrónica, Filosofía, Psicología, Pedagogía, Matemáticas y Biología.

## **9. Referencias y anexos.**

Además de las referencias citadas, incluyo especificaciones de componentes utilizados en el proyecto.

A continuación abordaré algunos ejemplos de los Talleres que **he impartido** desde 2015 en colaboración con el CCEMx, dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital.

## **Talleres que impartí sobre Computación física y Electrónica creativa para niñas, niños y jóvenes, con el Centro Cultural de España en México.**

**Proyecto:** Cursos impartidos sobre Computación física y Electrónica creativa para niñas, niños y jóvenes, con el Centro Cultural de España en México.

**Propuesta original (autor):** Cecilia Sánchez Nava.

**Participación:** Creación de propuesta de cursos, gestión, planeación, diseño de contenidos, producción e impartición de los cursos, así como desarrollo de las herramientas pedagógicas y sistemas electrónicos digitales implementados en ellos.

### **Fechas importantes:**

- Impartición de cursos desde 2015 a la actualidad.

**Lugar:** Algunos de los lugares donde se han llevado a cabo son el Centro de las Artes de San Agustín Etna, en Oaxaca; el Centro Cultural González Gallo en Chapala, Jalisco; en Fundación Renacimiento; en escuelas públicas de Educación Básica (Primaria y Secundaria) y en la Red de FAROS en Ciudad de México, entre otras sedes.

### **1. Resumen**

Desde 2015 he impartido diversos cursos y talleres relacionados con Tecnologías creativas, Arte Electrónico, Tecnología wearable y Computación física creativa para niñas, niños y jóvenes en el Centro Cultural de España en México, perteneciente a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID (se adjunta carta constancia). Primero, dentro del proyecto llamado Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del CCEMx/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria “la Caixa” y el Ateneo Español. Todos los talleres han tenido ese enfoque en Ciudadanía Digital y educación steAm. Si bien la mayor parte ha sido para público infantil y adolescente, también han habido talleres para público adulto. Dichos talleres han sido realizados en lugares como el Centro de las Artes de San Agustín Etna, en Oaxaca; el Centro Cultural González Gallo en Chapala, Jalisco; en Fundación Renacimiento; en

escuelas públicas de Educación Básica (Primaria y Secundaria) y en la Red de FAROS en Ciudad de México, entre otras sedes. Es importante recalcar que en esta plataforma, todos los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes.

**En estos cursos, yo diseñé, planeé y desarrollé sus contenidos, ejercicios y sistemas electrónicos digitales implementados en cada uno de ellos.**

Dada la naturaleza de estos proyectos, su desarrollo será de manera descriptiva.

## **2. Introducción**

- **Contexto del proyecto y objetivos.**

Uno de los objetivos de estos cursos ha sido dar un acercamiento a herramientas auxiliares en el desarrollo de proyectos que vinculan Arte, Diseño y disciplinas afines, con medios electrónicos y/o digitales y Computación Física. Los cursos han sido en promedio de 16 a 20 horas de duración, con un promedio de 15 a 20 participantes en cada uno. Todos los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes. De acuerdo al taller, el promedio de edad de l@s participantes ha sido entre 8 a 15 años, pero también ha habido talleres enfocados a público joven y adulto, interesad@s en la temática de los talleres.

- **Alcance del proyecto.**

En estos cursos, l@s participantes aprendieron principios básicos de Electrónica analógica y digital a través de una aplicación práctica. Uso de distintos sensores y actuadores y en algunos casos, introducción a computación física utilizando el IDE Arduino. Uso básico de instrumentación de medición como el multímetro y de soldadura de componentes electrónicos para realizar el correspondiente circuito electrónico de aplicación de cada curso.

El proyecto fue validado en su aplicación por el CCEMx, que en cada ciclo dio constancia a las personas que toman los cursos, y también a través de muestra de resultados de cada uno de los talleres.

### **3. Marco Teórico.**

- **Conceptos y teorías fundamentales de Ingeniería aplicados en este proyecto.**
  - Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos.
  - Electricidad y Magnetismo.
  - Física General.
  - Dispositivos y Circuitos Electrónicos.
  - Diseño Digital.
  - Instrumentación Electrónica (sensores y actuadores).
  - Sensores y Actuadores.
  - Electrónica Digital.
  - Microprocesadores y Microcontroladores.
  - Programación en Lenguaje C.

En todos los proyectos he aplicado conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica, como las enlistadas anteriormente, que incluyen aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas con los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. Donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos y conceptos del Diseño Digital. Apliqué conceptos de Instrumentación Electrónica para analizar y seleccionar sensores y actuadores a utilizar en estos cursos, basándome en especificaciones técnicas (voltajes, corrientes, consumo de potencia, compatibilidad lógica, temperatura de operación, frecuencia de operación, protocolos de comunicación, impedancias, etc.). Diseñé las Arquitecturas Electrónicas en diferentes niveles de abstracción, hasta definir los elementos constitutivos y las características de las señales

de interconexión necesarias para los circuitos implementados en los ejercicios de los cursos, con Sistemas Electrónicos Digitales basados en el Microcontrolador Atmega328P. Apliqué herramientas de software para el desarrollo del sistema electrónico digital en lenguaje C para microcontroladores. Realicé las PCB de los circuitos implementados en los cursos, utilizando software CAD Eagle. En cada ciclo, en conjunto con la contraparte institucional, validé y expuse los proyectos desarrollados por l@s participantes de los cursos.

### **Estado del arte.**

Un aspecto a destacar de estos cursos, enmarcados en el Arte Multimedia y electrónico, fue generar una propuesta cultural y educativa de carácter no formal, sin costo, donde pudieron acceder participantes para explorar el potencial creativo de herramientas tecnológicas abiertas o libres, para generar un aprendizaje en búsqueda de autonomía y de poder borrar brechas tecnológicas por el acceso limitado a éstas. Observando un gran potencial creativo en participantes, en lugares donde cómo ell@s mism@s comentaban, no suceden regularmente talleres como éstos o bien, tienden a ser de costos no accesibles. Es importante recalcar que todos los talleres de esta plataforma, son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes.

## **4. Metodología**

- **Descripción de los métodos y técnicas utilizados.**

En los cursos que he impartido, he utilizado metodologías steAm y de aprendizaje colaborativo o DIWO (Do it with others) como método creativo, además de aprendizaje basado en proyectos. Aplicando técnicas y procesos que tocan elementos de intervención básica de hardware, computación física con IDE Arduino, entre otros. Además de realizar los cursos con una perspectiva de OSHW (open source hardware).

Por otro lado, al realizar los circuitos electrónicos para los distintos cursos, utilicé las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top). Partiendo de la funcionalidad general planteada (Top), para continuar con un análisis de la solución de diseño electrónico desde las bases teóricas (Down), elección de dispositivos y componentes electrónicos, hasta desarrollar el sistema electrónico digital correspondiente a cada curso (Top). El diseño general de sistemas electrónicos digitales realizados en estos cursos, es similar al de los cursos del proyecto anterior. (Fig. 50):

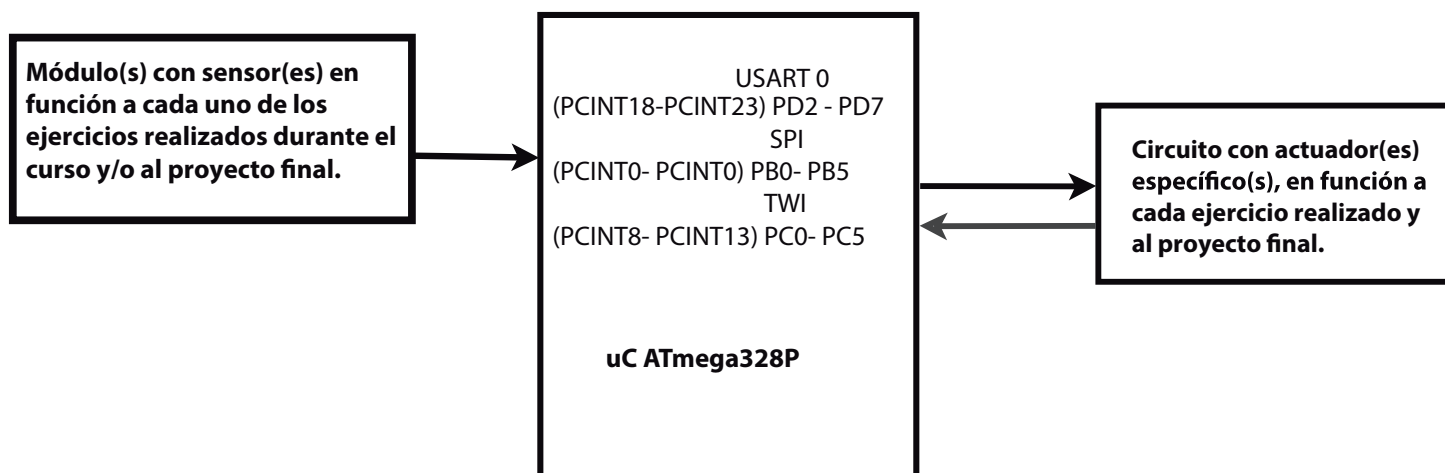


Fig. 50

Como en los otros proyectos expuestos, un aspecto importante en mi selección de dispositivos del sistema es evitar en la medida de lo posible, la obsolescencia programada, de tal forma que todos los dispositivos y circuitos electrónicos empleados no estén clasificados como obsoletos o bajo recomendación alguna de evitarlos para su uso en nuevos diseños. También a fin que l@s participantes en caso de quererlo, pudieran evolucionar o intervenir los circuitos realizados, para crear nuevas funcionalidades con ellos.

- **Herramientas, materiales y principales dispositivos electrónicos utilizados. Procedimientos y diseño general del proyecto (conceptos de Ingeniería aplicados).**

Las herramientas, materiales y dispositivos electrónicos utilizados en estos cursos, así como los procedimientos y diseño general del proyecto, son similares a los del proyecto anterior.

#### **Operación de los circuitos desarrollados en los cursos:**

- Embebidos a los proyectos finales.
- Detección de señales a través de distintos sensores
- Reacciones lumínicas, mecánicas o sonoras, dependiendo del curso.

#### **Resultados**

**Como mencioné antes, en estos Talleres yo diseñé y desarrollé los contenidos, ejercicios y sistemas electrónicos digitales implementados. Durante cada Taller, l@s participantes realizaron una aplicación electrónica, misma que yo diseñé y realicé previamente.** De manera similar a todos los Talleres y cursos que he impartido e impartido en la actualidad, al implementar los distintos circuitos electrónicos, he dado asesoría y acompañamiento a l@s participantes.

En todos los cursos que he impartido, de manera general, he realizado desde el análisis y planeación de contenidos y ejercicios. Elección de componentes electrónicos, sensores, actuadores y materiales a utilizar en cada uno de ellos y el correspondiente diseño de los circuitos electrónicos realizados en cada uno de los Talleres, que implicaron Diseño, programación y construcción de los sistemas electrónicos digitales basados en el microcontrolador Atmega328P y ATtiny85, en su mayoría para un funcionamiento autónomo y en varios de ellos, sin usar microcontrolador alguno. En éste caso el acercamiento es a un nivel básico, interconectando diversos elementos de ingeniería, arte y diseño a través de la metodología steAm.



Al finalizar cada curso, se comprobó la correcta operación validada por mi y por personal del CCEMx, para realizar muestra de resultados en el sitio donde se llevaron a cabo los cursos.

En parámetros eléctricos, en general los diseños realizados en los cursos operan:

- Voltaje de alimentación: 3 VDC - 5 VDC
- Corriente promedio de consumo: 80 mA (variable dependiendo de las cargas utilizadas en los proyectos y potencias de salida)

## Evidencias

A continuación, algunos de los Talleres que he realizado.

- Impartí el Taller "**Wearables**" realizado en **FARO Milpa Alta** en CDMX. **Del 14 al 18 de julio de 2015**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres de esta iniciativa son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

Taller introductorio para realizar proyectos e-textiles, textiles interactivos y wearables.

En este taller l@s participantes exploraron posibilidades de diseño de aplicaciones wearables a partir del uso y reuso creativo de tecnologías. Conocieron algunos proyectos y aplicaciones actuales de Tecnología enfocada a textiles, como e-Textiles, wearables y fashion tech. Aprendieron conceptos básicos de la Electrónica analógica y digital involucrada en los ejercicios realizados durante el taller, ejemplos de sensores, actuadores, microcontroladores, conceptos básicos de programación usando el IDE Arduino; conocieron algunos materiales y accesorios auxiliares en el desarrollo de textiles interactivos, wearables y aplicaciones similares, como tela e hilo conductivos, placa flexible para circuitos impresos, entre otros.

Este taller es una invitación para que l@s participantes descubran "*el potencial creativo de los medios electrónicos de una manera divertida y práctica, con un enfoque hacia las*

tecnologías vestibles (Cecilia Sánchez, 2015)". La edad de l@s participantes de éste taller fue entre 12 años (acompañados de un familiar) hasta 20 años, aproximadamente. Hubo participantes estudiantes de primaria y secundaria, jóvenes estudiantes de bachillerato o Licenciatura que toman otros talleres en el FARO, además de una egresada de Física de la UNAM.

L@s participantes armaron algunos circuitos electrónicos sencillos, entendiendo los principios de Electrónica analógica y digital que implica su funcionamiento y a partir de los ejercicios realizados, desarrollaron una propuesta vestible: una prenda, accesorio u otro, el cual intervinieron durante el Taller. Ninguna persona tenía conocimientos previos en Electrónica o programación.

A continuación, un par de ejemplos de los proyectos desarrollados en este Taller:



Fig. 51.



Fig. 52

Fig. 51 y 52. Durante este taller, el participante intervino una boina con luces LED que encendían en color verde o amarillo, en función de la luz incidente en dos fotoresistores ubicados en la parte superior de la boina y en dos posiciones distintas, por ello se observa que el participante está bloqueando la luz en ambos sensores, para mostrar el funcionamiento.



Fig. 53. Detalle del proceso de otro proyecto desarrollado en el Taller, en éste caso el participante intervino una correa para animal de compañía.

- Co-impartí el Taller "**Luces Voladoras**"<sup>86</sup> realizado en **FARO Milpa Alta** en CDMX. **Del 3 al 15 de mayo de 2016**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres de esta iniciativa, son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes. Impartí este Taller en conjunto con el ganador del primer lugar en el 2° Concurso de Papalotes de Milpa Alta.

Uno de los objetivos de este Taller fue fusionar el Arte tradicional de la elaboración de papalotes y globos de cantolla con medios electrónicos. En esta primer edición del taller, l@s participantes fabricaron papalotes y aprendieron elementos básicos de Electrónica

analógica para realizar un circuito con luz LED, el cual agregaron a los papalotes realizados. *"La artesanía [se mezcla con] tecnologías [digitales] para regenerarse, permanecer en su belleza y naturaleza efímera (Cecilia Sánchez, 2016)"*. En este Taller se generaron instalaciones lumínicas voladoras que iluminaron el cielo en el FARO Milpa Alta. Con participantes de edades entre 8 y 13 años, acompañados de un familiar.

Este mismo Taller fue realizado en el FARO Indios Verdes, Fundación Ser Humano y en la Feria Internacional del Libro Infantil y Juvenil. De igual forma, realizamos dos Talleres de "Luces Voladoras" donde se construyeron globos de cantolla con iluminación electrónica. Éstos últimos fueron realizados en el CCEMx y en FARO Milpa Alta, en Ciudad de México.

- Co-impartí el Taller **"Luces voladoras en FIV"**<sup>87</sup> realizado en **FARO Indios Verdes** en CDMX. **Del 19 al 30 de julio 2016**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.
- Co-impartí el Taller **"Luces voladoras"** realizado en **Fundación Ser Humano**<sup>88</sup> en CDMX. **El 27 de julio de 2016**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes.
- Co-impartí el Taller **"Luces voladoras"**<sup>89</sup> realizado en **FARO Milpa Alta** en CDMX. **El 3 agosto de 2016**, como parte de las actividades del **"Día LCD en Faro Milpa Alta"**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.
- Co-impartí el Taller **"Luces Voladoras"**<sup>90</sup> realizado en la **Feria Internacional del Libro Infantil y Juvenil**, en Parque Bicentenario, CDMX. **El 14 de noviembre de**

**2016**, como parte de las actividades del "**LCD en la FILIJ**". Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

- Co-impartí el Taller "**Luces voladoras**"<sup>91</sup> (globos de cantolla electrónicos) realizado en el **Centro Cultural de España en México. Del 28 de noviembre al 1 de diciembre de 2016**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

En el caso del Taller para realizar globos de cantolla, uno de los objetivos fue proponer una reinterpretación de esta artesanía tradicional al transformar "su alma de fuego" por una, cuya luz emerge a partir de medios electrónicos.

L@s participantes diseñaron y fabricaron un globo de cantolla y a la par aprendieron elementos básicos de Electrónica analógica y digital, para realizar un circuito con un comportamiento lumínico dinámico. También conocieron un poco acerca de la historia de los globos de cantolla, los principios de su funcionamiento, procesos tradicionales de elaboración y razones de la disminución de su fabricación en algunos lugares. Conocieron otros proyectos de naturaleza similar, usados en aplicaciones artísticas, mediciones meteorológicas, comunicaciones, obtención de energía, entre otras. Un objetivo también fue explorar algunas formas de experimentación lumínica, de tal forma que las y los participantes puedan extrapolar la aplicación realizada en este Taller a otros proyectos. De igual modo, proponer una reinterpretación del uso de la luz en aplicaciones creativas.



Fig. 54.

En este Taller I@s participantes realizaron cinco globos y un par de ellos fue mostrado durante la presentación final de Talleres del Laboratorio de Ciudadanía Digital, el 8 de diciembre de 2016.

- Impartí el Taller de "**Wearables**"<sup>92</sup> realizado en el **Centro Cultural de España en México**, en CDMX. **Del 18 al 21 de abril de 2017**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes.

Diseño y desarrollo de prendas con circuitos electrónicos e intervención de hardware. Mediante técnicas y procesos de Electrónica analógica y digital, diseño básico de circuitos electrónicos y Computación Física con IDE Arduino. L@s participantes realizaron algunas aplicaciones de e-Textiles que agregaron a una prenda o accesorio vestible. Conocieron algunos proyectos y aplicaciones actuales de tecnología enfocada a textiles, como e-Textiles, wearables y fashion Tech. Aprendieron conceptos básicos de la Electrónica analógica y digital involucrada en los ejercicios realizados durante el Taller, ejemplos de sensores, actuadores, microcontroladores y conceptos básicos de programación usando el IDE Arduino. Conocieron algunos materiales y accesorios auxiliares en el desarrollo de textiles interactivos, wearables y aplicaciones similares, como tela e hilo conductivos, placa flexible para circuitos impresos, entre otros. Este Taller fue dirigido a personas jóvenes de edades entre 13 a 25 años. Las y los participantes, en su mayoría fueron estudiantes de diversas Licenciaturas. A continuación uno de los proyectos desarrollados en el Taller, una aplicación de joyería lumínica que reaccionaba al ritmo cardiaco de la persona usuaria, Realizado con IDE Arduino, un sensor comercial de ritmo cardiaco y LEDs RGB (Fig. 55).



Fig. 55. En el Taller de Wearables, l@s participantes desarrollaron proyectos como éste, de joyería lumínica reactiva al ritmo cardiaco de la persona usuaria. Realizado con IDE Arduino, sensor comercial de ritmo cardiaco y LEDs RGB.

- Impartí el Taller "**Calzado electrónico artesanal en Faro Tláhuac**"<sup>93</sup> realizado en **FARO Tláhuac** en CDMX. **El 11, 18 y 25 de mayo, 1 y 8 de junio de 2017.** Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes. Impartí este taller con apoyo de la tallerista de calzado del FARO Tláhuac.

Uno de los objetivos de este Taller fue fusionar técnicas tradicionales en el diseño de calzado con técnicas sencillas de e-Textiles, para crear una aplicación de calzado interactivo, misma que l@s participantes pudiesen aprovechar tanto en el diseño de aplicaciones vestibles, como de todo tipo. Al tratarse de un Taller libre, las y los participantes también pudieron realizar otro tipo de aplicación si lo deseaban. Al final del Taller, se realizó en Faro Tláhuac una presentación de los resultados a modo de pasarela.

L@s participantes conocieron algunos proyectos y aplicaciones actuales de tecnología enfocada a textiles, como e-Textiles, wearables y fashion tech y aprendieron los elementos básicos de Electrónica analógica y digital asociada a los proyectos realizados en el Taller. La edad de l@s participantes fue entre 15 años - acompañad@s de un familiar - hasta 60 años, aproximadamente. En su mayor parte, personas que tomaban el Taller de calzado en FARO Tláhuac. Fue una experiencia intergeneracional muy grata.

Los proyectos desarrollados durante este Taller fueron desde: lentes con iluminación para trabajo, algunos diseños de zapatos lumínicos sensibles a la presión del pie, un sombrero de Chinelo lumínico, un par de orejeras lumínicas sensibles al ritmo cardíaco, un par de dijes lumínicos, una bolsa de mano con decoraciones lumínicas que encendían al oscurecerse el ambiente, dos luminarias de escritorio y un accesorio lumínico para el cabello.



- Impartí el Taller "**Luz y movimiento**"<sup>94</sup> realizado en **FARO Milpa Alta** en CDMX. **Del 14 al 18 de Noviembre de 2017**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

L@s participantes construyeron objetos lumínicos con pelotas, *hula hoops*, cuerdas para saltar u otros accesorios, para que a partir del movimiento aplicado en ellos, lograsen desplegar gráficos o textos lumínicos sencillos, mediante una técnica conocida como POV (*Persistence of vision*). Aprendieron algunos conceptos básicos de la Electrónica digital y analógica asociada a la aplicación realizada y Computación Física con IDE Arduino, para construir estos objetos lumínicos, tratando de fomentar la reutilización de materiales.

L@s participantes diseñaron o eligieron un gráfico sencillo para desplegar en los objetos. Formé equipos para la fabricación y montaje del circuito electrónico con LEDs en los objetos y para la programación con IDE Arduino, a fin de hacer más dinámico el desarrollo del Taller y también para fomentar un aprendizaje colaborativo.

En este Taller hubo 15 participantes de edades entre 10 -15 años, acompañad@s de un familiar y participantes entre 18 - 20 años. Realizaron aplicaciones sobre *hula hoops*, cuerdas para saltar y objetos para hacer malabares. Eligieron imágenes de personajes de videojuegos o comics, de llamas y de flores, entre otras. Hubo un par de participantes quienes se interesaron en tomar este Taller ya que realizaban Teatro con acrobacia y querían implementar lo aprendido en sus proyectos, ell@s fueron quienes agregaron la imagen de llamas a un accesorio para realizar malabares (Fig. 60).

L@s participantes editaron las imágenes seleccionadas, a fin de tener una resolución adecuada para una tira de 32 LEDs direccionables con IC driver WS2811<sup>95</sup> integrado, utilizada en cada uno de los proyectos. Las imágenes fueron modificadas mediante un script en Python e integradas al código implementado usando IDE Arduino.

A continuación algunas de las imágenes lumínicas resultado del Taller (Fig. 56 - 60).

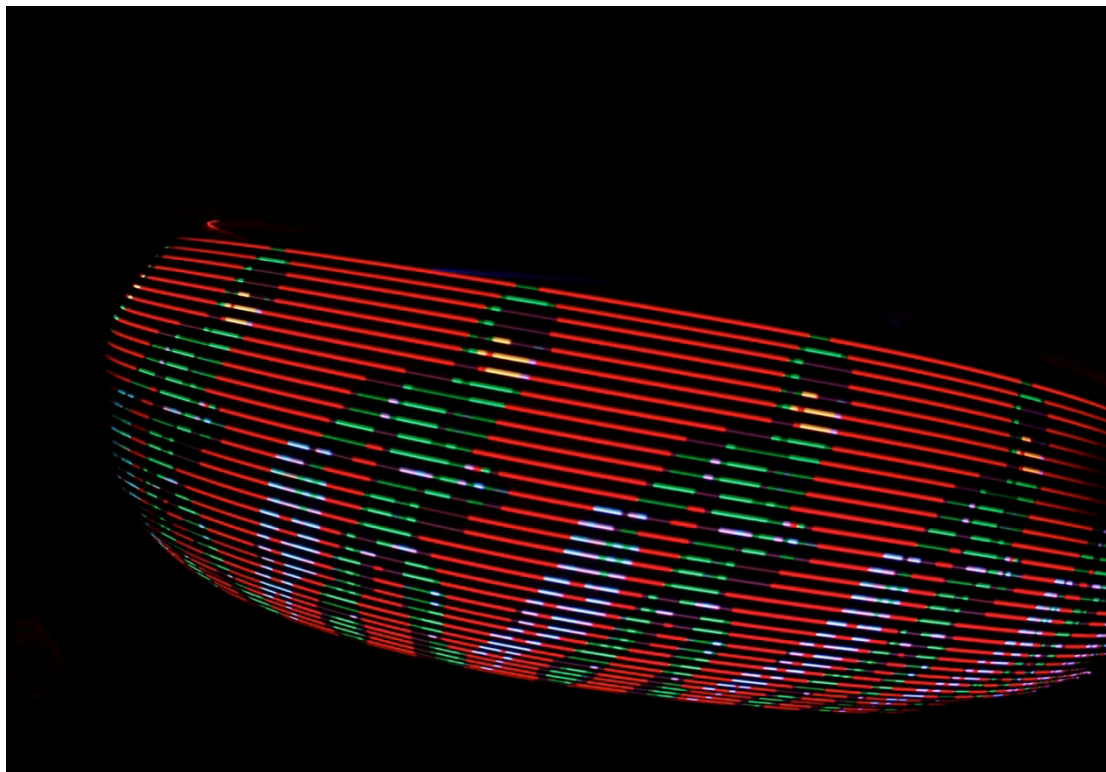


Fig. 56

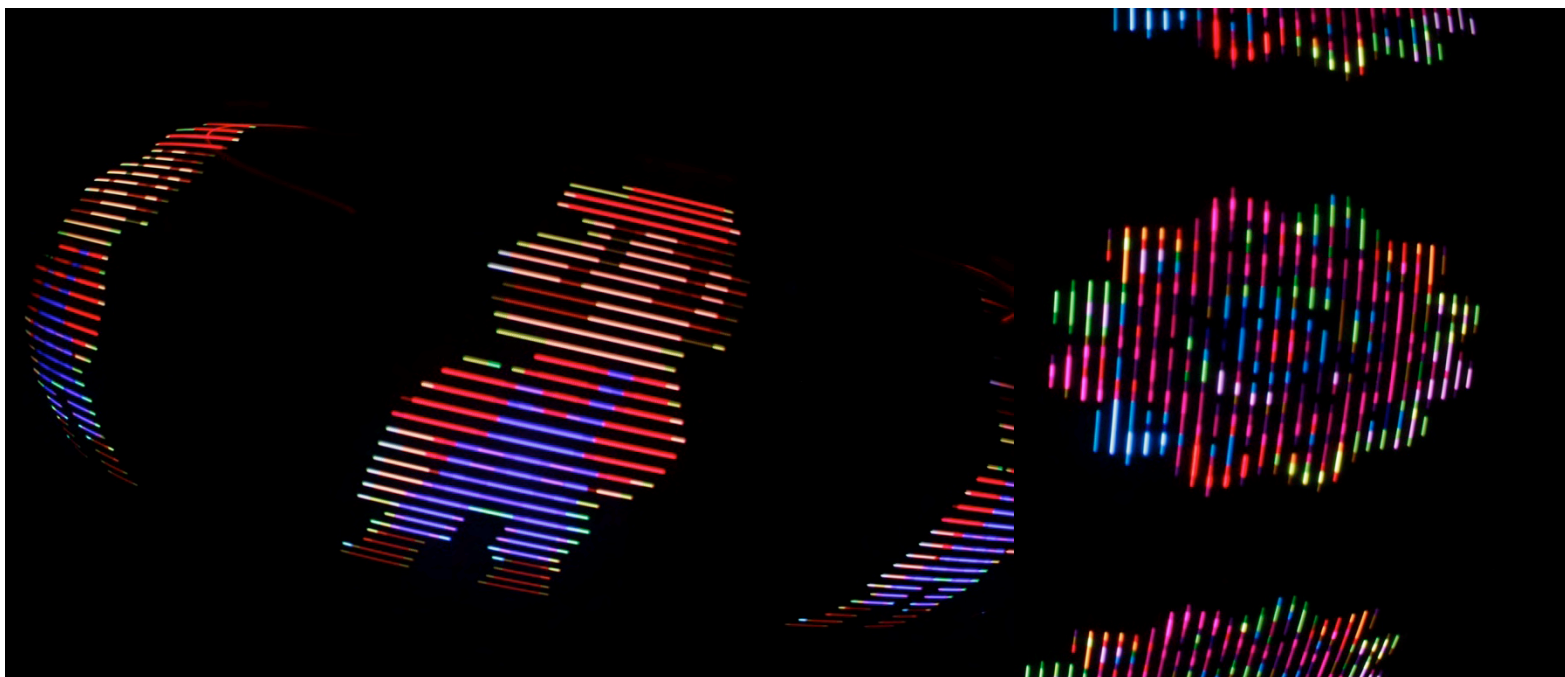


Fig.57

Fig. 58

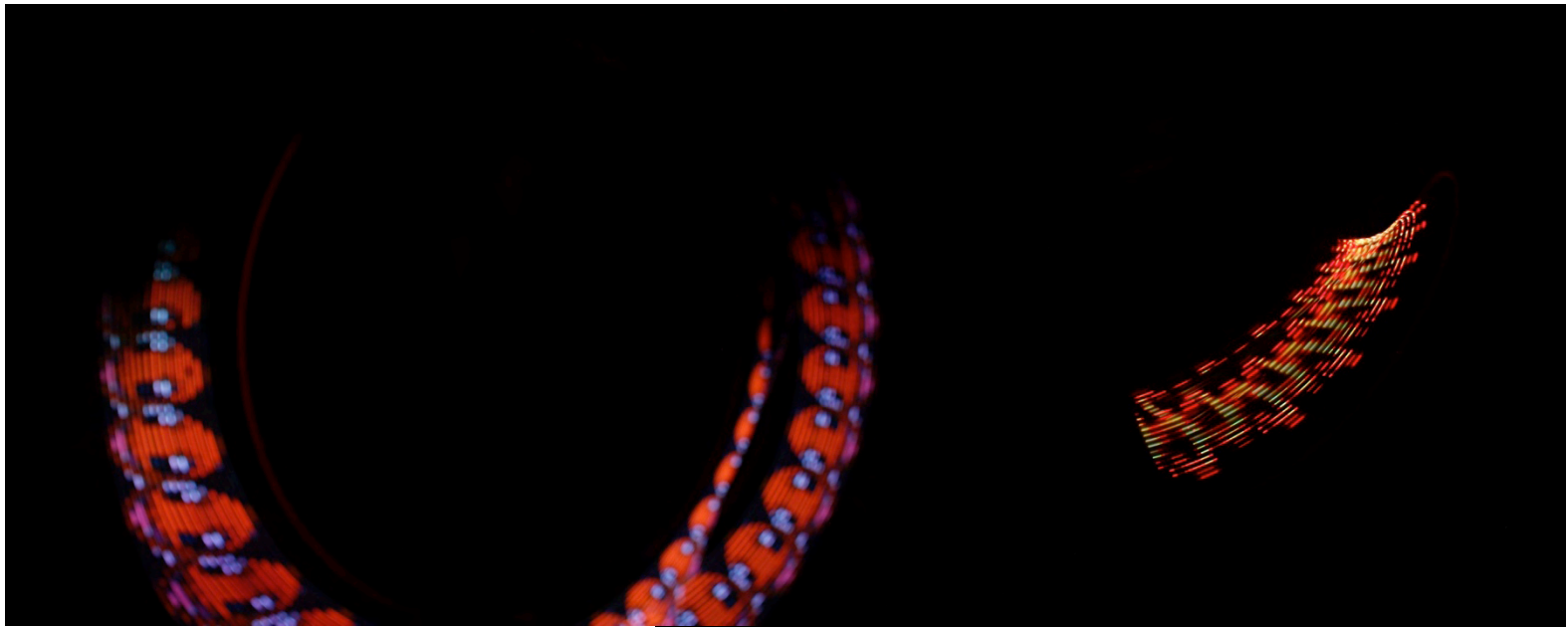


Fig.59

Fig. 60

- Impartí el Taller "**Hacks vestibles**"<sup>96</sup> realizado en el **Centro de las Artes de San Agustín Etlá**, Oaxaca. **Del 8 al 12 de Julio de 2019**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

L@s participantes aprendieron y aplicaron conceptos básicos de Electrónica analógica y digital, sensores, actuadores, Computación Física y plataformas de desarrollo como el IDE Arduino. Conocieron y utilizaron algunos materiales y accesorios auxiliares en el desarrollo de e-Textiles, wearables y aplicaciones similares. Exploramos en conjunto posibilidades de diseño de aplicaciones wearables a partir del uso creativo de tecnologías. Otro objetivo fue "*fomentar el conocimiento colaborativo para desarrollar aplicaciones de Electrónica vestible sobre un tema de interés personal o problemática local (Cecilia Sánchez, 2019)*".

Se desarrollaron algunos circuitos sencillos para ser incorporados en aplicaciones vestibles. La mayor parte de los proyectos realizados, fueron aplicaciones lumínicas sensibles al tacto, mediante sensores capacitivos; fotosensibles, mediante el uso de foto resistores o sensibles a la presión, mediante materiales cuya resistencia es variable a la presión.



Fig. 61. y Fig. 62. Participantes, durante el desarrollo del Taller.

En este Taller hubo participantes de edades entre 15 años - acompañad@s de un familiar- hasta 22 años, aproximadamente. Fue muy interesante tener participación de un joven artesano textil que quería incorporar aplicaciones lumínicas en su trabajo, o una participante de 15 años que deseaba incorporar aplicaciones interactivas en danza contemporánea y que en ese sentido, también estaba interesada en estudiar Electrónica y programación. También hubo una profesora de educación básica que quería incorporar las aplicaciones desarrolladas en sus clases, por ejemplo.

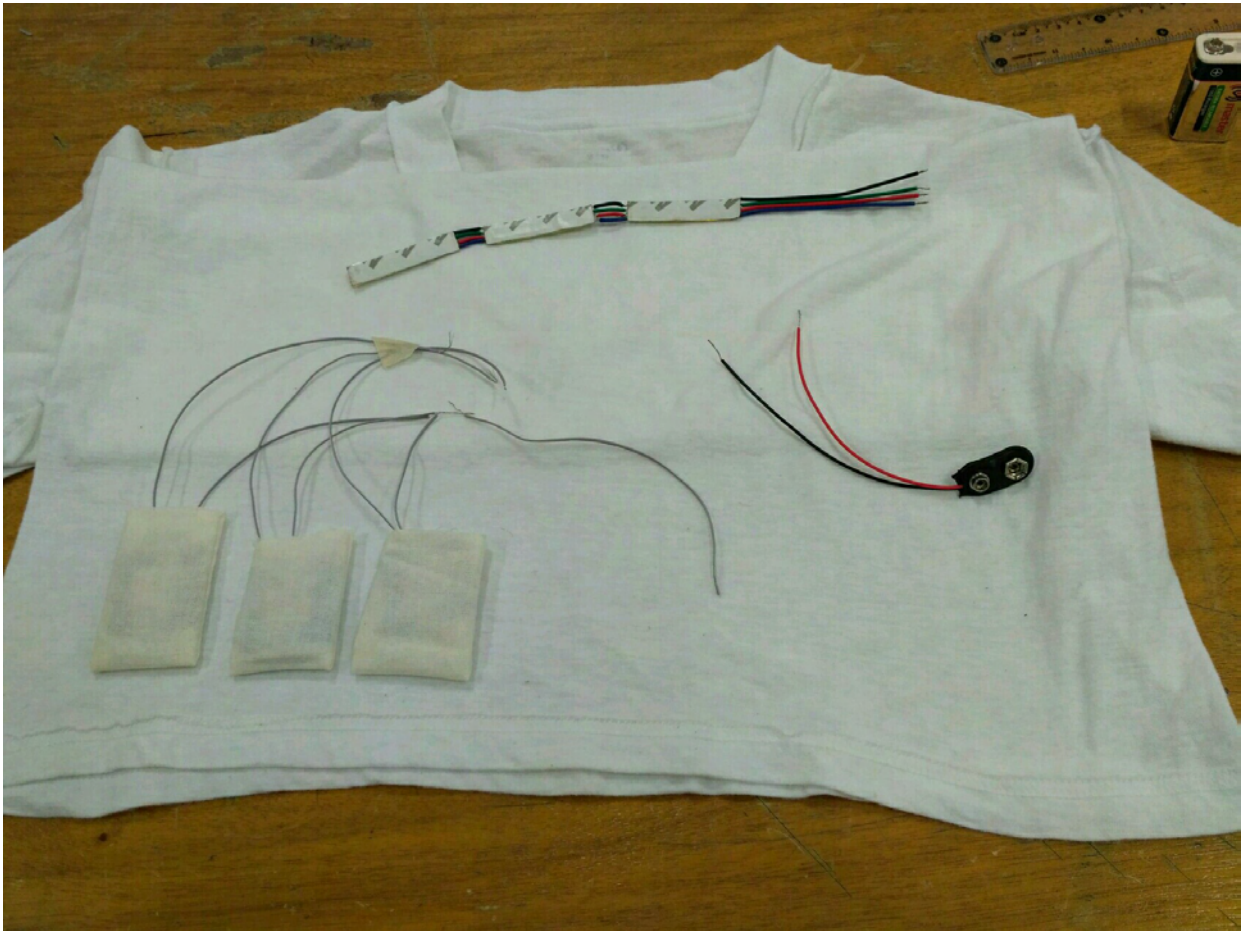


Fig. 63. En este proyecto, la participante fabricó durante el Taller tres sensores resistivos de presión, utilizando hilo conductor y material tipo Linqstat, cuya resistencia disminuye al presionar su superficie.

- Impartí el Taller "**Direccionales textiles DIY**"<sup>97</sup> realizado en **El 77 Centro Cultural Autogestivo** en CDMX. **Del 5 al 10 de Agosto de 2019**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

En este Taller l@s participantes realizaron una aplicación electrónica sencilla de luces direccionales para ciclistas y en general, para personas que use mueven sobre

ruedas en la urbe. Parte de los objetivos del Taller fue aprovechar materiales y componentes electrónicos de bajo costo para realizar un circuito electrónico de luces direccionales DIY, fácilmente replicable y en este caso, además se realizó una aplicación sin programación alguna. Otro objetivo fue que las y los participantes comprendieran los principios de la Electrónica analógica implementada, además de explorar materiales auxiliares como tela e hilo conductivos, placa flexible para PCB's y técnicas básicas de diseño y fabricación de circuitos impresos. A la par, hacer una reflexión en conjunto acerca de "*conceptos como open source, diseño abierto, hardware abierto (OSHW), DIY, DIWO (Cecilia Sánchez, 2019)*", entre otros.

Talleres como éste, son una invitación para que l@s participantes descubran "*el potencial creativo de los medios electrónicos de una manera divertida y práctica, con un enfoque hacia las tecnologías vestibles (Cecilia Sánchez, 2019)*".

Este es un ejemplo de taller para público joven y adulto. La edad de l@s participantes fue alrededor de 20 - 25 años, además de dos personas de entre 45 - 50 y 60 - 67 años, respectivamente. En total hubo 15 participantes con actividades e intereses diversos, pero todas, ciclistas. La mayoría sin conocimientos previos de Electrónica, excepto por un estudiante de Ingeniería en Computación. Participaron por ejemplo, sociológ@s, una diseñadora textil, un instructor de perros, una pareja de diseñadores que recorren diversos lugares en bicicleta, un administrador, un jubilado (no especificó profesión), una profesora de secundaria que quería aplicar lo aprendido en sus clases y estudiantes de bachillerato.



Fig. 64.

Participante durante el desarrollo del Taller.



Fig. 65. Un participante probando el funcionamiento de luces direccionales, las cuales agregó en una prenda tipo bandolera o "cangurera". El control de las direccionales fue establecido con movimiento de los dedos de la mano, el cual implementó en un guante.

- Impartí el Taller **"Garabatos a Objetos"**<sup>98</sup> realizado en **El 77 Centro Cultural Autogestivo** en CDMX. **El 22, 24, 26, 29 y 31 de octubre de 2019**. Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

A partir de conceptos básicos de fabricación digital, en este caso impresión 3D, l@s participantes aprendieron técnicas básicas de manipulación de imágenes analógicas (dibujos hechos a mano), para convertirlas en modelos 3D para su posterior impresión. En este Taller participaron niñas y niños de edades de 7 a 12 años, acompañad@s de

un familiar (padres, madres o tutores). Hubo participantes que quisieron hacer un dije o llavero, o un personaje para un juego de mesa, entre otros.

El objetivo general fue vincular el mundo analógico (partiendo de un dibujo hecho a mano) con el mundo digital (fabricación digital mediante impresión 3D) de manera sencilla, mediante software libre como Inkscape y Blender, para vectorizar los diseños y el modelado 3D. Utilizando la metodología DIWO & LIWO (hazlo/aprende con otr@s), además de hacer una reflexión en conjunto sobre los usos y objetivos de los diseños, tratando de optimizar recursos y reducir desechos en los procesos creativos. Estos son tres ejemplos de los diseños desarrollados en el taller (Fig. 66 y 67):

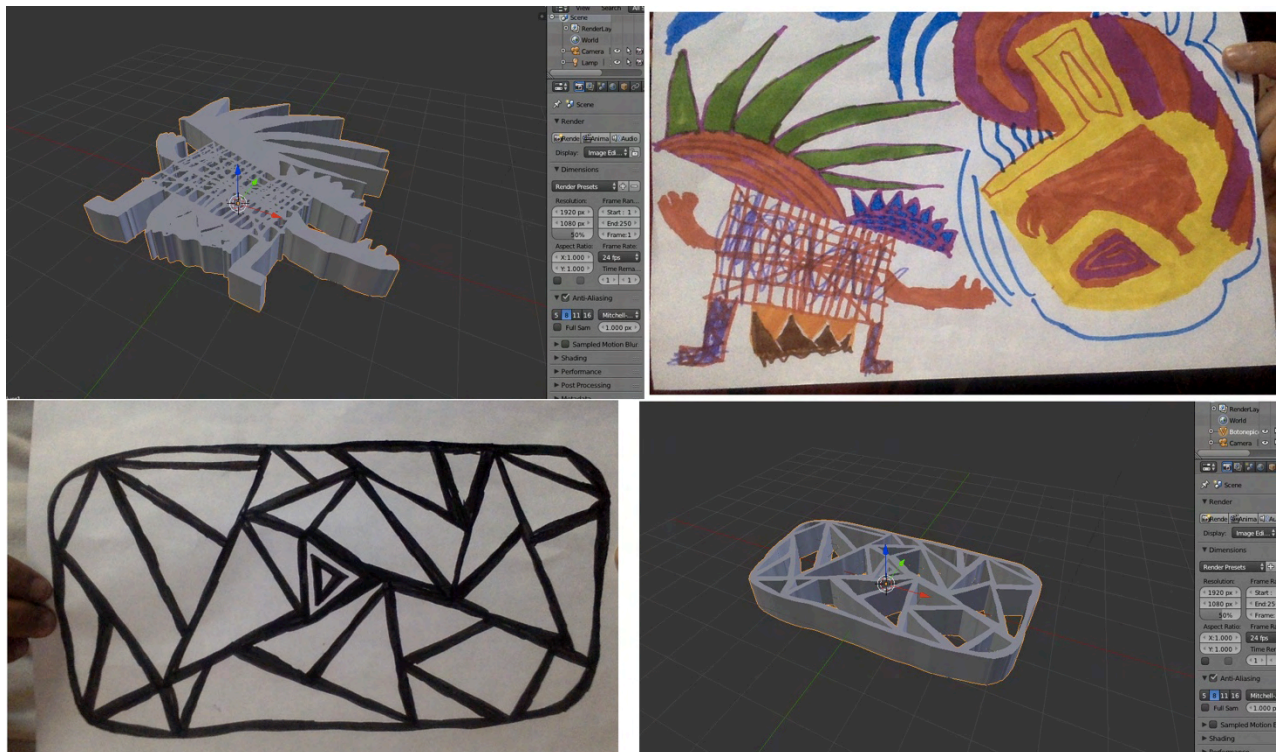


Fig. 66



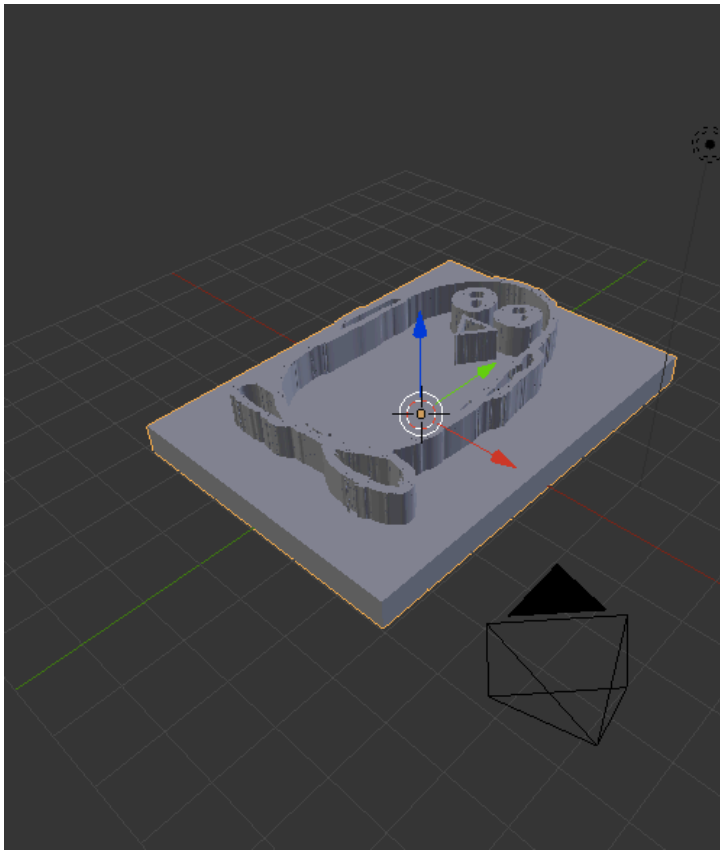


Fig. 67

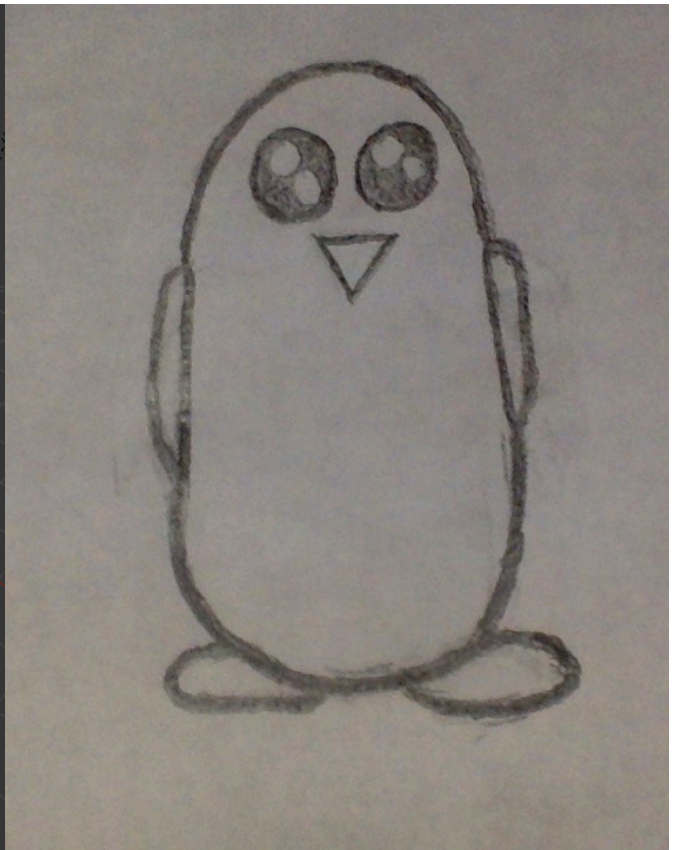


Fig. 68.

También he realizado este Taller en otras instituciones. Julio de 2019.

- Impartí el Taller **"Frankensteins cibernéticos"**<sup>99</sup> realizado en **Fundación Renacimiento I.A.P.** en CDMX. **Del 29 de julio al 2 de agosto de 2019.** Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. La primer edición de este taller la realicé como colaboración con el colectivo Arsgames<sup>100</sup>, siendo todos los contenidos del taller de mi autoría. Durante todo el Taller hubo acompañamiento de un tutor de la Fundación Renacimiento. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.
  
- Impartí el Taller **"Frankensteins cibernéticos"**<sup>101</sup> realizado en el **Taller 2 del Centro Cultural de España en México.** **Del 16 al 24 de noviembre de 2019.** Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Con participantes de edades entre 8 y 12 años, en compañía de un familiar. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.
  
- Impartí el Taller **"Frankensteins cibernéticos en Chapala"**<sup>102</sup> realizado en el **Centro Cultural J. Jesús González Gallo**, en Chapala Centro, Jalisco. **Del 26 al 30 de noviembre de 2019.** Dentro del Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Con participantes de edades entre 10 y 12 años en compañía de un familiar. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

En estos Talleres, l@s participantes utilizaron algunos dispositivos electrónicos olvidados, quizá a causa de una obsolescencia programada, pero que aún están en funcionamiento, como: unidades lectoras de CD, circuitos amplificadores de audio, ventiladores y algunos componentes electrónicos discretos. Mediante intervención electrónica básica, realizaron objetos creativos a manera de “Frankenstein’s cibernéticos” con una nueva vida no imaginada, de acuerdo con los propósitos originales de aquellos cacharros electrónicos.

Parte de los objetivos del Taller fue concientizar acerca del reuso como herramienta creativa, reflexionar acerca de problemáticas como la basura electrónica a causa - entre otras cosas - de una obsolescencia programada y adoptar una conciencia crítica sobre los flujos de producción y consumo de la tecnología digital de uso cotidiano.

En estos Talleres, además de hacer una introducción a la Electrónica analógica implementada, también hay una introducción a elementos básicos relacionados con óptica, al usar los LED's RGB e implementar un circuito simple de control de color, mediante potenciómetros.

Por ejemplo, en el Taller realizado en Fundación Renacimiento hubo 10 participantes residentes en la Fundación, de edades entre 12 y 16 años aproximadamente. Comenzamos interviniendo las unidades lectoras de CD para lograr aplicaciones con movimiento. Cada participante eligió el tipo de aplicación que deseaba realizar, siendo de interés general, utilizar luces, ventiladores y hacer diseños de bocinas (con los amplificadores de audio) para uso personal. Tres participantes intervinieron algunos juguetes con luz LED y movimiento, mediante motores de DC recuperados o con las unidades lectoras de CD. Un participante hizo una lámpara-contenedor para guardar cosas personales y otros participantes eligieron hacer objetos-bocinas para utilizar en sus dormitorios. En esta edición del Taller hubo presencia de un tutor de la Fundación.

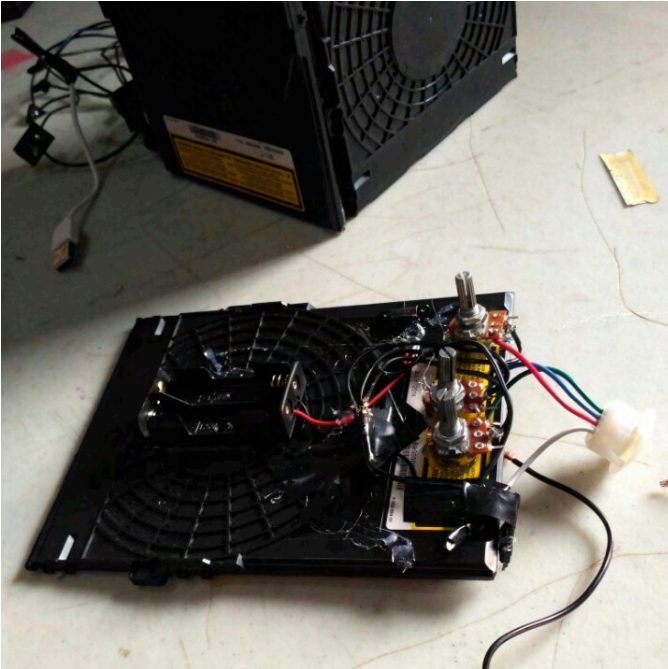


Fig. 69

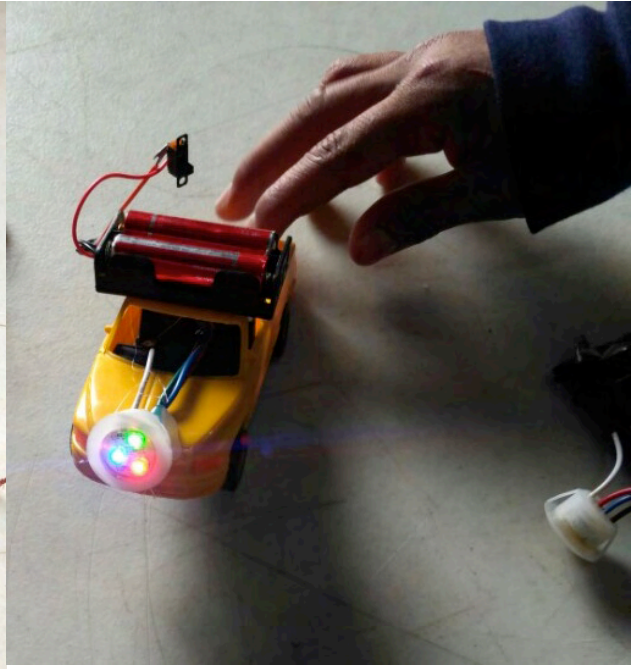


Fig. 70

Fig. 69 y 70. Durante el taller realizado en Fundación Renacimiento I.A.P. en CDMX.



Fig. 71.

Durante el Taller "Frankenstein's cibernéticos" realizado en el Centro Cultural J. Jesús González Gallo, en Chapala Centro, Jalisco. Parte del desarrollo de un prototipo-maqueta de elevador realizado por un equipo.



Fig. 72

Durante el Taller "Frankenstein's cibernéticos" realizado en el Centro Cultural J. Jesús González Gallo, en Chapala Centro, Jalisco.

Durante el desarrollo de un prototipo-maqueta de dispensador de objetos realizado por otro equipo.



Fig. 73.

Durante el Taller "Frankenstein's cibernéticos" realizado en el Centro Cultural J. Jesús González Gallo, en Chapala Centro, Jalisco.

Las y los participantes más pequeños realizaron maquetas o juguetes móviles.



Fig. 74.

Durante el Taller "Frankenstein's cibernéticos" realizado en el Centro Cultural J. Jesús González Gallo, en Chapala Centro, Jalisco.

Durante el desarrollo de una maqueta de parque de diversiones, realizada por otro equipo.

- Impartí los Módulos 3 y 4 del Taller de "Tecno-laudería" realizado en el **Centro Cultural Keren Tá Merced**, en la puerta 21 de la nave mayor de La Merced. **Del 4 de Junio al 15 de octubre de 2022** (con una pausa en vacaciones de verano), en colaboración con Comunidades Valparaíso y el Centro Cultural de España en México. Con participantes de edades entre 7 y 12 años en compañía de un familiar. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para las y los participantes.

Este fue un Taller de construcción de instrumentos musicales electrónicos y creación de una orquesta, en el cual participaron niñas y niños, hij@s de comerciantes.

El taller propuso actividades de reciclaje creativo de dispositivos y cacharros electrónicos y otros materiales, para la creación de instrumentos musicales que mezclen lo analógico con lo electrónico.

A partir de materiales como madera, metal o plástico, dispositivos electrónicos en desuso como electrodomésticos o juguetes, se realizó la construcción de dispositivos sonoros que mezclaron metodología DIY ("Do it Yourself"), DIWO ("Do it With Others") y Hardware abierto, creación de instrumentos sonoros electrónicos e intervención de dispositivos electromecánicos e instrumentos acústicos convencionales como guitarras, percusiones, entre otros. Las y los participantes utilizaron técnicas como el *circuit bending* y herramientas electrónicas como la placa Makey Makey y el IDE Arduino,

Al finalizar la construcción de instrumentos, se creó un ensamble musical, donde niñas y niños realizaron una composición musical en conjunto, experimentando con improvisación sonora. Se organizó un concierto-muestra final el 20 de octubre de 2022, donde se presentó la composición y una sesión de improvisación musical. Al terminar la presentación, se quedaron expuestos los instrumentos creados durante los tres primeros módulos del Taller. En dicha presentación contamos con la presencia tanto de familiares



de las y los participantes, de Comunidades Valparaíso, como de estudiantes de la Escuela Nacional de Trabajo Social de la UNAM.

Fig. 75. Durante la presentación final en Keren Tá Merced.

- Impartí el Taller "**Hackeando mi ropa**"<sup>103</sup> realizado en **La Biblioteca Vasconcelos** en CDMX. **Del 20 al 24 de Agosto de 2024**. Organizado por el Centro Cultural de España en México/AECID, Fundación Telefónica México, Fundación Bancaria "la Caixa" y el Ateneo Español. Los talleres son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

En este Taller las participantes realizaron una aplicación electrónica lumínica sencilla para intervenir una prenda de vestir o accesorio propuesto por ellas.

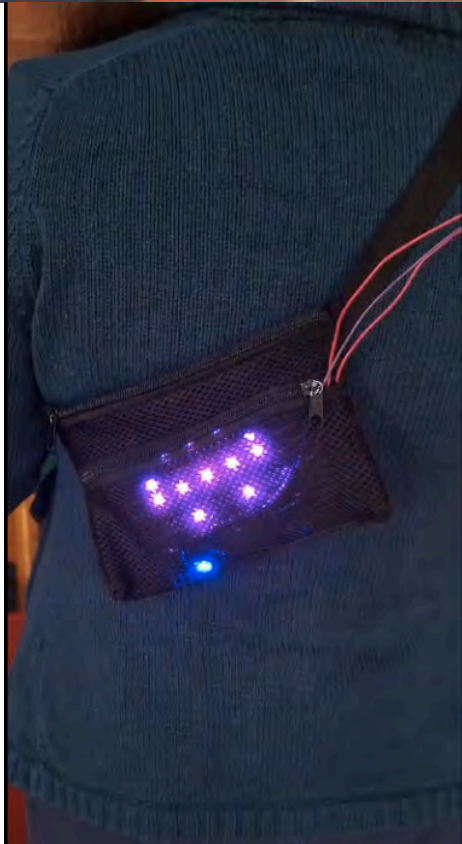
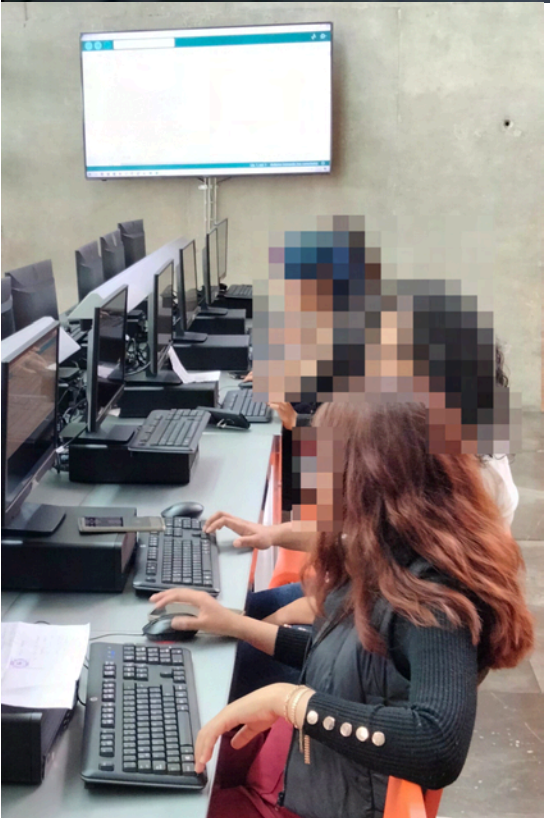
*Durante el taller revisamos algunos materiales, componentes y dispositivos electrónicos digitales auxiliares para proyectos "de e-Textiles y wearables, además de algunos hacks y técnicas DIY para realizar aplicaciones electrónicas suaves y flexibles, a partir de intervención electrónica. Haciendo énfasis en el reuso de materiales, en aprender y hacer con otr@s (DIWO, DIY), diseño circular, cultura libre, soberanía tecnológica y open hardware (OSHW), entre otros temas (Cecilia Sánchez, 2024)".*

Parte de los objetivos del Taller fue aprovechar materiales y componentes electrónicos de bajo costo para realizar un circuito electrónico vestible DIY fácilmente replicable y susceptible de evolucionar, agregando otras funcionalidades. Otro objetivo fue que las y los participantes comprendieran los principios de la Electrónica implementada, además de explorar materiales auxiliares como tela e hilo conductivos, placa flexible para PCB's, entre otros. No son necesarios conocimientos previos.

Talleres como éste, son una invitación para que l@s participantes descubran "*el potencial creativo de los medios electrónicos de una manera divertida y práctica, con un enfoque hacia las tecnologías vestibles (Cecilia Sánchez, 2024)".*

Este Taller tuvo una dinámica especial, ya que lo tomaron niñas y adolescentes y su mamá o tutora. La edad de las participantes fue entre 12 y 16 años con sus madres y profesora. En total hubo 10 participantes con actividades e intereses diversos, sin conocimientos previos de Electrónica o programación.





Figs. 75, 76, 77,78.

Durante el taller "Hackeando mi ropa" en la Biblioteca Vasconcelos.

## **8. Conclusiones.**

Estos han sido algunos de los Talleres que he realizado desde 2015 con el Centro Cultural de España en México. Así como dentro de Comunidades Valparaíso, el cual de acuerdo con su información: "*es un programa de actividades de vinculación y formación para el desarrollo y encuentro de proyectos de innovación social con enfoque comunitario*". Como mencioné antes, todos los Talleres de esta plataforma, son gratuitos al público e incluyen materiales para l@s participantes.

En estas actividades puse en práctica los conocimientos adquiridos en mis estudios de licenciatura relacionados con el diseño de sistemas electrónicos basados en microcontroladores, dispositivos y circuitos electrónicos, entre otros. Obteniendo en cada curso, productos (las aplicaciones realizadas en cada curso) bajo requerimientos que van desde aspectos artísticos, ambientales, reducidos en obsolescencia programada y diseñado para su escalabilidad, en caso de haberla.

Uno de los objetivos de estos cursos ha sido dar un acercamiento a herramientas para el desarrollo de proyectos que vinculan Arte, Diseño y disciplinas afines, con medios electrónicos digitales y Computación Física, mostrando la importancia de la ingeniería y el ingenio dentro del proceso creativo, para solucionar un problema de estudio. Siendo un reto agradable el llevar conceptos complejos relacionados con ingeniería electrónica hacia un ámbito creativo y cómo es posible comprender dichos conceptos de manera práctica. Otro objetivo fue que las y los participantes comprendieran los principios de la Electrónica implementada y explorar las posibilidades del uso de herramientas de fuente abierta como el IDE de hardware abierto Arduino, entre otros.

## **9. Referencias y anexos.**

En las referencias citadas, se encuentran especificaciones de componentes utilizados en el proyecto.

En general, he realizado diversos proyectos y actividades de docencia, gestión cultural e investigación, relacionados con Arte Electrónico y Multimedia, tecnología Wearable, fashion-Tech, tecnologías creativas-críticas; así como con el uso de tecnologías digitales en educación con un enfoque integral, desde un pensamiento creativo-crítico.

**El desarrollo de los siguientes proyectos será de carácter descriptivo.**

**e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable.**

**Proyecto:** e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable.

**Propuesta original (autor):** Cecilia Sánchez Nava.

**Participación:** Autoría, dirección, gestión, planeación, curaduría, diseño de contenidos, producción.

**Fechas importantes:**

- Desde 2013 a la actualidad.
- Primera edición realizada en septiembre de 2014.

**Lugar:** Algunos de los lugares donde se ha llevado a cabo es el CCEMx, CC El Rule y CCD, en CDMX, Centro de Ciencias de Sinaloa y actividades itinerantes en el Centro de Artes de San Agustín, MUNAL, La Colmena CTC y el Sistema de Transporte Metro de la Ciudad de México, entre otros.

**Resumen**

Soy creadora y directora de e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable<sup>104</sup>, actualmente hacia su edición V. *"Una propuesta cultural sin precedentes en México y LATAM que presenta proyectos visionarios en Arte & Tecnología Wearable, fashion-Tech y nuevas tecnologías relativas al cuerpo, con un enfoque prospectivo, crítico y de transversalidad tecnológica-cultural, a través de diversas actividades (Cecilia Sánchez Nava, 2014)"*. Se anexa a este informe, un resumen de e-cuerpo.

En e-cuerpo han participado Tina Gorjanc, Viktoria Modesta, Neil Harbisson, Micha Cárdenas, Heather Dewey-Hagborg, María Castellanos, Katia Vega, Ricardo O'Nascimento, Ana Laura Cantera, CNDS, Operator (Ania Catherine & Dejha Ti) y Moon Rivas, entre otras y otros creadores reconocidos internacionalmente. Con actividades realizadas en lugares como el CCEMx, CC El Rule y CCD, en CDMX, Centro de Ciencias de Sinaloa y actividades itinerantes en el Centro de Artes de San Agustín, MUNAL, La Colmena CTC y el Sistema de Transporte Metro de la Ciudad de México, entre otras. Actualmente hacia su edición V.

e-cuerpo es un proyecto sin fines de lucro. Las actividades no tienen costo al público.

En general en todos los proyectos expuestos en este informe, he aplicado estos conceptos, temas y asignaturas de referencia en el área de la Ingeniería Electrónica: Aplicación directa e indirecta de conceptos de ciencias básicas que reúnen los fundamentos básicos para el diseño, comprensión y aplicación de todo tipo de dispositivo eléctrico y electrónico. Así mismo, Teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónicos, donde apliqué los conceptos relacionados con Electricidad y Magnetismo, y Física General. Conceptos teóricos y prácticos relacionados con Dispositivos y Circuitos Electrónicos y puse en práctica conceptos de Diseño Digital, al planear actividades como los Talleres. Así como elementos de costos y evaluación de proyectos para la gestión del proyecto, a fin de tomar decisiones, siempre buscando ser productivas, eficientes y eficaces. La primera edición de e-cuerpo fue realizada en 2014, con público de diversas edades e intereses.

## Evidencias



Fig. 79. Conferencia "Life in the age of Cyborgs" por Neil Harbisson y Moon Ribas (Cyborg Foundation), en e-cuerpo edición I. Septiembre de 2014.



Fig. 80. Imagen anterior, detalle del workshop "Cuerpo y entorno" impartido por la artista María Castellanos (ES), en e-cuerpo edición III. Octubre de 2018. En este Workshop I@s participantes realizaron aplicaciones vestibles con IDE Arduino, sensores UV y LEDs RGB.

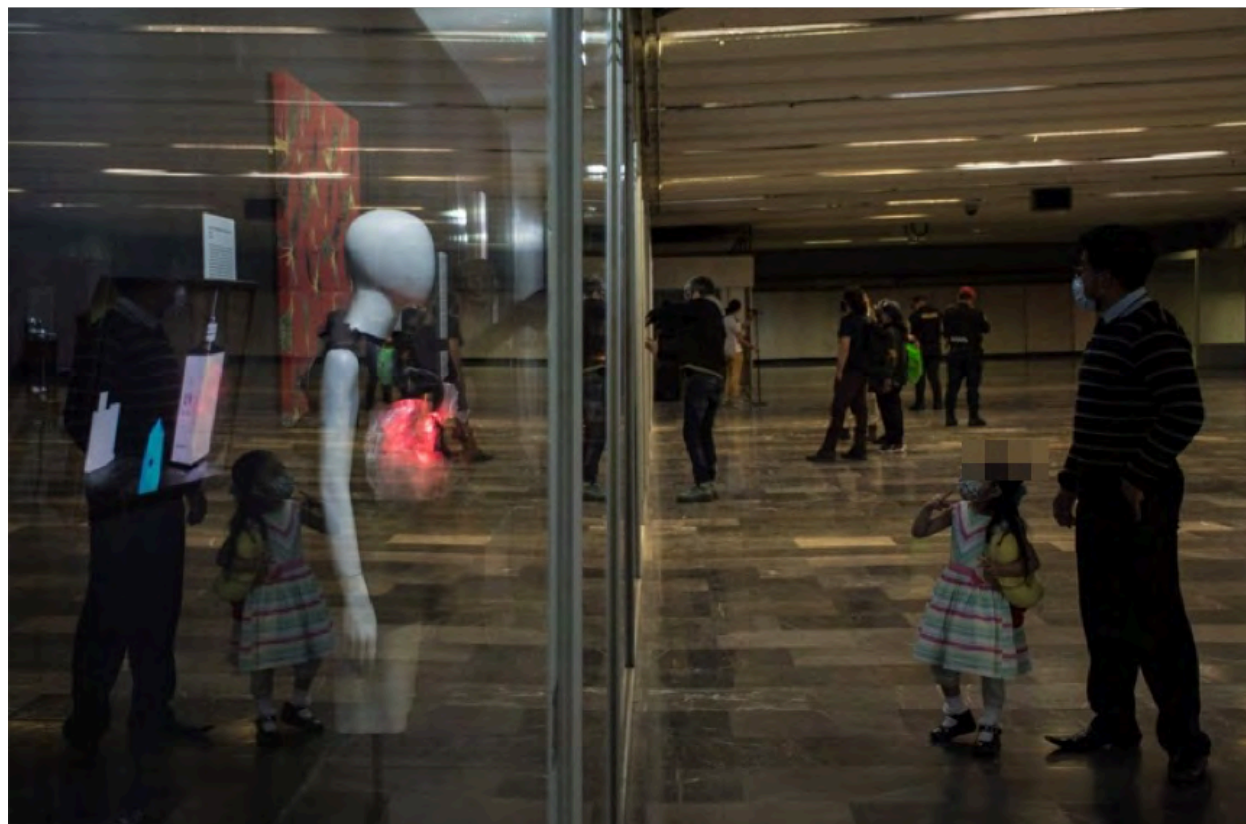


Fig. 81. Durante la exposición FuturXble, en el marco de e-cuerpo, del 30 de noviembre de 2021 al 1 de abril de 2022, con una visita de aproximadamente 59,147 personas.



Fig. 82. Inauguración de FuturXble, en el marco de e-cuerpo edición III. Mayo de 2019.

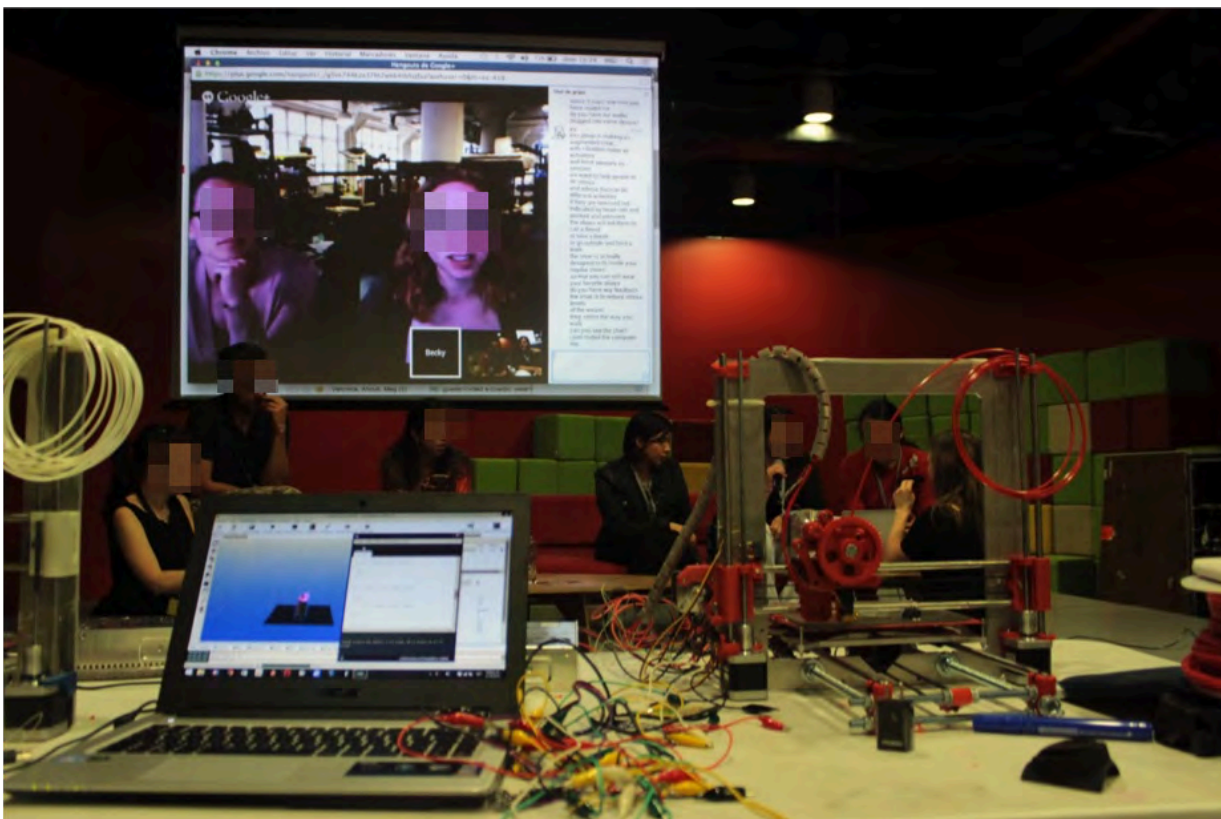


Fig. 83. Durante el Hackathon wear+ D edición 1. Septiembre de 2014.

## **Resultados y conclusiones.**

**En este proyecto el cual es de mi autoría, he realizado desde la conceptualización hasta el desarrollo del mismo. El estudiar Ingeniería Eléctrica Electrónica, aunado con mis intereses en Arte, me permitieron realizar un análisis y planeación de actividades desde un panorama más amplio y considerar elementos importantes al dirigir, gestionar y producir actividades donde intervienen elementos de ingeniería como el Hackathon o los Talleres, relacionados con tecnología wearable y fashionTech.**

El análisis y planeación correspondientes, el diseño general, cotización de hardware, componentes electrónicos y materiales a utilizar en actividades como Talleres o el Hackathon. Por supuesto en todas estas actividades están implícitos conceptos vistos en la carrera, desde la planeación de proyectos, diseño y programación de sistemas electrónicos digitales, para su aplicación en vestibles. La metodología que he seguido en todos mis proyectos es una integración las Metodologías de diseño Descendente (Top-Down) y Ascendente (Down- Top) y en este proyecto como en prácticamente todos, implicó el aplicar conocimientos adquiridos en la licenciatura relacionados con dispositivos y circuitos electrónicos analógicos, sensores y actuadores, Electrónica Digital y circuitos integrados digitales para su uso en sistemas digitales y en general, Teoría de Circuitos eléctricos y electrónicos.

## **Referencias y anexos.**

Además de las referencias citadas, se anexa a este informe, un resumen de e-cuerpo.



## Otras actividades profesionales realizadas que he realizado.

- También fui **revisora de trabajos de investigación para la Design Exhibition 2023.**<sup>105</sup> de un evento reconocido internacionalmente. De acuerdo con sus organizadores, es:

*Un lugar interdisciplinario en el que destacados investigadores, diseñadores, desarrolladores y profesionales internacionales en el campo presentan y discuten resultados novedosos en todos los aspectos de la informática ubicua, omnipresente y portátil. Esto incluye el diseño, desarrollo y despliegue de tecnologías informáticas ubicuas, omnipresentes y portátiles y la comprensión de las experiencias humanas y los impactos sociales que estas tecnologías facilitan.*

- Fui **Jurado en la Disciplina de Medios Audiovisuales y Alternativos** de la Convocatoria 2022 de un Programa de Estímulo a la Creación Artística en México.
- Fui **coordinadora del Laboratorio de Hardware Abierto** en un Centro Cultural de la Ciudad de México. 2017 - 2019.
- Tuve el cargo de **Subjefatura del Área de Tecnología, medios e interacción** en un Centro de Cultura de la Ciudad de México, entre 2012 y 2014.
- Fui **líder de Makerspace** en el Área de apoyo al hackeo escolar pedagógico de una institución de Educación Básica de la Ciudad de México. 2015 - 2016.
- He participado en **exposiciones colectivas** y he realizado diversos proyectos propios y colaborado con divers@s artistas.

## **Experiencia profesional relacionada con la docencia.**

En términos generales, mi experiencia profesional relacionada con la docencia ha incluido impartir cursos, Talleres y asesorías en distintas instituciones de Educación Superior y Básica, tanto públicas como privadas. En los que yo he realizado la planeación de contenidos, desarrollo de ejercicios y sistemas electrónicos relacionados , además de investigación. Además de los expuestos anteriormente, éstos han sido algunos de ellos:

### **Educación Superior**

- **Impartí el Curso de LEDs, aplicado a la Arquitectura"** para alumnas y alumnos del Taller de Arquitectura III. Agosto de 2011.
- **Impartí el "Curso de LEDs aplicado a la Arquitectura"**, para alumnos de Taller de Arquitectura III. Septiembre de 2010.
- **Co-impartí el Curso "LEDs y manipulación de circuitos de audio"**. Semestre escolar 2011-2.
- **Colaboré en la impartición de la asignatura optativa de "Iluminación" (Teoría de la Imagen y del Objeto), para estudiantes de Diseño Industrial.** Semestres escolares 2011-1 y 2011-2.
- **Impartí el Taller de diseño de luminarias con tecnología LED "Bichos Luminosos" para estudiantes de Diseño Industrial.** Agosto de 2010.
- **Impartí el Taller Experimental de "Alebrijes luminosos" con LED's para estudiantes de Diseño Industrial.** Enero de 2010.
- **Realicé la asesoría técnica, diseño, desarrollo y programación de hardware para proyectos escolares de Diseño Industrial.** De 2010 a 2012.

- **Asesoré** proyectos de tesis de Licenciatura de alumnos de Diseño Industrial. De 2011 a 2012.
- **Co-impartí el Taller “noiseleds+noise [circuit bending+circuit cooking+diseño+...] tomo 1” y su Edición segunda.** Noviembre y Diciembre de 2010.
- **Impartí la Charla y Taller “¿Cómo vestimos tecnología? Enfoques críticos a las tecnologías Vestibles (critical fashion-Tech) & electrónica textil DIY”** como parte del **Seminario “Acercamientos a las tecnologías digitales y analógicas en contextos indígenas y urbanos”.** 24 de febrero de 2020.
- **Co-impartí el “Workshop // ARTEFACTOS Arte Digital Generativo v2.0”,** para estudiantes universitar@s. Del 24 de agosto al 9 de noviembre de 2010.
- **Impartí la asignatura “Programación Multimedia I” de la Licenciatura de Diseño Multimedia.** Periodos Enero - Junio de 2024. Agosto - Diciembre de 2023. Enero - Junio de 2023. Agosto - Diciembre de 2022. Enero - Junio de 2022. Agosto - Diciembre de 2021.
- **Impartí la asignatura “Programación Multimedia II” de la Licenciatura de Diseño Multimedia.** Periodos Enero - Junio de 2024. Agosto - Diciembre de 2023. Enero - Junio de 2023. Agosto - Diciembre de 2022.
- **Impartí la asignatura “Multimedia para Espacios Ambientales Básico” de la Licenciatura de Diseño Multimedia.** Periodo Enero - Junio de 2022.
- **Impartí la asignatura “Laboratorio de Multimedia Experimental” de la Licenciatura de Diseño Multimedia.** Periodo Enero - Junio de 2024.
- **Impartí la asignatura “Practicum II: Diseño Multimedia” de la Licenciatura de Diseño Multimedia.** Periodo Agosto - Diciembre de 2022.
- **Impartí la asignatura “Formación Universitaria A” de la Licenciatura de Diseño Industrial.** Periodo Enero - Junio de 2024. Agosto - Diciembre de 2023.
- **Impartí la asignatura “Ingeniería y Diseño” de la Licenciatura de Diseño en Medios Digitales.** Semestre escolar 2015-I.

- **Realicé la asesoría técnica, diseño y desarrollo electrónico y de control digital** para proyectos realizados en la asignatura de Iluminación, de la Licenciatura en Diseño de Mobiliario y Producto. De 2010 a 2012.
- **Fui ayudante de profesor y realicé la asesoría técnica, diseño, desarrollo y programación de circuitos electrónicos de control** para proyectos de la asignatura de Iluminación, Diseño de Mobiliario y Producto. Semestre escolar 2012-II.
- **Di asesoría técnica, realicé el diseño de circuito luminoso y programación del sistema de control** del objeto para Tesis de Licenciatura en Diseño de Mobiliario y Producto. 2011.
- **Impartí el Curso "Innovación con Arduino"**. para estudiantes universitari@s. Noviembre de 2016.
- **Impartí la Charla y Taller "Enfoques críticos a las tecnologías vestibles"** como parte de las **"Primeras Jornadas para Estudiantes de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades 2019: encuentro de saberes"**. 27 de septiembre de 2019.
- **Impartí el Taller de iluminación LED aplicada a Arquitectura y Diseño**. Septiembre de 2010.

### **Participación profesional en Instituciones de Cultura.**

A la par de las actividades de "Coordinación de Profesionales en Análisis y Dictaminación" y sub jefatura de Departamento en el **Área de Tecnología, medios e interacción** entre 2012 y 2014; y a la par de las actividades como **Coordinadora del Laboratorio de Hardware abierto** en dos Centros de Cultura de la Ciudad de México. 2016-2018. También realicé algunos talleres como:

- **Co-impartí el Taller "Creación e intervención de piñatas", del Primer festival Luces de Invierno.** 7 de diciembre de 2013.
- **Co-impartí el "Taller de Juguetes (Artesanía + Electrónica)", del Primer festival Luces de Invierno.** 6 de diciembre de 2013.
- **Impartí el Taller "Electrónica Rosa".** Talleres de verano para niñas y niños. Agosto de 2013.
- **Impartí el Taller online "Introducción a las tecnologías Vestibles y materiales auxiliares para e-Textiles."** 19 de marzo de 2021.
- **Impartí el Laboratorio de 'Computación Física para fines creativos'.** Edición 1, de mayo a julio y Edición 2, de noviembre a diciembre de 2018.
- **Impartí el Laboratorio de Deconstrucción experimental de hardware.** Febrero a mayo de 2018.

#### **Participación profesional en Educación Básica.**

- **Fui líder de Makerspace** en el Área de apoyo al hackeo escolar pedagógico y mentora en el área de **Cultura Digital** de una institución de Educación Básica en la Ciudad de México. 2015 - 2016.
- **Impartí el Taller de "Makey Makey"** en el **Congreso Internacional: Festival del Cambio Educativo 2016.** 29 de mayo de 2016.
- **Impartí la clase de Computación** para 6º grado y la clase extraescolar de **Robótica** de una institución de Educación Básica en la Ciudad de México. Ciclo escolar 2019 - 2020.
- **Impartí el Taller "Bichos electrónicos"** dentro del programa **'Salvación por todos mis amigos', niños que viven con sus madres en prisión.** Ciclo escolar 2016-2017.

## **Participación profesional en Ponencias, conferencias y conversatorios.**

A lo largo de mi experiencia profesional hasta el momento, también he participado en **Ponencias, conferencias y conversatorios** relacionados con Tecnologías críticas, Arte & tecnología Wearable, Electrónica y Computación Física, en las cuales yo desarrollé los contenidos que expuse tanto en instituciones de Educación Superior, como instituciones culturales y Museos. Estas son algunas de ellas:

- Fui ponente en el **Panel POETA (Programa de Oportunidades Económicas a través de la Tecnología en las Américas): "Los empleos del futuro"**. 18 de diciembre de 2018.
- Impartí la Conferencia **"Mujeres STEAM: Tecnologías Vestibles"**. 29 de noviembre de 2018.
- Fui ponente en la Primera edición de **Epic Queen**, Toluca Chapter. Julio 2016.
- Impartí la Charla y Taller **"¿Cómo vestimos tecnología? Enfoques críticos a las tecnologías Vestibles (critical fashion-Tech) & electrónica textil DIY"** como parte del **Seminario "Acercamientos a las tecnologías digitales y analógicas en contextos indígenas y urbanos"**. En un Instituto de Investigaciones Sociales. 24 de febrero de 2020.
- Fui ponente en las mesas de discusión del **Congreso Internacional Diseñar para la humanidad: Evolución** de la Facultad de Diseño. 19 de octubre de 2022.
- Impartí la Conferencia **"Textiles inteligentes"** del **ciclo de conferencias de las Escuelas de Diseño y de Arquitectura**. 14 de noviembre de 2018.
- Fui ponente en el **"ciclo de Conferencias Multimedia"** de la Escuela de Diseño. 17 de noviembre de 2016.
- Fui ponente en el Foro **"A.R.T.e: Arte, Redes y Tecnología"**. 6 y 7 de noviembre de 2018. Realizado por una Universidad de México.
- Impartí la Charla y Taller **"Enfoques críticos a las tecnologías vestibles"** como parte de las **"Primeras Jornadas para Estudiantes de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades 2019: encuentro de saberes"**. Realizado por una Universidad de México. 27 de septiembre de 2019.

- Impartí la Ponencia "**¿Cómo vestimos tecnología?**", en un Museo de la Ciudad de México. 31 de enero de 2019.
- Impartí la Conferencia-webinar "**¿Cómo vestimos tecnología? Enfoques críticos a la tecnología Wearable y fashion-Tech.**" En un Centro de Ciencias en México. 17 de febrero de 2021.
- Impartí la Conferencia online "**Presentación de e-cuerpo edición IV: Enfoques críticos a las tecnologías Vestibles y fashion-Tech, a través del Arte**", organizado por una institución cultural de la Ciudad de México. 9 de noviembre de 2021.
- **Realicé la visita guiada virtual a la exposición "FuturXble: Desafíos del diseño crítico de tecnología Vestible y moda tecnológica"**. Organizada por una institución cultural de la Ciudad de México. El 30 de noviembre de 2021 y proyectada del 30 de noviembre de 2021 al 1 de abril de 2022.
- Fui ponente en el encuentro "**MAKING-OFF. Producción de arte, ciencia y tecnología en México**". Organizado por una institución cultural de la Ciudad de México. 26 y 27 de noviembre de 2019.
- Impartí la Conferencia "**Techno Textiles**", IX edición de un concurso de moda y diseño internacional. 12 de noviembre de 2015.
- Fui ponente en el Conversatorio "**El textil, una tecnología ancestro-futurista**" en un Festival de Mujeres y creatividad Digital. 24 de abril de 2024.
- Impartí la Conferencia "**e-Textiles & Wearables**", Arduino Day 2018. 12 de mayo de 2018. Organizado por un Centro de Capacitación en TI, Web y Mobile de la Ciudad de México.
- Impartí la Conferencia "**Wearables con Arduino**", Arduino Day 2017, Organizado por un Centro de Capacitación en TI, Web y Mobile de la Ciudad de México. 1 de abril de 2017.

## Algunas publicaciones de mi autoría y participación.

- **Escribí el artículo 'Tecnologías corpóreas'** <sup>106</sup>, siendo de mi total autoría. Enero-febrero de 2015.
- **Realicé la co-edición/Compilación de la publicación "// Artefactos"** <sup>107</sup> 2011.

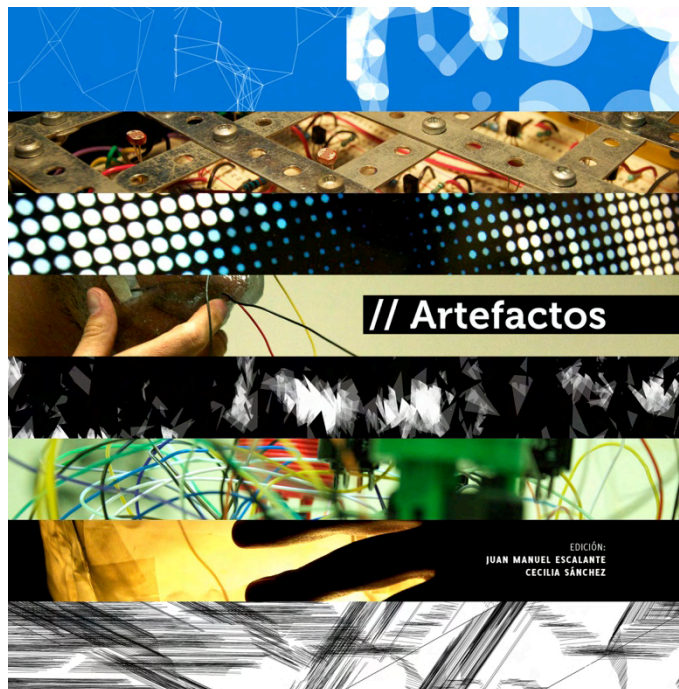


Fig. 84. Portada de la publicación  
"// Artefactos", 2011.



## VII. Resultados obtenidos

A partir de las actividades profesionales que he realizado desde mi egreso de la Facultad de Ingeniería a la actualidad, tanto desarrollando proyectos de Arte Electrónico, Multimedia y Wearable propios, como colaboraciones con artistas y diseñadores. Laborando en instituciones relacionadas con Arte y nuevas tecnologías, Cultura digital y/o educación steAm. Impartiendo diversos Talleres en el Laboratorio de Ciudadanía Digital del Centro Cultural de España en México y en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM. Siendo Coordinadora de un Laboratorio de Hardware Abierto y en la Subjefatura del Área de Tecnología, medios e interacción en dos Centros de Cultura de la Ciudad de México, o siendo Líder de Makerspace en una institución de Educación básica, entre otras. Así como impartiendo cursos, conferencias y "*ponencias relacionadas con Tecnologías críticas, Arte y tecnología Wearable, Electrónica y Computación Física creativa (Cecilia Sánchez, 2024)*" en distintas instituciones de Educación Superior y Básica, tanto públicas como privadas, en Museos y Centros de Cultura en México y en eventos relacionados con Arte y nuevas Tecnologías.

Uno de los resultados es, que a través de esta experiencia, he sido invitada a participar en eventos reconocidos internacionalmente, por ejemplo como revisora de trabajos de investigación para una Design Exhibition 2023 o siendo nominada candidata a un ciclo internacional de Arte y Tecnología. Formado parte del Jurado de Medios Audiovisuales y Alternativos de un Programa de Estímulo a la Creación, o en años anteriores, el ser seleccionada en una muestra fuera de México, por mi proyecto Asenath B.

Otro resultado de las actividades docentes relacionadas con Electrónica Digital y Computación Física para aplicaciones creativas, fue fusionar éste enfoque en Arte y Diseño Electrónico y Multimedia, con un enfoque de Ciudadanía Digital y Educación steAm en los cursos y Talleres para público infantil y adolescente, tratando de fomentar el ingenio y el interés por disciplinas como la Ingeniería a través de un pensamiento creativo y crítico. Además de incorporar metodologías de aprendizaje colaborativo (DIWO) y reflexionar con las y los participantes acerca de la importancia de realizar un diseño circular y abierto (OSHW) de tecnologías, evitando una obsolescencia

programada, además de proponer una Pedagogía de la obsolescencia, en el sentido de optimizar recursos utilizados, incentivar el reuso de tecnologías entendidas comercialmente "obsoletas" - pero funcionales - con las que es posible desarrollar innovaciones tecnológicas. Pensar en un diseño tecnológico con un enfoque abierto, circular, ético, en resumen, de futuro(s).

Las actividades documentadas en este informe, parte de los resultados obtenidos son:

- **17 Talleres en el Laboratorio de Ciudadanía Digital, una iniciativa del Centro Cultural de España en México.**
- **2 Cursos en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM, a lo largo de 8 y 6 años, respectivamente.**
- **3 colaboraciones en proyectos del artista sonoro e ingeniero de sonido, Félix Blume.**
- **2 proyectos propios (Asenath B. y e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable).**
- **31 cursos, Talleres y asesorías impartidos en diferentes instituciones.**
- **18 Ponencias, conferencias y/o conversatorios.**
- **2 publicaciones.**

Donde, de acuerdo con proyectos reportados en este informe de actividades profesionales en los que he realizado diseño de los sistemas electrónicos utilizados:

<b>Proyecto</b>	<b>Planteamiento como Iniciativa propia o en colaboración/necesidad de artista.</b>	<b>Desarrollo del diseño electrónico en colaboración. (Sí/No)</b>	<b>Porcentaje de participación en el Diseño Electrónico.</b>
<b>Asenath B.</b>	Propio	No	100%
<b>Semáforos Sonoros</b>	En colaboración	No	100%
<b>Coro informal</b>	En colaboración	No	100%
<b>Noise(s) / Ruido(s)</b>	En colaboración	No	100%
<b>Cursos que impartí en la Unidad de Vinculación Artística del CCUT, UNAM.</b>	Propio	No	100% *
<b>Talleres que impartí sobre Computación física y Electrónica creativa con el Centro Cultural de España en México.</b>	Propio	No	100%*
<b>Experiencia profesional relacionada con la docencia.</b>	Propio	No	100%*

\* Recursos didácticos utilizados en los cursos, Talleres y proyectos estudiantiles asesorados.

En todas las actividades, de acuerdo con los objetivos planteados en cada una de ellas, l@s participantes (en actividades relacionadas con la docencia), así como el contexto donde se han llevado a cabo; todas han sido un gran aprendizaje y puesta en prueba de los conocimientos y habilidades adquiridos en Ingeniería Eléctrica Electrónica, relacionadas con Diseño Electrónico (diseño y fabricación de circuitos electrónicos), diseño, programación y construcción de sistemas electrónicos digitales para aplicaciones específicas de cada proyecto. Además de diseñar y desarrollar aplicaciones electrónicas para realizar los cursos y Talleres con diferentes públicos (infantiles, adolescentes, jóvenes y adultos), a fin de generar diversas propuestas de creación tecnológica a partir de un pensamiento creativo, crítico y colaborativo. Así mismo, poder identificar características y potenciales en cada contexto.

Como mencioné antes, el estudiar Ingeniería Eléctrica Electrónica, aunado con mis intereses en Arte, me permitieron realizar un análisis y planeación de actividades desde un panorama más amplio y considerar elementos importantes al dirigir, gestionar y producir actividades donde intervienen elementos de ingeniería aplicada al diseño y al arte, al realizar la planeación, programación educativa, asesorías, dirección de proyectos, impartición de clases o ponencias.

En general, la metodología que he seguido en todos mis proyectos es una integración de las Metodologías de diseño Descendente (Top- Down) y Ascendente (Down- Top). En éste proyecto como en prácticamente todos, apliqué conocimientos adquiridos en la licenciatura relacionados con dispositivos y circuitos electrónicos analógicos, sensores y actuadores, Electrónica Digital y circuitos integrados digitales, para su uso en sistemas digitales y en general Teoría de Circuitos eléctricos y electrónicos. Pero también elementos de Ciencias Básicas como Cálculo, Geometría, Electricidad y Magnetismo, en cuestiones ligadas con aplicaciones interactivas audiovisuales, por ejemplo. Los conceptos de asignaturas como éstas, se encuentran implícitamente en todas las actividades. Por ejemplo, Estadística, tanto en planeación de actividades y revisión de

**resultados obtenidos como en aquellas que han estado relacionadas con visualización de datos, entre otras.**

## **VIII. Conclusiones.**

Si bien, disciplinas relacionadas con un ámbito creativo siempre han utilizado diversos soportes o medios tecnológicos de acuerdo con su naturaleza (sólo por mencionar algunos ejemplos: la pintura, escultura, grabado, música, danza, fotografía y cine analógicos, etcétera), es a partir del uso de Tecnologías digitales que ha habido un cambio de paradigma en el que han surgido campos creativos, donde los medios o soportes electrónicos y computacionales se han fusionado con objetos y entornos, hibridando información digital con lo tangible, para generar objetos y experiencias digitales (del término en inglés phygital: acrónimo para physical + digital), que a la par pueden ser experiencias estéticas y tener una aplicación de diversa naturaleza (de salud, educación, industrias, etcétera).

Con distintas nominaciones, encontramos hoy día disciplinas como Arte Electrónico, Arte y Diseño Multimedia, Arte y Diseño Experiencial, Moda Tecnológica (fashion Tech), Arte Wearable, Arquitectura computacional y tantas más, donde dichas herramientas tecnológicas se transforman en herramientas creativas y estéticas, independientemente de su propósito en cuanto a funcionalidad.

Por otro lado, ante los retos que recientemente se han tornado mucho más tangibles, como los mencionados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda Global 2030<sup>108</sup>, es importante evitar una fragmentación del conocimiento o estudiar problemáticas y buscar soluciones de manera aislada. Como mencioné antes, el estudiar Ingeniería Electrónica para desarrollar proyectos de Arte y Diseño Electrónico y Multimedia, me llevó a entender la enorme importancia de la Ingeniería a fin de aplicar de manera adecuada, los elementos necesarios en el diseño y programación del hardware implementado en cada proyecto. Además de potenciar la actividad creativa que implica el ingenio por sí.

Así, estas exploraciones estéticas digitales abren posibilidades infinitas de innovación en el diseño de tecnologías, hacia enfoques de accesibilidad, de diseño abierto (OSHW) y circular, a fin de tener un menor impacto ambiental posible, tratando de evitar prácticas que hoy día son un grave problema, como la obsolescencia programada, que a su vez propicia un extractivismo desmedido, contaminación y basura electrónica, entre otras cuestiones. También hacia un enfoque ético respecto al uso de datos y uso de herramientas de inteligencia artificial; de bienestar general, considerando un diseño de tecnologías no antropocéntricas y en general, un enfoque crítico y de futuro(s). De ahí, la importancia de fomentar un pensamiento creativo-crítico en la formación en Ingeniería y también en Educación Básica, Media y en entornos de educación no formal, a través de metodologías activas como steAm, Tinkering y aprendizaje colaborativo.

A través de mi práctica profesional relacionada con docencia, también llegué a la conclusión de proponer una Pedagogía de la obsolescencia como punto de partida para la innovación tecnológica, a través de prácticas situadas, colaborativas, con una incidencia glocal (acrónimo para global + local)<sup>109</sup> y una articulación significativa e integral de los conocimientos, para crear soluciones tecnológicas de futuro(s).

Es un enorme reto, pero a lo largo de mi práctica he logrado observar que aunque parecieran ser pasos pequeños en cada actividad, es posible ir sumando hacia un cambio, el cual hoy día es sumamente necesario.

## IX. Bibliografía y referencias.

---

<sup>1</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development, Directorate for Education and Skills. (2018). The future of education and skills: Education 2030. OECD, Paris.

<sup>2</sup> Dunne, Anthony y Raby, F. (2013). Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming. The MIT Press. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts, London, England. ISBN: 978-0-262-01984-2

<sup>3</sup> Rincón Caballero, Diego A. (2023-2024). Diseño especulativo: entre ciencia y arte a través de las ficciones y la patafísica. Cuaderno 179 | Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. pp. 185 - 200. ISSN: 1668-0227

<sup>4</sup> Esquivias Serrano, María T. (31 de enero de 2004). Creatividad: definiciones, antecedentes y aportaciones [en línea]. Revista Digital Universitaria. Vol. 5, No. 1. ISSN: 1607-6079. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art4/art4.htm>

<sup>5</sup> Lowenfeld, Viktor. (1980). Desarrollo de la capacidad creadora. Editorial Kapelusz, Buenos Aires, Argentina. 2a edición. ISBN: 8449933455.

<sup>6</sup> Oroza, Ernesto. (2009). RIKIMBILI. Une étude sur la désobéissance technologique et quelques formes de réinvention. Publications de l'Université de Saint-Étienne. ISBN: 978-2-86272-527-7. Recuperado de: <https://www.ernestooroza.com/www-desobedienciatecnologica-net/>

<sup>7</sup> Pastor Sánchez, Ignacio. (2018). Análisis de la Metodología STEM a través de la percepción docente [Máster de investigación en Ciencias Sociales. Universidad de Valladolid, Campus María Zambrano, Segovia, España]. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/30952/1/TFM-B.134.pdf>

<sup>8</sup> The U.S. National Science Foundation. (2024). <https://www.nsf.gov/>

<sup>9</sup> Wonder Workshop Inc. (2024). <https://www.makewonder.com/en/dash/>

<sup>10</sup> open source RESOURCES. (2024). What is open hardware? Opensource.com. Red Hat, Inc. <https://opensource.com/resources/what-open-hardware>

<sup>11</sup> Molina García, Laura. (27 de octubre de 2021). Cinco elementos que debes conocer de la metodología STEAM. AFOE. <https://www.afoe.org/metodologia-steam/>

<sup>12</sup> Brygg, Ullmer e Hiroshi, Ishii. (2000). Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces, MIT Media Lab. Tangible Media Group, Cambridge, MA, USA.

---

<sup>13</sup> Levin, Golan y Brain, Tega. (2021). Code as creative medium: A handbook for computational art and design. Cambridge: The MIT Press. ISBN: 9780262542043.

<sup>14</sup> Sitio web de Leah Buechley. <http://leahbuechley.com/>

<sup>15</sup> Hand and machine, research group in the Department of Computer Science at the University of New Mexico. <https://handandmachine.org/>

<sup>16</sup> Katia Vega. University of California, Davis, Department of Design. <https://arts.ucdavis.edu/faculty-profile/katia-vega>

<sup>17</sup> Sitio web de e-cuerpo: encuentro Internacional de Arte & tecnología Wearable. (2014). <https://e-cuerpo.org/>

<sup>18</sup> Sitio web de Ana Laura Cantera. (s.f.). <https://www.analauracantera.com.ar/>

<sup>19</sup> <https://e-cuerpo.org/>

<sup>20</sup> [https://www.instagram.com/e\\_cuerpo/](https://www.instagram.com/e_cuerpo/)

<sup>21</sup> Sitio web de Sara Lana. (s.f.). <https://saralana.xyz/>

<sup>22</sup> [https://www.instagram.com/e\\_cuerpo/](https://www.instagram.com/e_cuerpo/)

<sup>23</sup> [https://www.instagram.com/e\\_cuerpo/](https://www.instagram.com/e_cuerpo/)

<sup>24</sup> Sitio web de Tania Candiani. (s.f.). <https://taniacandiani.com/>

<sup>25</sup> Sitio web de Hugo Solís García. (s.f.). <https://hugosolis.net/es>

<sup>26</sup> Reactable Systems. (2003- 2022). <https://reactable.com/live/>

<sup>27</sup> Sitio web de Jim Campbell. (s.f.). <https://www.new.jimcampbell.tv/>

<sup>28</sup> Sitio web de Ksawery Kirklewski. (s.f.). <https://ksawerykomputery.com/>

<sup>29</sup> F3 Studio. (s.f.). <https://f3.studio/>

<sup>30</sup> Sitio web de Juan Manuel de J. Escalante. (s.f.). <https://jmescalante.com/>

<sup>31</sup> Escalante, Juan Manuel de J. y Sánchez Nava, Cecilia [Co-edición/Compilación]. (2011). // Artefactos. Publicación realizada con el apoyo del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes, a través del programa Jóvenes Creadores. México.



---

<sup>32</sup> Centro Cultural de España en México. (s.f.). Presentación de “Laboratorio de Ciudadanía Digital”. Recuperado el 10 de mayo de 2024 de: <https://ccemx.org/evento/presentacion-de-laboratorio-de-ciudadania-digital/>

<sup>33</sup> Fundación Telefónica México, A.C. (s.f.). Laboratorio de Ciudadanía Digital. Recuperado el 10 de mayo de 2024 de: <https://www.fundaciontelefonica.com.mx/lcd/>

<sup>34</sup> Exploratorium. (2024). The Tinkering Studio. <https://www.exploratorium.edu/tinkering>

<sup>35</sup> <https://www.exploratorium.edu/tinkering>

<sup>36</sup> Seymour Papert. (20 de Junio de 2024). En Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Seymour\\_Papert](https://en.wikipedia.org/wiki/Seymour_Papert)

<sup>37</sup> Brygg, Ullmer e Hiroshi, Ishii. (2000). Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces, MIT Media Lab. Tangible Media Group, Cambridge, MA, USA.

<sup>38</sup> Ingeniería en Marcha, programa radiofónico de la Facultad de Ingeniería UNAM. ( 4 de junio de 2019). Obsolescencia programada y residuos electrónicos con la Mtra. Natasha Carime Villaseñor Hernández, el M. en I. Ricardo Mota Marzano, #ProfesoresFI y el Ing. Pedro Guadarrama Guzmán, alumno de posgrado de #FIUNAM. <https://www.facebook.com/ingenieria.enmarcha/videos/448624772373737>

<sup>39</sup> Sánchez Nava, Cecilia. [csan]. (15 de marzo de 2015). Asenath B. [Archivo de vídeo]. <https://vimeo.com/122267098>

<sup>40</sup> Dorf, R. C., Svoboda, J. A., Circuitos Eléctricos, 5a. edición. México Alfaomega, 2003.

<sup>41</sup> Boylestad, Robert y Nashelsky, Louis, Electronic devices and circuit theory 5a. edición. New Jersey. Prentice Hall, 1992.

<sup>42</sup> F. Wakerly, John, Diseño Digital Principios y Prácticas, 3a. edición, México, Pearson Educación, 2001.

<sup>43</sup> Barr, Michael, Massa, Anthony, Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools, 2nd edition, O Reilly.

<sup>44</sup> Baca, Gabriel, Evaluación de Proyectos, 2a. edición, México, McGraw-Hill, 2000.

<sup>45</sup> Atmel, 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega328P. (2008) Hoja de datos del fabricante. Obtenido de <https://www.alldatasheet.com/>

<sup>46</sup> <https://www.intel.la/content/www/xl/es/products/sku/49489/intel-atom-processor-d425-512k-cache-1-80-ghz/specifications.html>

<sup>47</sup> <https://www.asterisk.org/>

<sup>48</sup> La especificación ANSI/TIA-968-B (Agosto 2009) define el REN (Ringer Equivalence Number o "número de equivalencia de timbre" en español) como una impedancia de 7 kΩ @ 20Hz (type A ringer) o de 8 kΩ de 15Hz a 68Hz (type B ringer).

<sup>49</sup> <https://academia-lab.com/enciclopedia/numero-de-equivalencia-de-timbre/>

---

<sup>50</sup> [https://www.sameskydevices.com/product/audio/speakers/miniature-\(10-mm~40-mm\)/cms-1535-058sp](https://www.sameskydevices.com/product/audio/speakers/miniature-(10-mm~40-mm)/cms-1535-058sp)

<sup>51</sup> <https://www.asterisk.org/>

<sup>52</sup> <https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html>

<sup>53</sup> Blume, Félix. (2015-2016). Semáforos sonoros.

<https://felixblume.com/semaforossonoros/?lang=es>

<sup>54</sup> Dorf, R. C., Svoboda, J. A., Circuitos Eléctricos, 5a. edición. México Alfaomega, 2003.

<sup>55</sup> Boylestad, Robert y Nashelsky, Louis, Electronic devices and circuit theory 5a. edición. New Jersey. Prentice Hall, 1992.

<sup>56</sup> F. Wakerly, John, Diseño Digital Principios y Prácticas, 3a. edición, México, Pearson Educación, 2001.

<sup>57</sup> Pallas Areny, Ramón, Sensores y acondicionadores de señal, 3a. edición, México, Alfa Omega-Marcombo, 2001.

<sup>58</sup> Atmel, 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega328P. (2008) Hoja de datos del fabricante. Obtenido de <https://www.alldatasheet.com/>

<sup>59</sup> TAOS, TCS3472, Color light-to-Digital converter with IR filter. (2012). Hoja de datos del fabricante. Obtenido de <https://www.alldatasheet.com/>

<sup>60</sup> Catalex, Módulo MP3 player basado en el CI de audio YX5300.(2014). Hoja de datos del fabricante. Obtenido de <http://pan.baidu.com/s/1hqilpB2>

<sup>61</sup> Tripat, TA0104A Stereo 500W (4Ω) Class-T Digital Audio Amplifier Driver using digital power processing (DPPTM) Technology. (2000). Hoja de datos del fabricante, Obtenido de <https://www.alldatasheet.com/>

<sup>62</sup> <https://mou.sr/3D5eRWC>

<sup>63</sup> Blume, Félix y Godínez, Nivón, Daniel. (2016). Coro informal.

<https://felixblume.com/coroinformal/?lang=es>

<sup>64</sup> <https://felixblume.com/inauguration-polifonia/>

<sup>65</sup> Hoja de datos de CNY70. Obtenida de [www.vishay.com](http://www.vishay.com)

<sup>66</sup> Hoja de datos. Obtenida de <http://www.ti.com>

<sup>67</sup> Blume, Félix (2016). Noise(s) / Ruido(s). <https://felixblume.com/ruidos/?lang=es>

<sup>68</sup> Salgado, Serna, Fernanda L. (28 de abril de 2023). Hazlo tú mismo: El movimiento Maker. Nueva Educación Latinoamericana. ILCE. México.

<https://revista.ilce.edu.mx/index.php/steam/385-hazlo-tu-mismo-el-movimiento-maker>

<sup>69</sup> Tech Edu. (s.f.). Circuit Bending. <https://techlib.net/techedu/circuit-bending/>

<sup>70</sup> <https://opensource.com/resources/what-open-hardware>

- 
- <sup>71</sup> Hoja de datos de módulo HCSR04 obtenida de <https://www.mouser.com/access/?pn=101202>
- <sup>72</sup> Hoja de datos de sensor PIR obtenida de <https://agelectronica.com/>
- <sup>73</sup> Hoja de datos de sensor CNY70 obtenida de [www.vishay.com](http://www.vishay.com)
- <sup>74</sup> Hoja de datos de sensor LM35 obtenida de [www.national.com](http://www.national.com)
- <sup>75</sup> Hoja de datos de sensor resistivo de flexión, obtenida de [spectrasymbol.com](http://spectrasymbol.com)
- <sup>76</sup> Hoja de datos de fotoresistor obtenida de <https://agelectronica.com/>
- <sup>77</sup> Hoja de datos de sensor DHT22 obtenida de Aosong Electronics Co.,Ltd
- <sup>78</sup> Hoja de datos de módulo XD-58C obtenida de <https://agelectronica.com/>
- <sup>79</sup> Hoja de datos de acelerómetro ADXL345 obtenida de [www.analog.com](http://www.analog.com)
- <sup>80</sup> Hoja de datos de LED RGG radial obtenida de <http://www.kitronik.co.uk>
- <sup>81</sup> Hoja de datos de LED RGB SMD obtenida de [www.honglitronic.com](http://www.honglitronic.com)
- <sup>82</sup> Hoja de datos de LED RGB con CI WS2812 obtenida de <http://www.world-semi.com>
- <sup>83</sup> Hoja de datos de display LCD 16x2 obtenida de <https://agelectronica.com/>
- <sup>84</sup> Hoja de datos de servomotor SG90 RC 9g, obtenida de <https://components101.com>
- <sup>85</sup> Hoja de datos de 5V Stepper Motor obtenida de [www.keyestudio.com](http://www.keyestudio.com)
- <sup>86</sup> Centro Cultural de España en México. (Mayo de 2016). Luces Voladoras. <https://ccemx.org/evento/luces-voladoras/>
- <sup>87</sup> Centro Cultural de España en México. (Julio de 2016). Luces Voladoras en FIV. <https://ccemx.org/evento/luces-voladoras-fiv/>
- <sup>88</sup> Fundación Ser Humano A.C. (s.f.). <https://fundacionserhumano.org.mx/>
- <sup>89</sup> Centro Cultural de España en México. (Agosto de 2016). Día LCD en Faro Milpa Alta. <https://ccemx.org/evento/dia-lcd-fma/>
- <sup>90</sup> Centro Cultural de España en México. (Noviembre de 2016). LCD en la FILIJ. <https://ccemx.org/evento/lcd-en-la-filij/>
- <sup>91</sup> Centro Cultural de España en México. (Noviembre de 2016). Luces Voladoras. <https://ccemx.org/evento/lucesvoladoras/>
- <sup>92</sup> Centro Cultural de España en México. (Abril de 2017). Wearables. <https://ccemx.org/evento/wearables-2/>
- <sup>93</sup> Centro Cultural de España en México. (Mayo de 2017). Calzado electrónico artesanal en Faro Tláhuac. <https://ccemx.org/evento/calzado-electronico-tlahuac/>
- <sup>94</sup> Centro Cultural de España en México. (Noviembre de 2017). Luz y movimiento en FARO Milpa Alta. <https://ccemx.org/evento/luz-movimiento/>

---

<sup>95</sup> AG Electrónica.(2017). LED DRIVER IC-WS2811 [especificaciones técnicas de CI]. <https://www.agelectronica.com/detalle.php?p=IC-WS2811>

<sup>96</sup> Centro Cultural de España en México. (Julio de 2019). Hacks vestibles en Oaxaca. <https://ccemx.org/evento/hacks-vestibles-en-oaxaca/>

<sup>97</sup> Centro Cultural de España en México. (Agosto de 2019). Direccionales textiles DIY. <https://ccemx.org/evento/direccionales-textiles-diy/>

<sup>98</sup> Centro Cultural de España en México. (Octubre de 2019). De garabatos a objetos. <https://ccemx.org/evento/garabatos-y-objetos/>

<sup>99</sup> Centro Cultural de España en México. (Julio de 2019). LCD en Fundación Renacimiento. <https://ccemx.org/evento/lcd-renacimiento/>

<sup>100</sup> ArsGames (2024), es una entidad internacional sin ánimo de lucro que promueve y gestiona proyectos de carácter cultural relacionados con los videojuegos y las nuevas tecnologías a partir de áreas de acción transversales: arte, pedagogía y formación, investigación científica, inclusión digital y participación ciudadana. <https://arsgames.net/>

<sup>101</sup> Centro Cultural de España en México. (Noviembre de 2019). Frankensteins cibernéticos. <https://ccemx.org/evento/frankensteins-ciberneticos/>

<sup>102</sup> Centro Cultural de España en México. (Noviembre de 2019). Frankensteins cibernéticos en Chapala. <https://ccemx.org/evento/frankesteins-ciberneticos-en-chapala/>

<sup>103</sup> Centro Cultural de España en México. (Agosto de 2024). Hackeando mi ropa. <https://ccemx.org/evento/hackeando-mi-ropa-taller-de-wearables-tecnologias-vestibles/>

<sup>104</sup> Sitio web y plataformas digitales de e-cuerpo. (2014). [https://e-cuerpo.org/@e\\_cuerpo](https://e-cuerpo.org/@e_cuerpo) [IG/X] <https://vimeo.com/ecuerpomx> [canal de Vimeo] <https://www.youtube.com/channel/UCb19wUZZPVERIF2sCgo-Lgg> [Canal de YT].

<sup>105</sup> UbiComp / ISWC 2023. (2023). <https://www.ubicomp.org/ubicomp-iswc-2023/>

<sup>106</sup> Sánchez Nava, Cecilia (Enero-febrero de 2015). Tecnologías corpóreas. PANOPTICÓN, SAE Institute México, Número 11, pp 27.

<sup>107</sup> Escalante, Juan Manuel de J. y Sánchez Nava, Cecilia [Co-edición/Compilación]. (2011). // Artefactos. Publicación realizada con el apoyo del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes, a través del programa Jóvenes Creadores. México.

<sup>108</sup> Naciones Unidas México. (2024).Acercas de nuestro trabajo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México. <https://mexico.un.org/es/sdgs>

<sup>109</sup> FundéuRAE. (22 de abril de 2019). glocal, término válido. <https://www.fundeu.es/recomendacion/glocal-termino-valido/>

## X. Anexos.



Fig. 85



Fig. 86

Fig. 85 y 86. Capturas de pantalla de publicaciones de la cuenta de X /Twitter de Fundación Proceso [@ProcesoMx] acerca de mi participación como ponente en el **Panel POETA (Programa de Oportunidades Económicas a través de la Tecnología en las Américas): "Los empleos del futuro"** en el marco de **Robotic Fest 2018**, realizado en el Auditorio Microsoft, Ciudad de México. Fundación Proceso ECO y Proyecto POETA Youthspark, el 18 de diciembre de 2018.

Fundación Proceso. [@ProcesoMx]. (15 de marzo de 2019). La programación nos ayuda a reconfigurar nuestro lenguaje y desarrollar habilidades aplicables hacia las artes, esto nos dice Cecilia Sánchez de @e\_cuerpo en el panel #POETA de @Trust4Americas #Trust4Americas en el #RoboticFest2018. X/Twitter. <https://twitter.com/ProcesoMx> (ahora <https://x.com/ProcesoMx>).

A continuación, reconocimiento de participación en el marco del Robotic Fest 2018 como ponente en el Panel POETA titulado "Los empleos del futuro". Realizado en el Auditorio Microsoft, Ciudad de México. Fundación Proceso ECO y Proyecto POETA Youthspark, el 18 de diciembre de 2018.

FUNDACIÓN  
PROACCESO



Microsoft



OEA  
Más directivos  
para más gente



ROBOTIC  
FEST 2018

# FUNDACIÓN PROACCESO ECO Y AULA POETA YOUTHSPARK

Otorgan el presente reconocimiento a

# Cecilia Sánchez Nava

Por su destacada participación en el marco del Robotic Fest 2018 como ponente en el  
Panel POETA titulado "Los empleos del futuro"

Mtro. Francisco Landeró Gutiérrez

Director Ejecutivo

Fundación Proacceso ECO

Diciembre 2018



**Cooperación  
Española**  
CULTURA/MÉXICO

Ciudad de México a 10 de diciembre de 2024

**A QUIEN CORRESPONDA**

**PRESENTE.**

Por medio de la presente, hacemos constar que **Cecilia Sánchez Nava**, ha realizado diversos **Talleres relacionados con Tecnologías creativas, arte electrónico, tecnología wearable y computación física creativa para niñas, niños y jóvenes** en el Centro Cultural de España en México, perteneciente a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID, desde 2015. Inicialmente dentro de las actividades del Laboratorio de Ciudadanía Digital del CCEMx. Con Talleres realizados en lugares como el Centro de las Artes de San Agustín Etlá, Oaxaca, Centro Cultural González Gallo en Chapala, Jalisco, Fundación Renacimiento, escuelas públicas de Educación básica (Primaria y Secundaria) y Red de FAROS, entre otras.

Se extiende la presente para los fines que a la interesada convengan.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

  
Atentamente



**Rodrigo García Fernández**

Coordinador de Proyectos Culturales para el Desarrollo y Ciencia  
Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo  
(AECID), Embajada de España en México  
Guatemala #18, Col Centro, C.P. 06010, Ciudad de México  
T.+5255 55211925-28 ext 109, [rodrigo.garcia@aecid.es](mailto:rodrigo.garcia@aecid.es)



Centro Cultural Universitario Tlatelolco

Unidad de Vinculación Artística

Asunto: Constancia laboral

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

Por este medio hago constar que la **C. Cecilia Sánchez Nava** colabora con esta institución desde el 2011 a la fecha como maestra de los talleres *Arduino* y *bichos lumínicos* y *E-textil & wereable* que se llevan a cabo como parte de las actividades programadas durante cada ciclo educativo en la Unidad de Vinculación Artística (UVA).

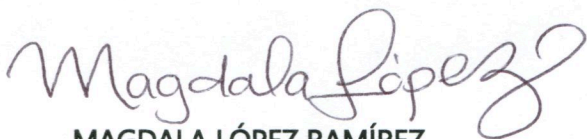
La UVA es un área estratégica del **Centro Cultural Universitario Tlatelolco, UNAM** para la educación cultural no formal; ofrece talleres de diversas disciplinas a niños, jóvenes y adultos para incidir directa y positivamente en la comunidad inmediata a través del arte y la cultura.

Se extiende la presente a petición de la interesada.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad de México, a 17 de enero de 2019



MAGDALA LÓPEZ RAMÍREZ  
COORDINADORA GENERAL  
UNIDAD DE VINCULACIÓN ARTÍSTICA

[magdala.lopez@unam.mx](mailto:magdala.lopez@unam.mx)

[www.tlatelolco.unam.mx](http://www.tlatelolco.unam.mx)

51 17 28 18 Ext. 49573



E-CUERPO

encuentro internacional de Arte & tecnología **Wearable**

encuentro internacional de arte & tecnología Wearable

**Resumen**

**e-cuerpo: encuentro internacional  
de Arte & tecnología Wearable.**

Por **Cecilia Sánchez Nava**

**Creadora y Directora de e-cuerpo.**

**2025**

(Anexo del informe de actividades profesionales)

**e-cuerpo: encuentro internacional de arte & tecnología Wearable** es una propuesta cultural sin precedentes en México y LATAM que presenta proyectos visionarios en Arte & Tecnología Wearable, fashion-Tech y nuevas tecnologías relativas al cuerpo en el contexto glocal, además de impulsar la innovación y exploración de nuevos paradigmas tecnológicos con un enfoque **prospectivo, crítico y de transversalidad tecnológica-cultural**, a través de diversas actividades.

En **e-cuerpo** han participado **Tina Gorjanc, Viktoria Modesta, Neil Harbisson, Micha Cárdenas, Heather Dewey-Hagborg, María Castellanos, Katia Vega, Ricardo O'Nascimento, Ana Laura Cantera, CNDSD, Operator (Ania Catherine & Dejha Ti) y Moon Rivas**, entre otras y otros creadores reconocidos internacionalmente.

Con sedes como el Centro Cultural de España en México, Centro Cultural El Rule y Centro de Cultura Digital, en CDMX, Centro de Ciencias de Sinaloa y actividades itinerantes en el Centro de Artes de San Agustín, MUNAL, La Colmena CTC y el Sistema de Transporte Metro de la Ciudad de México, entre otras. Actualmente hacia su edición V.

**e-cuerpo es un proyecto sin fines de lucro.**

Las actividades **no** tienen costo al público.

A continuación, algunas de las actividades realizadas en diferentes ediciones de e-cuerpo. En la cuenta de Instagram de e-cuerpo [[@e\\_cuerpo](#)] podrán encontrar mayor información. De igual forma, en el sitio web: <https://e-cuerpo.org/> (en mantenimiento) y en la cuenta de X/Tw [[@e\\_cuerpo](#)].

Las actividades que conforman e-cuerpo son:

>> **Conferencias, Conversatorios y Paneles de discusión**



Conferencia " **Life in the age of Cyborgs**" por **Neil Harbisson** y **Moon Ribas (Cyborg Foundation)**, en e-cuerpo edición I, en CCD, CDMX. Septiembre de 2014.

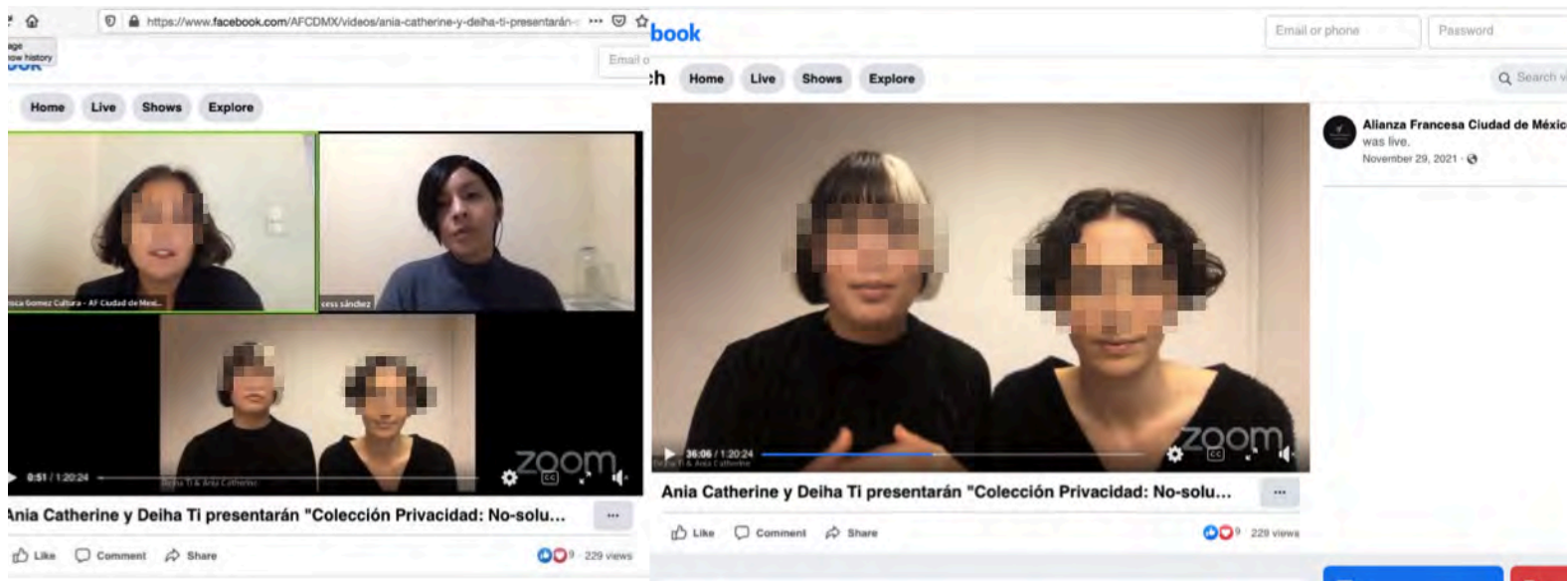
Panel de discusión "Desafíos del diseño crítico de moda tecnológica" con **Micha Cárdenas** (US), **María Castellanos** (ES) y **Carmina Jasso** (MX) como invitada especial. e-cuerpo edición III, en CCEMx, CDMX. Octubre de 2018.



Conferencia "**Moda como plataforma para la innovación científica y evaluación crítica**" por **Tina Gorjanc** (SI, radicando en UK), e-cuerpo edición III, en CCEMx, CDMX. Octubre de 2018.



Conferencia "**Organismos interactivos**" y Workshop "**HackNails**" por la artista **Katia Vega** (PE). Hacia e-cuerpo edición IV, en CC El Rule, CDMX. Septiembre de 2021.



Conferencia online "Colección Privacidad: No-soluciones conceptuales para la vida bajo el capitalismo de vigilancia" por el dúo de artistas **Operator** (Ania Catherine y Deiha Ti), dentro Noviembre Digital de la AFCDMX. Noviembre de 2021.



Conferencia online "Experiencia del/la consumidor para una economía circular de la moda." Por **Ricardo O'Nascimento** (BR). Realizada en plataformas digitales del CCEMx. Julio de 2023.

>> **Talleres**



Workshop "**Cuerpo y entorno**" compartido por la artista **María Castellanos** (ES), en e-cuerpo edición III, en CCEMEX, CDMX. Octubre de 2018. <http://ccemx.org/ciudadania-digital/cuerpo-entorno>

Workshop "**Puntos Ciegos**" por **Sara Lana** (BR), e-cuerpo edición III, en CTC La Colmena, Tlx. Octubre de 2019.





Workshop "**Prendas reactivas**" por **Ricardo O'Nascimento** (BR, radicando en UK), e-cuerpo edición III, en CC El Rule, CDMX. Noviembre de 2019.

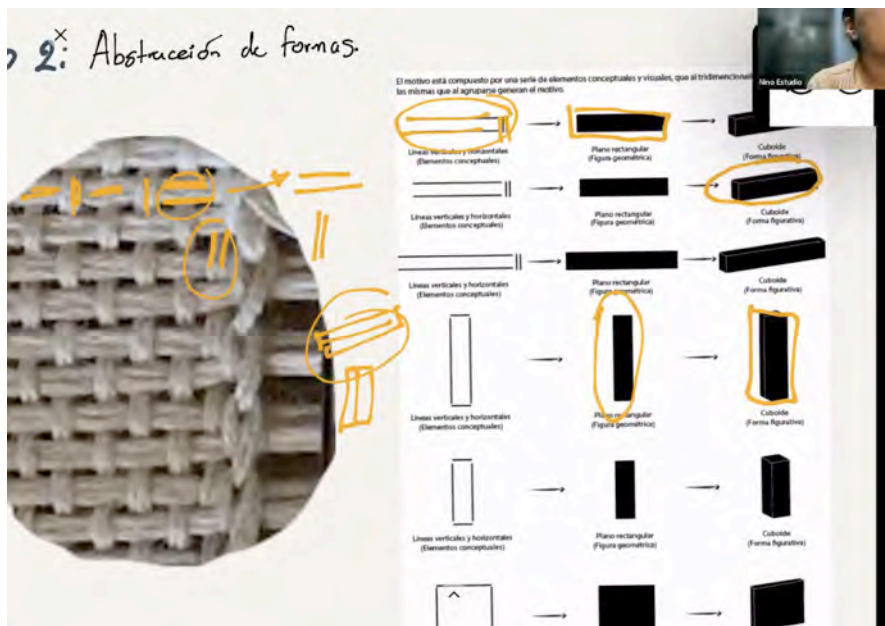


Workshop "**Patronaje GenderL3ss**" compartido por colectivo **PocoVeneno (MX)** en CCEMx y Colegio de San Ildefonso, CDMX. Junio de 2023.

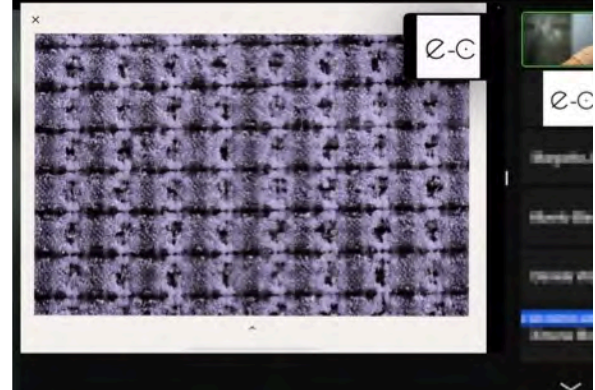
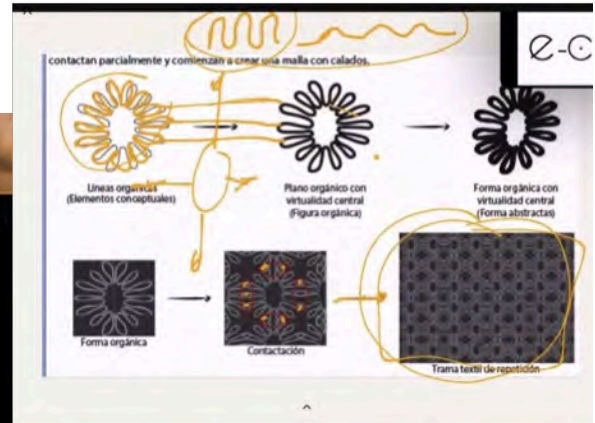




Workshop **"Prenda virtual"** compartido por el artista digital **Sabme (MX)**, en CCEMx, CDMX. Junio de 2023.



Workshop online **"Desarrollo de tejidos 3D basados en ligamentos textiles tradicionales latinoamericanos."** compartido por **Ninoska Merchan/ Nino.Estudio (EC)**. Realizada en plataformas digitales de e-cuerpo. Junio de 2023.



## >> Exposiciones

La exposición más reciente ha sido FuturXble:



Tina Gorjanc, Micha Cárdenas, María Castellanos, Hyphen-Labs, Anastasia Pistofidou, Ricardo O'Nascimento y Sara Lana fueron algunos de lxs creadorxs invitadxs de **e-cuerpo** Tercera edición y que también conforman la exposición **FuturXble: Los desafíos del diseño crítico de tecnología Vestible y moda tecnológica.**

**FuturXble** se expuso de mayo a julio de 2019 en la **Galería El Rule**, del Centro Cultural El Rule, de la Secretaría de Cultura de la CDMX; en **Museo Materia** del Centro de Ciencias de Sinaloa, de noviembre de 2020 a marzo de 2021 y en el **Sistema de Transporte Metro de la CDMX**, de noviembre de 2021 a abril de 2022.

El público de **e-cuerpo** y **FuturXble** es de amplio rango de edades, como se muestra en la siguiente imagen, durante la inauguración de la exposición **FuturXble** en Galería El Rule, CC El Rule, CDMX. Mayo 2019.

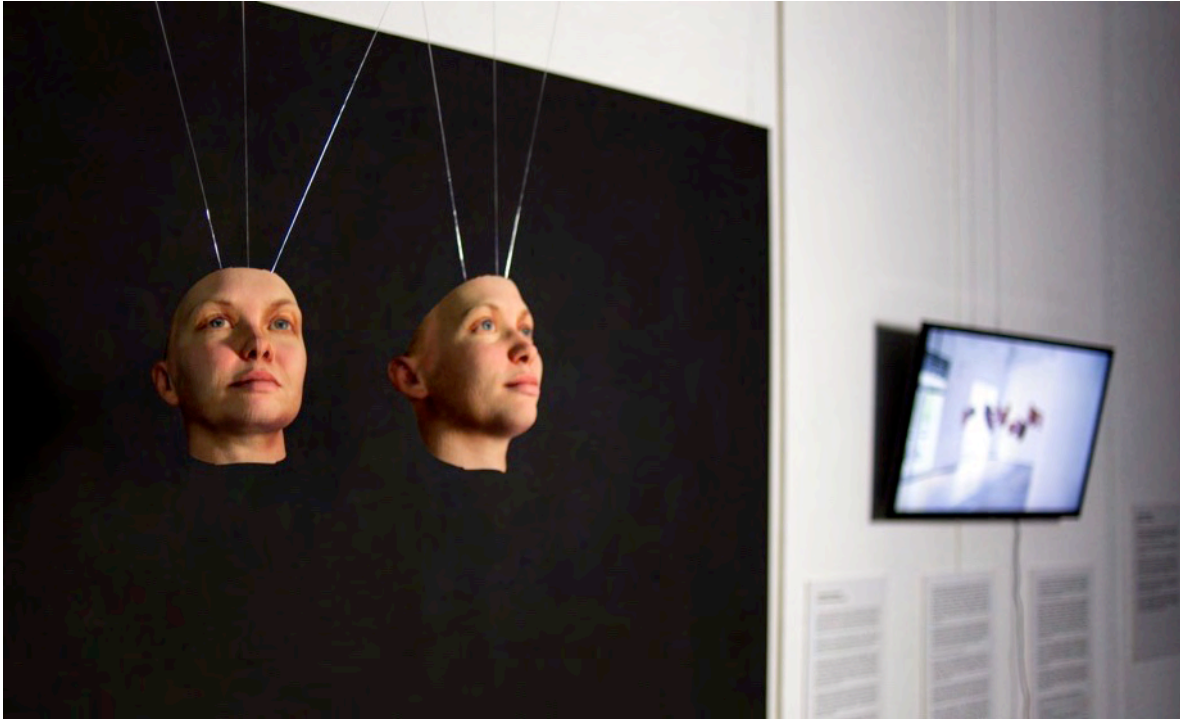






Imágenes anteriores. Durante la inauguración de **FuturXble** en Galería El Rule, CC El Rule, CDMX. Mayo 2019.

Detalle de "**Radical Love**" de la artista **Heather-Dewey Hagborg**, en la exposición **FuturXble** en Galería El Rule, CC El Rule, CDMX. Con agradecimiento especial a Fridman Gallery, N.Y.



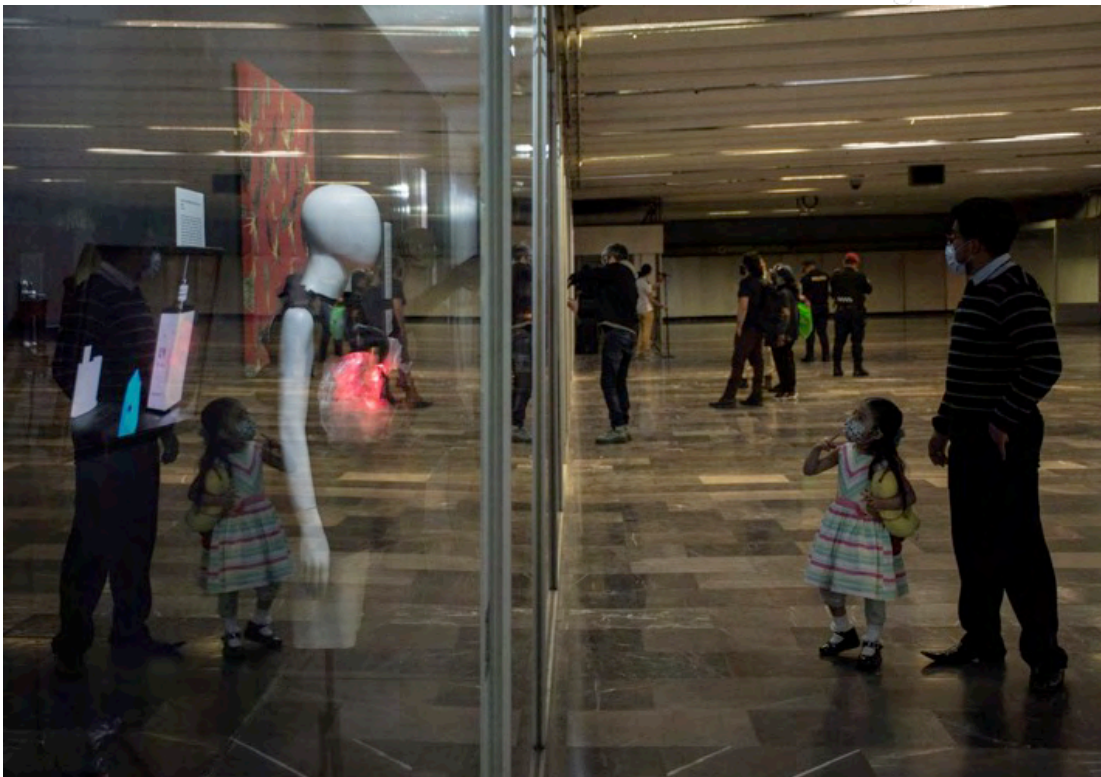
Abajo, detalle de "**Phylogenetic Atelier**" de la artista **Tina Gorjanc**, durante la exposición **FuturXble** en el Museo Materia del Centro de Ciencias de Sinaloa. De noviembre de 2020 a marzo de 2021. Imagen tomada por Museo Materia del CCS para e-cuerpo.





Detalle de "I'm feeling blue... and red" del artista **Ricardo O'Nascimento**, durante la exposición **FuturXble** en el Museo Materia del Centro de Ciencias de Sinaloa. De noviembre de 2020 a marzo de 2021. Imagen tomada por Materia del CCS para e-cuerpo.

En seguida, imágenes de la **exposición FuturXble** en la estación La Raza, del **Sistema de Transporte Colectivo Metro de la CDMX**, del 30 de noviembre de 2021 al 1 de abril de 2022, con una visita de aproximadamente **59,147 personas**.



En la imagen anterior, detalle de **"Intersticio Morfogénico"** de la artista **Magenta (MX)**, en la exposición FuturXble en el Metro de la Ciudad de México, diciembre 2021- abril 2022.



Detalle de **"I'm feeling blue... and red"** del artista **Ricardo O'Nascimento**, durante la exposición FuturXble en el Metro de la Ciudad de México, diciembre 2021- abril 2022.

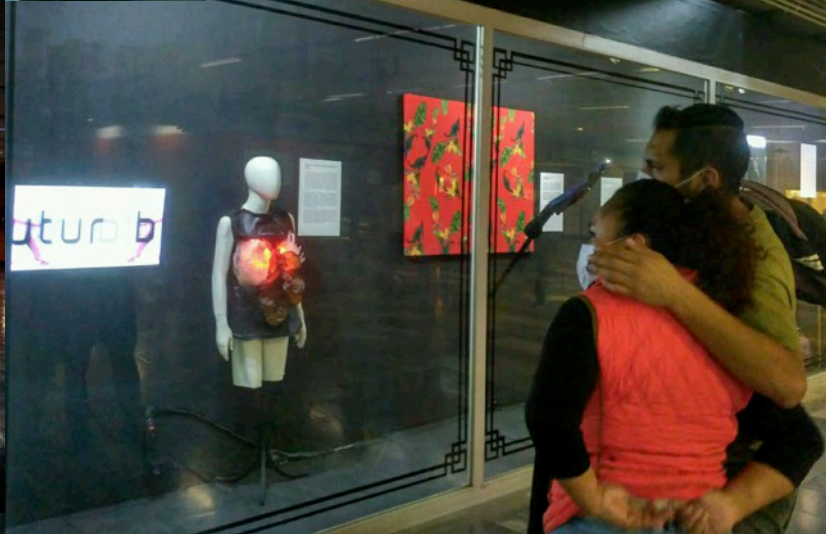






Detalle de "Phylogenetic Atelier" de la artista Tina Gorjanc, durante la exposición FuturXble en Sistema de Transporte Metro de la Ciudad de México, diciembre 2021-abril 2022.

Imágenes de la exposición FuturXble en el Metro de la CDMX.



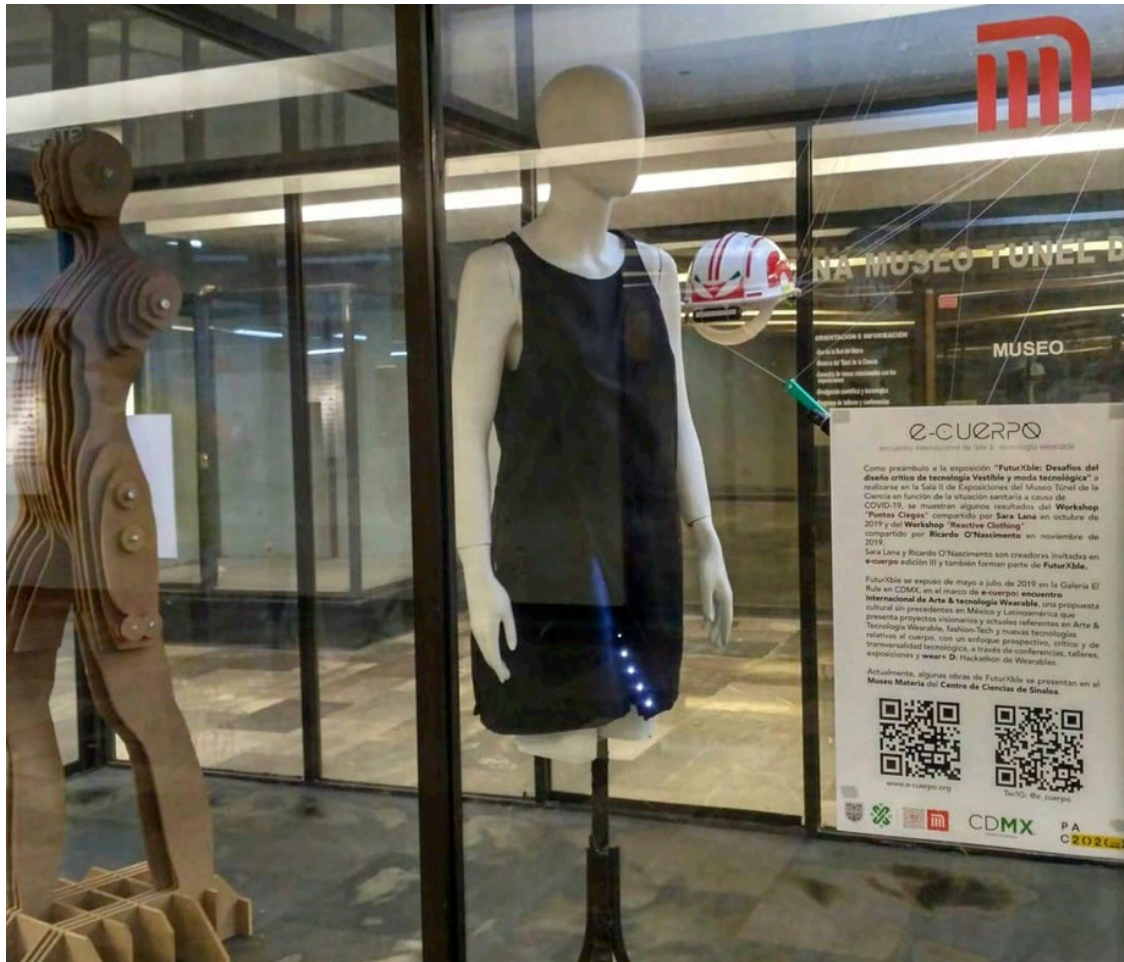


Imágenes de la exposición **FuturXble** en el Metro de la CDMX.

En 2019 se mostró **Unstoppable** y **#Protégeme** como un avance previo a la Exposición en el Sistema de Transporte Metro de la CDMX (Estación La Raza).



En 2020 se mostraron resultados de Talleres de e-cuerpo en vitrinas del Museo Túnel de la Ciencia en el STM de la CDMX (estación La Raza).



A continuación, algunas imágenes de muestras anteriores:



Exhibición de la primera edición de e-cuerpo, en Centro de Cultura Digital, CDMX. 2014.





x.pose mostrada por la artista Xuedi Chen, en la exhibición de e-cuerpo edición II, LAA, CDMX. 2017.



## >> Wear+ D: Hackathon de Wearables

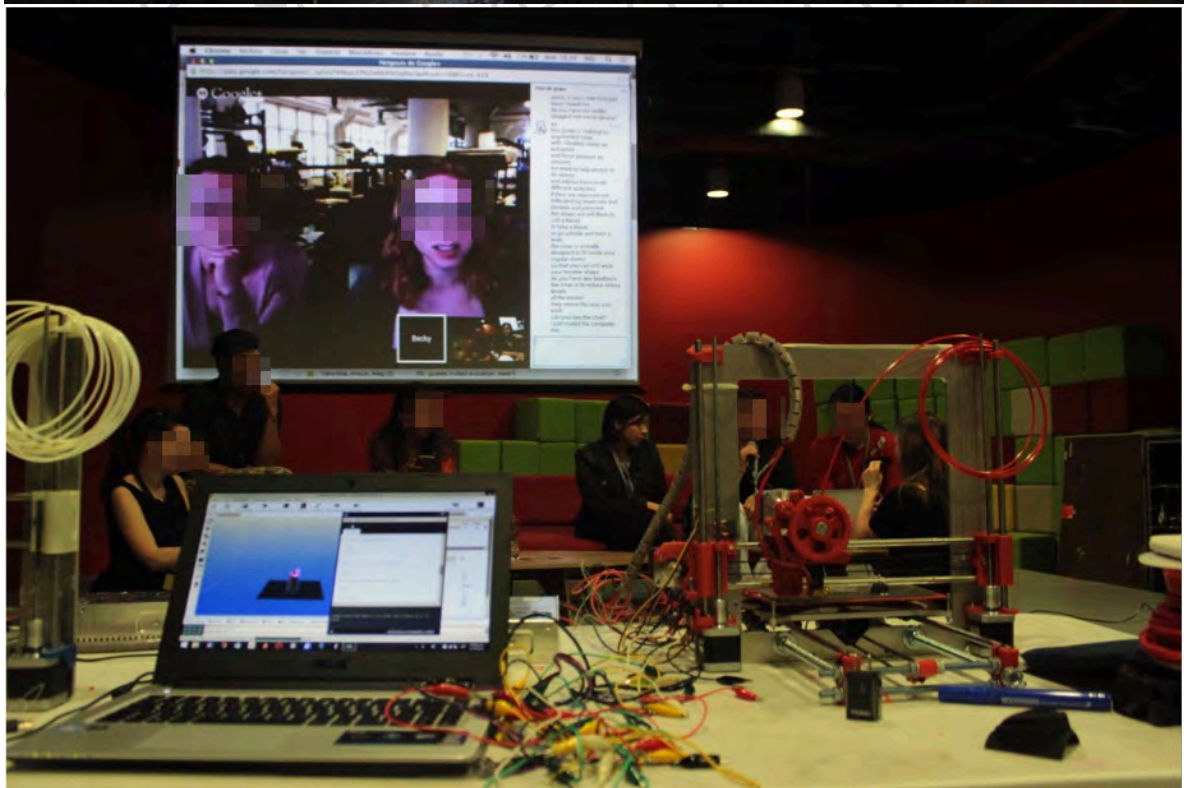


Durante wear+ D 2018, realizado en CCEMx, en CDMX. Octubre de 2018.

*#Protégeme*, diseño de prenda expofeso para el proyecto *UNSTOPPABLE* de Micha Cárdenas, Patrisse Cullors, Edxie Betts y Chris Head (EU). Resultado de wear+ D 2018 y exhibido en la Exposición FuturXble.



Durante el Hackathon wear+ D, realizado en el CCD, CDMX. Septiembre de 2014.

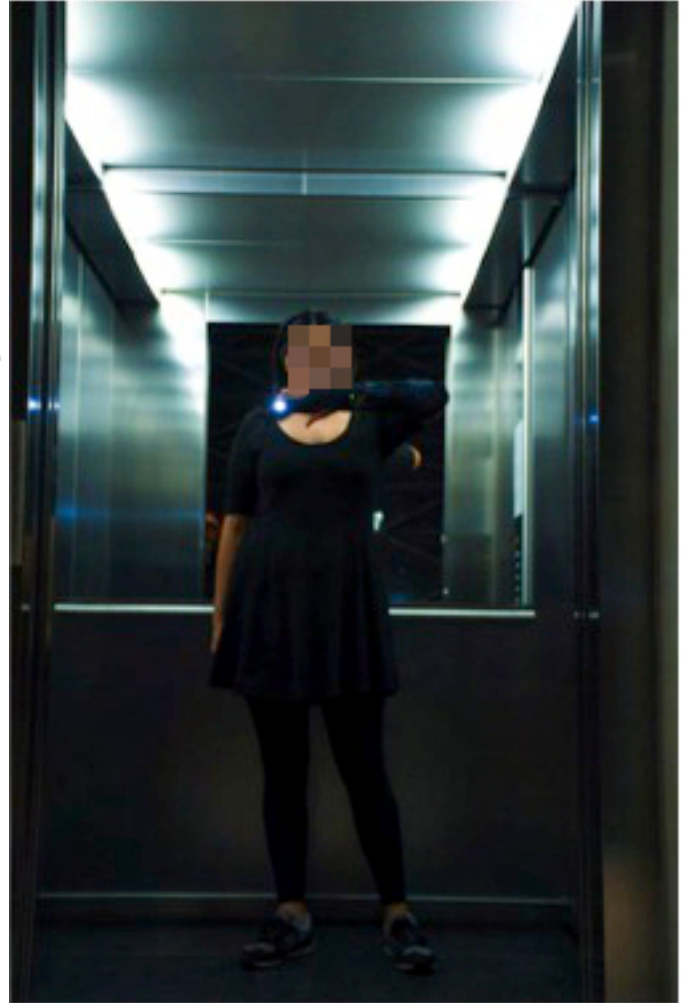


Durante el Hackathon wear+ D, realizado en CCD, CDMX. Septiembre de 2014. La tecnóloga creativa Becky Stern participó como parte del Jurado en el Hackathon, junto con Ricardo O'Nascimento, Meg Grant, Katia Vega, Neil Harbisson y Moon Rivas.

>> fashion-Tech Show



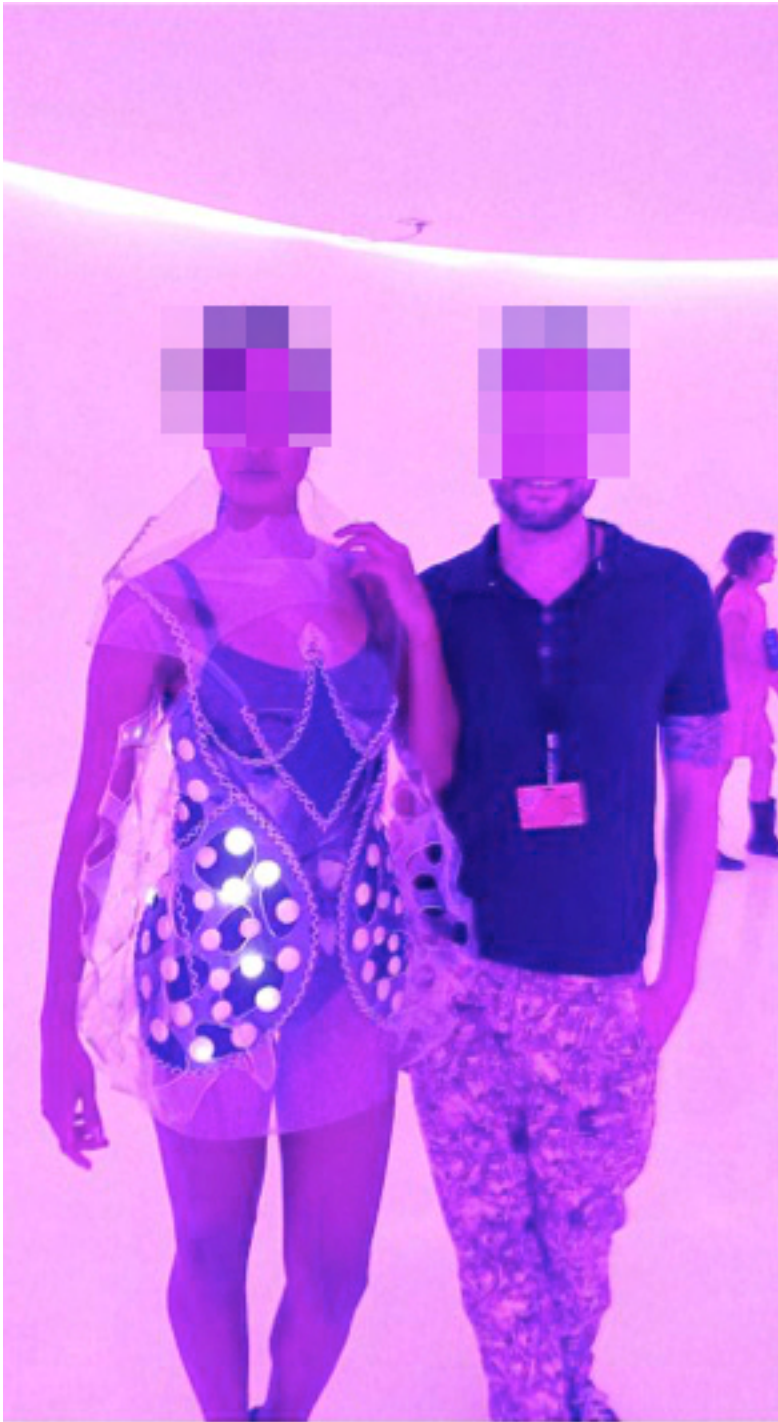




FashionTech Show, e-cuerpo edición III, en Centro Cultural El Rule, CDMX. Julio de 2019.



Imágenes anteriores. Detalle de piezas: **HyperFace** de **Adam Harvey** (US) para **Hyphen-Labs**, electrodos **Octavia** de **Hyphen-Labs**. **#Protégeme** (prenda para **Ustoppable** de **Micha Cárdenas, Patrisse Cullors, Edxie Betts y Chris Head**). "I'm feeling blue... and red" de **Ricardo O'Nascimento** (BR) e "Intersticio morfogénico" de **Magenta** (MX). Este fashion Tech show fue sonORIZADO por la artista **Magenta** (MX).



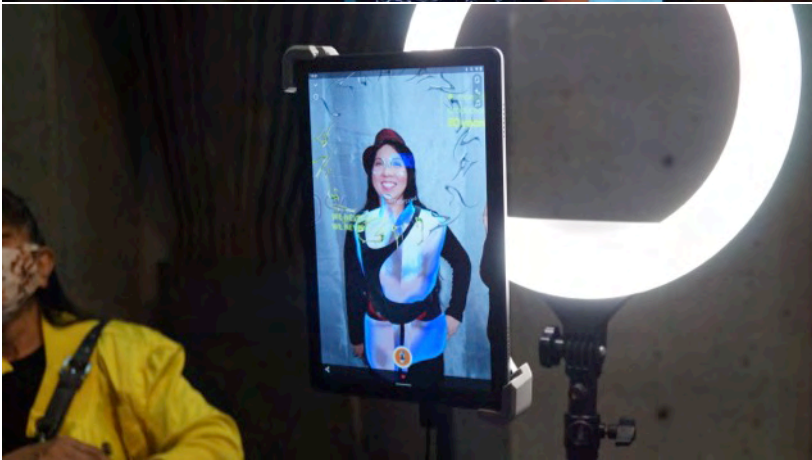
Imágenes del FashionTech Show, e-cuerpo edición I en CCD, Septiembre de 2014, con lxs creatorxs **Ricardo O'Nascimento** (izquierda) y **Meg Grant** (derecha).



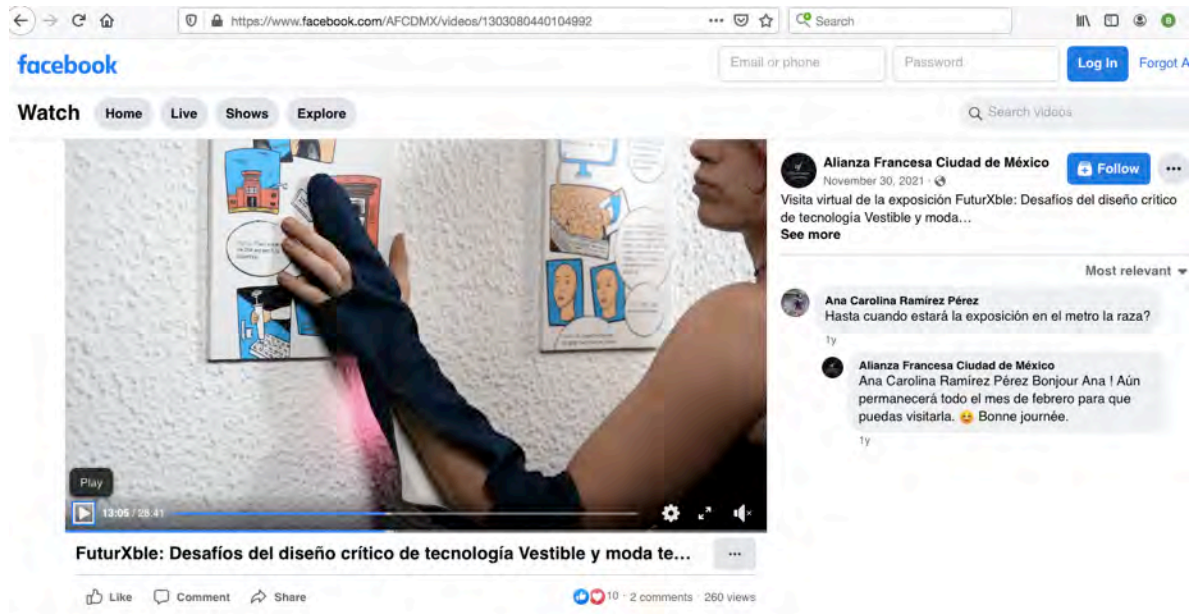
El 10 de junio de 2023 se realizó en el CCEMx, una pasarela de fashion tech con algunas de las obras que forman parte de la Exposición de e-cuerpo "FuturXble: Desafíos del diseño crítico de moda tecnológica" y resultados de los talleres de Patronaje Gender13ss y Prenda Virtual.

## >> Presentaciones especiales y entrevistas.

Como la muestra del proyecto Metaversal Riot: acciones circulares en la fashionTech y moda virtual, de Malitzin Cortés/**CNDSD** (MX). El 10 de junio de 2023 en CCEMx. Donde el público pudo interactuar con este proyecto.



Visita guiada virtual a la exposición FuturXble en el STC Metro de la CDMX. Publicada en plataforma digital de la AFCDMX (FB) y mostrada durante la exposición en la Estación La Raza del STC Metro de la CDMX. Noviembre 2021.



Durante la grabación del recorrido-visita guiada virtual de FuturXble en el Metro.

Muestra de documental **Fashion GEEK** de **Sidonie Garnier** y **Maryam Goormaghtigh** durante de la exposición FuturXble en el STC Metro y en proyección-conversatorio online. Noviembre 2021 (online) y de diciembre de 2021 a abril de 2022 en el STMetro de la CDMx. En la imagen de la derecha, un trabajador del STMetro viendo el documental en su hora de comida.

The image shows a Facebook post from the page 'e\_cuerpo'. The post features a promotional graphic for 'Fashion GEEK' with the following text: 'af.mexico 2021 Noviembre Digital El mes de las culturas digitales', 'Fashion GEEK en e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable.', 'Proyección de documental y charla. 22 (1a. parte) y 26 (2da. parte) de noviembre. 19:00 h - Vía Zoom.', and logos for 'af', 'e-cuerpo', 'BAHN', 'arte', and 'CULTURA & FONCA'. Below the graphic are buttons for 'Ver estadísticas' and 'Promocionar publicación'. The post has 22 likes and is reposted from '@af.mexico'.



Entrevistas como la realizada a la artista **Katia Vega**, en e-cuerpo edición IV, a través del canal de YT de e-cuerpo.

The image is a screenshot of a YouTube video player. The video title is 'entrevista con Katia Vega en e-cuerpo edición IV.' The channel name is 'e-cuerpo' with 25 subscribers. The video player shows a woman sitting on a balcony with a railing, with a building and trees in the background. The video progress bar is at 3:11 / 10:40. Below the video are icons for like, comment, share, and save.

Presentación y recorrido guiado por Cecilia Sánchez Nava, con el encargo de Cultura Metro, a la exposición FuturXble en el Sistema de Transporte Metro de la CDMX. La asistencia al recorrido guiado fue limitado, a fin de resguardar medidas de distanciamiento dentro del metro. Diciembre 2021.



A continuación un par de ejemplos de publicaciones en prensa:



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

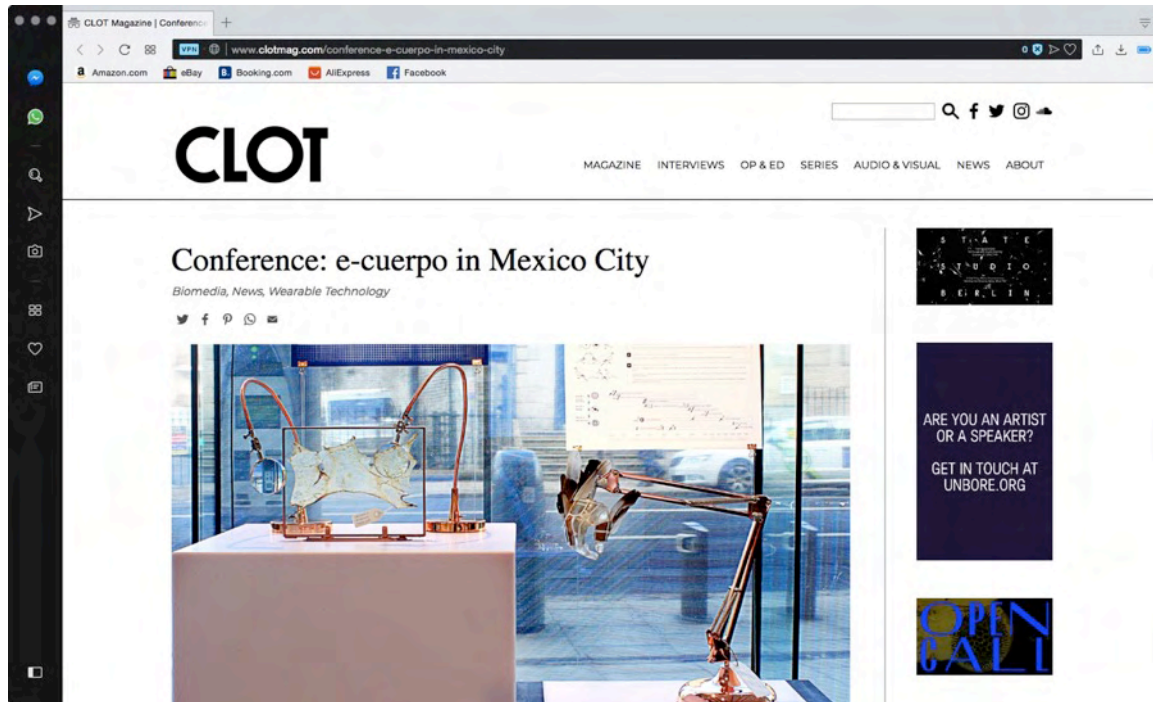
## Inauguran "FuturXble", la nueva exposición en las instalaciones del Metro de la CDMX

La exposición fue inaugurada por su autora Cecilia Sánchez Nava y por el responsable de la unidad Cultural del Metro, Jaime López

CARLOS NAVARRO  
NACIONAL · 18/12/2021 · 13:25 HS



Nota de prensa acerca de la Inauguración de FuturXble en el Metro. Navarro, Carlos (18 de diciembre de 2021). Inauguran "FuturXble", la nueva exposición en las instalaciones del Metro de la CDMX. La exposición fue inaugurada por su autora Cecilia Sánchez Nava y por el responsable de la unidad Cultural del Metro, Jaime López. El Heraldo de México. <https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2021/12/18/inauguran-futurxble-la-nueva-exposicion-en-las-instalaciones-del-metro-de-la-cdmx-363580.html>



Publicación acerca de cuerpo, edición III en CLOT Magazine.  
CLOT Magazine. (10 de octubre de 2018). Conference: e-cuerpo in Mexico City,  
wearable art & technology.  
<https://www.clotmag.com/digital-couture/conference-e-cuerpo-in-mexico-city>

encuentro internacional de arte & tecnología Wearable

¡Gracias!

Atentamente.

**Cecilia Sánchez Nava**  
Creadora y Directora.

**e-cuerpo: encuentro internacional de Arte & tecnología Wearable**  
[www.e-cuerpo.org](http://www.e-cuerpo.org) | IG/X: @e\_cuerpo | [info@e-cuerpo.org](mailto:info@e-cuerpo.org)