

TÍTULO

**PON-E-CA14 REFLEXIONES EN TORNO AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN DIARIO DE ACTIVIDADES EN EL ALTILLO GRUPO DE “TEATRO Y CIENCIAS” DEL PROGRAMA MUNDO NUEVO, UNLP**

AUTORES

*Valentín de la Concepción; Martín Eckmeyer; Andrés Cepeda; Juan Zoppi; Celeste Pedersoli; Ana Zanotto; Constanza Pedersoli*

**Palabras clave:** museo, teatro y escuela

## Resumen

En el presente trabajo relataremos el proceso de creación de un diario de actividades que completa y complementa una de las modalidades de visita que el programa ofrece a las escuelas. Este tipo de visita incluye un recorrido por el Museo Interactivo Hangares seguido por la presentación de uno de nuestros espectáculos de teatro.

Brevemente reflexionaremos en torno a la interacción arte y ciencia, a qué entendemos por materiales educativos y la relación de estos con el arte.

En este caso hablaremos sobre el diseño y la producción del Diario de actividades de la obra “Locos por la Luz”, nuestras idas y vueltas, nuestras decisiones y el porqué de algunos textos, imágenes y actividades que elegimos incluir, con el claro objetivo de que la propuesta se expanda hacia nuevos y desconocidos territorios.

“Pero arte, muéstranos tus categorías, aquellas con las cuales trabajas, para poder ahondar más en aquello que nos interesa, para construir un método lo suficientemente eficaz y dar cuenta del mundo. Nuestra intención es interdisciplinaria, transdisciplinaria, queremos que tú, arte, participes en esta amplitud del conocimiento”

M. Amar Diaz.

## Introducción

Desde hace catorce años implementamos en el Programa Mundo Nuevo el lenguaje teatral en la popularización de las ciencias. Con nuestra propues-

ta intentamos volver sobre el problema del conocimiento, con todas sus implicancias y complejidades, advirtiendo que el teatro se convierte en el escenario ideal para construir diferentes representaciones del mundo que interpelan los saberes disciplinares y su relación con la vida cotidiana, proponiendo la construcción de una “otra realidad”

Cuando planteamos la producción de una obra teatral, entendemos que la ruptura con los convencionalismos produce cierto distanciamiento que favorece la elaboración conceptual debido al uso metafórico. Desde este punto de vista se opta por una propuesta de popularización que construye mundo mediante la praxis artística, generando una experiencia en los visitantes que apela a lo cualitativo en referencia a los temas del conocimiento que aborda; una experiencia que rodea a los conocimientos previos y las vivencias de los visitantes (Carabetta, 2014). Esto quiere decir que el comportamiento y la experiencia estética antes y en la obra teatral están conectados con la experiencia científica y con la vida cotidiana, diferenciándose de éstas en tanto se impregna de ciertas cualidades que la intensifican como experiencia y la transforman provocando nuevas respuestas ligadas a lo perceptivo (Dewey, 2008)

A partir de esto uno de los objetivos centrales de nuestro trabajo es lograr un acercamiento inicial a la articulación y complementariedad entre ciencia, arte y pensamiento crítico, generando encuentros de construcción colectiva de conocimiento.

En esa línea una de las modalidades de visita que el programa ofrece a las escuelas desde el año 2010 incluye un recorrido por el Museo Interactivo Hangares, seguido por la presentación de uno de nuestros espectáculos de teatro. Así se proponen temáticas desde diversos planos, a veces cualitativamente diferenciados y/o complementarios, creando enfoques pluridimensionales, interdisciplinarios y hasta indisciplinarios, que apela a los visitantes como unitotalidad personal (Pareyson, 1988)<sup>1</sup>, donde se pone en juego la racionalidad, junto a las emociones y acciones a la hora de conocer.

<sup>1</sup> Según Pareyson, “toda la vida humana es invención, producción de formas a partir del trabajo humano

La dirección de la actividad humana puede ser práctica, especulativa, teórica, estética, etc. Pero siempre permanecen, unitariamente, el pensamiento, la afectividad y la formatividad (creativa)”

*La obra* “Locos por la Luz” propone una reflexión acerca del conocimiento de la luz como construcción social. Expone las relaciones e interacciones entre un grupo de personajes cuya creación es por momentos un límite borroso con el actor y que asumen e intercambian roles a lo largo del relato aparentemente fortuito. En ese espacio teatral, cada personaje introduce puntos de vista y actitudes de juego que le son propios y que provocan conocimiento como producción grupal y social. Así se genera un relato que se desarrolla en forma de unidades sin aparente relación, un montaje formal mediante el cual el discurso adquiere sentido por oposición y contraste. Inevitablemente se asocian contenidos que parecían dispersos, produciendo que el espectador tenga que transitar elipsis, articular acontecimientos, situaciones y elaborar lecturas. La estética se complejiza del mismo modo que el pensamiento contemporáneo se ha complejizado.

En el mundo de *Locos por la Luz* los personajes se refugian en el calor del sol, un planeta es una mesa, un títere sin cabeza cuestiona su existencia, el Sol se adelanta frente al público y canta un estribillo de rock; dos girasoles hacen bromas discriminatorios, critican a la soja, comentan sobre las vicisitudes políticas actuales; el sol y la luna discuten sobre a quién le pertenece la luz; y un eclipse es un juego de niños que no se ven porque los oculta un tercero.

En medio de todo esto se cuenta las significaciones del sol en ciertos momentos del pasado y según diferentes culturas; es así que el abordaje de un rayo de sol y sus características, pueden ser vistos como construcciones históricas cambiantes y contingentes, vinculadas estrechamente a los contextos sociales dentro de los cuales han sido formuladas. La tensión no resuelta entre saber popular y saber científico sobre algunas concepciones, coexisten y se complementan, sin anularse mutuamente. Más aún tratándose de una obra destinada a niños y docentes de diferentes niveles del sistema educativo, no pretende transferir acríticamente contenidos ni dar una sola lectura sobre los fenómenos tratados, por el contrario busca abrirse a múltiples miradas.

#### *De la visita al material educativo impreso*

Originalmente, esta modalidad de visita era dual, constituida por un recorrido por el museo interactivo, para luego trasladarse hacia la sala de teatro El Altillo, en la cual se presenta la obra *Locos por la Luz*. Durante los últimos años ha sido una propuesta muy solicitada por grupos de todos los niveles, desde inicial hasta superior; y es a partir de la buena recepción de la actividad, de la

propia motivación del grupo y ante las sugerencias de algunos docentes, que surgió la necesidad de sumar una tercera dimensión: un material impreso que complemente y extienda la experiencia de la visita.

Para producir este tercer elemento consideramos que un material educativo es un objeto que facilita una experiencia de aprendizaje. O si se prefiere, una experiencia mediada para el aprendizaje. Esta definición aparentemente simple tiene varias consecuencias. La que nos importa en este caso es que un material educativo no es solamente un objeto (texto, multimedia, audiovisual o cualquier otro) que proporciona información sino que, en un contexto determinado, facilita o apoya el desarrollo de una experiencia de aprendizaje. Es decir: una experiencia de cambio y enriquecimiento en algún sentido: conceptual o perceptivo, axiológico o afectivo, de habilidades o actitudes, etc.

El proceso de producción de un material educativo es una **triple aventura**: la de la creación, la del material mismo y la de su uso posterior, que escapa muchas veces a las intenciones iniciales y los cálculos de los creadores. Más aún en este caso, ya que el diario de actividades prevé que su uso ocurra en contextos y situaciones muy diversas con posterioridad a la visita, en una modalidad que propone que los docentes y alumnos se apropien del material y busquen su propia forma de utilizarlo. Esto implica una renuncia explícita del programa al seguimiento o supervisión en el uso del material.

El diario de actividades tiene la capacidad de ser utilizado en cualquier momento y lugar por su carácter individual, y también posibilita un intercambio que puede darse a través del sitio web de Mundo Nuevo, en donde se puede descargar la versión digital y compartir sus devoluciones, experiencias y miradas con nosotros y con la comunidad.

Nuestra expectativa con esta pieza gráfica pretende ingresar en el aula de la mano del docente que acompaña al grupo, con la idea de potenciar la experiencia. Al entregarles el material, se extiende nuestra propuesta a los alumnos para que puedan retomar las voces, ideas y mundos que surgieron en la visita pero ya en la distancia y en un ámbito diferente. Es así que nos proponemos incentivar a los docentes a vincular el ámbito escolar y los espacios y propuestas de Mundo Nuevo, a partir de las ideas, deseos e inquietudes propias y de sus alumnos que hayan surgido en la visita y las temáticas relacionadas que están presentes en el proyecto áulico e institucional. A propósito de esto entendemos que “*los problemas pedagógicos y, sobre todo, institucionales que conlleva una salida extraescolar, no sólo se reflejan*

*en las modalidades de la organización didáctica dentro y fuera de la escuela, sino que también suponen una integración de todos los contextos educativos según líneas de continuidad transversal entre comunidad social y comunidad escolar idóneas para la consecución de una acción formativa coherente y de un esfuerzo didáctico eficaz.”(Gennari, 1994)*

### *De la idea al papel*

Cuando comenzamos a imaginar el diario de actividades se nos presentaron algunos interrogantes: ¿Qué formato tendrá?, ¿Será para los docentes o para los niños? ¿Qué contenidos abordaremos?. Después de charlas y acuerdos llegamos a definir que tendría el formato y el soporte de un diario (periódico papel prensa) por el impacto que produce y por las posibilidades que da para que los chicos puedan leer, escribir, dibujar y pintar con comodidad. También que la tirada debería posibilitar que cada alumno pueda llevarse un ejemplar. Esto permitiría dos posibilidades: que la maestra lo trabaje con los alumnos en el aula, pero en el caso de que esto no suceda, entonces cada chico tiene la posibilidad de trabajarlo en su casa con su familia.

En la obra se nombran y se abordan algunas temáticas relacionadas por ejemplo con el sol desde el punto de vista de la historia o en diferentes culturas. Aparecen fragmentadas y presentando contradicciones entre las perspectivas que asume cada personaje. En los contenidos del diario de actividades decidimos entonces volver sobre estas temáticas pero desde perspectivas nuevas, desde otros puntos de vista que den la posibilidad de seguir ampliando la mirada sobre el sol, la luna, la locura y cuestionen lo que se trata en la obra y hasta incluso lo que se trata en el material impreso. La idea general fue entonces incorporarlas para poder focalizar un poco más sobre ellas a partir de las posibilidades de desarrollo y detenimiento que permite el lenguaje visual y la palabra impresa. En ese sentido fue importante incorporar actividades que permitan detenerse un momento y trabajar sobre la propia percepción y sensaciones, donde no participe solamente la razón, donde no hay ni “bien” ni “mal”, donde no hay respuestas cerradas sino que la respuesta surge sólo de la propia experiencia y nadie puede cuestionarla.

También decidimos incluir poesías, canciones, mitos y leyendas sobre el sol o la luna, pinturas y dibujos de artistas que han pintado sobre estas temáticas para que puedan conocerlos. Para ello se añadieron referencias sobre los artistas y sus obras. Además incorporamos información que invita a conocer y visitar otros espacios de la ciudad que están relacionados con los

contenidos que abordamos, como el observatorio astronómico o el planetario de la ciudad de La Plata. Creemos que estos enlaces son centrales para aprender y hacer que los conocimientos circulen y se multipliquen.

La página central del diario de actividades consiste en un collage compuesto por imágenes de algunos momentos de la obra, del recorrido de la visita, exhibidores del museo. Astros y galaxias, Newton y Galileo, un gallo y los girasoles, dan forma e invitan a la imaginación y el disfrute, a recordar lo que vivenciaron, a jugar, pintar, recortar. Al no proponer una actividad en particular esta composición permite múltiples usos y diferentes posibilidades de lectura. “Si la imagen es el lugar en el que el sentido toma forma, el imaginario se describe como el espacio fantástico en donde la imagen vuelve a representarse a la mirada por medio de posibilidades infinitas, en formas, y contenido divergentes, según una lógica de la ficción totalmente imprevisible. Y la construcción de lo imprevisible, ¿cómo puede proyectarse sino en el reino equívoco de lo imaginario? Aquí, la invención, la fantasía y la ficción redistribuyen los significados de la imagen”(Gennari, 1994).

### *De la materialización y el diseño*

Queremos también reflexionar sobre un hecho común y es que en muchos museos y centros de ciencias las actividades de diseño se encuentran compartimentadas. Suele haber un equipo que por un lado define y evalúan los contenidos a desarrollar. Siguiendo las indicaciones de los científicos algunas veces o seleccionando contenidos conceptuales de las ciencias. Por otro lado, se encuentran los equipos de diseñadores que siguiendo criterios teórico prácticos concretan las ideas de los equipos educativos a partir del diseño y la producción de equipamientos, carteles y materiales educativos impresos. Así el diseño suele suceder en tiempos y espacios diferentes y diferenciados.

Otras veces sucede también que los equipos de diseñadores hacen primero su parte sin la participación de los equipos educativos y una vez que las producciones están terminadas y exhibidas, se llama a los educadores para pensar en actividades alrededor de ellas. Por las características particulares del programa Mundo Nuevo, dos actores del grupo de teatro son también integrantes del área de comunicación y diseño, esto permitió la participación que pudieron participar del proceso de elaboración del diario de actividades desde la primera hasta la última idea pudiendo potenciar el material desde múltiples lenguajes y miradas.

Este trabajo es una invitación a pensar en una epistemología del diseño diferente, en la que el trabajo no se dé por partes sino que sea multidisciplinaria desde el principio. Donde el diseño se defina a partir del diálogo y la conversación permanente.

## Consideraciones finales

### *Del teatro y las ciencias al material impreso*

Tradicionalmente, las piezas gráficas pequeñas relacionadas con alguna obra de arte han cumplido funciones bien concretas. Entre ellas se destaca la función de explicar el contenido de la obra. En forma de folletos, catálogos, programas y otras denominaciones estandarizadas, la palabra impresa acompañada de imágenes, impone sus propias normas de traducción a los lenguajes artísticos, provocando un desequilibrio en la proporción del contenido en favor de aquellos significados más literales. Esto supone no pocas veces una violencia interpretativa que pretende instalar como verdad la falacia de la traducibilidad de los lenguajes. Representar lo irrepresentable

Frank Zappa solía recordar que hablar sobre música es como bailar sobre arquitectura. ¿Producir una pieza gráfica sobre el teatro será también así? Sí y no.

Sí, porque todo pasaje del lenguaje teatral al visual (o escrito) debe asumir su condición mestiza, híbrida, trans. Una conciencia de la indisciplina que significa reconocer los bordes disciplinarios de cada lenguaje artístico. Aunque este reconocimiento de imposibilidad de traducción, lejos de ser una carencia, debe considerarse una fortaleza en la medida en que cada lenguaje se vea potenciado en base a su identidad disciplinaria.

No, entonces, en la medida en que los contenidos visuales y escritos asuman su identidad de manera respetuosa con el lenguaje teatral, abandonando toda pretensión de explicarlo, de diseccionarlo y arrastrarlo, como prisionero derrotado, a los dominios de sus propios elementos discursivos.

Es por eso que el *diario de actividades* Locos por la Luz plantea el desafío de transformarse en un material que acompañe y al mismo tiempo prolongue la actividad ofrecida a los grupos escolares, aportando desde el lenguaje visual y escrito nuevos elementos en sintonía con el carácter incompleto e interpe-lante de la propia obra teatral. Este propósito central requirió por lo tanto de una articulación respetuosa de diferentes campos y lenguajes, intensificando la construcción ya presente en las experiencias teatrales del grupo El Altillio.

Una articulación que a la relación dialogal entre ciencia y teatro añade ahora la convivencia del lenguaje visual y de la palabra.

De lo que se trató entonces fue de desarrollar y producir un material que invite a la acción y a la reflexión más que a la observación pasiva. Un material que invite a la imaginación, en su dimensión proyectiva, como combustible para la acción y como motor para pensar en otras realidades posibles.

### Referencias bibliográficas:

- Gennari, Mario (1994). La educación estética: Buenos Aires. Ed. Paidós.
- Pedersoli, María Celeste; Basile, Silvina Mariel; Pedersoli, Constanza; Roncoroni, Matilde; Court, María Silvina; Zoppi, Juan Manuel (2013). Política y pedagogía de las imágenes en un Museo Interactivo: la historia de cuatro personajes que invitan a reflexionar sobre las ciencias.
- Apuntes para su definición desde una perspectiva educativa y comunitaria. Hacia una política de diseño en los centros y museos interactivos de ciencias (2013). Constanza Pedersoli, Adriana Magni y Silvina Basile.
- Carabetta, S. (2014). Ruidos en la educación musical. Ed. Maipue, Buenos Aires.
- Pareyson, L. (1988) Conversaciones de Estética. Ed. Antonio Machado, Madrid.
- Dewey (2008), El arte como experiencia, Paidós Iberica, Barcelona.
- Jean Le Boulch (1978) - Hacia una ciencia del movimiento humano. Editorial Paidós. Bs. As..
- Marco de Marinis (1996) - Tener experiencia del arte (hacia una revisión de las relaciones teórica / práctica en el marco de la nueva tetralogía). Cap. publicado en la puesta en escena en Latinoamérica. Editorial Galer-na. Bs. As.
- de la Concepción, V.: Pedersoli, M.; Cepeda, Andrés; Coccaro, Jose M.; Pedersoli, Constanza; Zoppi, Juan M.; Zanotto, Ana (2013) Visitas Espectaculares, XIII Reunión de la Red- Pop.
- <http://mauricioamar.blogspot.com.ar/2010/07/cuerpo-arte-y-ciencias-sociales.html> (2010)

## TÍTULO

# PON-E-CA16 BINOMIO CIENCIA – ARTE MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

## AUTORES

Edgar Cárdenas Escamilla, Rodolfo Serafín González Garza

**Palabras Clave:** Impresión 3D, tecnología aditiva, arte en 3D, fractal, mandala

## Resumen

En el presente trabajo se muestra como las artes plásticas que se benefician al hacer uso de la geometría infinita que ofrece un fractal o de la armonía que genera una mandala, pueden incorporar actualmente el uso de la tecnología de impresión en 3D para generar modelos volumétricos, logrando apreciar la complejidad y perfección que representa una función matemática o una distribución estadística en tres dimensiones, permitiendo apreciar mediante los sentidos de la vista y el tacto el arte que éstas presentan, combinando la ciencia con el arte en formas novedosas, logrando que la divulgación de la ciencia de temas que se consideran abstractos adquieran nuevas dimensiones y significados gracias a la impresión tridimensional.

## Introducción

Utilizando la fabricación o manufactura mediante impresión en 3D (también conocida como tecnología aditiva o prototipado rápido) se pueden generar geometrías que son imposibles de realizarse mediante otras técnicas de maquinado, al mismo tiempo se puede elaborar lo que ahora se conoce como “lotes de uno” o fabricación personalizada que permite obtener una sola pieza con todas las características de un artículo de producción en serie. A diferencia de otras técnicas, no se requieren hacer piezas individuales para luego ensamblarlas, todo un sistema funcional puede ser impreso de una sola vez (Fig. 1). Incluyendo diferentes colores, texturas y materiales de múltiples propiedades combinados en un objeto único y exclusivo se logran verdaderas obras de arte tecnológicas.



Figura 1. Estructuras y modelos complejos impresos gracias a la impresión en 3D

Al utilizar modelos en 3D se puede realizar la transmisión de una idea o concepto de una forma que ha podido superar a la simulación virtual, incluso al modelado en realidad aumentada [1] [2], permitiendo tener un objeto físico que se puede palpar, tocar y mover en forma de objeto volumétrico. Los modelos atómicos o moleculares a todo color que representen la estructura física real, geometrías del ADN y estructuras tan complejas como las del grafeno y nanotubos de carbono se imprimen como objetos tridimensionales como se observa en la figura 1, para ser apreciados desde todos los ángulos en la propia palma de nuestras manos.

## Objetivo general

Generar un incremento significativo en la difusión académica y popular de la tecnología aditiva en aplicaciones que combinen la ciencia, la tecnología y la ingeniería con el arte.

### Objetivos específicos

Manufacturar en 3D modelos matemáticos y estadísticos que permitan al público en general apreciar las geometrías existentes.

Elaborar modelos tridimensionales CAD que presenten simetrías estéticas que amplíen el concepto popular de los fractales y las mandalas en exposiciones.

Generar modelos tridimensionales aplicables que puedan utilizarse como material didáctico de enseñanza en distintos ámbitos y niveles académicos.

## Metodología

Mediante la tecnología de modelado por deposición de material fundido, FDM (*Fused Deposition Modeling*®), o también conocido como fabricación con filamento fundido, FFF (*Fused Filament Fabrication*), que es una de las técnicas de manufactura aditiva de mayor difusión debido a su bajo costo y fácil adquisición, se realizan impresiones en tres dimensiones de funciones matemáticas que se pueden graficar mediante software especial de diseño.

En esta técnica se comienza con un archivo CAD, la pieza que se diseñó se descompone en múltiples capas horizontales de 250 micras de espesor que sirven de patrón para la impresora 3D. Un extrusor calienta el filamento del material de construcción y lo distribuye en un patrón X-Y (Fig. 2), posteriormente el eje Z es modificado para depositar la siguiente capa y así continúa capa por capa.



Figura 2: Descomposición en multicapas de una pieza y construcción aditiva.

Las investigaciones, proyectos y piezas que actualmente se están realizando en el Instituto Tecnológico de Morelia, México, se están manufacturando mediante la impresora CubeX Duo de 3D System que presenta un área de impresión de 230 x 265 x 240 mm con resolución de 100 micras en el eje "Z", maneja dos cabezales de impresión por lo que puede utilizar dos materiales distintos, dos colores diferentes o un material de estructura y uno de soporte temporal hidrosoluble. [3]

Los materiales que ya se han probado son el ABS (*acrilonitrilo butadieno estireno*), PLA (*ácido poliláctico*), PVA (*acetato de polivinilo*), PA (*poliamidas o Nylon*) que es flexible y plástico ABS conductor de electricidad, obteniendo estructuras que dependen de las características y medio de uso que tendrán para definir el material adecuado, ya que ninguno presenta una solución definitiva.

## Resultados

Desde las pruebas iniciales realizadas con la impresora 3D (Fig. 3), se ha detectado que los resultados que se tienen en las piezas impresas por deposición de material fundido son afectados de manera importante por variables que deben ser controladas para optimizar tanto los materiales utilizados, el tiempo de impresión, el desperdicio generado por limpieza de los extrusores, etc.

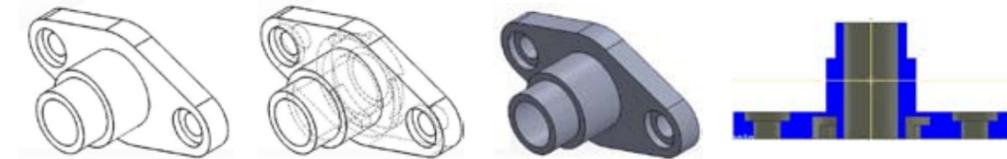


Figura 3: Pieza de prueba con geometría variable

Variaciones en la geometría de diseño, la orientación de la pieza, los materiales empleados, la resolución, utilización de soportes en exceso, densidad requerida, cambios de material en el mismo plano, etc. pueden llegar a presentar variaciones en el tiempo de impresión tan significativas como pasar de unos cuantos minutos a alcanzar tiempos de hasta treinta o cuarenta horas, ver figura 4.

La característica de cambiar de material o color en un mismo plano produce un gran desperdicio de material al limpiar continuamente los extrusores y esto adiciona horas de trabajo de impresión, no se recomiendan dichos cambios, mejor utilizar planos completos de un solo material.

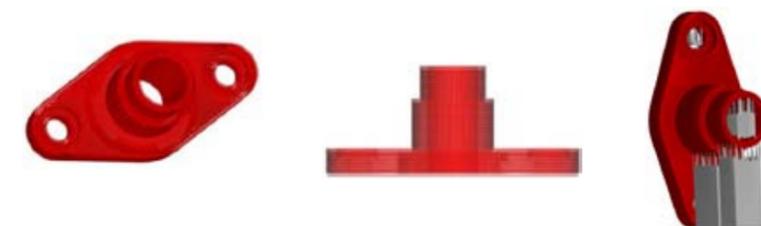


Figura 4: Distintos parámetros aplicados a la misma pieza, la orientación y densidad generaron variaciones en tiempo, pasando de 23 minutos a 26 horas de impresión.

Al perfeccionar los parámetros requeridos en la técnica de FDM se pueden realizar estructuras más complejas, elaborando piezas que combinan la estética con la ciencia mediante software como CalcPlot3D [4] y Solid-

Works® [5] que permiten generar piezas impresas mediante archivos STL llevando a las funciones matemáticas, dispersiones, estadísticas y patrones de interferencia (Fig. 5), literalmente a otra dimensión, apreciándose como verdaderas obras de arte.

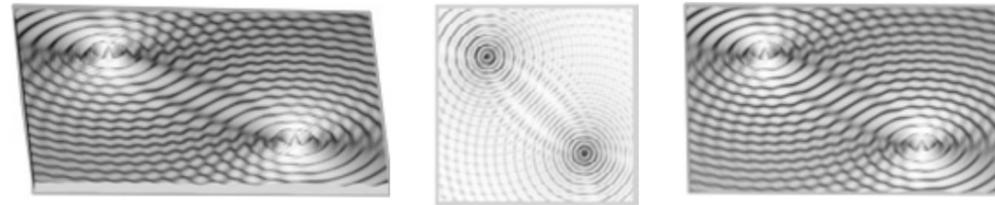


Figura 5: Patrón de interferencia de dos ondas

Una función matemática hiperbólica pasa de ser sólo una gráfica bidimensional a un objeto palpable en nuestras manos como se muestra en la figura 6 que nos permite denotar todas las simetrías que presenta desde sus diversos ángulos.

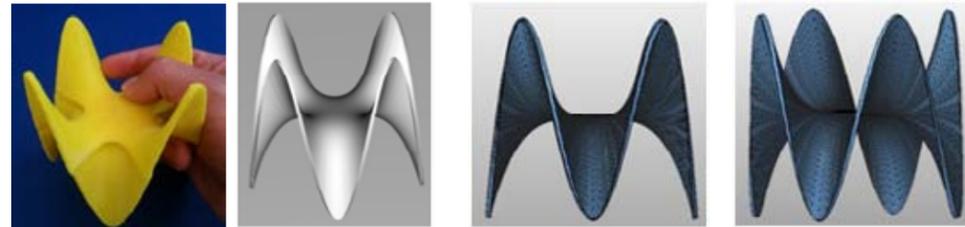


Figura 6: Función matemática impresa en tres dimensiones

Además las opciones de la impresión en 3D nos ofrecen la oportunidad de hacer cortes, secciones, ensambles por partes y variaciones de colores permitiéndonos conocer desde otros punto de vista a los objetos diseñados (Fig. 7), mostrando todo el esplendor de su perfecta geometría, que en sí mismos parecen objetos minimalistas esperando su aportación artística.



Figura 7: Cortes de la función hiperbólica

Las mandalas y los fractales hacen patente su fragilidad y extrema complejidad cuando se les desea sacar del plano bidimensional (Fig. 8) y convertirlos en objetos que permiten ser la base de obras artísticas que algunos museos internacionales han utilizado para sus exposiciones, permitiendo al público en general quitarse parte de la idea de lo abstracto de las matemáticas; hasta una distribución estadística de consumo llega a parecer una larga extensión de montañas al observarse en 3D.

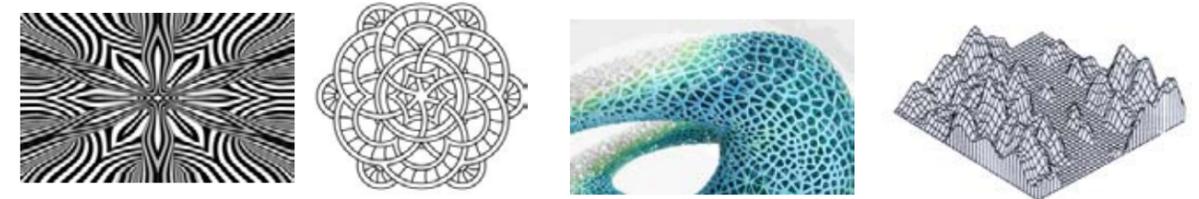


Figura 8: Mandalas, fractales y distribuciones utilizados como base de objetos 3D

La versatilidad de las piezas impresas en 3D permite que puedan ser usadas como parte de la difusión y enseñanza de la ciencia, generando mejoras en el proceso educativo al contar con material didáctico no sólo especializado y único, sino que no existía anteriormente: maquetas y modelos de conceptos y teorías que por ser novedosos no se venden aún en el mercado se pueden fabricar, por ejemplo, como se muestra en la figura 9, se fabricaron piezas para un tablero basado en las teorías del Universo Determinista que plantea Stephen Hawking en su libro “El Gran Diseño”.



Figura 9: Tablero lúdico del “Juego de la vida” con piezas impresas en 3D

Otro de los prototipos didácticos que se han diseñado y manufacturado es un sistema completo funcional, que incluye piezas impresas y se complementa con otros objetos mecánicamente, permitiendo demostrar cómo funciona la turbina de Pelton (Fig. 10) y la aplicación de ésta para generar electricidad.

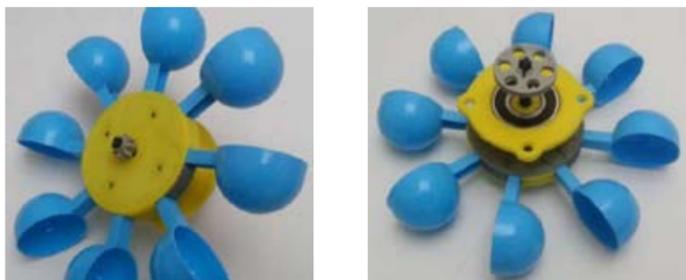


Figura 10: Sistema funcional de turbina Pelton

Actualmente se tiene la posibilidad de hacer casi cualquier pieza, ya sea una obra de arte o material didáctico que cubra específicamente los requisitos y gustos del artista y del educador. La personalización que ofrece la impresión especializada permite crear hasta versiones adaptables a las situaciones: ya sea porque el público receptor o las normas de la institución requieran colores distintivos específicos, tamaños adecuados a la fisionomía o afortunadamente ha empezado a crecer el desarrollo de objetos diseñados para compensar las disminuciones de habilidades o discapacidades.

Tales son los casos donde ahora se ha comenzado a apoyar la fabricación de material didáctico para personas con dificultad visual mediante piezas con escritura Braille (Fig. 11), acercándolos a las maravillas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y el arte, permitiéndoles tocarlas con sus manos gracias a la impresión en tres dimensiones.

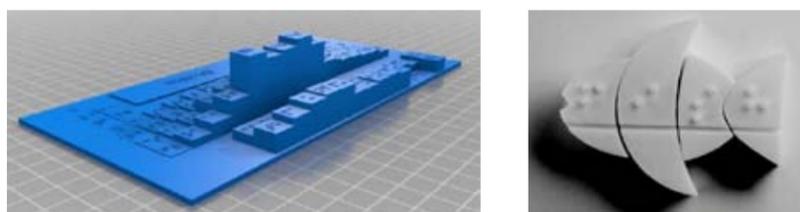


Figura 11: Tabla periódica y rompecabezas con sistema Braille

**Conclusiones:** La gran aceptación que ha tenido la manufactura aditiva mediante impresión en 3D ha generado una enorme gama de tecnologías que generaron una variedad impresionante de técnicas de impresión, (desde polímeros fotocurables con luz ultravioleta hasta sinterizados mediante laser) y materiales con muy diversas características (plásticos, polvos aglutinados, metales, incluso hojas de papel ordinario) por lo que se han abierto

muchas áreas de oportunidad tanto para el desarrollo, investigación y procesos lúdicos, pero sobretodo han impulsado mucho la posibilidad de generar material didáctico con prestaciones y características propias e individuales de cada aplicación, llevando a las “obras de arte” desarrolladas por la ciencia y la tecnología no sólo a los museos sino a los salones de clases, ya sea como representaciones artísticas o como piezas y objetos que llegan a ser verdaderos equipos funcionales y operativos.

Mediante la fabricación de objetos y modelos en la impresora 3D se ha podido comprobar que efectivamente el proceso de transferencia del conocimiento se ve enormemente beneficiado al lograr que algunos conceptos abstractos se perciban desde otros puntos de vista al poder tenerlos como objetos reales. Así mismo se corrobora que la ciencia y el arte se pueden unir gracias a la tecnología y la ingeniería aplicada.

### Referencias

- <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%2oadicionales/trabajos/3D/RealidadAumentada/3.2.matematicas.htm>.
- <https://www.youtube.com/watch?v=ltZf16kcYC8>.
- <http://www.3dsystems.com/3d-printers/personal/cubex>.
- <http://www.calcplot3d.com/>.
- <http://www.solidworks.es/>