UNTREF

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TRES DE FEBRERO

“Aquasounds, un nuevo océano”

Hidrófonos y Tecnología Inmersiva

Andrés Leonardo Moguilevsky

Tutor: Jorge Chikiar

Trabajo Final de Grado – Seminario de Artes Electrónicas

Licenciatura en Artes Electrónicas

Año 2019

-PRESENTACIÓN FINAL-

ÍNDICE

I. Abstract
II. Introducción
III. Hipótesis
IV. Objetivos
    a. Resultados deseados
V. Capitulo I – Bioacústica e Hidrófonos
    a. Bioacústica
    b. Hidrófonos
        i. Descripción
        ii. Conceptos básicos
        iii. Acústica submarina / Hydroacústica
        iv. Hidrófono
        v. Construcción y pruebas
        vi. Referentes en el uso de hidrófonos
VI. Capítulo II – Registros Sonoros
    a. Primeras tomas experimentales
    b. Trabajo de campo: Cuenca del Plata
        i. Acerca del Río de la Plata
    c. Tomas autóctonas
        i. Ubicación de tomas
        ii. Rectificaciones luego de la prueba de campo
    d. En colaboración con referentes
VII. Capitulo III – *Aquasounds – Un nuevo océano*
    a. Historia de la escultura sonora y su expansión en el campo del arte
    b. Requerimientos técnicos
    c. Tratamiento estético
    d. Selección de sonidos
    e. Recursos Humanos
    f. Desarrollo de la obra
VIII. Conclusiones
IX. Bibliografía
X. Anexo
    a. Registro fotográfico
    b. Obra

Abstract

“Aquasounds, un nuevo océano” es un proyecto teórico-práctico que encuadra la construcción de un hidrófono para la realización de grabaciones submarinas y su presentación al público a través de una experiencia artística visual y sonora.

La metodología utilizada es el análisis cuantitativo, cualitativo y de campo de la propagación del sonido a través de distintas materias (específicamente medios etéreos - acuáticos) tomando lo que ocurre en la superficie en contraposición con las profundidades del agua como el sustento de esta investigación.

Se selecciona un lugar donde llevar a cabo las tomas y se parte de la bioacústica como instrumento en los estudios de biodiversidad y conservación, enfocados respecto a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución. Utilizando estos elementos y atravesando el estudio en profundidad de los micrófonos piezoeléctricos y sus componentes, se obtienen una cantidad de sonidos. Se estudia íntegramente el desarrollo y se lleva a cabo la construcción de un hidrófono casero, como así también se tienen en cuenta tomas realizadas con otros hidrófonos profesionales de mayor calidad y precisión sonora, en distintas ubicaciones geográficas. La selección de tomas y grabaciones submarinas derivarán en la realización de la obra artística, una experiencia inmersiva de realidad virtual, en la que el espectador podrá interactuar con los sonidos registrados con hidrófonos.

KEYWORDS:

hidrófono, instalación submarina, grabación, instalación acústica, sonido submarino, toma acuática, rio de la plata, bioacústica, Aquasounds, vr, realidad virtual

Introducción

Sumergirse en un nuevo océano. **Aquasounds** es una instalación que propone experimentar y descubrir la acústica de la biodiversidad y lo submarino partiendo de un estudio local.

Para comenzar la investigación, nos preguntamos que es lo que ocurre en las profundidades del agua en contraposición con la superficie, la cuál nosotros bien conocemos y dominamos, desde una perspectiva sensorial.
La analogía con un iceberg puede funcionar aquí; vemos solo su punta, pero debajo del agua se esconde su verdadero núcleo, un mundo que espera ser descubierto, del que solo vemos la superficie. Esta instalación se puede experimentar a través de los sonidos, utilizando también la imagen como soporte. El agua es un entorno natural que puede generar distintos contextos físicos, emocionales y filosóficos. El ser humano puede, con este sustento tecnológico, acercarse a sus múltiples narrativas.

Mediante el uso del hidrófono se capturan sonidos en el medio acuático para luego ser procesados, y presentados como parte de una instalación inmersiva.

De esta manera *Aquasounds* también busca responder a los interrogantes
¿Existe una *música* del fondo marino?
¿Puede ayudarnos el sonido a conocer la biodiversidad del mundo acuático más efectivamente?
¿Podemos llegar a causar daño físico al medio subacúatico con nuestros ruidos?
¿Somos capaces de trabajar el sonido del agua y percibir su belleza, expresión y energía creativa?

Hipótesis

- Es más interesante conocer la biodiversidad a través del sonido porque el océano (el medio acuático) es más oscuro e inalcanzable.

- Podemos 'ver' bajo el agua a través de los sonidos; El ocularcentrismo puede perder sustento debajo del agua ya que allí hay falta de luz. Allí se puede 'ver' a través del sonido y de esta manera plantear los espacios para una construcción propia del paisaje, sin necesariamente contar con un apoyo visual.

- El ruido artificial generado por los humanos (por distintos motivos) en el medio acuático y sus alrededores afecta a la biodiversidad que allí reside.

- A través de la bioacústica podemos experimentar el mundo submarino de una forma abarcativa sensorialmente.

- La experiencia sensorial está dada por la transición del medio más habitual para el ser humano, al medio acuático, con cuyos sonidos no estamos familiarizados.

Objetivos

I. **Investigación acerca de la bioacústica, enfocada en hidroacústica, o acústica submarina.**

Los modelos acústicos submarinos permiten predecir las trayectorias de las ondas de sonido de los transductores acústicos, sistemas de sonar, ecosondas, etc. En relación con los datos arrojados por los hidrófonos, los modelos proporcionan información valiosa acerca de la ubicación ideal para realizar las tomas acústicas.

II. **Investigación acerca del sonido, el medio acuoso, y la captura sonora en el agua mediante hidrófonos y sus usos.**

Mediante el análisis de los modelos de construcción no industrializada de hidrófonos, se busca determinar cuál es el más viable y accesible para su construcción y adaptarlo a los recursos tecnológicos y económicos del trabajo de investigación. Se ejemplifican las aplicaciones generales de los hidrófonos para su posterior comparación. Usos a destacar de hidrófonos (Investigaciones científicas y con finalidades artísticas).

III. **Análisis de los registros sonoros obtenidos en la cuenca del Plata y complementación con aportes externos.**

A través del trabajo campo realizado en la Cuenca del Plata, se busca obtener y documentar diversos paisajes sonoros para utilizar en la obra artística. Todos estos se suman a los aportes obtenidos de otros referentes a lo largo del proyecto de investigación.

IV. **Creación de un programa de divulgación de la investigación.**

Para concluir el trabajo se presenta una experiencia de realidad virtual donde el espectador puede interactuar con los sonidos obtenidos a lo largo del mismo y vivenciar la profundidad del agua desde una perspectiva distinta.

Resultados deseados

A partir de las distintas investigaciones este trabajo pretende:

1. Concretar la fabricación de un hidrófono casero en base al proyecto de investigación.
2. Obtener un registro de paisajes sonoros y sonidos submarinos autóctonos y si fuera necesario, complementarlo con otros de distintas características.
3. Generar una experiencia inmersiva de realidad virtual, tomando como objeto el registro sonoro obtenido y los que acompañan.

Capítulo I

Bioacústica

Los seres humanos siempre han estado fascinados por la vida marina, desde las diatomeas[1] extremadamente pequeñas hasta el mamífero más grande que habita nuestro planeta, la ballena azul. Sin embargo, el estudio de la vida marina en el océano es una actividad extremadamente difícil ya que el océano no sólo tiene dimensiones inconmensurables sino también es difícil de ver para la mayoría de los instrumentos y puede ser un ambiente hostil en el que realizar experimentos e investigaciones. El uso de la acústica es una manera efectiva de estudiar la vida animal en el océano. La energía acústica se propaga en el agua más eficientemente que casi cualquier otra forma de energía y puede ser utilizada por los animales para una variedad de propósitos y también por los científicos interesados en estudiar su comportamiento e historia natural. Sin embargo, la acústica bajo el agua ha estado tradicionalmente en el dominio de físicos, ingenieros y matemáticos, pero el estudio de la historia natural de los animales está en el campo de los biólogos y los fisiólogos. Tradicionalmente, el comportamiento de los animales ha involucrado a psicólogos y zoólogos. En resumen, la bioacústica marina es y seguirá siendo una disciplina diversa en la que participarán investigadores de diversos orígenes, con conocimientos y habilidades muy diferentes; los artistas también encontramos un interés en trabajar con estos elementos.

La bioacústica es una ciencia multidisciplinaria que combina la biología y la acústica. Usualmente se refiere a la investigación de la producción del sonido, su dispersión a través de un medio y su recepción en animales (incluyendo los humanos). Esto envuelve el énfasis neurofisiológico y anatómico de la producción y detección del sonido y la relación de las señales acústicas con el medio en el que se transmiten.

---

[1] Diatomeas: es un grupo de algas unicelulares que constituye uno de los tipos más comunes de fitoplancton.

Estos hallazgos fueron dando evidencia acerca de la evolución de los mecanismos acústicos y de alguna manera de los animales que los utilizan. En la acústica marina este término también es utilizado para nombrar el efecto de plantas y animales en la propagación del sonido bajo el agua, usualmente se refieren al uso del sonar para la estimación de biomasas[2]. En pocas palabras, la bioacústica marina puede definirse como el uso de la acústica para estudiar cualquier faceta de los animales marinos, tales como las capacidades auditivas, la producción de sonido, las comunicaciones, o el comportamiento de búsqueda; cualquier aspecto que tenga que ver con su historia natural. La energía acústica se propaga en el agua más eficientemente que casi cualquier forma de energía y puede ser utilizada por los animales para una variedad de propósitos, como así también por los científicos interesados en estudiar la vida animal en el océano. Las energías electromagnéticas, térmicas y otras formas de energía se ven severamente atenuadas en el agua. Por lo tanto, el método más eficaz para que un animal pueda realizar diversas funciones asociadas a su ciclo de vida, tales como comunicarse, navegar, evitar obstáculos o evitar y detectar presas, es mediante el uso de la acústica en un modo de ecolocalización[3] activo o pasivo (auditivo). De manera similar, la localización, el movimiento, la interacción social, la densidad y otras facetas de la vida animal en el mar pueden estudiarse mediante el uso de técnicas acústicas.

Los bioacústicos estudian el uso de sonidos de diferentes animales. El agua, que es un medio mucho más denso que el aire, presenta problemas interesantes para la recepción y transducción de sonidos de los órganos auditivos de los animales.

---

[2] Biomasa: cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema. En el campo de la Biología: Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volume.

[3] Ecoloalización: es la capacidad de algunos animales de conocer su entorno por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen debido a ellos.

Por lo tanto, la estructura anatómica del sistema auditivo debe tener ciertas características que son muy diferentes a la estructura del órgano auditivo en animales terrestres.

La física de la conducción del sonido que comienza con la transducción del sonido del agua en la cabeza de un animal continúa en el órgano auditivo, y los mecanismos del órgano auditivo que envían impulsos nerviosos al cerebro son de interés para los bioacústicos marinos.

La escucha es uno de los principales métodos en investigación bioacústica, y un especialista con experiencia puede utilizar los sonidos para reconocer la especie, la localización y la condición en la naturaleza del animal emisor.

Debido al amplio rango de las propiedades y medios en los que se propaga, se requiere equipo especializado como el hidrófono.

Hidrófonos

1. Descripción

Los Hidrófonos son un tipo de micrófonos capaces de captar la energía acústica emitida en un medio acuoso y transducirla a una señal eléctrica para su posterior análisis. Este tipo de micrófonos son utilizados en sonares, en estudios de fauna marítima, en análisis sísmicos y en análisis volcánicos debajo del agua.

Nuestro objetivo es evaluar la construcción de un hidrófono y plantear soluciones viables a las problemáticas que presenta el diseño de un micrófono que funcione debajo del agua. El trabajo consta en una etapa de investigación de modelos de construcción ya utilizados, ver cuál es la más viable y adaptar el diseño más apto a las posibilidades actuales en el marco de una investigación universitaria. En una segunda etapa, mediante la información recabada durante la investigación, se pasará a la construcción del hidrófono para luego registrar señales debajo del agua.

2. Conceptos básicos

a. La propagación del sonido en el agua

El sonido consiste en una vibración mecánica que viaja con forma de onda a través de un medio elástico. Éste no se propaga en el vacío, porque requiere de un material para su transmisión. El medio de propagación puede ser un sólido o un fluido como el agua o el aire.

La propagación debajo el agua debe ser considerada longitudinal ya que los fluidos no pueden soportar ondas de corte[4], por lo tanto las partículas vibran en la dirección de la energía de propagación.

---

[4] Onda de corte o cizalla: Las ondas de *corte* o de *cizalla,* llamadas *ondas S,* son aquéllas en las cuales las partículas del medio se desplazan perpendicularmente a la dirección de propagación, por lo que están asociadas con deformaciones del terreno de tipo de cizalla

Generalmente el sonido es considerado solamente como una onda de presión, sin embargo en los fluidos posee una amplia serie de factores que van a alterar su propagación; como la temperatura, la presión, la densidad, etc. que deben ser consideradas como variables acústicas.

Por ejemplo, en el agua, la celeridad (velocidad sin una dirección definida, por lo tanto, escalar) está dada por la siguiente fórmula:

c = 1448,96 + 4.591 T - 0,05304 T2 + 0,0163 D + 1,34 (S-35)

c: Celeridad en m/s (al igual que la velocidad pero es un escalar ya que no tiene dirección). T: Temperatura en °C. Entre 0 y 30.

D: Profundidad en metros. Entre 0 y 8.000. (También se la nombra con una “z”. Cabe aclarar que la presión es función de la profundidad, por lo tanto este factor se tiene en cuenta).

S: Salinidad en partes por mil. Entre 30 y 40.

b. **Concepto de aislación eléctrica**

Se entiende por dieléctrico o aislante eléctrico a los materiales con escasa capacidad de conducción de la electricidad (René, 1959). Un cuerpo dieléctrico no conduce corriente, pero en su interior puede haber un campo que no sea nulo. Entre sus aplicaciones principales, estos materiales son utilizados para separar conductores eléctricos evitando un cortocircuito y para mantener alejado al usuario de determinadas partes de los sistemas eléctricos. Otro papel importante desempeñado por el dieléctrico es modificar en gran proporción el valor del campo eléctrico que atraviesa un cuerpo.

3. **Acústica submarina / Hydroacústica**

La energía acústica se propaga en el agua de manera más eficiente que casi todas las otras formas de energía y puede ser utilizada por los animales con una amplia variedad de propósitos. La manera en que esta energía se comporta debajo del agua

es el campo de estudio de muchos científicos interesados en la biología marina, sin embargo la acústica marina fue tradicionalmente el campo de estudio de físicos e ingenieros.

A su vez, la información registrada es también utilizada para la detección de actividad sísmica de baja magnitud asociada a la actividad volcánica con una efectividad mucho mayor que cualquier base de registro sísmico ubicada en la superficie de la tierra.

La acústica submarina tiene 4 aplicaciones principales:

a. **Sonar / Ecosonda**

El sonar usa la propagación de ondas acústicas para medir distancias, velocidades y direcciones. Se basa en emitir y recibir ondas de sonido, las cuales son posteriormente analizadas por un software, que haciendo uso de la teoría de reflexión, identificará la posición y velocidad.

El sonar o ecosonda, permite al hombre "ver" o averiguar la posición a la que se encuentran objetos situados debajo suyo, y saber a qué distancia estos se encuentran. Mediante el análisis de los ecos se pueden obtener todos estos datos.

b. **Estudio de mamíferos marinos**

Se encarga de analizar el comportamiento de los mamíferos subacuáticos, e identificar la especie interpretando las señales sonoras emitidas por estos.

c. **Estudio de actividades volcánicas**

Mediante una serie de bases autónomas, constituidas por ensambles de hidrófonos, se registra información sonora marina. La información obtenida de todas estas bases es enviada a centros de análisis para el estudio de epicentros sísmicos y registro de actividad volcánica de manera muy eficaz.

d. **Detección y seguimiento de fuentes submarinas en la superficie y en el aire desde el agua**

Utilizando una calibración especifica de sonares ubicados en arrecifes, éstos proveen las coordenadas especificas de ubicación de vehículos tanto debajo del agua, como en la superficie y en el aire.

4. **Hidrófono**

Se conoce como hidrófono a los receptores acústicos que funcionan debajo del agua. Comúnmente constituido por un micrófono piezoeléctrico, con buena sensibilidad y bajo nivel interno de ruido. En general posee un gran ancho de banda de respuesta en frecuencia para poder abarcar las diferentes áreas de aplicación.

En los hidrófonos en general, se busca la simpleza en su diseño electrónico limitando sus componentes a lo sumo a preamplificadores y filtros.

a. **Calibración de los hidrófonos**

Los métodos de calibración de los hidrófonos se realizan en instalaciones especiales que constan de largos tanques de agua que simulan las propiedades de una cámara anecoica[5] o de mar abierto, de manera que las reflexiones provenientes de los límites del tanque puedan ser despreciadas.

También es necesaria una fuente de sonido subacuática que pueda reproducir de manera cualitativa el ancho de banda que se quiere calibrar.

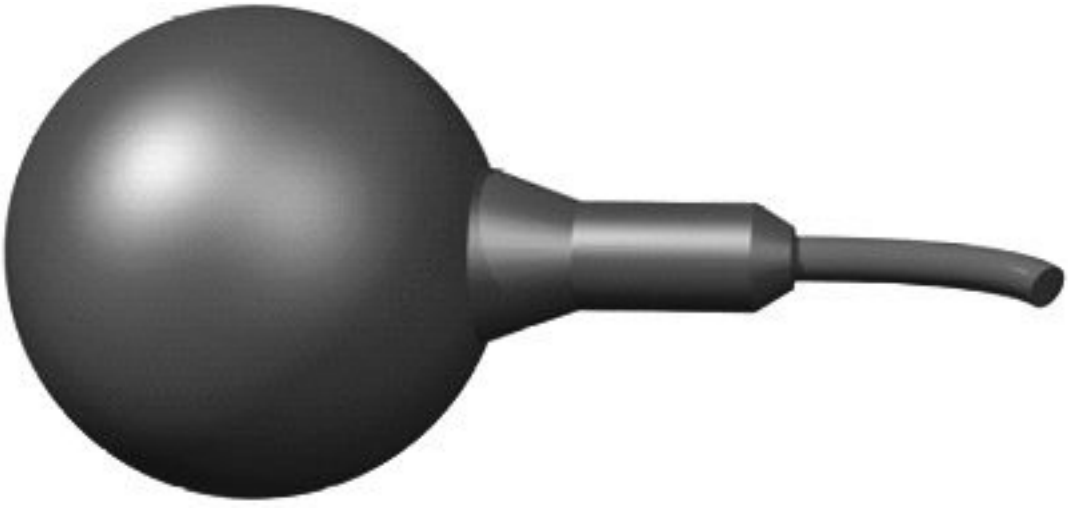
---

[5] Cámara anecoica: es una sala diseñada para absorber en su totalidad las reflexiones producidas por ondas acústicas o electromagnéticas en cualquiera de las superficies que la conforman (suelo, techo y paredes laterales).

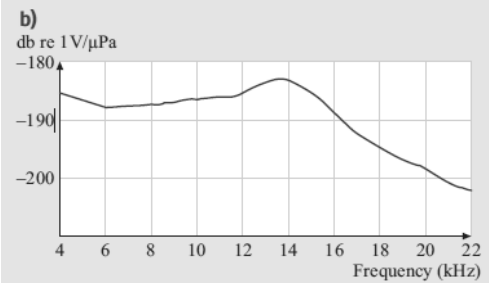
b. **Hidrófonos profesionales**

Existen dos tipos principales de hidrófonos profesionales para realizar mediciones debajo del agua. El primero y más sencillo es el transductor acústico-eléctrico que solamente puede recibir la señal. El segundo es capaz tanto de recibir como de emitir la señal sonora. En cuanto a su diseño electrónico, el transpondedor (emisor y receptor) es un poco más complejo, comparado al que solamente recibe, ya que solamente requiere de un circuito preamplificador muy simple o a lo sumo un filtro para un funcionamiento adecuado. A su vez presentan diferencias en su geometría lo cual afecta tanto en su respuesta en frecuencia como en su patrón de captación.

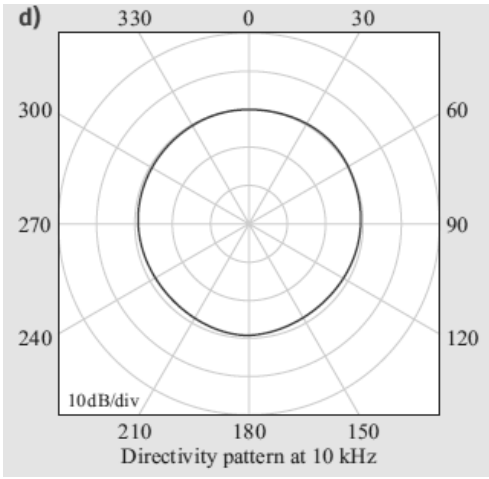
El *transpondedor* (Fig. 1) presenta un patrón polar de tipo omnidireccional y una respuesta en frecuencia no muy plana, pero presenta la ventaja tanto de emitir como de recibir sonido lo cual es muy útil para algunas aplicaciones como los SONARES.



Transpondedor (Emisor/receptor) (Figura 1)



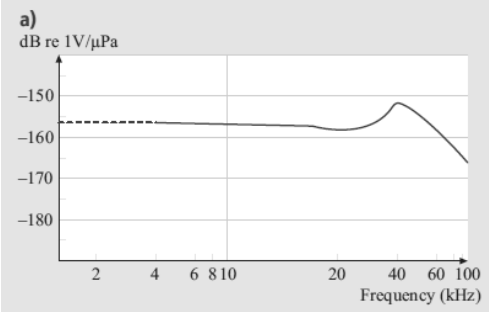
Respuesta de voltaje recibido en función de la frecuencia



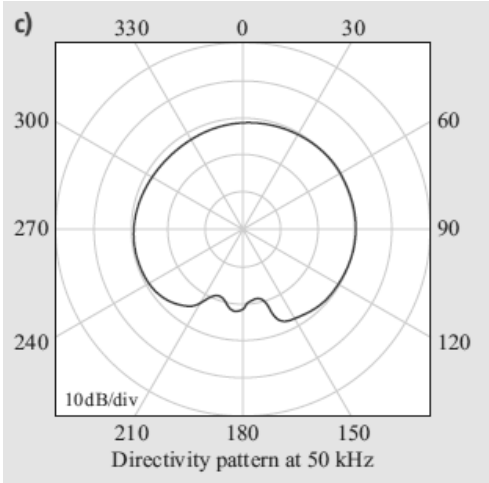
Patrón polar

En cambio, el hidrófono, que solamente se encarga de recibir tiene una respuesta en frecuencia casi plana en un amplio espectro, pero un patrón de captación similar a un cardioide, por lo que puede aprovecharse este patrón más direccional para orientar la respuesta en frecuencia y aislar sonidos no deseados de la parte “posterior” del hidrófono.

Hidrófono con preamplificador



Respuesta de voltaje recibido en función de frecuencia

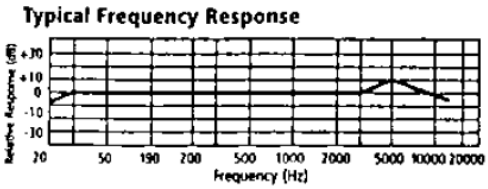


Patrón polar del hidrófono con preamplificador

5. **Construcción y pruebas**

Será elegido como modelo a seguir para la construcción del hidrófono, el publicado por Kevin Hardy, del Instituto de Oceanografía Scripps[6], el cual utiliza como principio de transducción el del micrófono *electret[7]*.

Según las mediciones hechas en el Instituto de Oceanografía Scripps el hidrófono presentará la siguiente respuesta en frecuencia:



Respuesta en frecuencia del hidrófono

a. **Materiales**

Los materiales seleccionados para la construcción serán un micrófono de condensador electret, un cable de audio (dos conductores y malla), un conector miniplug, un amplificador de audio, batería de 1,5V, aceite mineral (derivado del petróleo, cuya densidad es 0,9 g/ml) y sellador de silicona sintético.

---

[6] Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego: La misión del instituto Scripps es buscar, enseñar y comunicar la comprensión científica de los océanos, la atmósfera, la Tierra y otros planetas en beneficio de la sociedad y el medio ambiente.

[7] Micrófono Electret: El llamado micrófono de condensador electret es una variante del micrófono de condensador que utiliza un electrodo (fluorocarbonato o policarbonato de fluor) lamina de plástico que al estar polarizado no necesita alimentación.

b. **Circuito**

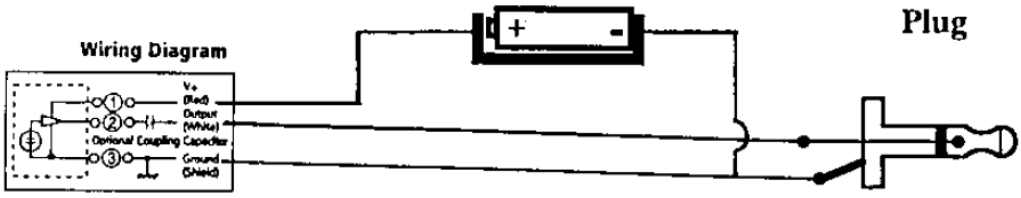


Figura: Circuito

c. **Experimentación**

El experimento consiste, una vez construido el hidrófono, en probar si una señal impulsiva transmitida en un medio acuoso, puede ser captada y transducida por el hidrófono.

Para esto se utiliza una placa de Sonido *DigidesignMbox 2*, para poder amplificar la señal (ya que el hidrófono no posee una etapa amplificación propia) y convertir la señal analógica en digital; Software de audio *Protools*, con el objetivo de poder ver si se está generando efectivamente algún estímulo al micrófono electret y un recipiente plástico lleno de agua.

La señal impulsiva consistirá en aplicar un golpe en el exterior de dicho recipiente.

En esta etapa del proyecto fue posible poner a prueba el hidrófono en una pileta, en la cual se experimentó con botellas y movimiento manual de agua, extrayendo sonidos de interés para el trabajoi.

6. Referentes en el uso de hidrófonos (en obras artísticas)

Como referencia estudiamos las siguientes obras por artistas que han utilizado hidrófonos para sus obras.

- **Orquesta bajo el agua**
  http://aquasonic.dk/index_with_menu.html
- **Andy Gracie, 200 metros**
  http://www.laboralcentrodearte.org/es/exposiciones/200m

Capitulo II

Registros sonoros

Primeras tomas experimentales

Las primeras tomas fueron realizadas en una pileta de una casa particular.
Algunos de los sonidos obtenidos durante estas experimentaciones, por ejemplo sonidos de juegos con botellas, son interesantes por lo que serán presentados.

Trabajo de campo: Cuenca del Plata

¿Qué sonidos podríamos encontrar en el Río de la Plata?

Se selecciona la Cuenca del Plata como el lugar principal donde llevar a cabo los registros sonoros autóctonos, la parte más *experimental* del proyecto, debido a su accesibilidad geográfica y los medios y recursos a disposición de este proyecto de investigación.

¿Como se mueve el agua en el planeta? El agua circula por los diferentes compartimentos de la biosfera como suelo, aire, plantas y animales y otros seres vivos. Según Bresciano (2006), pasa de uno a otro de estos compartimentos mediante estos procesos: Evaporación: proceso por el cual el agua sometida a temperaturas altas cambia al estado de vapor. Por ejemplo el agua del mar o el océano lentamente se evapora y el vapor de agua se mezcla con los gases de la atmósfera. Condensación: cuando el vapor de agua sube en la atmósfera, se va enfriando. A medida que se vuelve más frío va cambiando a estado líquido, formándose así las nubes. Cuando las nubes se vuelven muy pesadas, por la cantidad de gotas de agua, estas caen en forma de lluvia, nieve o granizo. Este proceso es llamado precipitación. Al caer la lluvia, parte de ella penetra en el suelo, en un proceso llamado infiltración, que permite que las plantas, a través de las raíces, así como otros seres vivos que habitan el suelo pueden obtener este recurso. Lo que resta alimenta las reservas de agua subterránea.

Otra parte corre por la superficie del suelo y hacia los cursos de agua y océanos. Este proceso se llama escurrimiento superficial.

Acerca del Río de la Plata

El Río de la Plata es un estuario, o bahía del Cono Sur de América formado por la unión de los ríos Paraná y Uruguay. Tiene una forma similar a un triángulo de 325 km de largo, sirviendo de frontera en todo su recorrido entre Argentina y Uruguay. Posee un rumbo general noroeste-sureste, volcando en el océano Atlántico la escorrentía de su cuenca hidrográfica más la de sus afluentes, sumando alrededor de 3 250 000 km. Los principales puertos son el de Buenos Aires, Argentina, en el margen sur, y el de Montevideo, Uruguay, en el margen norte. Tanto en el estuario como en la costa atlántica se pueden encontrar delfines de la especie franciscana, una especie de río que prefiere las aguas salobres. En ocasiones este delfín de especie franciscana remonta las aguas de los ríos Paraná y Uruguay. También se encuentran tres especies de tortugas marinas: la tortuga verde (Chelonia mydas), la tortuga cabezona (Caretta caretta) y la tortuga siete quillas (Dermochelys coriacea).

En el Río de la Plata se dan principalmente dos fenómenos climáticos: *La Sudestada* es un fenómeno climático que se caracteriza por vientos persistentes, regulares a fuertes del sudeste, temperaturas relativamente bajas y generalmente acompañado por lluvias de variada intensidad. Se genera por el efecto combinado de dos sistemas, uno de alta presión ubicado sobre el océano Atlántico, frente a las costas de la Patagonia central, que transporta aire frío y de origen marítimo hacia el Este de la provincia de Buenos Aires, extremo sur del Litoral y Sur del Uruguay y un sistema de baja presión, localizado sobre el Centro y sur de la Mesopotamia y la región occidental del Uruguay y que por su circulación produce un aporte de aire cálido y húmedo sobre la región. Cuando se profundiza la depresión, se intensifica la circulación del viento del sector sudeste produciéndose este fenómeno climático. Durante una sudestada, el río puede alcanzar una altura de 3,96 metros (sobre el plano de marea altura cero) y oleaje intenso, lo que provoca anegamientos en toda la zona ribereña.

“Las tormentas con fuertes vientos del Sudeste arrastran las aguas hacia el interior del RP y producen mareas muy altas, especialmente cuando se superponen con importantes mareas astronómicas. Estos eventos son conocidos locamente como sudestadas y son la causa de inundaciones a lo largo de las costas bajas de la margen argentina.” (Barros, Menéndez, Nagy. 2005.) *El Pampero* es un viento que sopla del sudoeste, precisamente del Anticiclón del Pacífico Sur hasta el Ciclón del Río de la Plata, que se caracteriza por tener una masa de aire fría y seca gracias a las lluvias de convección que provocó en la cordillera de Los Andes al atravesarla. En verano causa tormentas intensas seguidas por un marcado descenso de la temperatura y cielo despejado.

Al informarnos acerca de las especies que se puedan encontrar en el Río de la Plata, descubrimos que “..*se determinó una mayor riqueza específica en la zona interior del Río de la Plata (aguas fluviales), encontrándose hasta 19 especies holoplanctónicas por estación.*” (Sans K., Gomez Erache M., Menumarque S. y Calliari D., 2003). En este documento podemos apreciar que la cantidad de casi todas las especies de peces está en aumento desde que se posee registro, al menos hasta la primer década de los 2000.

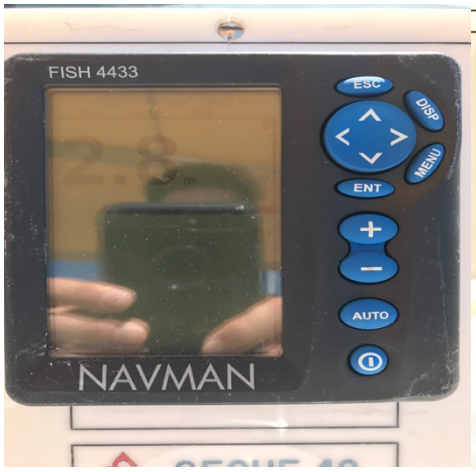
Pero también sabemos que las aguas del Río de la Plata están muy contaminadas, principalmente en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires y el conurbano bonaerense. El río recibe efluentes del Riachuelo, que es uno de los ríos más contaminados del planeta, y del río Reconquista, otro río muy contaminado, entre otros. Por esta razón, el baño está prohibido en sus aguas en las costas de la ciudad de Buenos Aires, Vicente López, San Isidro y Avellaneda, entre otros.
La contaminación que recibe consiste principalmente en desechos cloacales y residuos industriales sin tratamiento. De acuerdo con los escritos del Proyecto Freplata (2003), *“Los resultados de la investigación muestran que los parámetros analizados y la turbidez exhiben gran variabilidad en todas las escalas de tiempo observada”*.…*“La asociación de esta gran variabilidad con la de la atmósfera sugiere que este sistema responde rápida e intensamente a cambios en sus forzantes.”*

Tomas autóctonas realizadas en Cuenca del Plata – Fecha: 24/3/2017

Para la primera experimentación en el río del hidrófono se decide utilizar señales de alta frecuencia que pueden ser emitidas a través de una ecosonda, para comprobar su correcto funcionamiento y verificar las capturas que realiza. El hidrófono tiene una respuesta en frecuencia alta que permitirá registrar los sonidos y luego ser analizados mediante recursos tecnológicos.

La Ecosonda manda una señal de muy alta frecuencia, esa señal se refleja en la superficie y el transductor vuelve a leerla/grabarla y procesa para así determinar la la profundidad y evitar que las naves encallen, o para reconocer el relieve marino.

La ecosonda de la embarcación a disposición trabaja en el rango de frecuencias 83 kHz l 200 kHz (Fig.1)
Con el hidrófono se grabó la señal que la ecosonda transmite y la misma se pudo tomar con facilidad. Puede verse (analizarse gráficamente), escucharse (mediante una ralentización) y de esta manera sirve para evaluar y comprobar el correcto funcionamiento del hidrófono fabricado.
También se experimentó con una segunda ecosonda que la embarcación tenía a disposición (Fig 2.)



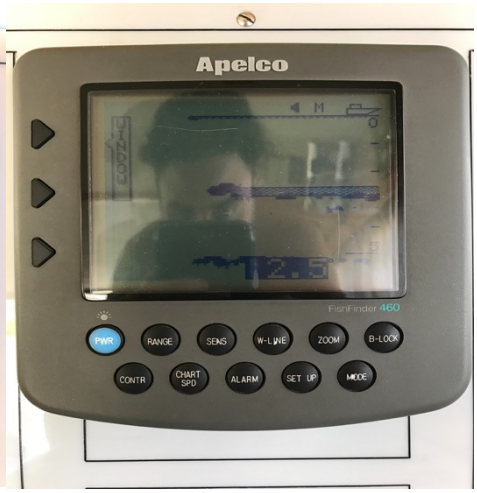


Fig 1. Fig. 2

Luego de estas pruebas, se depositó el hidrófono en distintas ubicaciones ‘más tranquilas’ del Delta para capturar sonidos durante un tiempo prolongado. Las tomas fueron obtenidas en el afluente del Río de la Plata.

Fue posible grabar diversos sonidos en la Cuenca del Plata: El hidrófono pasando del medio aéreo al medio acuático, el agua corriendo, burbujeo, animales tales como grillos y pájaros, pero también algunos dispositivos como ecosondas, embarcaciones y algunos otros sonidos generados por el humano.

Ubicación específica de las tomas

Rectificaciones luego de la prueba de campo

En base a las primeras pruebas de campo realizadas, se realizaron modificaciones para que el transductor quede inmóvil y centrado dentro del encapsulamiento, siendo la intención aumentar la sensibilidad del mismo. Se lo colocó presionado en una base cilíndrica y se acomodó de manera tal que quede empotrado y presionado en su lugar. La posibilidad de realizar estos ajustes fue observada al realizar prácticas con el hidrófono y se realizan los mismos ya que brindan mejoras tangibles en las tomas.

Luego de que el hidrófono pasara las primeras pruebas de campo de manera exitosa se realizaron las rectificaciones mencionadas respecto de su primera iteración.

<u>En colaboración con referentes - Fundación Cethus:</u>

La **Fundación Cethus** es una organización no gubernamental sin fines de lucro que realiza trabajos de investigación y conservación sobre cetáceos. Fue creada en 1992 en Buenos Aires, con el fin de investigar y divulgar aspectos relacionados con las ballenas y los delfines del Mar Argentino, siendo la conservación uno de sus objetivos fundamentales. Estuvimos en contacto con dicha Fundación durante la realización de este trabajo, y gentilmente nos ha provisto de sonidos obtenidos en ubicaciones remotas, y de animales que difícilmente puedan conseguirse con los recursos que se cuentan para el proyecto de investigación. Es por este motivo que se complementará la obra final con estos sonidos y otros.

En estos audios, en general los archivos están alterados para que sean audibles por un ser humano. Los mismos son;

- **'Ballena de aleta'**: Velocidad aumentada un 400%
- **'Zifios' o 'zífidos'**: velocidad reducida en un 15%

- **Tren de clicks de ecolocalización de 'toninas overas'**: Se encuentran en el rango de frecuencias superiores a 100 kHz con lo cual la velocidad está reducida en un 10% del original.
- **'Tursiops' o 'delfines nariz de botella'**: Audio sin modificaciones. Se pueden escuchar ya que se encuentra en el rango audible del oído humano.

Capitulo III

Aquasounds – Un nuevo océano

Aquasounds nace como una instalación sonora que invita al visitante a 'ver' los sonidos de una manera totalmente diferente. Luego toma la forma de una experiencia de realidad virtual, mediante la creación de espacios sonoros marinos: sonidos animales que el oído humano normalmente no puede capturar, transiciones del aire al agua, sonidos tomados cercanos a la superficie, sonidos más profundos. Sonidos tomados en el mar y el océano. Sonidos acuáticos. La obra es una experiencia inmersiva, un escenario oscuro en tres dimensiones, que el espectador visita colocándose un casco y es allí donde puede interactuar con los sonidos de este trabajo de investigación. La intención artística reside en que el visitante pueda vivenciar el mundo bajo el agua, descubriendo diferentes ecosistemas a través de una experiencia sensorial auditiva y visual. Descubrir la biodiversidad del mundo acuático y comparar los sonidos del agua más cercanos a la superficie, con aquellos en las profundidades del océano.

Lo que dará forma a la experiencia, son las interacciones entre los sonidos obtenidos a lo largo de la investigación y las artes visuales. Es por eso que reviste gran importancia revisar los conceptos de escultura e instalación sonora, realizar una breve descripción de su historia y mencionar sus implicancias estéticas. Para dar paso a la obra, es menester describir la expansión de las mismas a lo largo del tiempo, para así entender mejor los nuevos paradigmas sobre la percepción y comprensión del sonido, y su relación con otras artes.

La escultura sonora

La definición formal de "escultura sonora", una categoría válida de las artes plásticas y de la música tiene su origen siglos atrás, cuando se crearon objetos o instrumentos que producían sonidos de manera automatizada para el disfrute de la aristocracia. El origen de la escultura, según Rosalind Krauss, se encuentra en su condición de auto referencialidad, una abstracción desmontada de su base original que ha sido desprovista de un uso y contexto específico. Las esculturas fueron originalmente

monumentos hechos para conmemorar un sitio, y más tarde en la historia se volvieron auto contenidas y objetos independientes con la capacidad ser llevados de espacio en espacio, siempre conservando su condición de obras de arte (Krauss, 1979).

La escultura sonora como instrumento musical no encuentra fácilmente un espacio en el campo de las artes plásticas, pero si en el del arte sonoro, un campo no tan nuevo, si pensamos que muchos compositores clásicos como Beethoven y Mozart escribieron partes para cajas de música y órganos mecánicos. También, en el siglo XVII, se construyeron Carillones temperados en países de Europa. Su funcionamiento no era como el de una composición musical que se ejecuta en una sala de conciertos, ya que estos instrumentos se construían en lugares públicos y se hacían sonar en días festivos. Podría decirse que este tipo de música existió en un campo distinto al de la música, en el campo de un arte sonoro que en esos tiempos no se reconocía como tal.

Como máquina cinética

La escultura sonora como entidad estética la vemos por primera vez en el campo del arte con las primeras vanguardias del siglo XX, de la mano del concepto de la "máquina" cinético sonora. El futurista Fortunato Depero realiza en el año 1915 la escultura "Complejo plástico de ruidos motorizados coloreados simultáneos de descomposición en estratos", y Giacomo Balla diseña un "instrumento musical ruidoso".

En el manifiesto "Re-creación futurista del universo" ese mismo año, los artistas manifestaron:

"Nosotros los futuristas Balla y Depero queremos llegar a la fusión total para poder crear un universo feliz; es decir, crear como algo nuevo que surge desde cero. Le daremos esqueleto y carne a lo invisible, a lo intangible, a lo que no tiene peso, a lo no perceptible. Encontraremos equivalentes abstractos para cada forma y elemento en el universo, para combinarlos con el impulso de nuestra inspiración en complejos plásticos que pondremos en movimiento…complejos plásticos que se desintegran de manera simultánea, que hablan, que hacen ruido, que resuenan" (Maur K, 1999).

Este estilo de esculturas sonoras de carácter instrumental se puede ver en artistas como Jean Tinguely, que realiza esculturas introduciendo instrumentos de percusión

en *“Mes étoiles – concert pour sept peintures”* (1958), y un evento en NY (1960) en donde una “máquina” se auto destruye (*“Hommage a New York”*).

En el campo plástico acústico

Aparecen otras esculturas en el dominio plástico acústico, como por ejemplo aquellas formadas los tubos angostos de metal de distintos tamaños de Harry Bertoia (1915-1978), o de algunas posteriores, como “Penetrable blanco” del artista del Op Art Jesús Rafael Soto (1923-2005), una estructura de tubos de plástico resonantes que cuelgan y puede ser empujada por el espectador causando que sus elementos choquen el uno contra el otro produciendo sonidos interesantes.

Expansión de la escultura sonora

La escultura sonora requiere de interacciones o mecanismos autómatas que la pongan en movimiento. De todos modos, la escultura sonora tiene la capacidad de expandirse y devenir en una forma de arte abierta y ambigua como sugiere Rosalind Krauss. Algunos ejemplos pueden ser encontrados en la construcción de algunos edificios pre-hispánicos en México, en donde se diseñaron agujeros en las construcciones para poder obtener sonidos gracias al viento que pasa a través de ellos. Esta era una manera de poder predecir como cambiaba el clima para poder prevenir huracanes y buscar refugio. Más recientemente, algunos artistas han realizado este mismo tipo de procedimientos en estructuras rocosas, pero intentando buscar específicamente la belleza estética de estos sonidos producidos por el viento. En otros trabajos mas complejos, el paisaje natural se convirtió en el sujeto central de las obras. Un ejemplo de esto puede ser la producción del artista Leif Brush (n. 1932), quién recolectó sonidos de la naturaleza (lluvia y viento) con la ayuda de cables y micrófonos de contacto instalados en un campo libre, y que amplificaban estos sonidos. En este caso se podría hablar de *esculturas en un campo expandido, que se encuentran entre el no paisaje y la no arquitectura* (Krauss, 1979), pero entonces, estas podrían dejar de ser esculturas y convertirse en instalaciones sonoras, o tal vez **¿en una nueva forma de arte del paisaje con sonidos agregados por el artista?**

En el campo conceptual

Existen otro tipo de objetos o esculturas que producen sonido o que hacen alusión a el, pero de manera conceptual. Por ejemplo, ***Box with the sound of its own making (1961)*** del artista minimalista **Robert Morris**, quien presenta una pequeña caja de madera en forma de cubo que lleva dentro un parlante que reproduce el sonido de su fabricación. Otro ejemplo puede ser la escultura-instalación **Acoustic Wall (1970)** de **Bruce Nauman**, en donde el artista pone una especie de colchón gigante acostado que forma un triángulo al unirse con la pared en uno de sus extremos, creando un espacio en donde el público puede introducirse y experimentar por medio de la escucha el drástico cambio acústico que se crea en ese lugar encapsulado, que contrasta con la experiencia del espacio exterior anterior a este.

La naturaleza ambigua de la escultura sonora

Podemos ver que la escultura sonora se mueve entre dos extremos: el de un instrumento musical automatizado, que suena por la acción de un parlante o de un elemento de la naturaleza, y el de una escultura de carácter conceptual que contiene *potencialmente* al sonido, o que tan solo alude imaginariamente a el, a su ausencia, o a distintos fenómenos acústicos que existen en el espacio. En este eje, encontraremos esculturas sonoras que emiten sonidos mas o menos musicales, o que son más o menos conceptuales. Estas características las colocarán en distintos puntos de un triángulo formado entre los campos de la música, el arte sonoro y las artes plásticas.

Arte sonoro e inmersión

Podemos expandir el concepto de instalación sonora introduciendo un nuevo elemento, el de la **inmersión**.

Lo inmersivo en el arte ha sido aplicado en las últimas décadas alrededor del *media art*. La realidad virtual inmersiva ha sido explorada en el arte electrónico, en donde el público se convierte en parte de la obra artística, y este ya no sabe diferenciar entre la realidad virtual y la realidad cotidiana, o tomar una distancia de la obra de arte. Sin embargo, la idea del arte inmersivo no es nueva, Walter Benjamín criticó la contemplación inmersiva de carácter individualista burgués del siglo XIX, poniendo

como ejemplo a la crítica de los dadaístas del arte burgués. Ellos se dedicaron a destruir el aurea de sus creaciones, catalogándolas como reproducciones con el objeto de convertirlas en una fuente de producción que pudiera alcanzar a un mayor número de gente (Benjamin, 1936). Adorno por el otro lado, habla de la contemplación inmersiva como un factor importante para que la inmanente cualidad procesual del arte sea liberada a través de la libertad individual del espectador. Sin embargo, Adorno critica también al cine, en donde el espectador es absorto y deja entonces de tener una distancia crítica con la obra (Adorno, 1970).

Según el teórico Daniel Palmer, el acto inmersivo es análogo a la contemplación, y en el *"puede existir una actitud crítica intermedia entre la reflexión y la inmersión total"*. Dice también que *"..la inmersión es una experiencia espacial ligada al arte digital en el sentido de que envuelve al espectador en una zona discreta y panorámica (en muchos casos)"*, y por otro lado, *"la experiencia temporal del arte digital – como viva, responsiva, y que se efectúa en tiempo real – involucra un proceso de especialización que reta a la tradición artística de la distancia estética"* (Palmer D, 2007).

La instalación sonora es inmersiva debido a las cualidades espaciales del sonido en relación con el espacio (reverberación, ecos, resonancias), pero dentro de la experiencia que se propone con Aquasounds, es inmersiva de manera crítica, ya que el espectador no es pasivo como en el cine, sino que debe transitar por el espacio para poder descubrir la obra, para escucharla, y lo mas interesante, es que la podrá completar a su modo.

La inmersión ha sido criticada debido a la poca distancia reflexiva que permite entre perceptor y obra, pero de todos modos es imposible negar que una de las cualidades mas importantes del sonido y de la música es su poder inmersivo. Este poder se amplifica aún mas cuando se introduce el elemento del espacio, por lo que esta instalación de realidad virtual, se sitúa en un campo intermedio que se encuentra entre el sonido y lo visual, y entre la música y el arte.

Requerimientos técnicos

Para la programación de los sonidos, los escenarios y el renderizado de las imágenes y la plataforma virtual fue necesario contar con un equipo potente, software para llevar a cabo las tareas específicas y bibliotecas de imágenes y modelos.

- PC con amplio procesador, memoria, y placa de video.
- Software de edición de sonido, renderizado 3D, programación 3d interactiva
    - Avid Protools / Steinberg Cubase
    - Autodesk 3DS Max
    - Kuula
- Catálogo de imágenes del océano en formato HDRI
    - De bancos de imágenes
- Modelos 3D de algunos elementos de la escena

La obra se puede visitar en cualquier ubicación, mediante la colocación en la cabeza de un casco de realidad virtual. El **Oculus Go** es un casco que contiene todos los componentes necesarios para procesar gráficos y ejecutar aplicaciones y no requiere una conexión a un dispositivo externo para su uso. Tiene un SoC (System on a Chip) Snapdragon 821 y una batería de 2600 mAh. Utiliza una sola pantalla LCD de 5,5 pulgadas con una resolución de 1280x1440 píxeles por ojo y una frecuencia de actualización de 72 o 60 Hz, según la aplicación. El dispositivo de entrada es un control inalámbrico que funciona como un puntero láser. El casco y el control utilizan un tracking no posicional de 3 grados de libertad, lo que lo hace capaz de realizar actividades sentadas o estáticas, pero no es adecuado para aplicaciones de escala de habitaciones.

Tratamiento estético

Se plasmarán en el escenario virtual dos escenas distintas, que el espectador podrá navegar libremente, eligiendo y reproduciendo cada uno de los sonidos disponibles. Los sonidos, pueden reproducirse uno sobre otro, de modo tal que el usuario pueda generar su propia música.

Uno será un escenario a poca profundidad, desde donde alcanzaremos a ver la superficie, así como también el piso junto con distinta flora y fauna alrededor. El otro escenario será uno muy oscuro, donde se situará al espectador en las profundidades. En cada caso se dispondrán distintos sonidos de los obtenidos a lo largo del trabajo.

El movimiento de una escena a otra, se dará de modo coordinado con la escena, haciendo de éste un traslado natural, aunque también impactante por el cambio de contraste entre las dos escenas.

Selección de sonidos

Con respecto a los sonidos, se dispondrán aquellos capturados más cercanos a la superficie en la escena mas clara, mientras aquellos que fueron capturados en las profunidades tendrán su parte en la escena profunda.

Forman parte de *Aquasounds* todos los sonidos mencionados en este trabajo, -Desde los autóctonos registrados en nuestra Cuenca del Plata, como los de las experimentaciones y los obtenidos a través de terceros- : Muchos de ellos editados en post-producción, mediante el uso de *efectos*, *filtros y modificaciones en cuanto a la temporalidad*; todos procesos realizados a través del uso de una computadora.

Los sonidos podrán ser percibidos de distinta manera, siendo influenciados por la imagen o no según el caso, y permitirán experimentar distintos grados de inmersión, intentando ser captados por todos los sentidos del espectador de la obra, aprovechando la tecnología como apoyo y permitiendo una apertura sensorial. El encuentro con el sonido será íntimo e interactivo.

Recursos Humanos

Para el montaje y la realización se trabaja con los siguientes artistas y profesionales:
María Clara Tarulla, de la Ciudad de Buenos Aires, finalizó sus estudios de Arquitectura en la Universidad de Buenos Aires, cuenta con una amplia trayectoria trabajando con grandes estudios en obras arquitectónicas de gran porte. Posee experiencia en el campo de la realidad virtual. Asiste en ests trabajo de investigación en las tareas de la imagen, incluyendo el diseño, renderizado en tres dimensiones y edición, entre otras.
Nicolas Valese, de la Ciudad de Buenos Aires, finalizó sus estudios de Ingeniería de Sonido en la Universidad de Tres de Febrero, asistió en la construcción del hidrófono y la realización de las tomas en el Río de la Plata.
Vanesa Reyes, de la Ciudad de Buenos Aires, y Mariana Melcón, de San Diego, California, EEUU, quien posee un PhD y un MBA de la UCSD, gentilmente otorgaron información bibliográfica para el trabajo y sonidos que son utilizados en la obra con el que el mismo concluye.

Desarrollo de la obra

Se adjuntan imagenes del proceso de realización, a través de las cuales se puede seguir el desarrollo del diseño y programación de la obra de realidad virtual.
Las mismas se encuentran en el anexo indicado.

Enlace a la obra

Si bien la obra se presenta al momento de presentar la tesis en formato casco virtual, adjuntamos un vínculo a la misma para que pueda ser visitada desde cualquier otro dispositivo en caso de requerirse.

http://tiny.cc/AndyUNTREF

Conclusiones

Son variadas las temáticas que atraviesa este proyecto de investigación, por lo que es posible llegar a disintas conclusiones, algunas que las cruzan y otras que las tratan por separado.

La experiencia inmersiva de este trabajo, que comenzó con una intención de sumergirse en el agua con un elemento sonoro, cruza los mundos de las nuevas tecnologías y el arte, de modo poco convencional, para sumergirse en ambas en simultáneo. Es posible que se amplíe de este modo la experiencia sensorial que brindan el conjunto de los registros sonoros junto con lo virtual.

La biocústica como herramienta, permite al ser humano no solo disfrutar de la gran variedad y calidad de los sonidos submarinos, sino que también es un recurso de suma importancia a la hora de identificar especies en el medio acuático, aplicar conceptos biológicos en diferentes contextos, y armar estrategias para dar respuesta a problemáticas ambientales actuales.

Es posible diseñar y construir un hidrófono con un gran ancho de banda de captación, con la sensibilidad adecuada y de bajo costo. Este tipo de hidrófono casero es ideal para este trabajo de investigación, y permitió realizar las tomas deseadas. Su bajo costo y sencilla construcción permitieron realizar las experiencias aquí descritas exitosamente. El costo del hidrófono es despreciable, si se lo compara con uno comercial de similares características, y rinde de una manera sumamente aceptable para este trabajo de investigación.
Atravesando las pruebas prácticas de campo con el hidrófono, es posible ajustar, actualizar y mejorar la construcción del mismo, obteniendo mejoras respecto del ancho de banda, respuesta en frecuencia, entre otras propiedades.

Al realizar las tomas en la Cuenca del Plata, fue pudimos notar como la polución humana afecta los sonidos que residen y viajan en el agua;

Son pocas las tomas obtenidas con nuestro hidrófono donde se puedan escuchar sonidos naturales de la flora y fauna, o siquiera oir el sonido natural que allí uno piensa que hay.

Durante nuestras grabaciones en la Cuenca del Plata, no pudimos obtener sonidos de calidad de la Fauna, probablemente debido a la contaminación de todo tipo que sufre el estuario: de deshechos, tanto naturales como industriales, como por la polución de los medios de transporte, siempre a manos del humano. Lanchas y embarcaciones de todo tipo, ocupan una amplísima parte del espectro sonoro del que dispone el medio acuático. Estos sonidos fueron claramente audibles en gran parte de las tomas realizadas con el hidrófono.

Es por esto que, continuando con la investigación, se decidió sumar recursos sonoros obtenidos a través de distintas organizaciones, especialistas y expertos en temas de biología marítima y afines para dar forma a la experiencia inmersiva con la que concluye esta presentación.

La elaboración y divulgación del material audiovisual interactivo de los sonidos acuáticos nos acerca al conocimiento de la riqueza acústica de nuestros propios recursos, generando sentido de pertenencia y respeto por la vida. A través de una experiencia inmersiva de realidad virtual, uno puede ir más allá de sus límites físicos y crear espacios que antes no existían. Correctamente utilizado, este recurso puede ampliar las posibilidades de los artistas enormemente, ya que, en el mundo digital se puede replicar cualquier faceta de lo real, pero sin ningún tipo de límites. Y así es posible evocar las profundidades y acercar al espectador al océano a través de nuestros propios sonidos.

Bilbliografía

Bioacústica:

La acústica submarina y su desarrollo desde la creación del Instituto de Acústica http://digital.csic.es/bitstream/10261/6014/1/Underwater_00.pdf

Los extraños sonidos del océano Pacífico: el proyecto SOSUS. - 2012 http://freakadellen.blogspot.com.ar/2012/01/el-proyecto-sosus-y-los-sonidos.html

W.W.L.; Hastings, M.C. “Principles of Marine Bioacoustics (Modern Acoustics and Signal Processing)”. Springer. 2010.

Hidrófonos:

Rossing Thomas D. (editor). “Underwater Acoustics”.Hanbook of acoustics. Springer. New York, USA. 2007

Matsumoto Haru, Nieukirk Sharon, Fowler Matt, Haxel Joe, Heimlich Sara, Mellinger David K., Fox Robert. Sound in the Sea: Hands- on Experience with NOAA VENTS Program. Cooperative Institute of Marine Resources, Oregon State University. USA.2003.

Whitlow W. L. Au, Mardi C. Hastings. Principles of Marine Bioacoustics. Springer. New York, USA. 2008.

Sherman Charles H., Butler John L. “Introduction”. Transducers and arrays for underwater sound. Springer. New York, USA. 2007.

Laurent René. “Aislantes eléctricos”. Materiales electrotécnicos modernos. Gustavo Gili. 1959.

Barlow Jay, Shannon Rankin, Dawson Steve. ”A Guide to Constructing Hydrophones and Hydrophones Arrays for Monitoring Marine Mammal Vocalizations”. National Marine FicheriesService. Otago. Dunedin. New Zeland.

Jack B Cecil. “Underwater Hydrophone Location Survey”. Naval Undersea Warfare Center Datachment AUTEC. West Palm Beach. USA.

Perry Robert H. “Manual del ingeniero Químico”. McGraw Hill. 1994..

Hardy Kevin. “Build a hydrophone”. Hydrophone electrical schematic. Scripps Institution of Oceanography/USCD. Febrero, 2000.

Río de la Plata y Cuenca del Plata:

Caroline Tessier. Estudio de la dinámica hidro-sedimentológica del río de la plata: observación y modelación numérica de los sedimentos finos - PROYECTO FREPLATA RLA 99/G31.
Disponible en: https://www.ina.gov.ar/legacy/pdf/manual-PHC-FFEM_manual_freplata.pdf

Sans K., Gomez Erache M., Menumarque S. y Calliari D. “La Biodiversidad de peces en el Río de la Plata y su relación con los cambios ambientales en los últimos 40 años.” Facultad de Ciencias - Sección Oceanología FREPLATA. 2003
https://www.researchgate.net/publication/265459119_LA_BIODIVERSIDAD_DE_PECES_DEL_RIO_DE_LA_PLATA_Y_SU_RELACION_CON_LOS_CAMBIOS_AMBIENTALES_EN_LOS_ULTIMOS_40_ANOS_Biodiversity_of_fish_in_the_Rio_de_la_Plata_and_its_relation_to_environmental_changes_in_

Daniella Bresciano. “El Río de la Plata y su Frente Marítimo.” Iniciativa Latinoamericana – Montevideo. 2006

Barros, Menéndez, Nagy. “El cambio climático en el Río de la Plata.” 2005. Disponible en:
http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf
http://www.ina.gov.ar/pdf/Libro-Cambio-ClimaticoRDP.pdf

OEA. “Cuenca del río de la Plata; estudio para su planificación y desarrollo.” Washington, D. C., 1971

Instalaciones y esculturas sonoras:

T. Adorno. 1970. “Aesthetic Theory”. Trans. Robert Hullot-Kentor. London: Athlone Presso, 1997.

Walter Benjamin. 1936. “The work of Art in the Age of Mechanical Reproduction.” Illuminations. London: Fontana, 1973.

Rosalind Krauss. 1979, “La escultura en el campo expandido”.

K. Maur. 1999. “The sound of painting”. Ed. Prestel. Munich, London, NY.

Daniel Palmer. 2007. “Contemplative Immersion: Benjamin, Adorno & Media Art Criticism”. Transformations. Issue 15. Noviembre 2007.

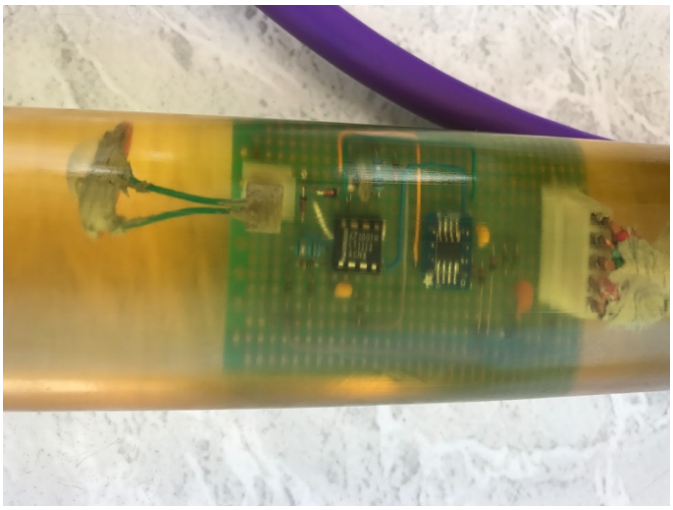
Anexo

a. Registro fotográfico

Visita a la cuenca del Río de la Plata

Imágenes de zonas registradas 24/3/2017

Hidrófono



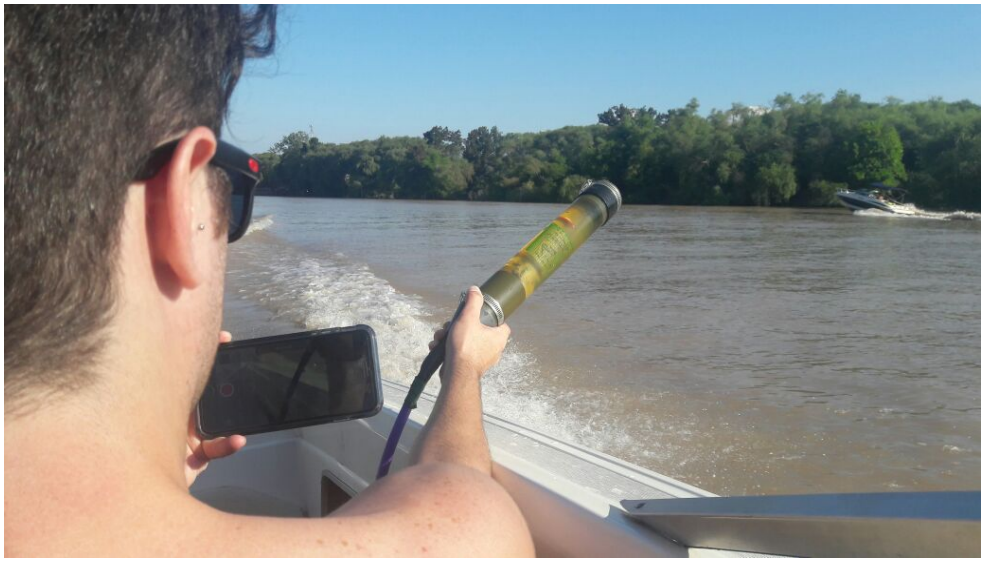
PCB y componentes del hidrófono en funcionamiento dentro de encapsulamiento con aceite mineral dieléctrico

Setup en la embarcación

El sistema de Avisoft-UltraSoundGate es una solución integrada de hardware y software basada en PC para la grabación y reproducción de señales ultrasónicas tanto en el campo como en el laboratorio, diseñado específicamente para *aplicaciones bioacústicas*.

Etapa de potencia del hidrófono

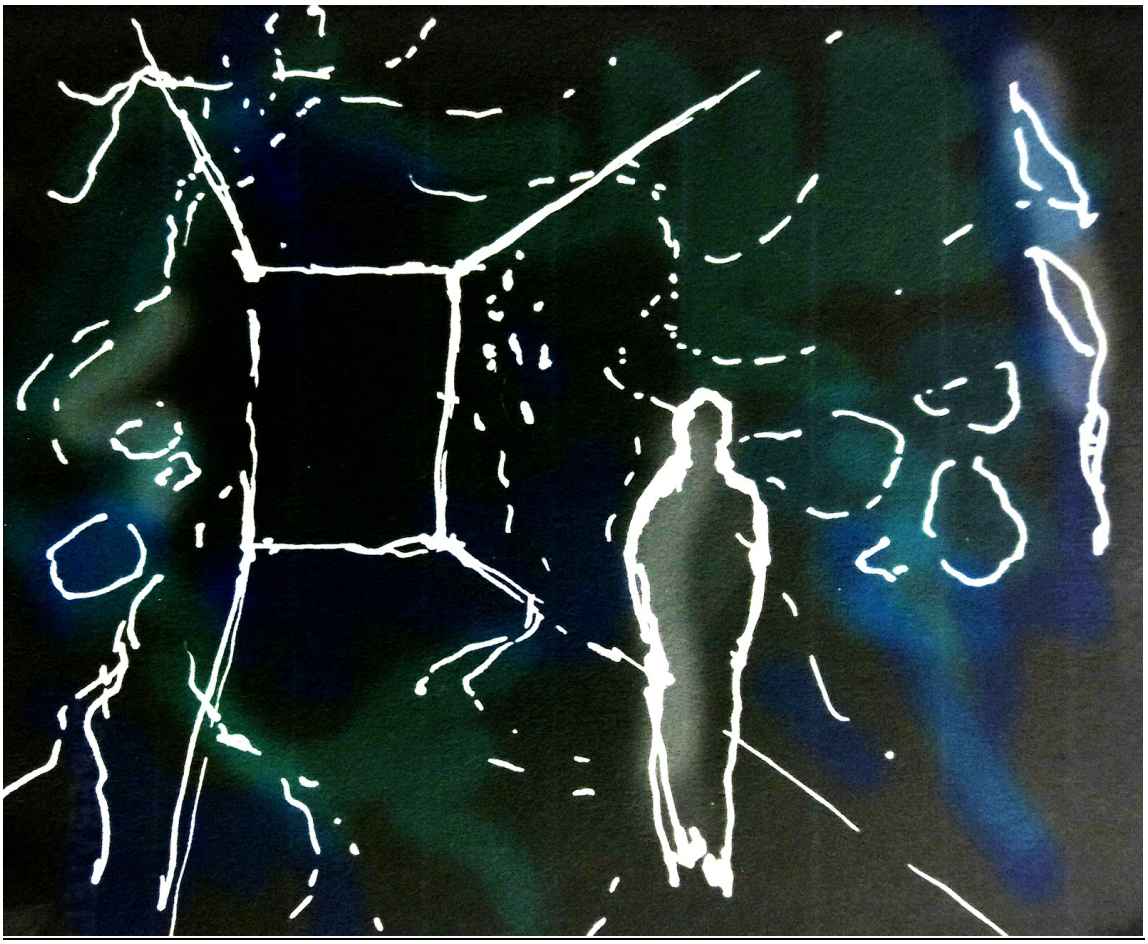
Real-time de los registros sonoros para verificar el correcto funcionamiento del hidrófono en el río.



Soltando el hidrófono en el Río de la Plata.

Realizando más tomas en desembocaduras más pequeñas del Río de la Plata

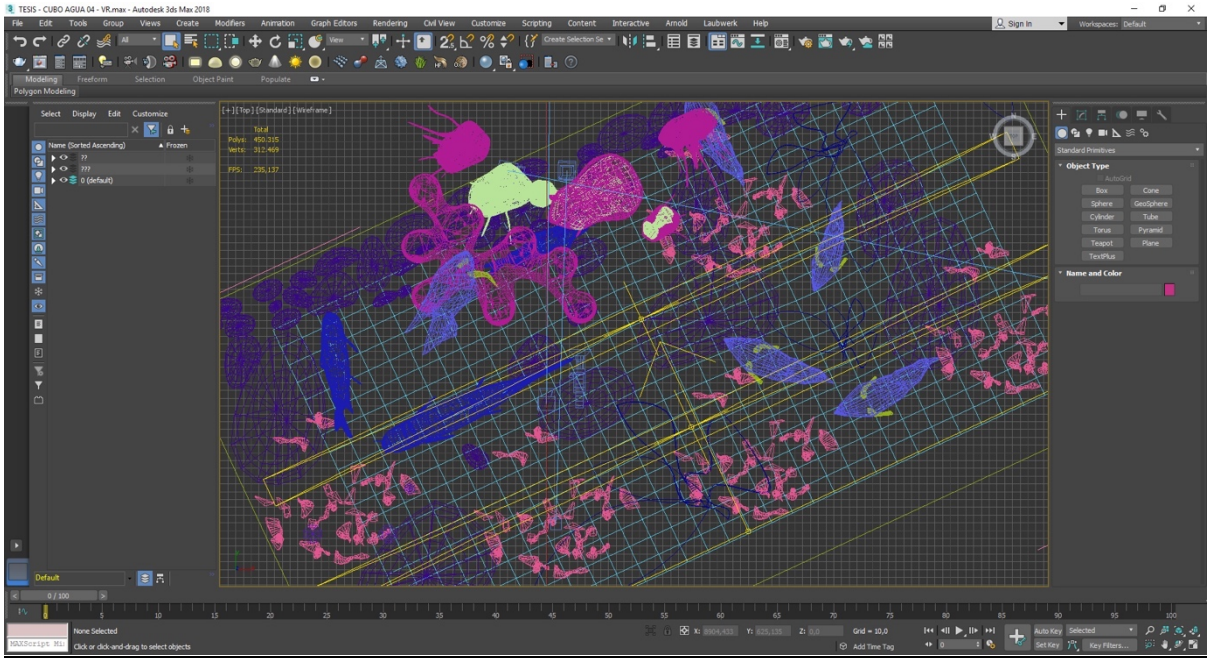
b. <u>Obra</u>



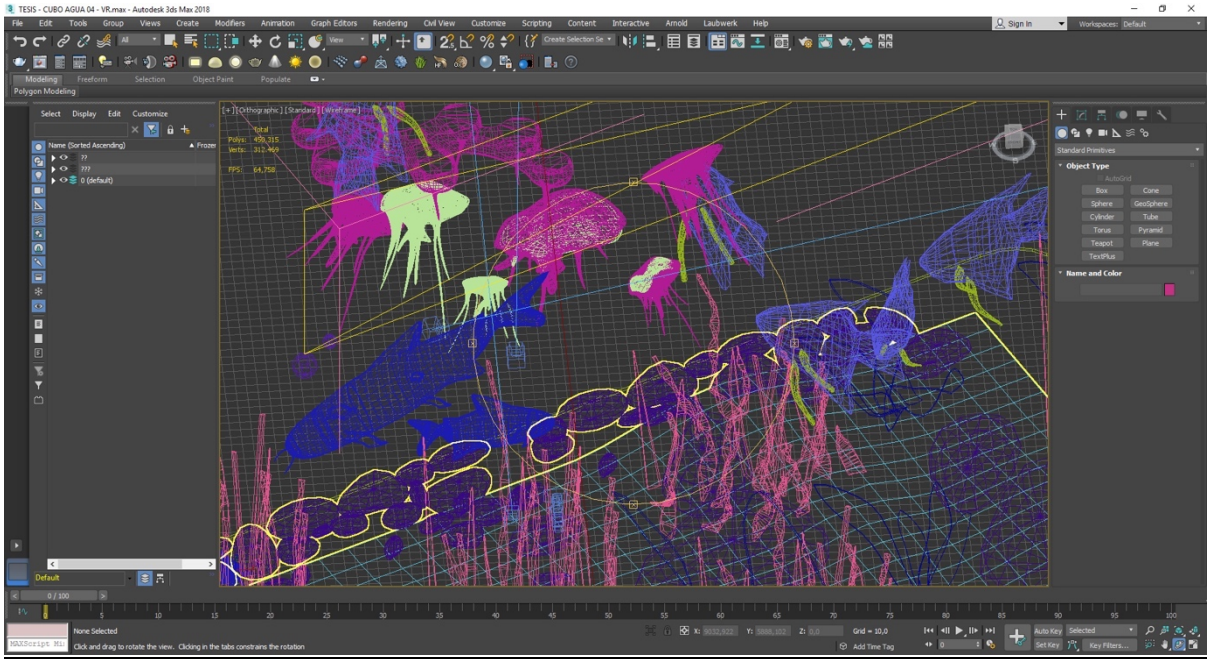
Primer boceto de la instalación

Realidad Virtual

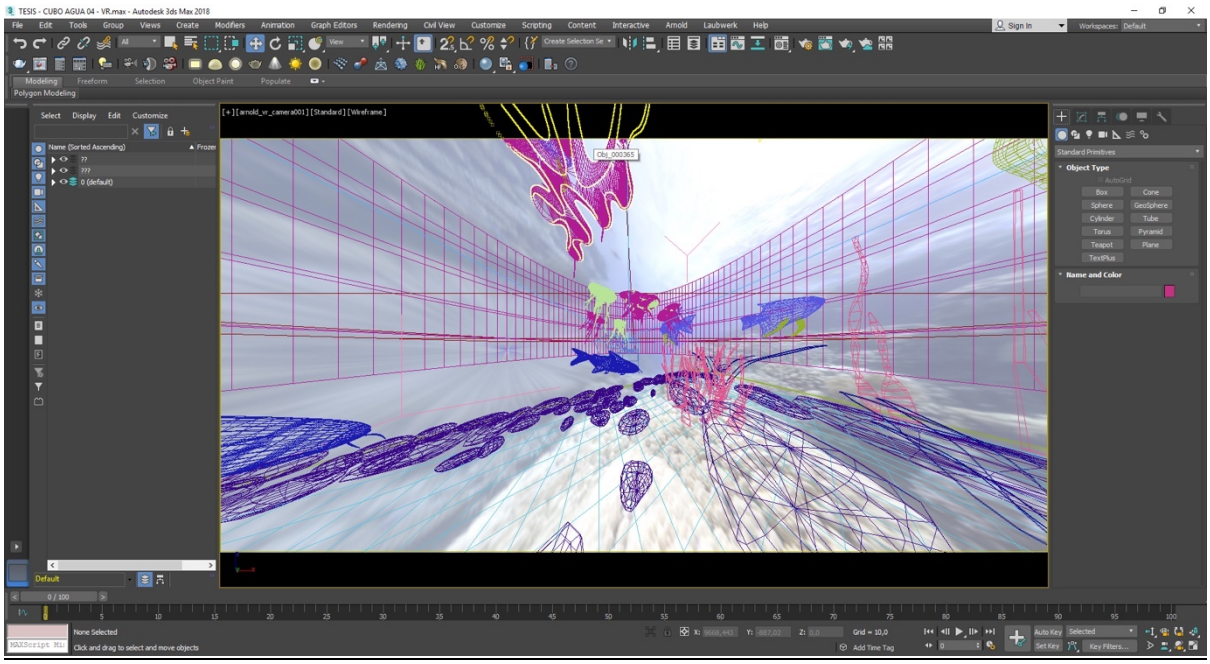
Modelado 3D



Vista en planta

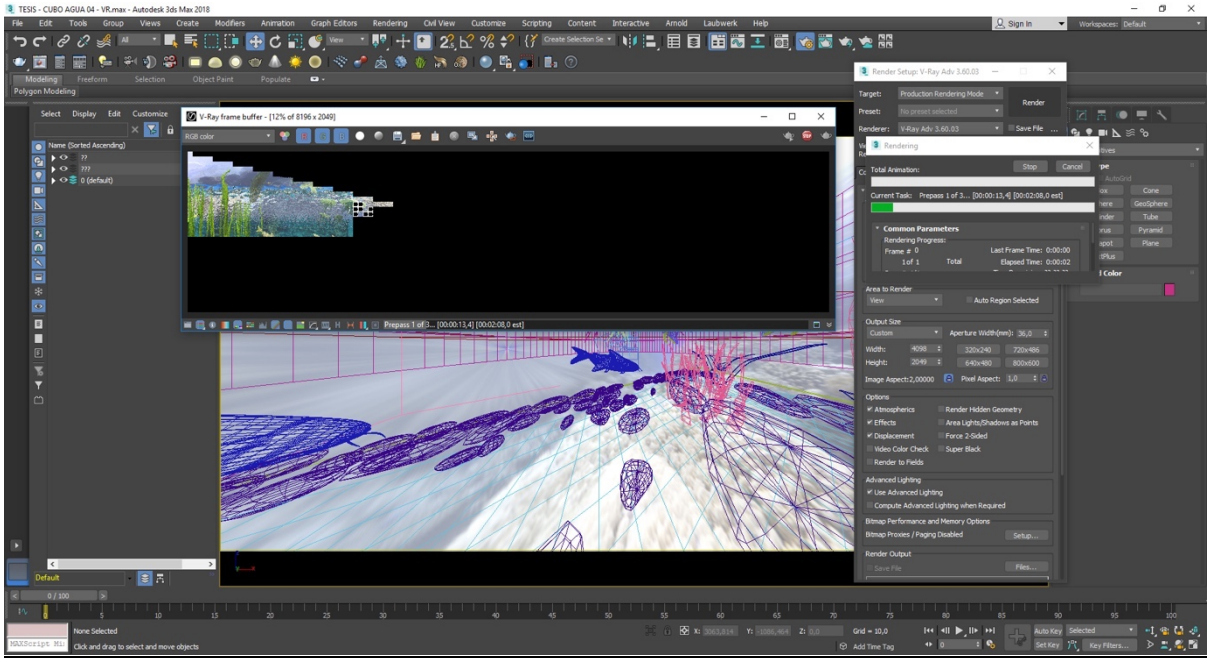


Vista ortogonal

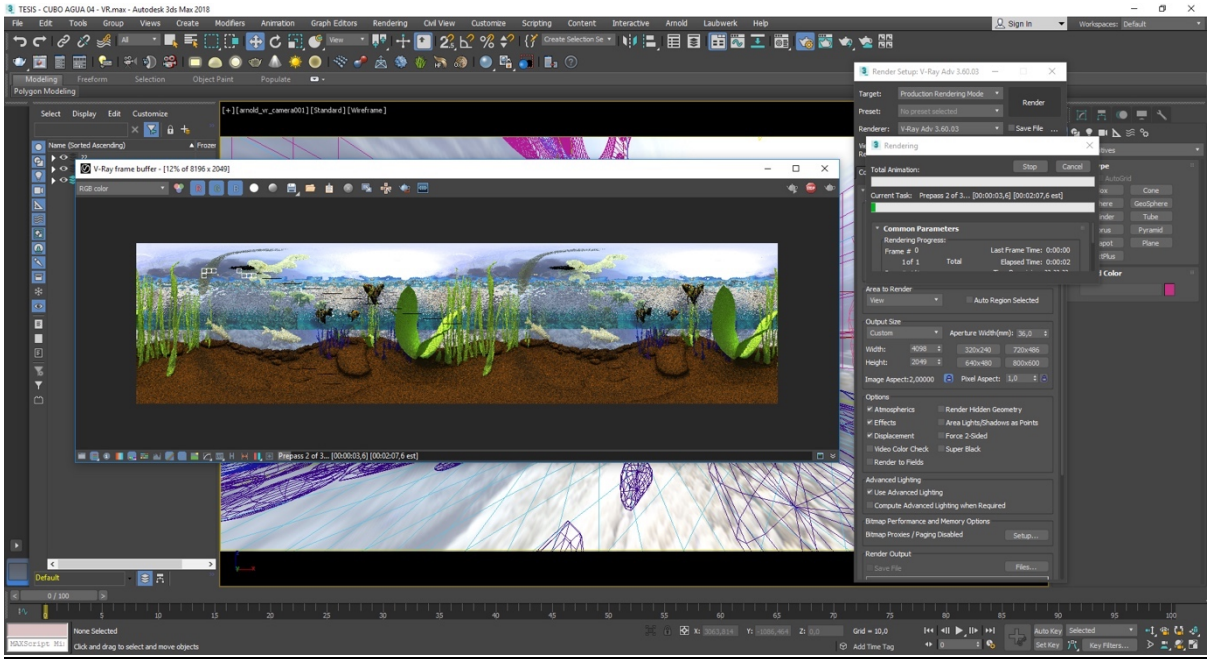


Cámara esférica (360)

Renderizado

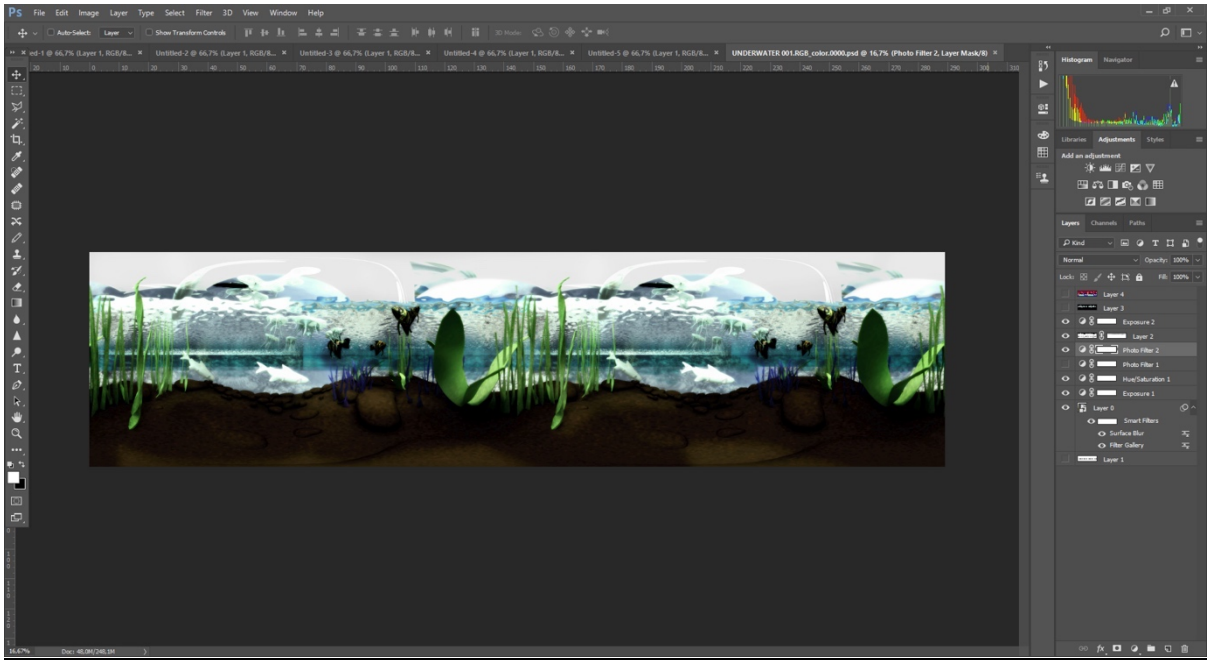


Pre-renderizado

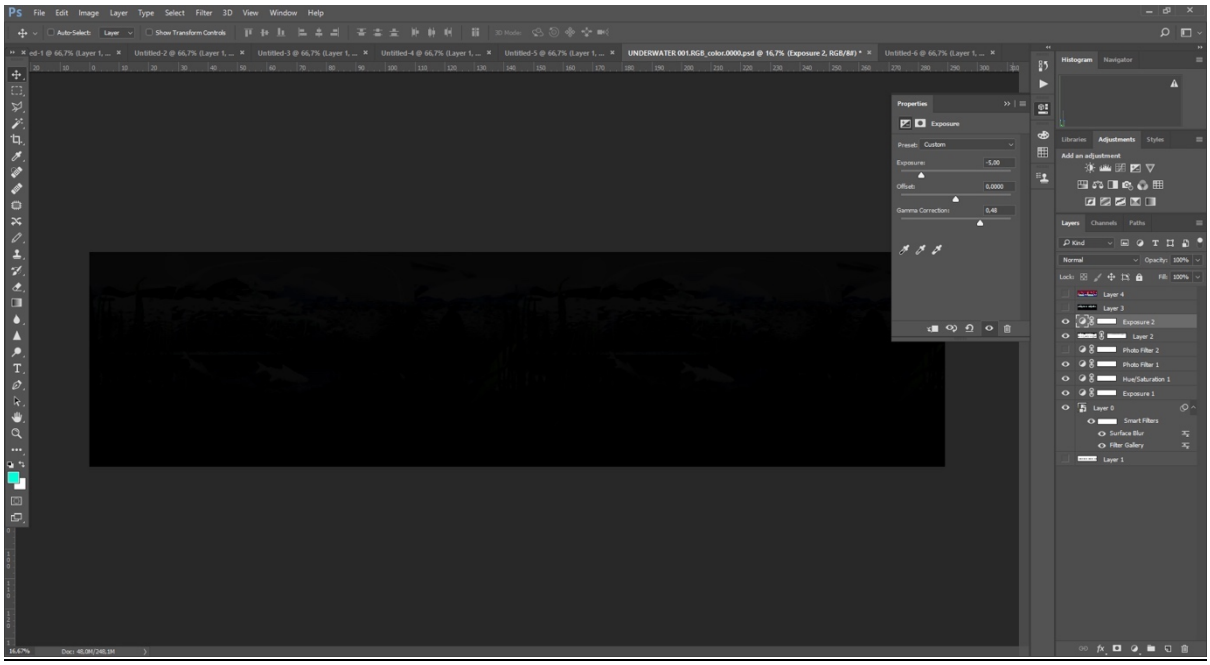


Renderizado en curso

Imágenes finales

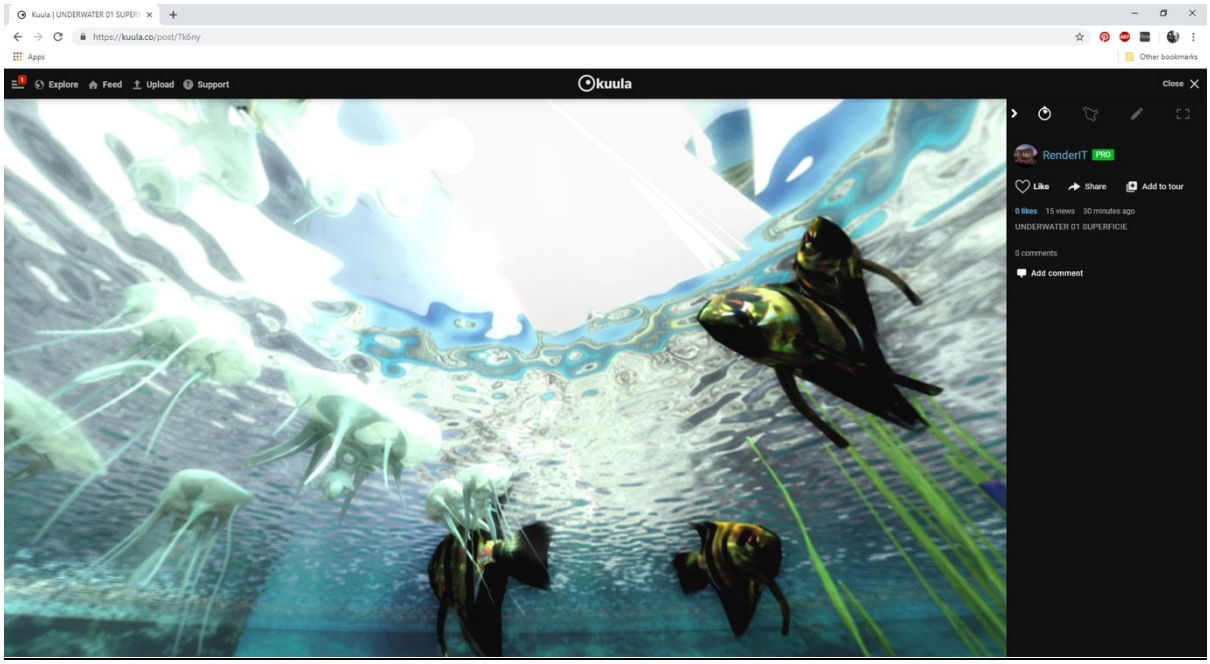


“Superficie”

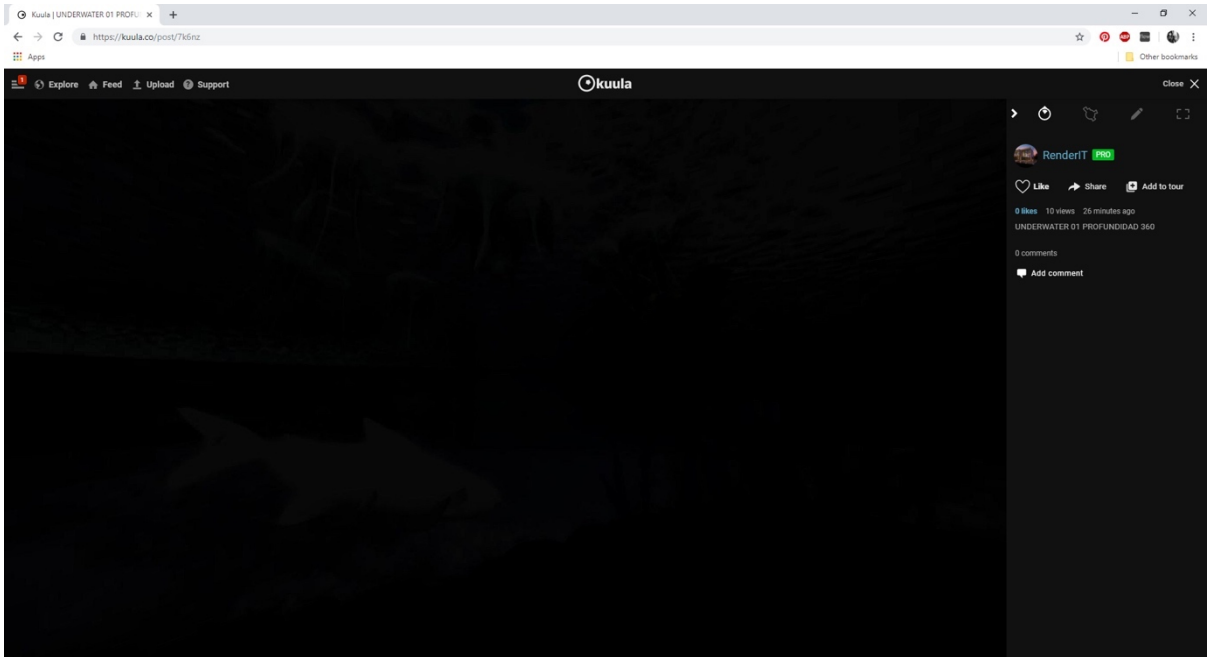


“Profundidad”

Vistas de realidad virtual

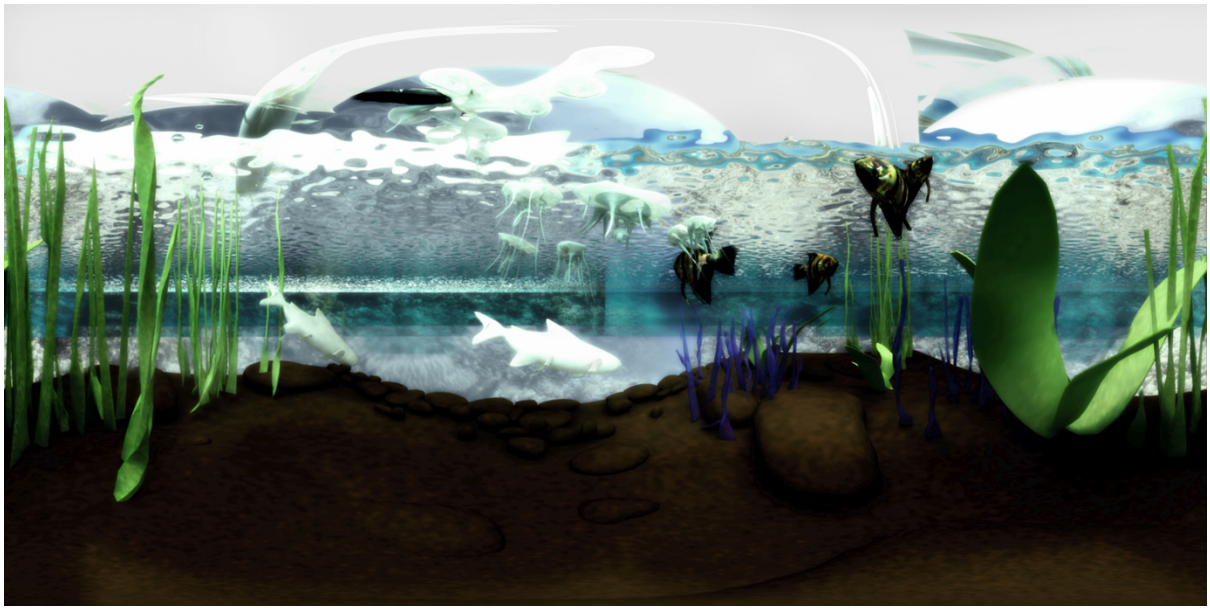


“Superficie”



“Profundidad”

Imágenes 360



“Superficie”

“Profundidad”