



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AUDIO INTERACTIVO PARA EL
PROYECTO DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD "PARA LA
OREJA!" DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

AUTOR

Josselyn Nathalie Nicolalde Espinosa

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AUDIO INTERACTIVO PARA EL
PROYECTO DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD "PARA LA OREJA!"
DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera en Sonido y Acústica.

Profesor guía

Ms. Paúl Adrián Cabezas Yáñez

Autora

Josselyn Nathalie Nicolalde Espinosa

Año

2019

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AUDIO INTERACTIVO PARA EL PROYECTO DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD "PARA LA OREJA!" DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS, a través de reuniones periódicas con la estudiante Josselyn Nathalie Nicolalde Espinosa, en el semestre 2019-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”

Paúl Adrián Cabeza Yánez

Master of creative industries (Music and sound)

CC: 1719189548

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE AUDIO INTERACTIVO PARA EL PROYECTO DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD "PARA LA OREJA!" DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS, de la estudiante Josselyn Nathalie Nicolalde Espinosa, en el semestre 2019-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”

Juan Francisco Jiménez Pacheco

Máster Universitario en Postproducción Digital

CC:1717340192

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Josselyn Nathalie Nicolalde Espinosa

C.C: 1721120002

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por la guía y el apoyo incondicional, especialmente a mi madre por ser mi luz y fuerza.

Y a todas las personas que han sido parte de esta etapa.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres, Vinicio y Jacqueline, por enseñarme el valor del esfuerzo y sacrificio.

A mi hermano, por demostrarme de lo que era capaz de lograr.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la primera implementación de la instalación de audio del recorrido interactivo “Uyuay”, que nace del proyecto de vinculación con la comunidad “Para la oreja!”, llevado a cabo en un trabajo conjunto de las carreras de Arquitectura e Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de Las Américas con la finalidad de crear un espacio lúdico – cultural inclusivo donde niños con diversas capacidades puedan aprender divirtiéndose.

Para ello, se efectuó un análisis de la implementación dentro del recorrido de los principales elementos como son los audios, la narración, la cadena electroacústica y los sistemas interactivos. Sumado a esto, se realizó una encuesta a los infantes que fueron partícipes del recorrido para poder evaluar el impacto que tuvo cada elemento de este espacio en ellos, además de poder determinar distintas falencias que no se tomaron en cuenta al momento de diseñar este espacio.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en las encuestas y las deficiencias expuestas en el análisis de la implementación del recorrido se planteó soluciones a los problemas encontrados, añadiendo a esto se propuso mejoras principalmente en el diseño electroacústico y en los sistemas interactivos para que se optimicen los recursos utilizados y el diseño del recorrido sea lo más efectivo posible. Para terminar, se creó un manual de implementación de la instalación sonora, en el que se explicó paso a paso el montaje de todo el recorrido.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the first implementation of the interactive audio installation "Uyuay" tour, which is born from the project of linkage with the community "Para la oreja!", carried out in a joint work of Architecture and Sound and Acoustic Engineering careers of "Universidad de Las Américas" , with the purpose of creating an inclusive recreational-cultural space where children with diverse capacities can learn while having fun.

An analysis of the implementation was made considering the main elements such as audios, narration, electroacoustic systems and interactive systems. Added to this, a survey was conducted to the children who were participants of the tour to be able to evaluate the impact that each element of this space had on them, as well as being able to determine different flaws that were not taken into consideration designing this space.

Through the analysis of the results obtained in the surveys and the shortcomings exposed in the analysis of the implementation of the route, solutions were proposed to the problems encountered, adding to this improvement was proposed mainly in electroacoustic design and interactive systems to optimize the resources used and the design of the route as effective as possible. To conclude, a manual for the implementation of the sound installation was created, in which the assembly of the entire course was explained step by step.

ÍNDICE

1. Capítulo I: Introducción.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	3
1.3. Marco referencial.....	4
1.4. Alcance	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
2. Capítulo II: Marco teórico	7
2.1. Arte sonoro	7
2.2. Sonido inmersivo.....	8
2.2.1 Entorno de escucha.....	8
2.2.2 Perspectiva del oyente.....	9
2.3. Audio interactivo	9
2.4. Arduino	9
2.4.1 Entradas	11
2.4.2 Salidas.....	11
2.4.3 Arduino Mega 2560.....	11
2.5. Chuck.....	12
2.6. Sensores y circuitos.....	13
2.6.1 Sensor ultrasónico	13
2.6.1.1 Sensor ultrasónico HC-SRO4.....	13
2.6.2 Touché - Interacción táctil.....	15
2.6.2.1 Swept Frequency Capacitive Sensing (SFCS)	15
2.6.2.2 Implementación y funcionamiento	16
2.6.2.3. Aplicaciones de Touché.....	17

3. Capítulo III: Descripción del recorrido interactivo implementado	18
3.1. Transición 1	19
3.2. Estación 1 – El abandono del Gran Inti	20
3.3. Transición 2	21
3.4. Estación 2 – El estadillo del Pichincha.....	23
3.5. Transición 3	24
3.6. Estación 3 - La reconstrucción.....	26
3.7. Estación 4 – La celebración.....	29
4. Capítulo IV: Metodología.....	30
4.1 Encuesta.....	30
4.1.1 Diseño de encuesta	30
4.1.2 Muestreo	31
4.2 Análisis de la implementación del recorrido “Uyuay”	32
4.2.1 Audios.....	32
4.2.2 Narración	32
4.2.3 Cadena electroacústica	34
4.2.4 Sistemas interactivos	34
5. Capítulo V: Optimización y mejoras del recorrido interactivo.....	35
5.1. Resultados de las encuestas.....	36
5.1.1 Tabulación y análisis de las encuestas.....	36
5.2 Optimización del diseño del recorrido	43
5.2.1 Diseño electroacústico.....	43
5.2.2. Diseño de sistemas interactivos.....	45
5.2.2.1. Arduino	45
5.2.2.2. Chuck	47
5.2.2.3. Accesibilidad.....	47
5.2.2.4. Transmisión de información.....	48
5.3 Manual de implementación de la instalación sonora Uyuay ...	53

6. Conclusiones y recomendaciones.....	54
6.1 Conclusiones.....	54
6.2 Recomendaciones	56
Referencias.....	58
ANEXOS	60

1. Capítulo I: Introducción

1.1. Antecedentes

En los últimos años con el desarrollo y crecimiento desmedido de la tecnología han surgido nuevas formas de expresión artístico-cultural. Por ende, utilizar el sonido sustentado en nuevas tecnologías como una vía de expresión para conseguir distintas reacciones o fines ha sido un claro ejemplo de esta nueva ola de arte que está creciendo a pasos agigantados en nuestra sociedad. Ahora los sonidos no solo pueden ser creados con el fin de entretener, sino que a partir de ellos se desarrollen distintas habilidades y destrezas, como puede ser la parte cognitiva o motriz. Vemos la influencia del arte sonoro acogido por las nuevas tecnologías y la influencia que tiene en las personas.

Actualmente, existen un sin número de herramientas que nos permiten desarrollar e incorporar el arte sonoro en varias aplicaciones. Así, por ejemplo, tenemos a disposición una infinidad de *software*, dispositivos y tecnologías para la incorporación del sonido como fuente de creación de distintas expresiones y aplicaciones. Entre estos podemos distinguir, programas de libre acceso que nos permiten mezclar la programación con la música y sonidos en general, en sí utilizar la tecnología para crear arte, conocimiento, inclusión. Un ejemplo claro de lo mencionado anteriormente es Chuck que se lo define como "... un lenguaje de programación musical de computadora. Lanzado por primera vez en 2003, está diseñado para admitir una amplia gama de tareas interactivas y en tiempo real, tales como síntesis de sonido, modelado físico, mapeo de gestos, composición algorítmica, sonificación, análisis de audio y rendimiento en vivo." (Wang, 2015). Por consiguiente, con este tipo de herramientas se ha logrado obtener resultados increíbles como audio inmersivo, paisajes sonoros, audio interactivo que terminan siendo aplicados en distintos ámbitos como el entretenimiento, la educación, la cultura, inclusive en la salud y en el mejoramiento de la calidad de vida de ciertos grupos. "... si consideramos que el audio es un mecanismo de entrada que proporciona información esencial para las personas ciegas. Este aspecto facilita y mejora la interacción del usuario

ciego, por lo que puede completar las tareas de manera eficiente.” (Sánchez, 2010)

Entretener a las personas no ha sido la única finalidad que ha tenido la utilización del arte sonoro y de las distintas herramientas que se mencionaron en el párrafo anterior, sino que también han sido utilizadas en el aprendizaje y la enseñanza mejorando así estos distintos pero relacionados conceptos. Dichas herramientas, en esta última década han formado parte de la creación de varios programas, dispositivos, apps, videojuegos, juegos interactivos, entre otros. Estos han ayudado al aprendizaje de diversos temas y habilidades, a manejar emociones y sensaciones, pero especialmente a un porcentaje importante de la población que son los niños. Igualmente, han sido una herramienta con gran impacto a una parte más reducida de la sociedad que son los niños con discapacidad visual, las cuales han permitido desarrollar aparte de habilidades cognitivas, habilidades como la orientación temporal y espacial en los niños. “Aquí hay varias soluciones diferentes para ayudar a los usuarios ciegos con su orientación y movilidad. Una forma de ayudarlos a ser más autónomos podría ser proporcionarles capacitación virtual, para que luego puedan transferir este aprendizaje al mundo real.” (Sánchez, 2010).

La creación de proyectos como museos que usan diferentes tecnologías que utilizan el sonido como su materia prima no solo ha sido realizada con la finalidad de transmitirles conocimiento, sino con el objetivo que esta parte tan vulnerable pueda tener espacios inclusivos que se adapten a sus capacidades y que puedan aprender a través de distintas actividades lúdicas de una manera entretenida. Alrededor del mundo ya podemos ver un sin número de propuestas que conjugan el arte sonoro con la tecnología para crear espacios de inclusión. En efecto, una propuesta clara que se está creando este tipo de espacios es en el Chicago Children’s Museum donde se ha realizado cambios significativos en las distintas exhibiciones, se ha capacitado al personal que trabaja en el lugar e inclusive se ha modificado la programación del museo. “El museo se enorgullece de los grandes avances que tienen hecho hasta ahora, y el reconocimiento que ha tenido obtenido entre instituciones pares como un experto a través de la experiencia”. (Golden y Walsh, 2013). A pesar de que, como se mencionó

anteriormente ya se está incorporando en la sociedad lugares y espacios aptos para personas con discapacidades, todavía nos encontramos en un largo proceso de inclusión donde todos como ciudadanos debemos exigir más espacios de esta índole. En Chicago ya existe un cambio, “El compromiso de acceso e inclusión es más fuerte que nunca en el Chicago Children's Museum. El equipo de Play for All continúa aumentando su conocimiento y construyendo alianzas con organizaciones e individuos que ayudan en el proceso, contribuyen con experiencia y apoyan la expansión continua de la iniciativa.” (Golden y Walsh, 2013).

En el Ecuador, actualmente no existen lugares o espacios donde se encuentre implementada este tipo de tecnología que ocupe recursos como son sonidos, música, paisajes sonoros con el propósito de ofrecer un lugar de inclusión. Definitivamente es lamentable, que a pesar de todos los avances y distintas obras que se han realizado para el desarrollo del país no se haya tomado en cuenta la necesidad indiscutible de la creación de este tipo de espacios que permitan ser un país más inclusivo y consciente de las limitaciones que conlleva tener una discapacidad visual en esta nación. Por lo tanto, viendo este desalentador panorama se debería empezar a exigir la integración de este tipo de espacios o la adaptación de los ya existentes. “El diseño accesible en la actualidad debe considerar a la persona y a su entorno como un todo: abarcando el medio físico, los transportes, la educación, el deporte, la cultura, el ocio o la sociedad de la información; en definitiva, su razón de existir es la de plantear soluciones que no señalen de manera diferenciada a los ciudadanos según sus capacidades”. (Alcívar y Arteaga, 2018).

1.2. Justificación

En el país no existen espacios inclusivos que promuevan el arte y la cultura especialmente en este sector tan importante de la nación que son los niños. A pesar de que en el Ecuador según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) actualmente existen 53611 personas que poseen

discapacidad visual y específicamente 1165 niños de entre 6 y 12 años que conviven con esta deficiencia. Además, en la ciudad existen 188 niños con esta discapacidad que pueden ser beneficiarios directos y una población considerable de niños que también puede disfrutar del recorrido interactivo y sobre todo les va a ayudar a tomar conciencia de la situación desfavorable que vive esta parte de la población.

Consecuentemente, la implementación de este proyecto traerá consigo varios beneficiarios, pero sobre todo marcará precedentes, buscando así ser la semilla para que nazcan en la ciudad más lugares con este concepto de inclusión. Y, que paulatinamente se pueda realizar en otras partes del país, incorporando así este tipo de tecnología no solo en espacios nuevos sino en otros espacios que se encuentran creados con el objetivo de generar arte y cultura, logrando así que todas las personas independientemente de sus capacidades puedan disfrutar. Asimismo, la evaluación de este proyecto demostrará la necesidad de espacios con este funcionamiento debido a los beneficios que puede traer el uso de sonido envolvente y de audio interactivo al aprendizaje de los niños y al desarrollo de distintas habilidades como la cognitiva y la motriz.

1.3. Marco referencial

El Ecuador en los últimos años se ha convertido en un referente latinoamericano en el tema de la inclusión, gracias a todas las políticas de inclusión social que se han implementado y consigo distintos proyectos que han sido muestra de este notable cambio que ha traído varios beneficios a las personas que poseen distintas discapacidades. Un ejemplo del respaldo a este sector vulnerable de la sociedad es el “Plan Nacional de Discapacidades 2017-2021” elaborado por el CONADIS en el cual se busca garantizar los derechos de este grupo de atención prioritaria, mediante el desarrollo de estrategias y acciones que les asegure una vida digna llena de igualdad y oportunidades. Sin embargo, todos estos cambios se han visto reflejados en varios aspectos como son en el trabajo y empleo, la educación, accesibilidad, movilidad, salud, vivienda, etc. Pero no se han visto

cambios significativos con lo que respecta a la creación y adaptabilidad de lugares que desarrollen el ámbito artístico-cultural de este sector de la población, ni mucho menos que se base específicamente en este grupo tan importante que son los niños. Aunque, beneficiosamente el panorama es favorecedor debido a que dentro del “Plan Nacional de Discapacidades” que se está llevando a cabo actualmente, el arte y la cultura forman parte de uno de los ejes que se están trabajando durante este periodo.

Lamentablemente, no existen aún iniciativas artístico - culturales que sean inclusivas con las personas con discapacidad visual de parte del gobierno, aunque como se mencionó anteriormente se visualiza un futuro comprometedor. Al contrario, sí existen iniciativas de instituciones privadas que demuestran su compromiso con la sociedad como lo es el proyecto de vinculación con la sociedad “Para la oreja!” de la Universidad de Las Américas. Dicho proyecto tuvo un periodo de duración de aproximadamente 5 años que culminó con la inauguración del “Recorrido Interactivo UYUAY”, el cual fue montado en la sede Colón de la ya mencionada universidad y de cual pudieron disfrutar por tres días aproximadamente 120 niños de la Unidad Educativa Fiscal 9 de Agosto y 30 niños con discapacidad visual que son miembros del Instituto Especial Mariana de Jesús. El desarrollo del proyecto tuvo la participación de varios estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas que se encargaron de contribuir al proyecto distintos aportes tales como bibliotecas de sonidos, ambientes sonoros, guion de las narraciones, grabación de las narraciones, programación de las estaciones con audio interactivo, diseño de los circuitos necesarios y de la cadena electroacústica utilizada para cada parte del recorrido. Además, la carrera aportó con todos los equipos necesarios para incorporar el audio interactivo y los sonidos envolventes en el montaje de las estaciones y las transiciones del recorrido interactivo. También, se contó con la participación de la carrera de Arquitectura de dicha universidad, la cual se encargó del diseño, construcción e implementación de la estructura del recorrido; la cual además de ser itinerante cumple con los requerimientos de accesibilidad e inclusión que demanda el proyecto. Y de

manera análoga, con los requisitos para el montaje de todos los equipos necesarios para la adición del audio interactivo y del sonido envolvente.

1.4. Alcance

Esta investigación pretende evaluar el diseño y la implementación del proyecto de vinculación "Para la oreja!" de la Universidad de Las Américas. Es decir, se evaluarán los programas de las instalaciones sonoras interactivas y el diseño electroacústico que se encuentran dentro de las 4 estaciones y 3 transiciones de las cuales está conformado el "Recorrido Interactivo UYUAY". Adicionalmente, se pretende obtener información sobre el impacto que tuvo en los participantes y cómo vivieron la experiencia al tener sonidos envolventes y audio interactivo en el recorrido. Cabe recalcar, que el proyecto se encuentra enfocado a un grupo selecto, el cual son niños y niñas de entre 6 y 12 años de edad con prioridad a aquellos que poseen una discapacidad visual.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la instalación de audio interactivo del proyecto de vinculación con la comunidad "Para la oreja!" de la Universidad de Las Américas, a través de un análisis del material utilizado para la elaboración del proyecto y de una encuesta que recoja información sobre el impacto que tuvo el recorrido interactivo en los niños que acudieron al mismo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las posibles falencias dentro del diseño y la primera implementación de la instalación de audio interactivo del proyecto "Para la oreja!" y plantear mejoras para los problemas encontrados.

- Optimizar el diseño electroacústico y la programación del recorrido para mejorar el uso de recursos materiales y humanos.
- Crear un manual de procedimientos que incorpore toda la información necesaria para armar el recorrido interactivo.
- Valorar el impacto que tuvo en los niños participantes de esta experiencia este espacio de carácter lúdico-cultural que fomentan la inclusión en su diseño.

2. Capítulo II: Marco teórico

2.1. Arte sonoro

El arte sonoro es un término que surge en el siglo pasado y hasta ahora no se encuentra estandarizado su concepto, se lo define de diversas maneras. LaBelle (2015) lo explica de la siguiente manera: “El arte sonoro como práctica aprovecha, describe, analiza, realiza, e interroga la condición del sonido y los procesos mediante los cuales opera”. Además de esto él menciona que arte sonoro es todo lo que tome al sonido como un medio artístico, que está enmarcado por el contenido excéntrico y productivamente rico del arte, la música y todos los bordes experimentales.

“El arte sonoro abarca la ciencia, la música, el ruido, el activismo político, la ecología, la antropología, la memoria, la literatura y más. No en vano, asume una gran variedad de formas presentadas en multitud de maneras y con innumerables objetivos.” (Neset, 2013). Además, añade: “El término "arte sonoro" se ha convertido en lo que transcribe la amplia gama de actividades artísticas que emplean el audio como componente principal o que se reflejan silenciosamente en el sonido. La práctica surgió en una zona oscura entre música compuesta, instalación, performance, y arte conceptual”. (Neset, 2013).

Como podemos ver el arte sonoro abarca todo lo que tome al sonido como una práctica artística, se puede canalizar en la música electroacústica, teatro, cine, escultura, video, instalaciones, performance, estructuras, programación, arquitectura, entre otros.

2.2. Sonido inmersivo

“El sonido inmersivo se enfoca en dar al oyente la experiencia de estar allí a través del sonido. Comparado con la visión, el sonido proporciona una experiencia totalmente inmersiva y puede percibirse desde todas las direcciones simultáneamente. De hecho, el sonido tiene la capacidad de conectar a un oyente a una ubicación fija, mientras que otra información sensorial cambia simultáneamente.” (Roginska y Geluso, 2017)

El sonido inmersivo se logra mediante la construcción de sonidos direccionales y no direccionales que rodean al oyente. Las relaciones de ubicación entre estos sonidos, el oyente y los límites de una sala crean una sensación de espacio. Y, si a esta combinación sumamos un entorno envolvente se crea la experiencia auditiva inmersiva.

El fin del sonido inmersivo en sí es recrear un entorno auditivo lo más cercano al mundo real o poder crear una experiencia que incremente el mundo real. Los sonidos se pueden capturar o sintetizar y procesar para crear esta experiencia virtual para el oyente. Para lograr esto se debe principalmente tomar en cuenta el entorno de escucha natural y la perspectiva del oyente.

2.2.1 Entorno de escucha

Se lo puede definir como el espacio acústico que una persona ocupa durante su vida diaria. Este espacio se puede recrear mediante un espacio auditivo virtual creado mediante el uso de altavoces o auriculares que reemplazan o aumentan el entorno de escucha natural. Se trata de crear espacios auditivos virtuales realistas que se aproximen a entornos de escucha natural, es decir, espacios en que oímos normalmente, sin la ayuda de algún dispositivo para logra esto se puede utilizar varios sistemas de sonido como el estéreo o el sonido envolvente.

2.2.2 Perspectiva del oyente

El oyente puede obtener una impresión general del espacio de grabación analizando el volumen relativo, el timbre y las reflexiones de la sala para cada fuente de sonido que escucha. Al procesar esta información física se extrae información espacial que ayuda a la perspectiva del oyente. Por lo que, en un entorno de escucha virtual, confiamos en las habilidades analíticas y psicoacústicas para dar sentido a los sonidos que se reproducen mediante altavoces o auriculares.

2.3. Audio interactivo

Se trata de objetos de audio (pistas de audios o eventos de sonido) que pueden ser influenciados de alguna manera por el usuario, es decir los sonidos se adaptan a las circunstancias. Estos sonidos se reproducen de forma no lineal, el usuario controla directamente estos cambios. Esta interactividad se logra utilizando algún periférico de entrada y mediante el uso de alguna interfaz se interpreta esta información que termina otorgando un resultado expuesto mediante un periférico de salida en este caso un altavoz o auriculares.

Este proceso de interacción se fundamenta en que, si haces algo, existe un cambio. Se ejecuta alguna acción con el audio como reproducirlo, cambiar el panorama, silenciarlo, variar el volumen, entre otras. Mediante la electrónica, las computadoras con el uso de programas pueden mejorar la percepción del mundo y tener un impacto físico sobre él, creando esta interacción que termina en una experiencia auditiva que controla el usuario.

2.4. Arduino

Arduino es un ecosistema de *software* y *hardware* de código abierto, fue creado con el objetivo de ayudar a las personas que no tenían experiencia en electrónica

o en programación de microcontroladores permitiéndoles de forma fácil y asequible conectar el mundo físico con el mundo digital (Arduino,2019).

Con lo que respecta al *hardware* Arduino es una placa de circuito impreso (PBC), que se encuentra específicamente diseñada para utilizar un chip de microcontrolador, así como diversas entradas y salidas. Además, posee otros componentes electrónicos necesarios para que el microcontrolador funcione o incluso amplíe sus capacidades. El microcontrolador no es más que una pequeña computadora que se encuentra dentro de un solo circuito integrado o un chip de computadora (Nussey,2013).

Mediante el *software* de Arduino se escribe el código que le dirá al microcontrolador qué es lo que debe de hacer, permitiéndolo generar rápidamente un comportamiento para un sistema. Se comporta de manera similar a una computadora, puede realizar una diversidad de funciones, aunque no es muy útil por sí solo, para que sea de utilidad necesita de otras entradas y salidas que permiten a través de una computadora detectar eventos que pasan en el exterior y de la misma manera poder afectarlos.

Arduino posee un *hardware* y *software* que son de código abierto, es decir poseen una filosofía que implica en compartir los detalles del programa y alentar a los usuarios que puedan manipular, mezclar y redistribuir según les plazca. Se lanza libremente para que se adapten a las diversas necesidades, debido a esto se ha creado una gran comunidad donde se comparte códigos y proyectos. Logrando un intercambio de conocimiento donde diversas personas como ingenieros, diseñadores, artistas innovadores comparten información que puede ser usados por cualquiera.

Existen diversas placas de Arduino disponibles, cada una de ellas con su propio diseño que se adapta a distintas necesidades y aplicaciones. Algunas poseen más funcionalidad y otras por otro lado son más compactas, entre este enorme catalogo tenemos Arduino Yún, Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Mega, Arduino Lilypad, entre otros.

2.4.1 Entradas

Las entradas son los periféricos tanto analógicos como digitales que entregan cierta información al Arduino, se pueden considerar como los sentidos de la placa. Hay distintas entradas desde las más básicas que podría ser un interruptor, un botón, sensores o más complejas como un giroscopio.

2.4.2 Salidas

Las salidas se pueden explicar como las que permiten al Arduino afectar el mundo real de alguna manera. Una salida puede ser muy discreta, como la forma en que vibra un teléfono, o ser una gran pantalla que se puede ver a kilómetros de distancia. (Nussey, 2013).

2.4.3 Arduino Mega 2560

Este Arduino es una placa que posee un microcontrolador ATmega2560. Dentro de su diseño tiene 54 pines de entrada y salida digital, 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16 MHz, conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio. Además, cuenta con 256 KB de memoria flash para almacenar código, se los puede programar con el *software* de Arduino y debido a que posee un cargador de arranque incorporado se le puede cargar un nuevo código sin el uso de un programa de *hardware* externo (Arduino,2019). Estas características convierten a esta placa en una de las más potentes que posee Arduino y la que mejor se adapta a proyectos más complejos.

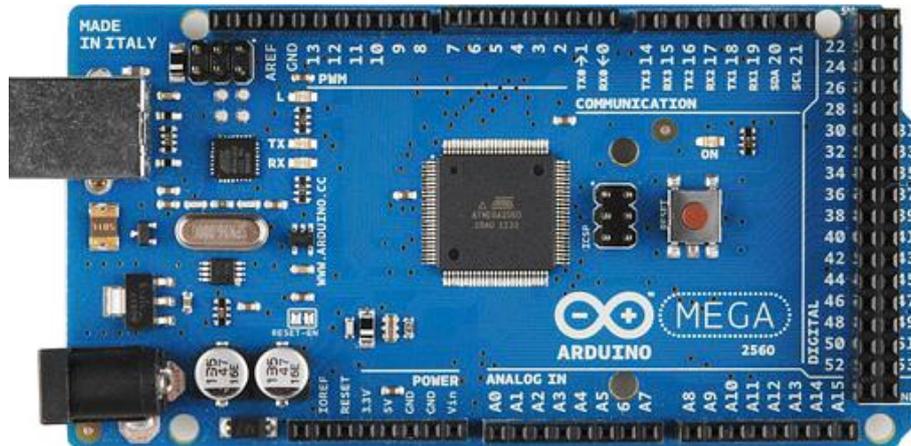


Figura 1. Arduino Mega 2560.

Tomado de Arduino, 2019.

2.5. Chuck

Sus creadores lo definen de la siguiente manera: “Chuck es un lenguaje de programación musical. Lanzado por primera vez en 2003, está diseñado para admitir una amplia gama de tareas en tiempo real e interactivas, como síntesis de sonido, modelado físico, mapeo de gestos, composición algorítmica, sonificación, análisis de audio y actuaciones en vivo” (Wang, 2015).

Este lenguaje de libre acceso posee un mecanismo único que permite manipular con precisión y razonar sobre el tiempo mediante escalas de tiempo diferente, que van desde muestras individuales hasta eventos musicales e inclusive duraciones muchas más largas. Este lenguaje introduce el concepto de “ahora” como una construcción de temporización central, vincula al tiempo de manera sincrónica al flujo de muestra de audio lo que le permite ser un tipo de programación temporalmente determinante y precisa. Sumado a esto, Chuck tiene la capacidad de escribir código de audio concurrente que puede sincronizarse internamente; se puede agregar, eliminar y modificar el código sobre la marcha, sin la necesidad de detener o reiniciar el programa. Estas dos características fundamentales hacen que este sea un lenguaje de programación de audio muy cronometrado.

Este lenguaje de programación posee una variedad de aplicaciones con lo que respecta a la composición, performance, investigación de música de computadora, audio interactivo, diseño de sonido y a diversas áreas. Permite una creación rápida de prototipos por lo que también se lo utiliza en performance de codificación en vivo, lo que ayudó al desarrollo audiovisual y sistemas de performance como el miniAudicle. (Wang, 2015).

2.6. Sensores y circuitos

2.6.1 Sensor ultrasónico

Estos sensores se encargan de medir la distancia mediante el uso de ondas de alta frecuencia, lo que hacen es disparar una onda ultrasónica y captar la onda reflejada después de golpear en una superficie sólida. Al medir el tiempo entre la emisión y la recepción de la señal se puede determinar la distancia recorrida.

Con respecto a los sensores que se encuentran en el mercado poseen mayor precisión y tienen un mayor alcance. Además, pueden reflejarse en varias superficies como el vidrio o líquidos, la detección de presencia es estable captando objetos como mallas o resorte y son resistentes a la niebla y la suciedad. Están diseñados para ser fáciles de utilizar e integrar a distintos proyectos, las aplicaciones más frecuentes es monitorear la presencia de un objeto o persona en un espacio en particular, permite saber dónde está alguien lo que le convierte en una herramienta útil.

2.6.1.1 Sensor ultrasónico HC-SRO4

Este sensor es uno de los más usados dentro del mundo de Arduino por las posibilidades que les entrega a los usuarios y lo asequible que es. Trabaja a una frecuencia de 40 kHz que es inaudible para las personas y logra detectar un rango de distancia de entre 2 cm y 400 cm con una resolución de 0,3 cm y un ángulo de medición de 30 grados.

El sensor consta de 4 pines, alimentación (Vcc), el emisor (Trig), el receptor (Echo) y la tierra (GND).



Figura 2. Sensor HC - SR04
Tomado de Elecbreaks, 2013.

El funcionamiento del sensor en base al tiempo se muestra en la figura 3, para iniciar la medición, el Trig debe de recibir un pulso de inicio (5V) durante al menos 10 μ s con esto se iniciará el sensor y comenzará a transmitir 8 ciclos de ráfaga de la onda de 40 kHz, esperará la ráfaga reflejada. Cuando el sensor detecte la onda en el receptor procederá a ajustar el pin de Echo a alto (5V) y lo retrasará durante un período que es proporcional a la distancia.

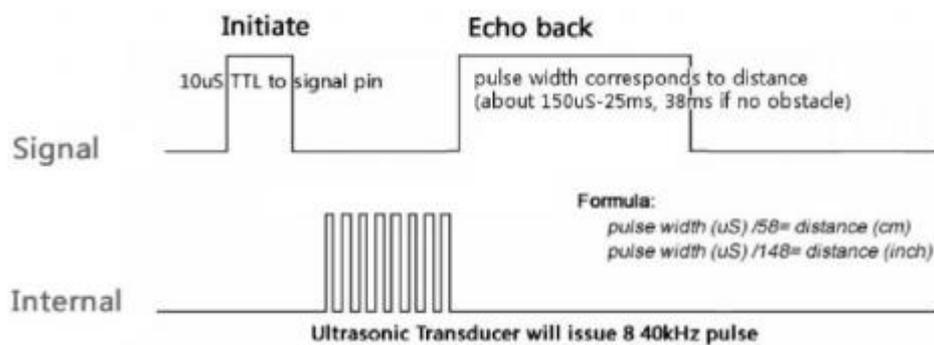


Figura 3. Operación del sensor HC-SR04.
Tomado de Elecbreaks, 2013.

2.6.2 Touché - Interacción táctil

“Touché es una novedosa tecnología de detección táctil capacitiva que brinda una rica sensibilidad táctil y de gesto a una variedad de objetos analógicos y digitales.” (Sato, 2012.). Una de las principales características de esta tecnología es que es escalable, es decir, el mismo sensor resulta igual de efectivo para diversos objetos y lo mismo sucede para el reconocimiento de gestos. Pero la detección de Touché no solo se limita a objetos inanimados, el cuerpo de una persona también puede ser sensible al tacto y al gesto. En general, esta tecnología ayuda de una manera fácil entregar interactividad táctil y de gestos a objetos (inanimados y animados) y materiales (sólidos y líquidos).

Para su funcionamiento con cualquier objeto, humano o líquido solo es necesario un solo electrodo incrustado en cualquiera de estos y que se encuentre conectado al controlador de sensor, aunque para el caso de objetos que son conductores ellos mismo actúan como un electrodo intrínseco. Lo beneficioso de Touché es que es económico, de baja potencia, seguro y compacto, haciéndole fácil de instalar en cualquier lado.

2.6.2.1 Swept Frequency Capacitive Sensing (SFCS)

Swept Frequency Capacitive Sensing (SFCS) es la forma de detección táctil capacitiva que se propuso, se trata de un sensor táctil capacitivo y un objeto que es excitado por una señal eléctrica en un rango de frecuencias, el circuito supervisa la señal de retorno y determina los eventos identificando los cambios que existen en la señal que son causados por las propiedades eléctricas del cuerpo humano. Estos objetos excitados responden de manera distinta a diferentes frecuencias, por lo que los cambios en la señal de retorno variarán dependiendo de la frecuencia. Por lo que para un mismo evento se mide una multitud de puntos permitiendo no solo determinar que un evento táctil ocurrió, sino que también se puede determinar cómo ocurrió. (Sato, 2012).

Estas señales distintas se obtienen partiendo de que el cuerpo humano es conductor e igualmente posee una resistencia interna, por lo que al pasar una señal de corriente alterna (AC), se forma una interfaz capacitiva entre el electrodo y los fluidos fisiológicos iónicos dentro del cuerpo. Dichas propiedades resistivas y capacitivas del cuerpo se oponen a la señal AC aplicada, causando un cambio de fase y de amplitud de la señal permitiendo detectar la presencia del cuerpo humano. Cuanto cambia la señal depende de varios factores, entre ellos la forma en se toca el electrodo, por la conexión del cuerpo al suelo y fuertemente de la frecuencia de la señal. La señal es decisiva ya que a diferentes frecuencias la señal AC fluirá a través del cuerpo por diferentes caminos, buscando siempre la ruta de menor impedancia. El cuerpo humano es anatómicamente complejo, los músculos, la grasa y huesos tiene distintas propiedades resistivas y capacitivas, haciendo que algunos tejidos sean más opuestos al flujo de señal provocando el cambio de trayectoria.

Finalmente, para que el sistema interactivo puede inferir la interacción del usuario con el objeto, el entorno y el contexto en sí, es necesario crear patrones estáticos y temporales; esto se logra capturando de manera confiable los datos para luego encontrar puntos en común con los usuarios.

2.6.2.2 Implementación y funcionamiento

La estructura de Touché se puede ver en la figura 4. En la parte a visualizamos el funcionamiento en general, el usuario interactúa con un objeto conectado a una placa de sensores mediante un cable. Se debe tomar en cuenta que si el objeto es conductor se lo puede conectar directamente y si no se debe poner un electrodo al objeto y que esté conectado al cable. (Sato, 2012).

Por otro lado, en la parte b se ve el funcionamiento de Swept Frequency Capacitive Sensing. Poupyrev, Sato y Harrison (2012), explican que mediante el uso de un generador de señales se emite barridos sinusoidales de frecuencia variable de 1 kHz a 3.5 MHz en pasos de 17.5 kHz. Después la señal se filtra para eliminar el ruido ambiental y los componentes de alta frecuencia

indeseables, para posteriormente ser amplificada a 6,6 Vpp, señal utilizada para excitar al objeto o al electrodo. La señal de retorno se mide agregando una resistencia de detección, que convierte la corriente alterna en una señal de voltaje alterno. Esta señal alimenta luego a un búfer para aislar las secciones de detección y excitación; para después mediante un detector de envolvente convertirla en una señal de DC que varía con el tiempo. Posteriormente, se muestrea la señal utilizando un convertidor analógico-digital (ADC) y se envía a una computadora todos los datos para que sean procesados y utilizados para diversas aplicaciones.

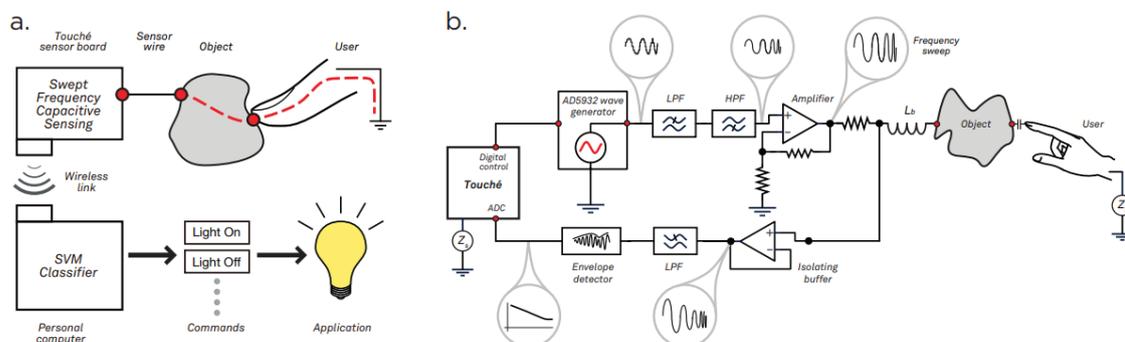


Figure 2: (a) Touché architecture (b) Swept Frequency Capacitive Sensing with Touché.

Figura 4. Swept Frequency Capacitive Sensing

Tomado de Sato, 2012

2.6.2.3. Aplicaciones de Touché

Esta tecnología posee una amplia gama de aplicaciones. A continuación, se describen las más destacables y en las que se logrará tener un mayor impacto:

- Mejorar interfaces táctiles típicas.
- Detectar la interacción con materiales líquidos.
- Hacer que objetos cotidianos sean sensibles al gesto
- Detectar gestos del cuerpo humano

Con lo que respecta a la interacción con líquidos se la puede aplicar a juegos, instalaciones de arte, parques temáticos o acuarios interactivos. Mediante el uso

de Touché se puede agregar sensibilidad al tacto a cualquier líquido que este en un contenedor. Solo se necesita colocar el electrodo en el recipiente y se puede detectar a un usuario tocando la superficie, sumergiendo un dedo o toda la mano, entre otras interacciones (Figura 5). No importa el líquido puede ser agua u otro más viscoso, ni el material del contenedor, inclusive si el electrodo esté fijado en el exterior, aunque esto disminuya la sensibilidad, funciona correctamente logrando obtener una precisión de clasificación de los gestos por usuario en tiempo real del 99,8%. (Sato, 2012).



Figura 5. Interacción con el agua

Tomado de Sato, 2012.

3. Capítulo III: Descripción del recorrido interactivo implementado

El recorrido interactivo Uyuay es el resultado del proyecto de vinculación “Para la oreja!” llevado a cabo por las carreras de Arquitectura e Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de Las Américas. A lo largo del recorrido se cuenta la historia “Así nació Quito” en la que se narra cómo se construyó la ciudad de Quito a cargo de nuestros antepasados los Quitus. Con esta dinámica se busca que los niños se diviertan aprendiendo sobre la historia de sus antecesores, sumado a esto se pretende crear consciencia en los infantes sobre el cuidado y respeto al medio ambiente. A continuación, se detallarán las partes que conforman el recorrido en el orden que se dispusieron, las cuatro estaciones y las tres transiciones. Dentro de la explicación se hará una descripción de los elementos que fueron parte de cada estación y transición. Primordialmente, se mencionará los equipos utilizados en el montaje de la parte electroacústica. En

los espacios donde se desarrollaron los sistemas interactivos se mencionarán los elementos utilizados para el circuito electrónico y para la implementación, conjuntamente se explicará el código de programación utilizado para el funcionamiento de las mismas.

3.1. Transición 1

En la primera parte del recorrido se puede escuchar a través de un sistema estéreo un ambiente sonoro de naturaleza con un carácter agradable y distendido. El audio utilizado para este espacio es T1.wav. Mientras los niños con los pies descalzos experimentan la sensación del piso de aserrín.

Los equipos que se utilizaron fueron:

- 2 altavoces Equator D5.
- Interface Focusrite Scarlett 18i20.
- Una Mac Mini.

La computadora que se utilizó para reproducir las pistas de audio fue la misma ocupada en la estación 1 y transición 2, al igual que la interface de la cual se ocupó 2 salidas analógicas. La *Digital Audio Workstation* (DAW) utilizada fue Ableton Live 10 y la reproducción fue realizada de manera manual, es decir una persona se encargó de reproducir la pista cuando los infantes pasaban por la transición.



Figura 6. Transición 1.

3.2. Estación 1 – El abandono del Gran Inti

La primera estación del recorrido posee un ambiente húmedo y frío, los niños experimentan en sus pies la sensación del césped y a su alrededor se da la sensación de que están rodeados de naturaleza. Simultáneamente, mediante la utilización de audífonos escuchan la primera parte de la narración de la leyenda “Así nació Quito”. El audio que se escucha (E1.wav) mezcla una voz femenina tranquila con un ambiente de fondo de naturaleza que va acorde a la historia, con el objetivo de entregar la sensación de un sonido tridimensional. Sonido que se logró gracias a la grabación binaural de los diálogos y la mezcla con las distintas pistas de audio que crean el ambiente, distribuyéndoles adecuadamente en todo el panorama para así hacer sentir a los oyentes que están en ese lugar.



Figura 7. Estación 1, El abandono del Gran Inti.

Para la implementación de esta estación se utilizaron los siguientes equipos:

- 2 amplificadores de audífonos Presonus HP4.
- 4 audífonos Sennheiser HD 380 Pro.
- Interface Focusrite Scarlett 18i20.
- Una Mac Mini.

Cabe mencionar que los audios fueron enviados mediante la DAW Ableton Live 10, utilizando así dos salidas analógicas de la interface para cada amplificador de audífonos. La pista de audio con la narración fue reproducida manualmente por una persona a través de la computadora que fue utilizada en la transición 1 y 2.

3.3. Transición 2

Esta transición es la primera parte del recorrido que permite a los infantes una interacción directa con los sonidos y esto lo logra mediante el uso de estanques

con agua. A partir del contacto con el fluido se disparan distintos sonidos creados por un oscilador sinusoidal que da la sensación de gotas de agua al caer. A su vez los niños experimentan un ambiente frío sintiendo el viento en sus rostros, mientras pisan en la tierra viviendo una distinta sensación a la primera estación y transición.



Figura 8. Transición 2.

En el montaje de esta transición se utilizaron los siguientes equipos y componentes eléctricos:

- 2 altavoces Equator D5.
- Interface Focusrite Scarlett 18i20.
- Una Mac Mini.
- Un Arduino UNO.
- 4 resistencias 10 k Ω .
- 4 resistencias 1 M Ω .
- 4 capacitores de 100 pF.
- 4 capacitores de 10 nF.
- 4 diodos 1N4148.
- 4 inductores 10 mH.

Para ejecutar la programación de esta transición se ocupó la misma computadora de la estación 1 y transición 1. Al igual que la interface de audio de la cual se utilizó dos salidas analógicas. La programación fue realizado a través de Chuck que se conecta con Arduino que le entrega los datos ya procesados para así proceder a interpretarlos y ejecutar acciones. En este caso, la programación lo que hace es que a partir de los datos recibidos asigna una determinada frecuencia al oscilador para que sea reproducida por los altavoces. Sumado a la programación se debe tener un circuito que detecte el contacto con el agua y entregue esta información al Arduino, con la finalidad de cumplir este objetivo se utilizó el circuito eléctrico que se muestra en la figura 9.

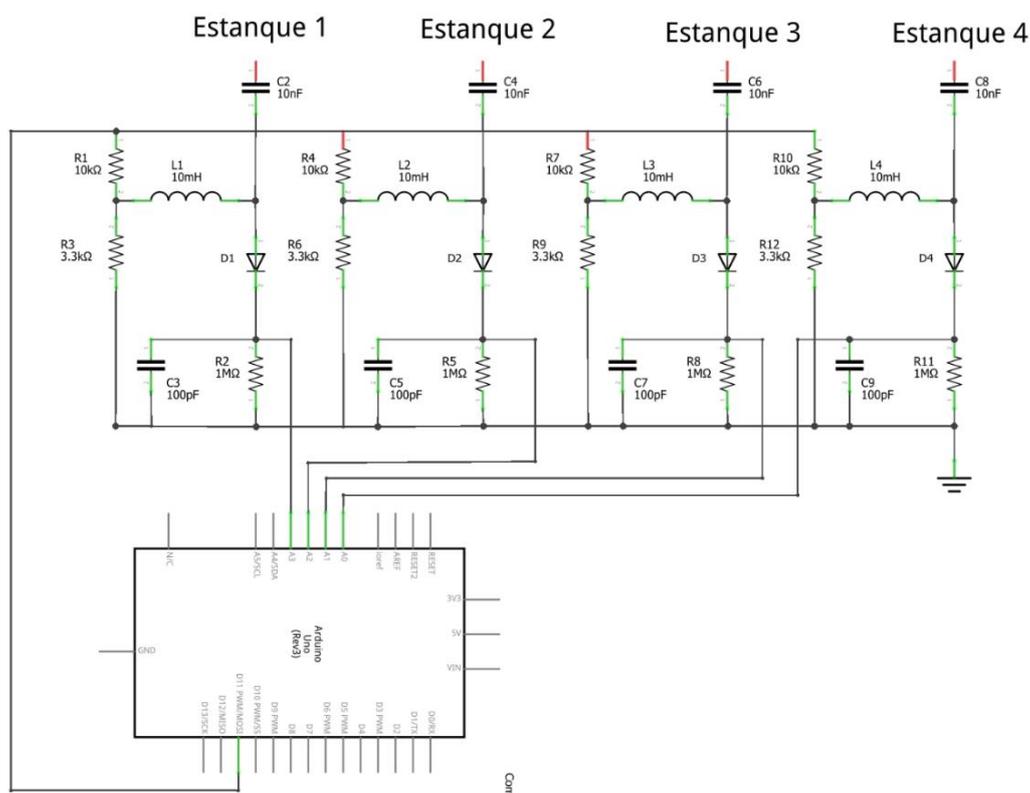


Figura 9. Circuito eléctrico utilizado en la transición 2.

3.4. Estación 2 – El estadillo del Pichincha

Esta parte del recorrido se destaca por un ambiente más cálido, los infantes sienten la tierra en sus pies e igualmente que en la primera estación experimentan un entorno de naturaleza. Todos estos elementos buscan es

transmitir una sensación de que se encuentran frente al volcán Pichincha, mientras viven este ambiente bajo la utilización de audífonos los participantes escuchan el audio E2.wav que contiene la segunda parte de la leyenda bajo la narración de una voz femenina con una entonación de indignación que relata como los Quitus siguen maltratando la naturaleza y el volcán termina enfurecido. Sumado a esto, tenemos un ambiente sonoro lleno de explosiones, truenos, gritos que van acorde a la narración. Estos efectos y sonidos están mezclados de tal manera que se consiga un sonido holofónico y la experiencia de los niños sea más real.

Para esta parte se ocuparon los mismos equipos de la primera estación que ya fueron descritos anteriormente. Igualmente, la DAW utilizada fue Ableton Live 10 y las pistas se reprodujeron de manera manual. Cabe resaltar, que la computadora utilizada para esta estación es la misma que para la transición 3 y en la interface ocupada se utilizan 4 salidas analógicas.



Figura 10. Estación 2, Estadillo del Pichincha.

3.5. Transición 3

En esta transición los infantes experimentarán un ambiente frío mientras pisan y sienten con sus manos texturas de distintos tamaños de piedras. Conforme van avanzando los participantes van activando dos sensores, el primero activa un sonido de un oso rugiendo escuchado en el primer altavoz (bear.wav) y el

segundo se encargará de disparar sonidos de truenos (trueno.wav), que se escucharán en el siguiente altavoz. Estos altavoces se encuentran ubicados en la parte derecha del camino recorrido por los niños para escapar de la ira del volcán y poder iniciar el proceso de reconstrucción de la ciudad con una actitud de respeto y gratitud hacia la naturaleza.



Figura 11. Transición 3.

Los componentes eléctricos y los aparatos utilizados en la implementación de esta transición fueron los siguientes:

- 2 altavoces Equator D5.
- Interface Focusrite Scarlett 18i20.
- Una Mac Mini.
- Un Arduino Mega 2560.
- 2 sensores ultrasónicos HC – SR04.

Como se mencionó anteriormente la computadora utilizada en esta transición es la misma que se ocupa para la estación 2, al igual que la interface de la que se ocupa dos salidas analógicas. Para la programación implementada en este espacio interactivo se utilizó Chuck conectado con Arduino el cuál se encarga de receptor la información de los periféricos y procesar los datos, para finalmente

enviar a Chuck y ser interpretados. Esta programación esta creada con la intención de que todas las distancias que se encuentran por debajo de un determinado valor reproduzcan los sonidos establecidos para cada sensor. Para lograr obtener la información que desencadenará dicho evento se necesita implementar el circuito que está dispuesto en la figura 12.

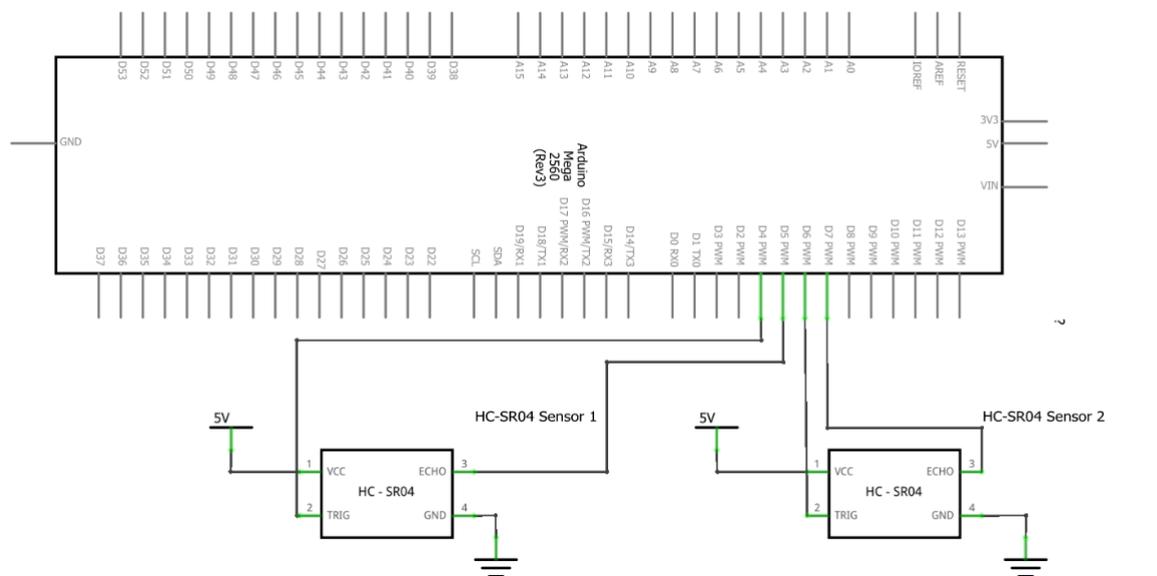


Figura 12. Circuito eléctrico utilizado para la transición 3.

3.6. Estación 3 - La reconstrucción

Para esta estación se buscó que los infantes interactúen directamente a través de recomponer dos estructuras mediante la colocación de bloques que son recogidos del suelo e insertados en los huecos que coinciden con la forma de dichos bloques. Con esto se quiso representar la reconstrucción de la ciudad de Quito de mano de los habitantes que lograron escapar de la ira del volcán por su buen corazón. En consecuencia, mientras se va insertando cada pieza se reproduce mediante el altavoz ubicado detrás de cada estructura una pista que es parte de una composición musical – concreta, dicha composición utiliza sonidos autóctonos del Ecuador y otros que hacen referencia a la construcción. Al terminar de poner todos los bloques, se silencia la composición y finalmente suena una narración de una voz femenina alegre donde anuncia el nuevo comienzo.

Los audios que se utilizaron para esta parte del recorrido fueron:

- capa1.wav
- capa2.wav
- capa3.wav
- capa4.wav
- capa5.wav
- capa6.wav
- capa7.wav
- capa8.wav
- capa9.wav
- capa10.wav
- capa11.wav
- capa12.wav
- correcto.wav

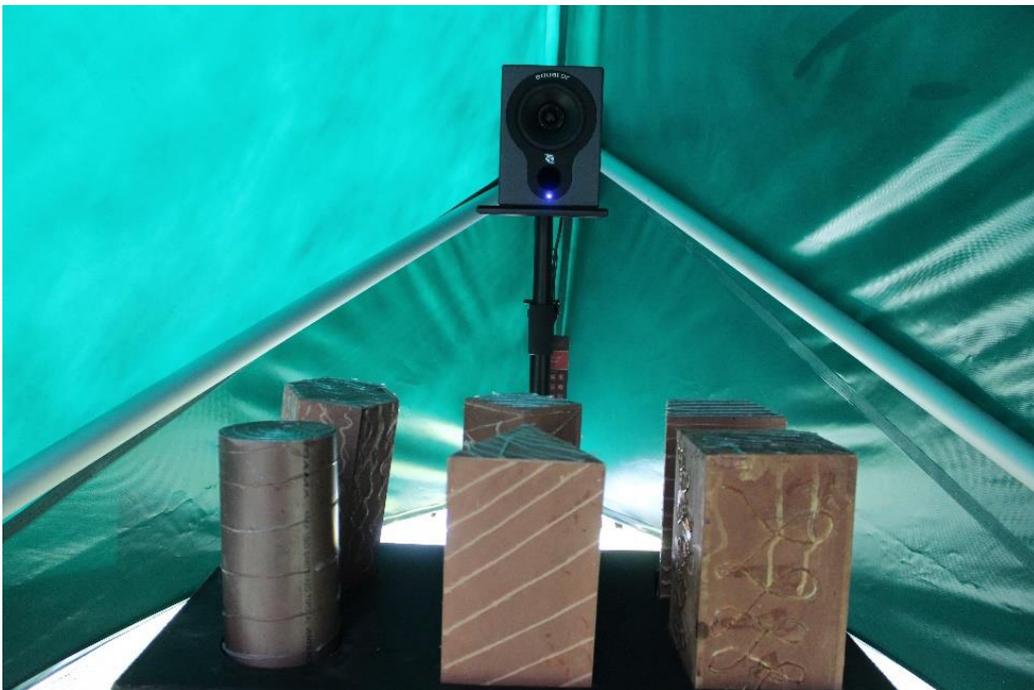


Figura 13. Estación 3, La reconstrucción.

Los equipos y componentes eléctricos utilizados para el montaje de esta estación fueron:

- 2 altavoces Equator D5.
- Una Mac Mini.
- Interface Apollo Twin.
- 12 fines de carrera.
- 12 resistencias de 1 k Ω .
- Arduino Mega 2560.

Para la implementación del audio interactivo se utilizó el programa Chuck, el cuál mediante la conexión serial con el *software* de Arduino recibe los datos procesados por el microcontrolador. Esta información se envía por periféricos conectados a la interfaz de entrada del Arduino. Con la obtención de los datos, se interpreta la información entregada y se ejecutan acciones. En este caso, si el fin de carrera que se encuentra en la estructura en el espacio para cada bloque está presionado, se procederá a reproducir una pista. Para que se pueda recibir la información de los periféricos se debió realizar un circuito eléctrico (Figura 14).

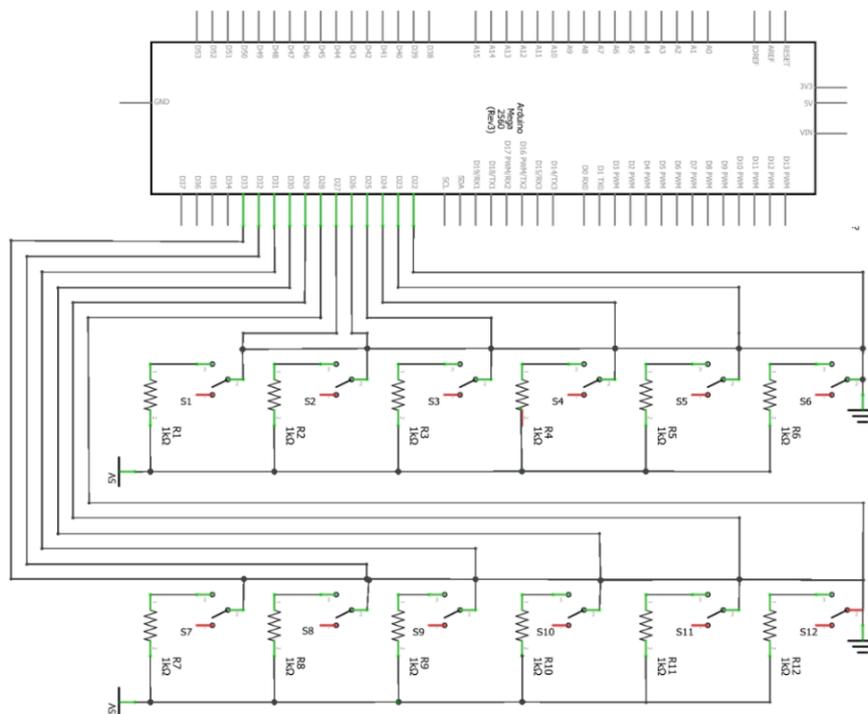


Figura 14. Circuito eléctrico utilizado para la Estación 3 - La reconstrucción.

3.7. Estación 4 – La celebración

El recorrido finaliza en esta estación, en la cual suena música andina que posee un tono de felicidad y alegría, el audio que conjuga toda esta música es E4.wav. Los niños disfrutaban de un ambiente festivo mientras bailan al ritmo de la música e interactúan con instrumentos musicales como maracas y panderetas.

En el montaje de esta estación se utilizaron los siguientes equipos:

- 2 altavoces Equator D5.
- Una Mac Mini.
- Interface Apollo Twin

Al igual que en las anteriores estaciones la DAW utilizada fue Ableton Live 10, a partir del cual se reprodujeron manualmente las pistas de música andina.

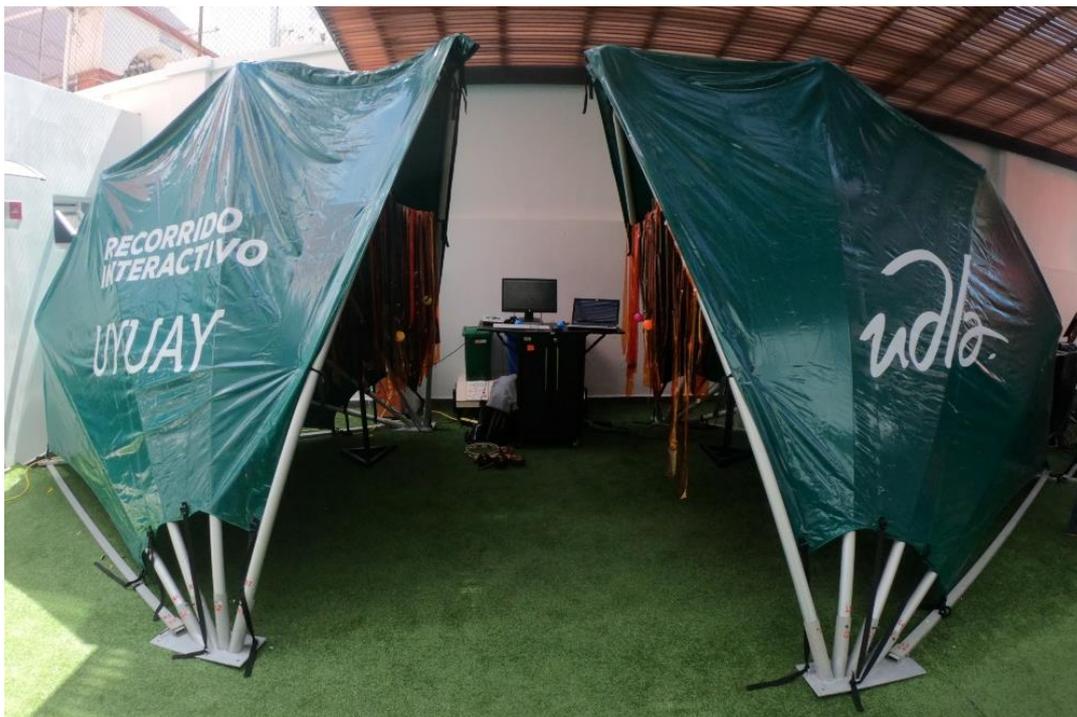


Figura 15. Estación 4, La celebración.

4. Capítulo IV: Metodología

Con el propósito de realizar una evaluación integral del proyecto se utilizó una metodología mixta. Por un lado, para evaluar el impacto que tuvo el recorrido interactivo se realizaron encuestas que permiten determinar de una manera cuantitativa como vivieron los niños esta experiencia y cómo fue su interacción con los elementos de cada espacio. Conjuntamente, para determinar la funcionalidad y lo óptimo que es el diseño e implementación de las instalaciones de audio interactivo se utilizará una metodología cualitativa, debido a que se analizarán los elementos que formaron parte como son los audios, la narración, las conexiones electroacústicas y la programación. Se partirá de cómo se desarrolló todos los días que estuvo abierto el recorrido interactivo, los inconvenientes, la reacción de los niños y la eficiencia de las soluciones utilizadas.

4.1 Encuesta

4.1.1 Diseño de encuesta

Para la elaboración de la encuesta lo primero que se debe tomar cuenta es que esta iba a ser realizada a niños, por lo que debería ser corta, concisa, didáctica, visualmente atractiva y de fácil comprensión. Consecuentemente, se plantearon 8 preguntas cerradas, es decir, que hay opciones de respuestas establecidas. En dichas preguntas, se buscará obtener información del impacto que tuvo el recorrido y todos los elementos en los niños asistentes. Con el objetivo de que con esta información se pueda plantear cambios en la instalación para que así el recorrido resulte más atractivo para los infantes. Obteniendo, finalmente una encuesta en una plataforma digital (véase Anexo 1) que fue realizada de manera individual a cada uno de los participantes.

4.1.2 Muestreo

Al momento de realizar una encuesta es de importancia determinar una muestra que sea representativa de la población que queremos evaluar. Esta nos debe permitir aseverar que los datos obtenidos de la muestra van a tener una determinada precisión y nos van a entregar resultados que se acerquen más a la realidad. Por esta razón, se utilizó la ecuación propuesta por Spiegel y Stephens (2009) para determinar el tamaño de la muestra que se expone a continuación:

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

(Ecuación 1)

Dónde:

n = tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

p = probabilidad de que un evento suceda.

z = puntuación z , valor que corresponde a la distribución de Gauss.

e = margen de error.

La población seleccionada para la aplicación de las encuestas son los niños que asistieron al recorrido. Es decir, 150 niños y niñas de 6 a 12 años que pertenecen a la Unidad Educativa Fiscal 9 de Agosto (120) y al Instituto Especial Mariana de Jesús (30). Además, para la obtención del tamaño de la muestra se escogió un nivel de confianza de 95% que es el estándar industrial que corresponde al z descrito en la tabla 1. Por otro lado, también se determinó el rango que las respuestas de la población pueden variar con respecto a las obtenidas de la muestra, escogiendo un margen de error de 15%. El valor de p , se lo designo debido a que no se conoce la probabilidad de que un evento ocurra.

Tabla 1.

Valores establecidos para la obtención del tamaño de la muestra.

Variables	Valor
N	150
p	0,5
z	1,96
e	0,15

Aplicando la ecuación 1, ya antes mencionada se obtuvo un tamaño de muestra de 34. Por consecuencia, se debe realizar la encuesta a mínimo 34 niños asistentes.

4.2 Análisis de la implementación del recorrido “Uyuay”

4.2.1 Audios

La mayor deficiencia que se encontró en los audios utilizados dentro del recorrido fueron los distintos elementos que los conformaban como son las narraciones, los efectos y el paisaje sonoro no se encontraban bien mezclados. Especialmente los utilizados en la estación 1 y 2, donde se buscaba obtener un sonido tridimensional, no se logró la espacialidad deseada, la narración no se encontraba clara en todos los momentos, existían efectos que eran monofónicos, el procesamiento de las pistas no iba conforme a lo que se quería expresar en la historia, la mezcla en sí no genera el interés deseado, no causa impacto ni es llamativa para los infantes. Por último, no existía uniformidad en el sentido de que todos los audios no manejaban los mismos criterios de mezcla, no se encontraban al mismo nivel.

4.2.2 Narración

El recorrido se basa en el desarrollo de la historia “Así nació Quito”, la que se cuenta lo largo de sus estaciones y transiciones, por lo que es fundamental que

se transmita el mensaje a los niños de la manera más adecuada. Dentro de la narración de la historia se encontró algunas deficiencias que hicieron que no se logre el objetivo central del recorrido que es transmitir un mensaje de cuidado y respeto hacia el medio ambiente. Entre estas deficiencias tenemos que el lenguaje que se usó no era de fácil comprensión para el grupo objetivo para el que está dirigido el recorrido, existían palabras que no se encuentran dentro del vocabulario de los infantes y además eran claves para la comprensión de la historia. Se debe en lo posible cambiar las palabras complejas por sinónimos que sean más usuales en su entorno, si bien dentro de la historia hay palabras que juegan un papel importante y no se pueden cambiar, saber su significado es imprescindible para la comprensión por lo que es necesario que se explique de una manera fácil el concepto que abarcan. Fundamentalmente las palabras que se debería explicar a los niños antes de proceder con la historia sería que es un volcán, los Quitus y la provincia de Pichincha. Esta breve descripción les ayudará a los infantes a entrar en contexto además de enseñarles nuevos conceptos, esto facilitará de gran manera que los niños capten el mensaje de la historia y se logre el cometido del recorrido.

Otra de las deficiencias que se encontró era que la historia era lineal en ningún momento interactuaba con los niños lo que no ayudaba a llamar su atención, además que al no hacer a los infantes participes hacen que se distraigan fácilmente y no se conecten con la historia. Para solventar ese problema lo que se puede hacer es realizarles preguntas o pedirles que ejecuten alguna acción así van estar más concentrados en lo que están escuchando. Añadido a esto se debe crear familiaridad, presentarles un personaje y que este narre la historia puede ayudar a lograr este objetivo, también se puede añadir características con las que los infantes se sientan identificados, todos estos cambios serán beneficiosos para que capten la mayor información posible.

4.2.3 Cadena electroacústica

Dentro de la cadena electroacústica que se utilizó en el recorrido no se tuvo ningún problema durante la implementación, se cumplió todos los requerimientos y demandas del mismo, pero si bien se cumplió el objetivo, no se lo implemento de la manera más adecuada con lo que respecta a la utilización del mínimo de recursos posible, por ende, no fue eficiente el diseño efectuado. Se debe buscar lograr un equilibrio, el diseño que sea implementado debe cumplir con el resultado necesitado, pero además de esto se debe ocupar la menor cantidad de recursos posibles tanto materiales como humanos, en pocas palabras se debe buscar tener una cadena electroacústica efectiva. En el recorrido se ocupó cuatro ordenadores donde cada uno contaba con una interfaz, en dos de ellas sobraban salidas analógicas que podían ser ocupadas, eliminando así el uso de dos interfaces. Conjuntamente, si se implementa toda la programación desde un solo ordenador se puede controlar todo el audio desde una sola computadora, descartando así tres ordenadores y además solo se necesitaría una persona para ejecutar todo.

Durante los días en que se desarrolló el recorrido se vio que los infantes partícipes se sentían incómodos con el uso de audífonos especialmente los que tenían algún grado de discapacidad visual, esto los indispuso causando que no puedan disfrutar de la historia que estaba siendo narrada. Por lo que se debe de buscar otro sistema de audio donde se pueda reproducir la historia sin causar molestias a los niños y que se sientan cómodos en las estaciones, asegurándonos al mismo tiempo que capten mejor el mensaje que se les desea transmitir.

4.2.4 Sistemas interactivos

Partiendo de cómo se desarrolló el recorrido a lo largo de los días que estuvo abierto al público, se pudo observar básicamente un problema que perjudico el desempeño del recorrido. En la estación 3 donde se encontraba las dos estructuras con los fines de carrera, se tuvo problemas para que los datos

enviados desde el circuito de una de la estructura llegaran al Arduino, esto sucedió debido a que la distancia existente entre estos dos elementos provocaba pérdidas considerables haciendo que el funcionamiento sea impredecible porque había situaciones que funcionaba y otras que no.

Aparte del problema, no se estaba ocupando los recursos de la manera más adecuada como ya se mencionó en el apartado anterior. Para ejecutar toda la programación necesaria para el funcionamiento del recorrido se ocupó tres computadoras y tres Arduinos, de los cuales no se aprovechó ni la mitad de su potencial.

Por último, en las estaciones 1, 2, 4 y en la transición 1 para la reproducción de los audios previstos para cada parte una persona debía estar atenta cuando los niños pasarán y reproducirlos manualmente con la utilización de Ableton Live 10. Esta no es la manera más eficiente de realizarlo, se puede plantear soluciones con el uso de diversos recursos como la programación, conjunto algún circuito que indique que es el momento de reproducir los audios, logrando así que se realice esta acción automáticamente.

5. Capítulo V: Optimización y mejoras del recorrido interactivo

En el presente capítulo se expondrán los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los infantes que fueron participes del recorrido. Además, partiendo de los resultados obtenidos en las encuestas se plantearán mejoras en el recorrido, de la misma manera se tomará en cuenta el análisis de la implementación para solucionar los problemas técnicos que se tuvieron a lo largo del funcionamiento del recorrido y se propondrán cambios tanto en la programación como en la cadena electroacústica para optimizar los recursos utilizados. Sumado a esto se realizará un manual de implementación en el cual se explicará los pasos a seguir para armar todo lo que respecta a la instalación sonora del recorrido.

5.1. Resultados de las encuestas

5.1.1 Tabulación y análisis de las encuestas

Los resultados se presentarán por cada pregunta y estos a su vez se separarán en niños con y sin discapacidad visual. Esto se lo realizó debido a que la percepción, la experiencia y las necesidades de los infantes son distintas. El total de participantes encuestados fue de 37, superando en 3 encuestas el tamaño de la muestra calculado. Concretamente, se realizó la encuesta a 30 infantes sin discapacidad visual que se encontraban entre los 9 y 11 años, del cual el 67% eran hombres y el 33% mujeres. Por consiguiente, 7 niños con discapacidad visual entre los 6 y 12 años, donde el 71% fueron mujeres y el 29% hombres. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en la encuesta.

Pregunta 1. ¿Te gustó el recorrido interactivo?

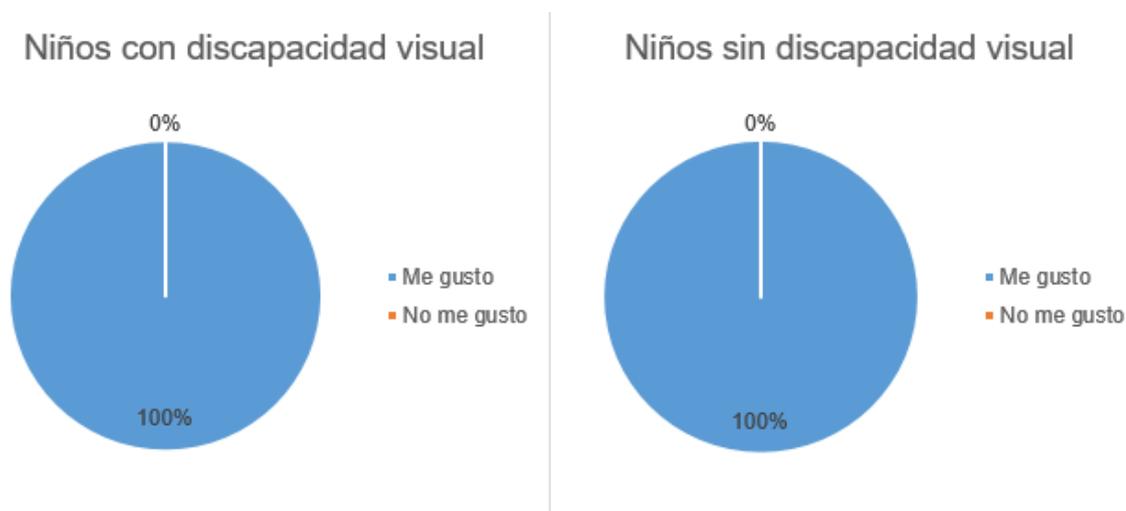


Figura 16. Resultados, pregunta 1. ¿Te gustó el recorrido interactivo?

Pregunta 2. ¿Cuál fue tu estación favorita?

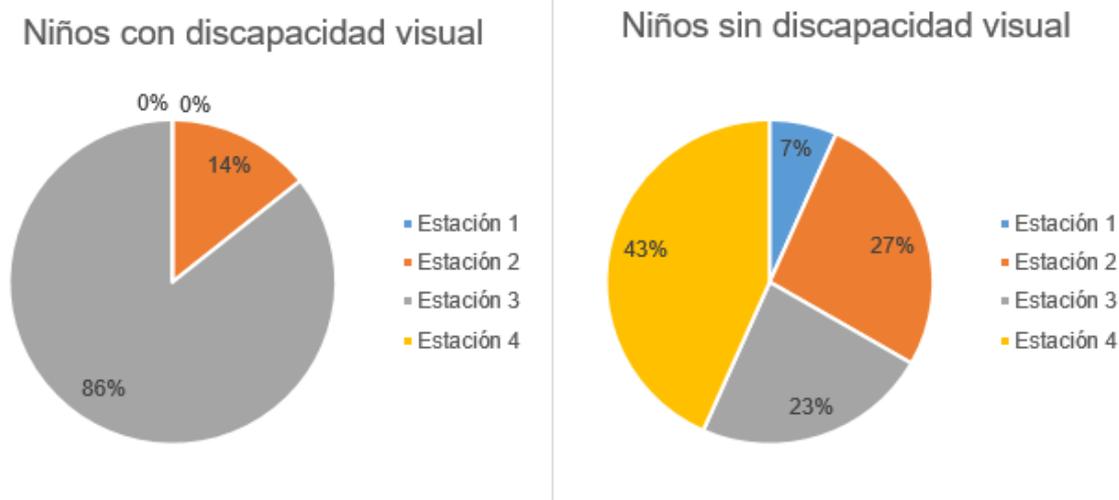


Figura 17. Resultados, pregunta 2. ¿Cuál fue tu estación favorita?

Pregunta 3. ¿Cuál fue la estación que menos te gustó?

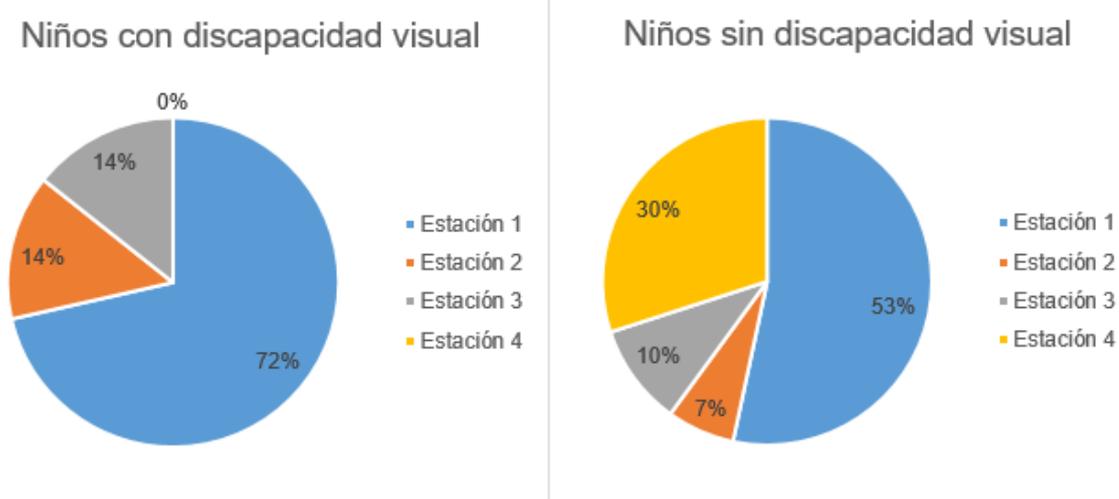


Figura 18. Resultados, pregunta 3. ¿Cuál fue la estación que menos te gustó?

Pregunta 4. ¿Cómo te sentiste en el museo?

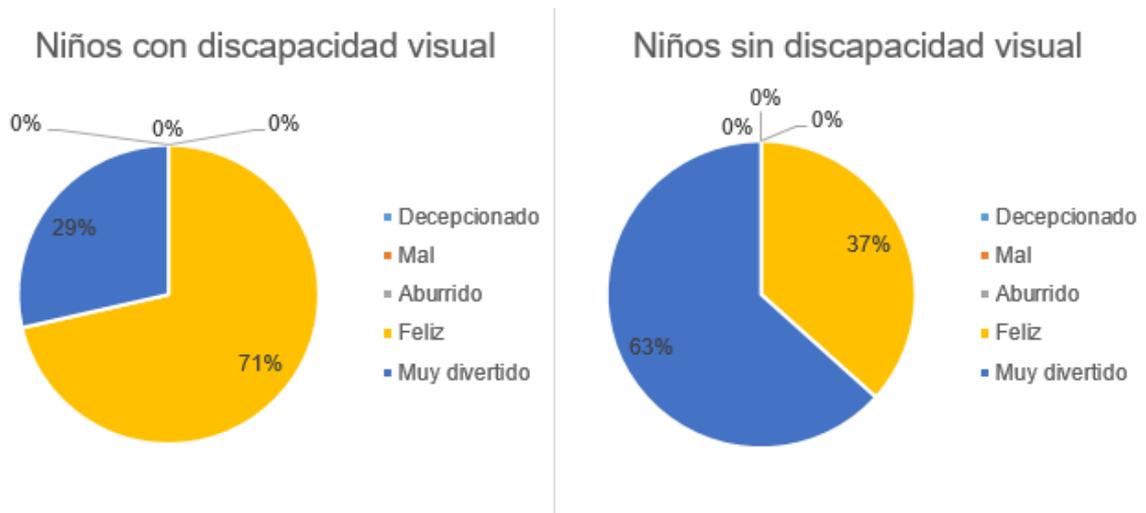


Figura 19. Resultados, pregunta 4. ¿Cómo te sentiste en el museo?

Pregunta 5. ¿Cuánto te gustaron los elementos del recorrido?

- Música de ambiente



Figura 20. Resultados, pregunta 5. ¿Cuánto te gustaron los elementos del recorrido? Música de ambiente.

- La historia



Figura 21. Resultados, pregunta 5. ¿Cuánto te gustaron los elementos del recorrido? La historia.

- Juegos interactivos

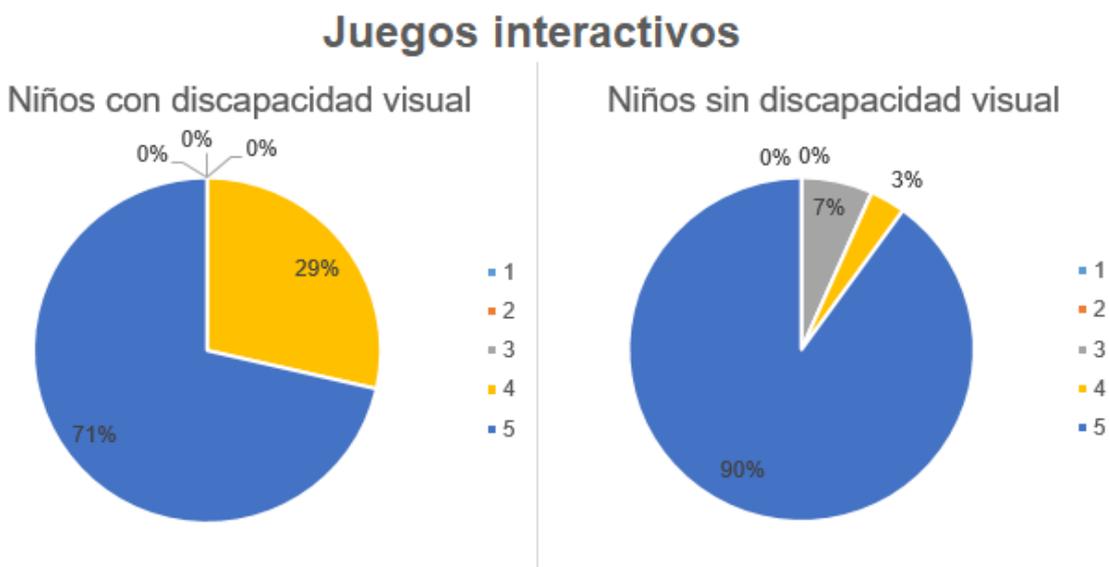


Figura 22. Resultados, pregunta 5. ¿Cuánto te gustaron los elementos del recorrido? Juegos interactivos.

Pregunta 6. ¿Cuál fue tu parte favorita del recorrido?

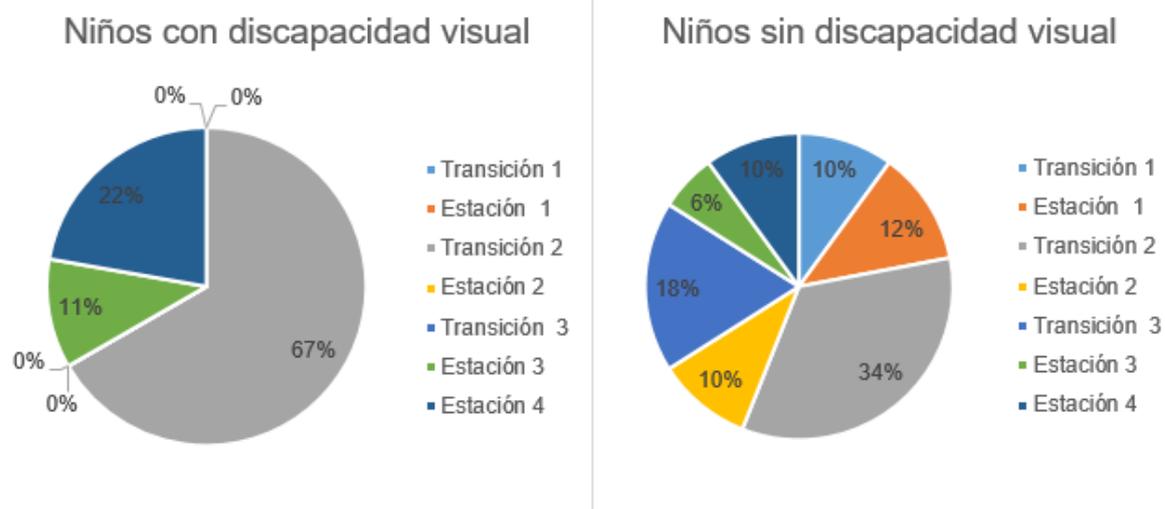


Figura 23. Resultados, pregunta 6. ¿Cuál fue tu parte preferida del recorrido?

Pregunta 7. ¿Cómo estuvo tu visita al recorrido?

- Aprendí

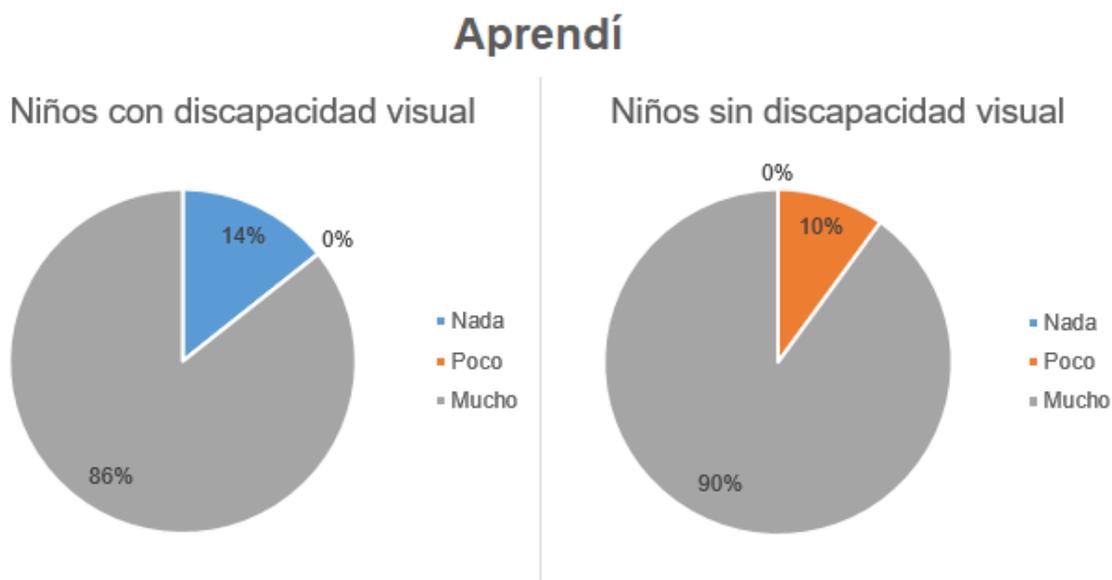


Figura 24. Resultados, pregunta 7. ¿Cómo estuvo tu visita al recorrido?
Aprendí.

- Me divertí



Figura 25. Resultados, pregunta 7. ¿Cómo estuvo tu visita al recorrido? Me divertí.

Pregunta 8. ¿Te gustaría que haya más recorridos así?

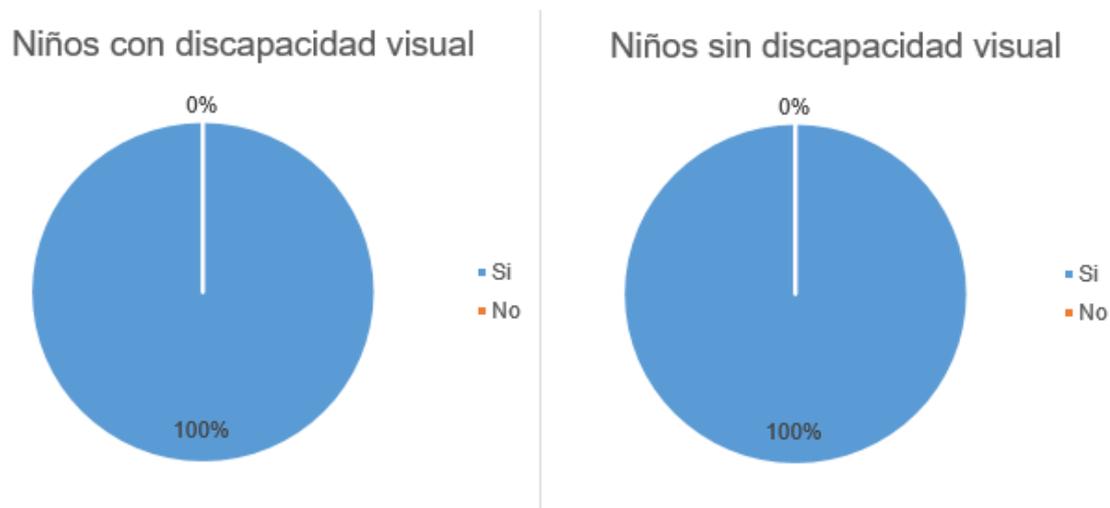


Figura 26. Resultados, pregunta 8. ¿Te gustaría que haya más recorridos así?

De los resultados expuestos se puede inferir que el impacto que tuvo el recorrido en los niños fue positivo, a todos los niños les gusto el recorrido, se sintieron felices o muy divertidos en la experiencia y además quisieran que existan más

espacios como este. Los resultados obtenidos para la pregunta 2 nos indican que la estación que más les gusto a los niños con discapacidad visual fue la estación 3 mientras que para los niños sin discapacidad la estación 4, de aquí se ve que las estaciones que más les gusto son las que participaron e interactuaron con el entorno y no solo participo su sentido de audición, sino que el tacto también. Por otra parte, la estación que menos les gusto a todos los infantes fue la estación 1, se puede ver que esta no fue atractiva para ellos se puede revisar la narrativa que se utilizó, las voces, el paisaje sonoro y la mezcla. Adicionalmente, en las respuestas obtenidas pudo ser un factor decisivo el hecho de ponerles en sus oídos un objeto extraño que les incomodó y con mayor razón a los niños que poseen una discapacidad visual tomando en cuenta que ellos desarrollan más la audición volviéndolos más sensibles con este sentido.

Con respecto a los elementos del recorrido que fueron evaluados los juegos interactivos y la música de ambiente obtuvieron en mayor porcentaje calificaciones de entre 4 y 5, mientras que en la historia mayor número de infantes le otorgaron calificaciones regulares lo que concuerda con la estación que menos les gusto. Este elemento del recorrido se debe modificar para que impacte más en los infantes debido a que a través de este se transmite de forma directa el principal mensaje del recorrido.

La parte que más les gusto tomando en cuenta tanto las estaciones como las transiciones fue la transición 2, espacio donde se encontraba los aquadinos. Este resultado se dio tanto en los niños con discapacidad visual como en los niños sin discapacidad, otra vez se puede ver que a los infantes les llama más la atención el espacio donde interactúan directamente y que usan además del sentido de la audición el tacto.

Por último, podemos ver en los resultados obtenidos en la séptima pregunta que se consiguió el principal cometido del recorrido que era que se obtuviera un espacio inclusivo donde los niños sin importar sus capacidades puedan aprender mientras se divierten y además de esto creen conciencia sobre el cuidado del medio ambiente.

5.2 Optimización del diseño del recorrido

5.2.1 Diseño electroacústico

El principal problema del diseño electroacústico del recorrido es que debido a que se ocupaban varias computadoras se debía usar una interface de audio para cada una de ellas, la interfaz utilizada dependía de los espacios que estaban siendo controlados por cada computadora. Por lo tanto, no se sacaba el mayor provecho a los equipos, al plantear el uso de una sola computadora que se encargue de controlar todo, es decir, crear una estación de control donde se ejecute toda la programación y se maneje todos los audios se puede aprovechar de mejor manera los equipos y optimizar todo el diseño. Logrando ejecutar toda la programación desde un ordenador, se pueden ocupar todas las salidas analógicas de las dos interfaces Focusrite Scarlett 18i20, es decir las 20 salidas y poder cumplir con los requerimientos de todo el recorrido. Con este cambio se logra primero descartar el uso de tres computadoras, segundo se deja de utilizar las dos interfaces Apollo Twin. Para lograr esto y optimizar tanto los recursos materiales como humanos se debe conectar las dos interfaces de audio a la computadora y configurarlas para que se las pueda utilizar como un solo dispositivo. Beneficiosamente, Apple dentro de su sistema operativo MacOS incorpora la opción de combinar varias interfaces de audio a través de la creación de un dispositivo agregado, este permite utilizar al mismo tiempo las entradas y salidas de distintos dispositivos con diversas DAWs, con esta opción dentro de la Mini Mac se pueden ocupar las dos interfaces y manejar todo sin problema desde un solo ordenador. Otra opción es interconectar las dos interfaces mediante un cable óptico TOSLINK utilizando los puertos *OPTICAL IN* y *OUT*. Como resultado se transportará canales de audio digital mediante el formato ADAT de la interfaz que será la maestra a la esclava, la que los convertirá al dominio analógico logrando enlazarlas. La desventaja es que solo puede transportar ocho canales de audio obteniendo así 18 salidas que nos limita para proponer cambios en la cadena electroacústica del recorrido.

Dentro del diseño electroacústico el deficiente aprovechamiento de las capacidades de los equipos y la falta de eficiencia con respecto al uso de recursos fueron los problemas técnicos que se pudieron ver reflejados en el recorrido. Pero, por otro lado, ya cuando se puso en funcionamiento y los niños hicieron el recorrido se vio que tanto en la estación 1 como en la 2 hubo un conflicto principal, a varios de ellos les molestaba ponerse los audífonos especialmente a los infantes que poseían discapacidad visual, ellos, debido a su discapacidad desarrollan más el sentido de la audición siendo este más sensible por lo que les resultaba molesto y les indisponía haciendo que no solo se encuentre incomodos sino que también que su humor cambie y no estén con la mejor actitud para continuar con el recorrido. Esto que se observó durante los tres días en que se desarrolló el recorrido se refleja en los resultados de las encuestas, en donde las estaciones que menos les gusto fueron la 1 y la 2, al igual que al elemento que más bajo le puntuaron fue a la historia. Viendo estos resultados y las reacciones de los infantes en estos espacios se propone eliminar el uso de audífonos y en su lugar poner altavoces planteando un sistema estéreo que sería el más fácil de implementar y que requiere menor exigencia con respecto a recursos se refiere. Sin embargo, si no se quiere perder la espacialidad y sensación envolvente que se buscó obtener con en el uso de audífonos se propone implementar en las estaciones un sistema de audio 5.1 que gracias a su configuración nos permite crear a través de 5 altavoces de rango medio y un altavoz de subgraves esta sensación. Si bien que se obtenga un entorno adecuado para la reproducción de un sonido envolvente es más fácil con la utilización de audífonos, el uso de este sistema cumpliendo los lineamientos establecidos para su montaje y los requerimientos necesarios con respecto a equipos se puede lograr esa misma sensación sin sacrificar el bienestar y confort de los infantes. Con este cambio se puede corregir las deficiencias mostradas en las encuestas y hacer de estas partes más llamativas para los infantes, logrando así asegurar que el mensaje que se quiere transmitir a través del recorrido llegue a los niños y puedan vivir esta experiencia de la mejor manera. Posteriormente, se puede implementar un sistema Dolby Atmos o Ambisonics, esto nos va ayudar a tener un sonido tridimensional aportando

significativamente a que la experiencia sea más realista y más impactante para los niños. Este sistema se lo puede plantear como una mejora a largo plazo ya que requiere una inversión considerable de *hardware* para su funcionamiento y de *software* para crear el contenido. Sumando a esto se propone un cambio en la narrativa de la historia corrigiendo los errores ya antes mencionados en el análisis para complementar las demás propuestas y se pueda obtener un mejor resultado. Esta propuesta se encuentra en el Anexo 2, conjuntamente se realizó un guion técnico – literario que ayuda a conjugar la narración con todo lo demás que conforma el recorrido. (Anexo 3).

La cadena electroacústica ya tomando en cuenta la creación de la estación de control con los cambios antes propuestos se puede ver reflejada en el Anexo 8 donde se encuentra tanto el diagrama de conexión si se utiliza el sistema estéreo en las dos estaciones o si se decide implementar el sistema de audio 5.1.

5.2.2. Diseño de sistemas interactivos

Los sistemas interactivos implementados en el recorrido tuvieron gran acogida por los infantes, esto se vio reflejado en los resultados de las encuestas por lo que no se ve necesario proponer otro tipo de sistemas, pero sí mejorarlos sobre todo desde la parte técnica. Para plantear dichas mejoras primero hay que partir que los sistemas interactivos constan de tres partes fundamentales para su funcionamiento. Tenemos los distintos circuitos eléctricos, la programación en Arduino y la de Chuck, el complemento de estas tres partes hace que los espacios puedan funcionar. Por lo tanto, para optimizar y mejorar los dichos sistemas se debe efectuar cambios en cada parte.

5.2.2.1. Arduino

El primer cambio que nos permitirá optimizar recursos será utilizar un solo Arduino Mega 2560 como interfaz de entrada para todo el recorrido, los puertos que se utilizaran para conectar los periféricos se puede visualizar en la figura 27.

Si bien Arduino solo nos permite realizar códigos que ejecutan una sola cosa de manera secuencial, en otras palabras, no puede ejecutar múltiples tareas de manera simultánea. Se puede solucionar el problema de Arduino ya mencionado previamente, utilizando la biblioteca de C, ProtoThreads la cual permite generar de manera automática autómatas finitos aparentando la ejecución de código multitarea. Dicho de otra manera, crea hilos en donde se desarrolla la tarea que queremos ejecutar y cuando se ejecuta el programa cada vez que se encuentra un `PT_WAIT_WHILE` o un `PT_WAIT_UNTIL` que harían el papel de un *delay* aprovecha ese tiempo para ir al siguiente hilo y ejecutarlo, de esta manera da la ilusión de que se están haciendo varias tareas de forma simultánea. Con esto ejecutar los códigos de todo el recorrido en un solo programa sería una opción viable ya que el tiempo de respuesta no sería muy largo, cosa que pasaba si no se utilizaba la biblioteca. Por otro lado, ya no se debe hacer esto por separado, ya no es necesario utilizar una serie de recursos que hacen que el diseño no sea óptimo, debido a que no se ocupa todas las capacidades los dispositivos. Conjuntamente, se depuró toda la programación eliminando procesos innecesarios y se hizo los cambios necesarios para que se pueda diferenciar la información que se entrega a Chuck a través de la conexión serial. (Anexo 6).

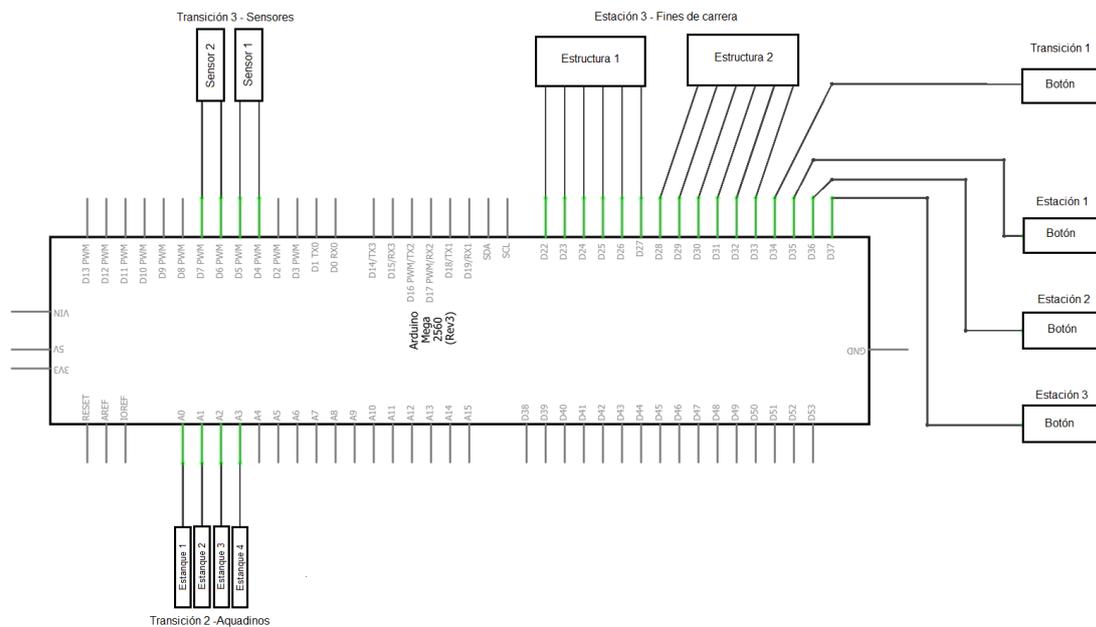


Figura 27. Diagrama de conexión un Arduino Mega 2560

5.2.2.2. Chuck

La segunda mejora que se propone es en la programación en Chuck, al igual que en Arduino se depure los programas haciendo que se ejecute las acciones necesarias para el correcto funcionamiento. A parte de esto, se hicieron los cambios necesarios para que se acople con la idea de la utilización de un solo Arduino y de la nueva cadena electroacústica, conjuntamente se modificaron los nombres de los audios para que todo tenga mayor coherencia y cohesión. A la programación utilizada para la estación 3 se le añadió que cuando los 12 fines de carrera estén oprimidos suene automáticamente el audio que anuncia un nuevo comienzo y da pie para la siguiente estación. Además, se añadió la configuración necesaria para su funcionamiento en los programas de los espacios que se les planteo la elección de un sistema de audio estéreo o un sistema de sonido envolvente 5.1. (Anexo 5)

5.2.2.3. Accesibilidad

Sumado a estos cambios planteados para que se optimicen los procesos y los recursos en las instalaciones, se incluyó para las estaciones 1, 2, 4 y la transición 1 un botón que al aplastarlo se reproducirá el audio que corresponde a cada espacio, así los guías cuando los niños se encuentren en la posición podrán ponerles el audio y ya no se necesitará una persona que esté pendiente de reproducir el audio. Consecuentemente, ya no se necesitará el uso del DAW Ableton Live 10, por lo que no solo se hará el recorrido más autónomo, sino que también solamente se utilizarán *software* de acceso libre como lo es Chuck y Arduino. Con esto se soluciona el problema que se mencionó en el análisis sobre el uso de recursos tanto materiales como humano. Con todos los cambios propuestos solo se necesita una persona que se encuentre en la estación de control, para poder controlar todo el recorrido desde el ordenador.

A continuación, se puede observar en la figura 28 el circuito eléctrico utilizado para el funcionamiento del botón, añadiendo a esto dentro del Anexo 5 se puede encontrar la programación utilizada en Chuck, mientras que dentro del programa

unificado de Arduino que se encuentra en el Anexo 6, ya está añadido el código necesario para la implementación de los botones.

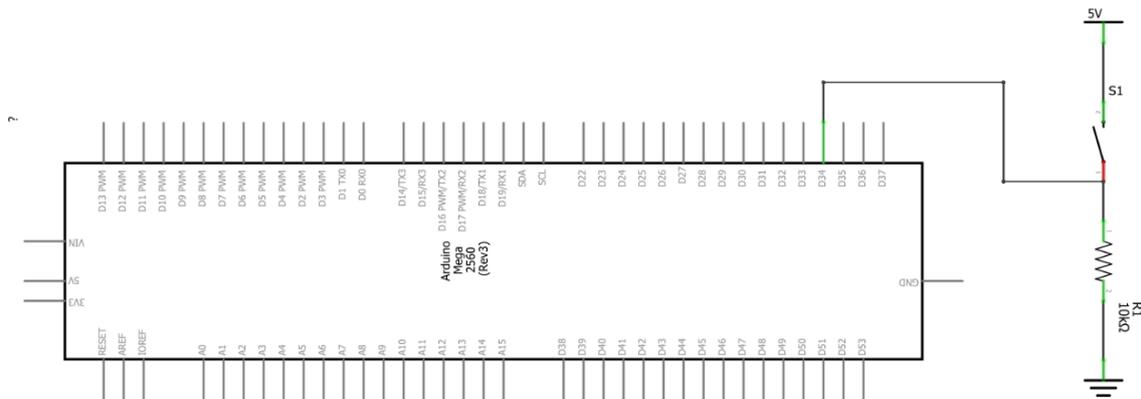


Figura 28. Circuito eléctrico para la implementación del botón.

5.2.2.4. Transmisión de información

Con respecto a los circuitos eléctricos utilizados para las partes interactivas solo se tuvo problemas con la estación 3, la señal no llegaba porque se perdía con la distancia y además la alimentación para el circuito no era la suficiente. Para solucionar este inconveniente se propone la utilización de los módulos Xbee que no son más que soluciones integradas que otorgan un medio inalámbrico permitiendo una interconexión y comunicación entre dispositivos. Este tipo de módulos utilizan el protocolo Zigbee, el cual permite crear redes punto a multipunto o redes de punto a punto según sean las necesidades del usuario.



Figura 29. Módulo XBee S2C

Tomado de Digi International Inc, 2018

Las redes que se crean con este tipo de dispositivos deben estar conformadas por un coordinador que es el que conforma la red y maneja las direcciones, terminales que reciben y envían datos y en los casos que se necesiten enrutadores que se encargan de funcionar como intermediarios entre nodos distantes. (Digi Internacional Inc, 2018) En el caso de la estación 3 se plantea utilizar tres módulos Xbee S2C, uno que cumpla la función de coordinador y se encuentre en la estación de control y dos terminales, uno en cada estructura, no será necesario el uso de enrutadores ya que estos dispositivos alcanzan en interiores una distancia de hasta 60 m, suficiente para implementarlos en el recorrido. La red se implementaría como se visualiza en la figura 30, mientras que el circuito y la conexión con el Arduino sería como se ve en la figura 31.

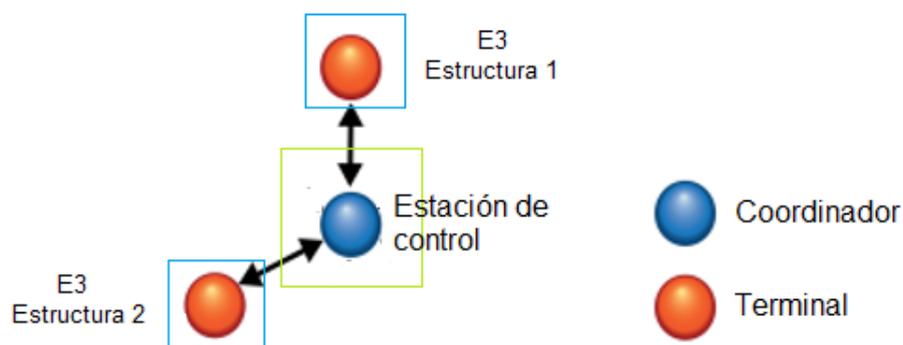


Figura 30. Red de transmisión de datos Zigbee. Estación 3.

lo es Pisound, lamentablemente esto solo nos otorga una salida estéreo que funciona solo para algunas partes del recorrido. Consecuentemente, se necesitaría varios de estos dispositivos para que pueda funcionar el recorrido, sumado a esto se le debe añadir el precio de la tarjeta de sonido, esto representa una significativa inversión que no traería beneficios destacables. Muchas de las cosas que se adquirieron para el proyecto quedarían obsoletas como son las interfaces y los Arduinos. Si bien puede llegar a ser una opción no es la más viable tomando en cuenta la situación actual del recorrido.

Sumadas a las limitaciones propias de la aplicación que queremos realizar tenemos otras propias de estos dispositivos, como es que presenta mayor dificultad para la interconexión con distintos dispositivos como los sensores, se necesita por lo general la instalación de bibliotecas o *software*. Además, la Raspberry es lenta en algunas aplicaciones, cuando se quiere ejecutar varios programas a la vez su limitada RAM de un 1 GB no lo permite, dejando un pequeño margen de maniobra como un ordenador de sobremesa. Por todas estas razones pese a ser un dispositivo bastante completo, versátil, compacto y económico no presenta una solución viable y eficiente.

5.2.4. Limitaciones y desventajas del sistema de voltaje constante

El sistema de voltaje constante consiste en disminuir la pérdida de potencia en distintas líneas de energía que atraviesan grandes distancias, esto se logra al elevar el voltaje y disminuir la corriente, pero siempre tomando en cuenta que lo que se busca distribuir es potencia. (Bohn,1997). Esta propiedad que caracteriza al sistema puede ser de gran beneficio dependiendo de las necesidades de la instalación de audio. En el caso particular del recorrido tomando en cuenta las características y especificaciones del mismo se pudo ver que no se acopla a las necesidades. A continuación, se describen las razones por las cuales no es beneficioso su uso en este caso y algunas desventajas que presenta ante otro tipo de sistema.

Este se caracteriza por permitir conectar altavoces a considerables distancias del amplificador, por lo cual es recomendado usarlo para sistemas de sonido que necesitan cubrir de manera uniforme áreas que posean una gran extensión. Este no es el caso del recorrido, las distancias de las que están los altavoces de la estación central donde se distribuye todo el audio son relativamente pequeñas y no existen pérdidas significativas de señal por la distancia y la resistencia del cable.

El sistema es bastante beneficioso cuando se va reproducir la misma señal en varios altavoces ya que este nos permite conectar cientos de cajas en paralelo, utilizando así un solo amplificador. Por lo contrario, en el recorrido la señal que va a cada altavoz es distinta a excepción de la transición 2 y estación 4, por lo que esta destacada característica del sistema no trae ningún beneficio al diseño del sistema de audio del recorrido.

Además, este tipo de sistema con voltaje constante puede ser costoso, puesto que necesita para su funcionamiento un transformador elevador a la salida del amplificador o un amplificador que ya posea esta función y un transformador reductor en la entrada de cada altavoz. Sí se analiza la cadena electroacústica utilizada en el recorrido no representa invertir en equipos con estas características debido a que el costo del sistema actual no excede al de un sistema de voltaje constante, aunque en este se abarate costos ya que se utiliza un cableado más delgado.

Sumado a estas limitaciones que se representan por las características propias del sistema de audio del recorrido, se aumentan las desventajas del sistema de voltaje constante como tal. Entre estas tenemos, que la respuesta en frecuencia entregada por los transformadores es limitada e inclusive se modifica reforzando los graves, se pueden saturar los transformadores generando distorsión armónica, nos entrega menos calidad sonora y existen pérdidas tanto en los transformadores de entrada como en los de salida.

Para la implementación del recorrido se adquirió un sistema Bose que contaba con 6 altavoces y dos amplificadores los cuales están diseñados para ser ocupados en sistemas que ocupen el voltaje constante. Se decidió no ocuparlos

dentro del diseño electroacústico justamente por las razones que ya se expusieron en los párrafos anteriores, además que se prefirió mantener una uniformidad con respecto a los altavoces que se utilizarían dentro del recorrido.

5.3 Manual de implementación de la instalación sonora Uyuay

Una de las principales características del recorrido es que este sea itinerante, es decir que se pueda armar, desarmar y transportar fácilmente, por lo que es indispensable que exista un manual. En dicho manual se explica cómo montar toda la instalación sonora con los cambios ya antes propuestos, la cadena electroacústica, la disposición de los equipos, las conexiones, los circuitos y la configuración necesaria del ordenador para que todo funcione correctamente. Para que así cualquier persona con conocimientos básicos sobre audio, electrónica y programación lo pueda armar. Además, se dejará disponible todo el material necesario para el funcionamiento del recorrido. Este documento se lo encontrará en el Anexo 7.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

La evaluación de la primera implementación sonora del recorrido interactivo “Uyuay” nos lleva a concluir que este tipo de proyectos tienen un gran futuro en el país ya que genera un impacto importante en los participantes especialmente en los niños que tienen algún tipo de discapacidad visual. Por fin pueden vivir una experiencia que se acomode a sus necesidades en un lugar lúdico-cultural y al mismo tiempo aprender sobre la historia de sus antepasados y el cuidado del medio ambiente.

El análisis realizado a los elementos que conforman la instalación sonora nos entregó que principalmente se obtuvo problemas en la narración y en los audios. Mientras que en la cadena electroacústica no se tuvo ningún inconveniente dentro de la implementación, cumplió sin problemas su función, pero no era eficiente, debido a que no se ocuparon toda la capacidad de los equipos. Por otro lado, en los sistemas interactivos el principal conflicto fue la transmisión de datos ya que se tenía pérdidas por la distancia, esto afectó principalmente en la estación 3 donde se encontraban los circuitos con los fines de carrera. Si bien se cumplió con el objetivo del recorrido y funcionó adecuadamente hay varios aspectos que se pueden mejorar para optimizar el diseño y obtener una mayor efectividad en la implementación de este espacio.

Partiendo de su desenvolvimiento en el recorrido y de todas las opciones que nos entregaron para realizar cambios y mejoras dentro de las instalaciones interactivas se concluye que tanto Arduino como Chuck son herramientas potentes con lo que respecta al audio interactivo. Nos entregan una diversidad de posibilidades, aparte de que son totalmente gratuitas lo que trae un beneficio importante con lo que respecta a la inversión necesaria para montar un espacio de este tipo.

El uso de la librería Protothreads para ejecutar todos los códigos que se encargan de interconectar los periféricos con la interface de entrada Arduino Mega2560 en un solo programa en Arduino, funcionó exitosamente logrando que el código ejecute varias acciones a la vez sin que exista ningún inconveniente o que se afecte el tiempo de respuesta. Esta solución es fácil de implementarla dentro de la programación y no presenta una inversión extra, más bien al permitir que todos los datos entregados por los distintos circuitos se puedan procesar en un solo código nos deja utilizar un solo Arduino que a su vez facilita el uso de una sola computadora. Por consiguiente, nos permitirá ocupar menos equipos al igual que se necesitará menos personal que se encargue del funcionamiento del recorrido.

Con las mejoras planteadas en el diseño de los sistemas interactivos, se pudo generar un cambio significativo en la cadena electroacústica del recorrido, el cual se refleja claramente en el nuevo diseño planteado que utiliza menos recursos y permite generar una sola estación de control donde se puede manejar todo lo que respecta a la instalación sonora. Se eliminó el uso de dos Arduinos, tres computadoras y dos interfaces lo que no solo trae un beneficio con respecto al uso de recursos materiales y humanos, sino que ahora es más fácil de transportar la instalación sonora a un determinado lugar y se disminuye el tiempo que toma implementarlo en un espacio.

Intercambiar los audífonos por un sistema de audio estéreo o uno de sonido envolvente 5.1 representa una mejora significativa con lo que respecta a confort y bienestar de los niños, conservando al mismo tiempo el sonido inmersivo. Así los infantes podrán escuchar la historia en la estación 1 y 2 sin ser incomodados haciendo que tengan una experiencia más placentera dentro del recorrido.

Añadir botones resulta una opción viable para mejorar el diseño del recorrido por que permite automatizar la reproducción de todos los audios. Esta adición otorga mayor facilidad y accesibilidad en el funcionamiento, haciendo que cada vez sea más autónomo el recorrido. Esta opción se efectúa gracias a la utilización de un circuito, sumado a programación en Arduino y en Chuck permitiéndonos

prescindir de la utilización de la DAW Ableton Live 10 dejando que todo funcione solamente con *software* de libre acceso.

Se otorgó una solución para todos los problemas encontrados en el análisis de la implementación y en las encuestas, las mismas que fueron añadidas en un documento interactivo de fácil comprensión. Este documento, no es más que un manual de implementación de la instalación sonora donde se explica claramente los pasos a seguir para realizar el montaje de todas las partes que conforman el recorrido, tomando en cuenta ya todas estas modificaciones y mejoras. Dentro del contenido tenemos información imprescindible para el montaje como lo son los diagramas de conexión, la disposición de los altavoces, los códigos de Chuck y Arduino. Principalmente, lo que se busca con el manual es que otros estudiantes puedan montar el recorrido fácilmente entregándole al proyecto repetitividad y continuidad.

Mediante el análisis de las encuestas realizadas a 37 participantes del proyecto, se obtiene como resultado que al cien por ciento de los encuestados les gustó el recorrido interactivo, sin que existiera alguna distinción por la edad o grado de discapacidad visual del infante. En la evaluación del resto de las preguntas realizadas a los encuestados se repitió un comportamiento, a los infantes les llamaba más la atención los espacios de interacción directa con los elementos del recorrido usando el sentido de la audición y del tacto al mismo tiempo. Añadiendo a esto se obtuvo que todos los participantes deseaban que existan más espacios de esta índole. Por todo lo expuesto, se concluye que el impacto del recorrido interactivo “Uyuay” según las encuestas sobre los niños fue positivo.

6.2 Recomendaciones

En base a los resultados positivos obtenidos en las encuestas, se recomienda crear más lugares de carácter lúdico – cultural interactivos que sean inclusivos y permitan a los niños aprender sin importar sus capacidades. Estos espacios deben interactuar directamente con los partícipes, logrando que tanto el sentido del tacto como el de la audición se vean involucrados.

Se sugiere para posteriores implementaciones del recorrido que los circuitos eléctricos utilizados para el funcionamiento de los espacios interactivos se los elaboren en placas de circuito impreso, esto ayudará a que sea más fácil y seguro el montaje del recorrido. Además, se facilita el transporte de los circuitos ya que no se deberá preocupar de que se desconecte algún elemento. Este cambio beneficiará al montaje del recorrido facilitando que sea itinerante, rasgo que caracteriza al proyecto.

Para obtener mejores resultados primordialmente con la estación 1 y 2 se recomienda volver a grabar los audios implementando la propuesta de narración, con este cambio se asegurará que el mensaje que se quiere transmitir llegue de manera más clara y fácil a los niños. Además, al momento de realizar la mezcla se debe tomar en cuenta que para las estaciones 1 y 2 se debe tener dos mezclas distintas. Estas deben de acoplarse a las características tanto de un sistema de audio estéreo como la de sonido envolvente 5.1, permitiendo versatilidad y adaptabilidad en el diseño electroacústico, para que a pesar de las circunstancias se logre un sonido envolvente con el sistema que se vaya implementar.

Con lo que respecta a la transmisión de información se recomienda crear una red punto a multipunto, donde todos los sistemas interactivos del recorrido reciban y envíen los datos mediante módulos Xbee. Implementando esta opción se eliminará la existencia de cables haciendo que sea más fácil el montaje de los espacios interactivos, se tendrá mayor flexibilidad al momento de determinar el lugar donde se encontrará la estación de control e igualmente con la distribución de las estaciones y transiciones.

Referencias

- Alcívar, D., & Arteaga, H. (2018). Discapacidad: Un reto para la inclusión participativa y la igualdad. *Dialnet.Unirioja.Es*. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6255068>
- Arduino. (2019). *Introduction - What is Arduino?*. Recuperado el 9 de abril de 2019 de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Bohn, D. (1997). *Constant-Voltage Audio Distribution Systems: 25, 70.7 & 100 Volts*. Rane Corporation. Recuperado el 20 de mayo de 2019 de https://pearl-hifi.com/06_Lit_Archive/15_Mfrs_Publications/Rane_Notes/Fundamentals/Constant_Voltage_Audio_Distribution_Systems.pdf
- Cytron Technologies. (2013). *Product User's Manual-HC-SR04 Ultrasonic Sensor Index*. Recuperado el 4 de abril de 2019 de [http://web.eece.maine.edu/~zhu/book/lab/HC-SR04 User Manual.pdf](http://web.eece.maine.edu/~zhu/book/lab/HC-SR04%20User%20Manual.pdf)
- Digi Internacional Inc. (2018). *XBee®/XBee-PRO S2C Zigbee® RF Module User Guide*. Recuperado el 15 de mayo de 2019 de <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90002002.pdf>
- Golden, T., & Walsh, L. (2013). *Play For All at Chicago Children's Museum: A History and Overview*. *Curator: The Museum Journal*, 56(3), 337–347. Recuperado el 30 de marzo de 2019 <https://doi.org/10.1111/cura.12032>
- Gouveia, D. (2013). *Getting started with c++ audio programming for game development*. Recuperado el 6 de abril de 2019 de <https://ebookcentral.proquest.com>
- LaBelle, B. (2015). *Background noise : perspectives on sound art*. Bloomsbury Publishing USA.
- Neset, A. H. (2013). *Expressway to Yr Cochlea*. *Soundings: A Contemporary Score*, 16-19.
- Nussey, J. (2013). *Arduino for Dummies*, John Wiley & Sons. ProQuest Ebook

- Central. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/udlap/detail.action?docID=1183913>.
- Roginska, A., & Geluso, P. (2017). *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-channel Audio*. Taylor & Francis.
- Sánchez, J., Sáenz, M., & Garrido, J. (2010). *Usability of a multimodal video game to improve navigation skills for blind children*. *DI.Acm.Org*. Recuperado el 6 de abril de 2019 de <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1857924>
- Sato, M., Poupyrev, I., & Harrison, C. (2012). *Touché: Enhancing touch interaction on humans, screens, liquids, and everyday objects*. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 483-492). Recuperado el 9 de abril de 2019 de <https://doi.org/10.1145/2207676.2207743>
- Sobel, D., & Legare, C. (2014). Causal learning in children. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 5(4), 413–427. Recuperado de 1 de abril de 2019 de <https://doi.org/10.1002/wcs.1291>
- Spiegel, M., S & Stephens, L. (2009). *Estadística*, México: México, D.F. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A
- Upton, E., & Halfacree, G. (2016). *Raspberry pi user guide*. Recuperado el 23 de mayo de 2019 de: <https://ebookcentral.proquest.com>
- Wang, G., Cook, P. R., & Salazar, S. (2015). Chuck: A Strongly Timed Computer Music Language. *Computer Music Journal*, 39(4), 10–29. Recuperado el 17 de abril de 2019 de: https://doi.org/10.1162/COMJ_a_00324

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de encuesta

Recorrido interactivo "Uyuay"

Questions marked with a * are required

100%

* ¿Eres niño o niña?

- Niño
 Niña

* ¿Cuántos años tienes?

años

* ¿Te gustó el recorrido interactivo?



Me gusto



No me gusto

¿Cuál fue tu estación favorita?

- Estación 1** : Escuchaste la historia sobre el abandono del Gran Inti.
- Estación 2**: Escuchaste la historia sobre el enojo del volcán Pichincha.
- Estación 3** :Escogiste unos bloques del suelo para insertarlos en su respectiva forma y recomponer el mural.
- Estación 4**: Disfrutaste de una fiesta donde pudiste bailar y vivir la música

¿Cuál fue la estación que menos te gustó?

- Estación 1** : Escuchaste la historia sobre el abandono del Gran Inti.
- Estación 2**: Escuchaste la historia sobre el enojo del volcán Pichincha.
- Estación 3** :Escogiste unos bloques del suelo para insertarlos en su respectiva forma y recomponer el mural.
- Estación 4**: Disfrutaste de una fiesta donde pudiste bailar y vivir la música

* ¿Cómo te sentiste en el museo?



Decepcionado



Mal



Aburrido



Feliz



Muy divertido

* ¿Cuánto te gustaron los elementos del recorrido?

Música de ambiente ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

Las historias ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

Juegos interactivos ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

* ¿Cuál fue tu parte preferida del recorrido?

- Transición 1**
Escuchaste un ambiente de naturaleza, de campo libre mientras caminabas a la siguiente estación.
- Estación 1**
Te pusiste los audífonos y escuchaste la historia sobre el abandono del Gran Inti.
- Transición 2**
Interactuaste con un estanque donde cada vez que tocabas el agua escuchabas sonidos de lluvia, truenos, vientos, etc.
- Estación 2**
Te pusiste de nuevo los audífonos, escuchaste la historia sobre el enojo del volcán Pichincha.
- Transición 3**
Atravesaste un túnel mientras escuchabas un ambiente tranquilo.
- Estación 3**
Recogiste unos bloques del suelo para insertarlos en su respectiva forma y recomponer el mural. Mientras ponías sonaban distintas composiciones musicales.
- Estación 4**
Disfrutaste de una fiesta donde pudiste tocar instrumentos y sentir la música.

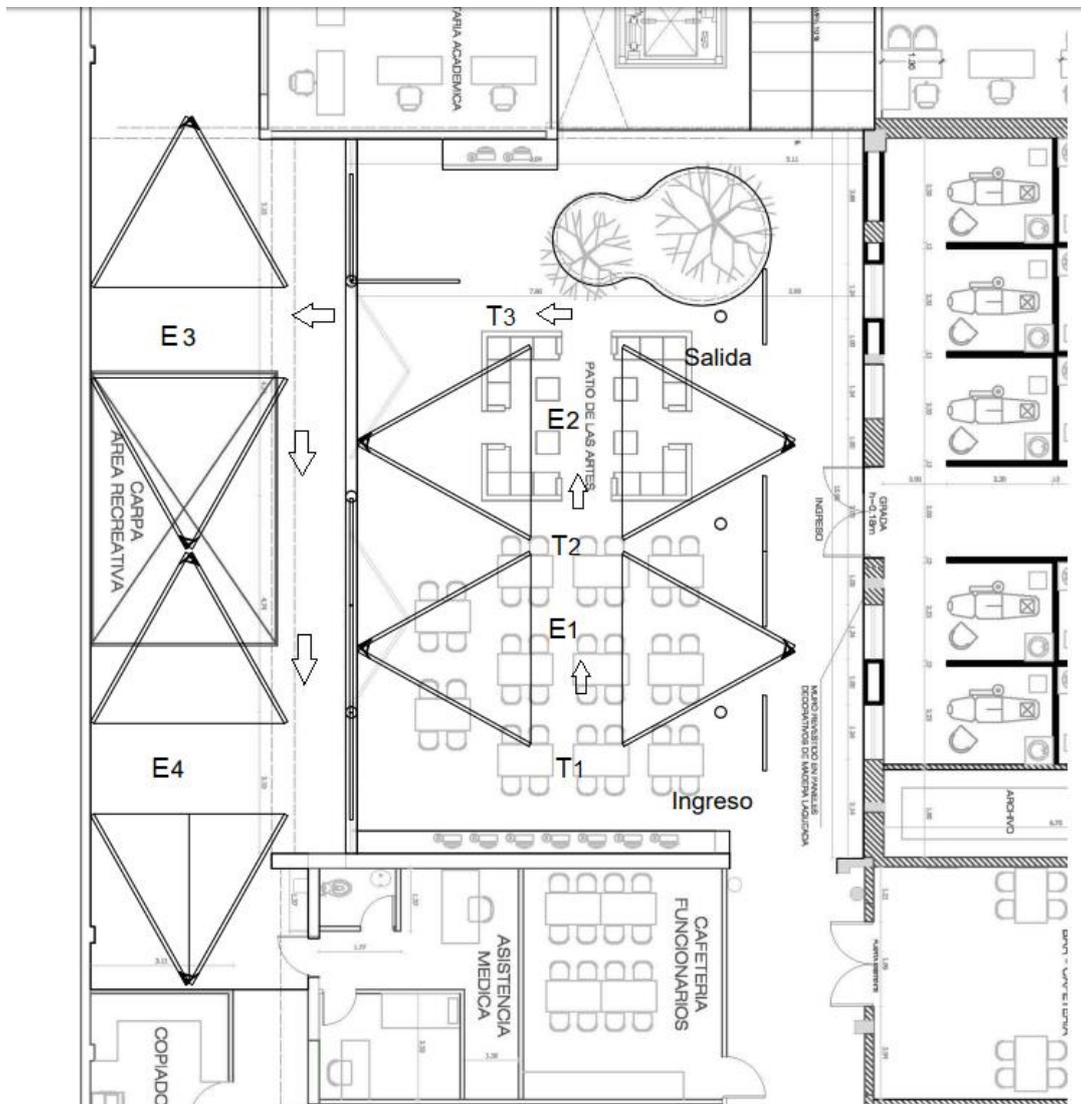
* ¿Cómo estuvo tu visita al recorrido?



* ¿Te gustaría que haya más recorridos así?

- Si
- No

Anexo 2. Planos arquitectónicos



Anexo 3. Historia “Así nació Quito”

Hola niños y niñas mi nombre es “Khuyana” y les voy contar una historia sobre mi pueblo. Pero antes les voy a explicar algunas palabras importantes para que puedan entender de lo que les voy hablar. Lo primero que deben saber es sobre la provincia de Pichincha que es parte de nuestro país Ecuador. Está se encuentra rodeada de muchos volcanes, entre ellos tenemos el volcán Pichincha. ¿Y saben qué es un volcán? Bueno, si no sabes te lo voy a explicar y si ya lo sabes te lo voy a recordar. Un volcán es una montaña muy grande de la que sale el magma, que son rocas del interior de la tierra que están derretidas y muy calientes. Lo siguiente que deben conocer es sobre los Quitus. ¿Alguien sabe qué son los Quitus? Entonces yo les voy a decir, los Quitus eran personas que hace mucho tiempo atrás vivían en la provincia de Pichincha, ellos vivieron durante casi mil años cerca del volcán Pichincha. Y ellos creían en el Gran Inti que es el Dios del sol. Ahora sí, les voy a contar la historia, pero antes debemos hacer silencio y prestar mucha atención.

Hace mucho tiempo atrás, nuestros antepasados, los Quitus, que habitaban estas mismas tierras, lamentablemente comenzaron a maltratar la naturaleza, cazando animales y destruyendo los bosques sin control. Como castigo, el Gran Inti, decidió alejarse y el cielo de la pena, comenzó a llorar y a llorar. Fue así como las lluvias comenzaron a inundar todo, cubriendo todos los campos y valles. El gran Inti estaba tan triste y enojado que hizo esto para sanar la tierra de todas las cosas malas que estaban pasando. Un espíritu del campo al ver la gran lluvia que comenzaba a caer se acercó a uno de los jefes de la tribu de los Quitus y le dijo algo al oído:

Presta atención, es muy importante que ustedes sepan que la única salvación que podría tener todo su pueblo es huir y protegerse en las alturas del volcán Pichincha. Una vez allí deben ser responsables y respetuosos con la naturaleza, porque si no el propio volcán los castigara. Todos los habitantes tomaron lo que tenían y se fueron hacia el Pichincha para mantener sus vidas a salvo.

La gran lluvia no llegó hacia las altas montañas y todo parecía volver a la normalidad, pero, los habitantes se olvidaron del pasado y volvieron a destruir la naturaleza, contaminando las aguas, quemando los árboles y cazando sin control a los animales del bosque. El Pichincha que es un poderoso volcán, enfurecido por las acciones de los Quitus, comenzó a lanzar magma que estaba lleno de enormes rocas, ceniza y lava. Los Quitus desesperados intentaron escapar, pero solo los que tuvieron nobleza y gratitud hacia la naturaleza o pachamama como ellos les decían, lograron huir. Entonces, el gran Inti les dijo a los Quitus que se lograron salvar:

Escuchen todos con mucha atención, ustedes han sido los únicos que han logrado escapar de mi ira, ustedes son las únicas personas elegidas para volver a construir la ciudad, háganlo con responsabilidad, propaguen la paz, amen el lugar donde viven, y, sobre todo, respetemos la naturaleza.

El Dios Inti despejó las nubes y mostró el rostro a su pueblo, rayos de sol golpearon las caras de mujeres, hombres y niños... Devolviendo la vida a la tierra.

Anexo 4. Guion técnico - literario “Recorrido interactivo Uyuay”

Guion técnico y literario “Recorrido interactivo Uyuay”			
Estación o transición	Descripción	Narrador	Diálogo
E0	Zona de espera. Entrega de antifaces e indicaciones generales para los participantes.	Voz masculina grave	Bienvenidos a una experiencia inolvidable que consta de 4 estaciones, en donde se contará la historia que vivieron nuestros antepasados. En cada estación podremos interactuar así que presten mucha atención y disfruten mucho del recorrido.

			(Misterio y amabilidad)
T1	Ambiente de naturaleza, campo libre. Carácter agradable y distendido.		
E1 “El abandono del Gran Inti”.	Reproducción de la primera parte de la narración.	Voz femenina. Voz masculina de sabiduría.	<p>Hola niños y niñas mi nombre es “Khuyana” y les voy a contar una historia sobre mi pueblo. Pero antes les voy a explicar algunas palabras importantes para que puedan entender de lo que les voy a hablar.</p> <p>Lo primero que deben saber es sobre la provincia de Pichincha que es parte de nuestro país Ecuador. Está se encuentra rodeada de muchos volcanes, entre ellos tenemos el volcán Pichincha. ¿Y saben qué es un volcán?</p> <p>(Silencio para esperar que respondan)</p> <p>Bueno, si no sabes te lo voy a explicar y si ya lo sabes te lo voy a recordar. Un volcán es una montaña muuuy grande de la que sale el magma, que son rocas del</p>

interior de la tierra que están derretidas y muy calientes.

Lo siguiente que deben conocer es sobre los Quitus. ¿Alguien sabe qué son los Quitus?

(Silencio para esperar que respondan).

Entonces yo les voy a decir, los Quitus eran personas que hace mucho tiempo atrás vivían en la provincia de Pichincha, ellos vivieron durante casi mil años cerca del volcán Pichincha. Y ellos creían en el Gran Inti que es el Dios del sol.

Ahora sí, les voy a contar la historia, pero antes debemos hacer silencio y prestar mucha atención.

Hace mucho tiempo atrás, nuestros antepasados, los Quitus, que habitaban estas mismas tierras.

Cuenta la leyenda que, lamentablemente, muchos de ellos comenzaron a maltratar la naturaleza, cazando animales y destruyendo los bosques sin control. Como castigo, el Gran Inti, decidió alejarse y el cielo de

la pena, comenzó a llorar y a llorar. Fue así como las lluvias comenzaron a inundar todo, cubriendo todos los campos y valles. El gran Inti estaba tan triste y enojado que hizo esto para sanar la tierra de todas las cosas malas que estaban pasando.

Un espíritu del campo al ver la gran lluvia que comenzaba a caer se acercó a uno de los jefes de la tribu de los Quitus y le dijo algo al oído:

Presta atención, es muy importante que ustedes sepan que la única salvación que podría tener todo su pueblo es huir y protegerse en las alturas del volcán Pichincha.

Una vez allí deben ser responsables y respetuosos con la naturaleza, porque si no el propio volcán los castigara. (Susurró).

Todos los habitantes tomaron lo que tenían y se fueron hacia el Pichincha para mantener sus vidas a salvo.

<p style="text-align: center;">T2</p>	<p>En estanques diseñados para la interacción directa con agua se disparan efectos de sonido mediante los circuitos basados en Arduino. Los participantes recorren el primer tramo de la transición interactuando con los estanques y terminan en la siguiente estación.</p>		
<p style="text-align: center;">E2 “El estadillo del Pichincha”</p>	<p>En esta estación se escuchará la continuación de la historia. Se cuenta que los Quitus vuelven a asentarse para retomar su vida, pero siguen maltratando a su entorno natural y</p>	<p>Voz femenina. Voz masculina.</p>	<p>La gran lluvia no llego hacia las altas montañas y todo parecía volver a la normalidad, pero, los habitantes se olvidaron del pasado y volvieron a destruir la naturaleza, contaminando las aguas, quemando los árboles y cazando sin control a los animales del bosque.</p>

terminan enfureciendo al volcán Pichincha.

(Actuar con entonación fuerte indignación).

El Pichincha que es un poderoso volcán, enfurecido por las acciones de los Quitus, comenzó a lanzar magma que estaba lleno de enormes rocas, ceniza y lava.

(Enfurecido) (Pausa para que se note, el ambiente).

Los Quitus desesperados intentaron escapar, pero solo los que tuvieron nobleza y gratitud hacia la naturaleza o pachamama como ellos les decían, lograron huir.

Entonces, el gran Inti les dijo a los Quitus que se lograron salvar:

Escuchen todos con mucha atención, ustedes han sido los únicos que han logrado escapar de mi ira, ustedes son las únicas personas elegidas para volver a construir la ciudad, háganlo con responsabilidad, propaguen la paz, amen el lugar donde viven, y, sobre todo, respetemos la naturaleza.

<p style="text-align: center;">T3</p>	<p>Al dejar la estación 2, los participantes al tratar de avanzar en su camino van activando diferentes sensores que disparan sonidos de truenos y rayos.</p> <p>Los participantes nuevamente escapan de la ira del volcán.</p> <p>Sólo las personas con buen corazón podrán llegar hasta su salida e iniciar el proceso de reconstrucción de la ciudad. Ahora sí, con actitud pacífica y respeta.</p>		
<p style="text-align: center;">E3 “La reconstrucción”</p>	<p>Los participantes han de reconstruir la</p>	<p>Voz femenina</p>	<p>El Dios inti despejó las nubes y mostró el rostro a su pueblo, rayos de sol golpearon las caras</p>

ciudad. Para ello juegan a recomponer un mural a partir de bloques que recogen del suelo e insertar en los huecos que coincidan con su forma.

A medida que lo van logrando, la composición musical que se va incorporando nuevas pistas que van anunciando el progreso. Se parte de una base rítmica en la que predominan sonidos graves y se van incorporando complementos rítmicos.

Al finalizar el mural suena una voz que anuncia el comienzo

de mujeres, hombres y niños...
Devolviendo la vida a la tierra.

(Con felicidad y mucha esperanza)

	mientras sigue sonando la composición.		
E4 “La Celebración”	Suena música andina con tono feliz, los niños pueden utilizar los distintos instrumentos para interactuar con la música mientras bailan y disfrutan del ambiente festivo.		

Anexo 5. Programación Chuck

Estación 1, 2, 4 y transición 1

```
// Reproduccion del audio atraves de botón

// Transicion 1 - Estacion 0, Estacion 1, Estacion 2, Estacion 4

    //Asignacion de las variables a las salidas de audio //
//Configuracion Stereo T1
SndBuf transicion1L => dac.chan(1); //Asignacion de canal de la interface
SndBuf transicion1R => dac.chan(2);

//Configuracion Stereo E1
SndBuf estacion1L => dac.chan(3);
SndBuf estacion1R => dac.chan(4);

//Configuracion 5.1 E1
//SndBuf estacion1FL => dac.chan(3);
//SndBuf estacion1FR => dac.chan(4);
//SndBuf estacion1CNT => dac.chan(5);
//SndBuf estacion1SL => dac.chan(6);
//SndBuf estacion1SR => dac.chan(7);
//SndBuf estacion1SW => dac.chan(8);

//Configuracion Stereo E2
SndBuf estacion2L => dac.chan(11);
SndBuf estacion2R => dac.chan(12);

//Configuracion 5.1 E2
//SndBuf estacion2FL => dac.chan(11);
//SndBuf estacion2FR => dac.chan(12);
//SndBuf estacion2CNT => dac.chan(13);
//SndBuf estacion2SL => dac.chan(14);
//SndBuf estacion2SR => dac.chan(15);
//SndBuf estacion2SW => dac.chan(16);

//Configuracion E4
SndBuf estacion4 => dac.chan(20);
```

```
//Lectura audios//

//Configuracion Stereo T1
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/transicion01L.wav" => transicion1L.read;
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/transicion01R.wav" => transicion1R.read;

//Configuracion Stereo E1
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01L.wav" => estacion1L.read;
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01R.wav" => estacion1R.read;

//Configuracion 5.1 E1
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01FL.wav" => estacion1FL.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01FR.wav" => estacion1FR.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01CNT.wav" => estacion1CNT.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01SL.wav" => estacion1SL.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01SR.wav" => estacion1SR.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion01SW.wav" => estacion1SW.read;

//Configuracion Stereo E2
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02L.wav" => estacion2L.read;
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02R.wav" => estacion2R.read;

//Configuracion 5.1 E2
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02FL.wav" => estacion2FL.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02FR.wav" => estacion2FR.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02CNT.wav" => estacion2CNT.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02SL.wav" => estacion2SL.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02SR.wav" => estacion2SR.read;
//me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion02SW.wav" => estacion2SW.read;

//Configuracion E4
me.dir() + "AudiosT1E1E2E4/estacion04.wav" => estacion4.read;
```

```
        //Inicializa los audios//
//Configuracion Stereo T1
transicionL.samples() => transicionL.pos;
transicionR.samples() => transicionR.pos;

//Configuracion Stereo E1
estacionL.samples() => estacionL.pos;
estacionR.samples() => estacionR.pos;

//Configuracion 5.1 E1
//estacion1FL.samples() => estacion1FL.pos;
//estacion1FR.samples() => estacion1FR.pos;
//estacion1CNT.samples() => estacion1CNT.pos;
//estacion1SL.samples() => estacion1SL.pos;
//estacion1SR.samples() => estacion1SR.pos;
//estacion1SW.samples() => estacion1SW.pos;

//Configuracion Stereo E2
estacion2L.samples() => estacion2L.pos;
estacion2R.samples() => estacion2R.pos;

//Configuracion 5.1 E2
//estacion2FL.samples() => estacion2FL.pos;
//estacion2FR.samples() => estacion2FR.pos;
//estacion2CNT.samples() => estacion2CNT.pos;
//estacion2SL.samples() => estacion2SL.pos;
//estacion2SR.samples() => estacion2SR.pos;
//estacion2SW.samples() => estacion2SW.pos;

//Configuracion Stereo E4
estacion4.samples() => estacion4.pos;
```

```

//Conexion con Arduino

SerialIO.list() @=> string list[];
for(int i; i < list.cap(); i++)

{
    chout <= i <= ": " <= list[i] <= IO.newline();
}

0 => int device;
if(me.args()) me.arg(0) => Std.atoi => device;

if(device >= list.cap())

{
    cherr <= "serial device #" <= device <= " not available\n";
    me.exit();
}

SerialIO cereal;

if(!cereal.open(0, SerialIO.B9600, SerialIO.ASCII))
    //cambiar la primera condición
    //dependiendo del puerto en el que se el Arduino

{
    chout <= "unable to open serial device '" <= list[device] <= "'\n";
    me.exit();
}

```

```

//reproduce los audios si se aplasta el botUn
while (true)
{
    cereal.onLine() => now;
    cereal.getLine() => string line;

    if(line$Object != null) {

        chout <= "read line: " <= line <= IO.newline();
        StringTokenizer tok;
        tok.set(line);
        Std.atoi(tok.next()) => int pos;

        //Reproduce los audios

        //Configuracion Stereo T1
        if (pos == 4001 ) { 0 => transicion1L.pos; 0 => transicion1R.pos;}
        //Configuracion Stereo E1
        if (pos == 4003 ) { 0 => estacion1L.pos; 0 => estacion1R.pos;}
        //Configuracion 5.1 E1
        //if (pos == 4003 ) { 0 => estacion1FL.pos; 0 => estacion1FR.pos;
        //                    0 => estacion1CNT.pos; 0 => estacion1SL.pos;
        //                    0 => estacion1SR.pos;0 => estacion1SW.pos;}
        //Configuracion Stereo E2
        if (pos == 4005 ) { 0 => estacion2L.pos; 0 => estacion2R.pos;}
        //Configuracion 5.1 E2
        //if (pos == 4005 ) { 0 => estacion2FL.pos; 0 => estacion2FR.pos;
        //                    0 => estacion2CNT.pos; 0 => estacion2SL.pos;
        //                    0 => estacion2SR.pos;0 => estacion2SW.pos;}
        //Configuracion E4
        if (pos == 4007 ) { 0 => estacion4.pos;}

    }
}

```

Estación 3

```
//Estacion3 - rompecabezas

//Conexion con Arduino

SerialIO.list() @=> string list[];

for(int i; i < list.cap(); i++)

{
    chout <= i <= ": " <= list[i] <= IO.newline();
}

0 => int device;

if(me.args()) me.arg(0) => Std.atoi => device;

if(device >= list.cap())

{
    cherr <= "serial device #" <= device <= " not available\n";
    me.exit();
}

SerialIO cereal;

if(!cereal.open(0, SerialIO.B9600, SerialIO.ASCII))
//cambiar la primera condiciUn dependiendo del puerto en el que se el Arduino

{
    chout <= "unable to open serial device '" <= list[device] <= "'\n";
    me.exit();
}

//AsignaciUn de las variables a las salidas de audio

SndBuf pista1 => dac.chan(19);
SndBuf pista2 => dac.chan(19);
SndBuf pista3 => dac.chan(19);
SndBuf pista4 => dac.chan(20);
SndBuf pista5 => dac.chan(20);
SndBuf pista6 => dac.chan(20);
SndBuf pista7 => dac.chan(19);
SndBuf pista8 => dac.chan(19);
SndBuf pista9 => dac.chan(19);
SndBuf pista10 => dac.chan(20);
SndBuf pista11 => dac.chan(20);
SndBuf pista12 => dac.chan(20);
SndBuf finalE3L => dac.chan(19);
SndBuf finalE3R => dac.chan(20);
```

```
//Lectura audios
```

```
me.dir() + "AudiosE3/capa1E3.wav" => pista1.read;  
pista1.samples()=>pista1.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa2E3.wav" => pista2.read;  
pista2.samples()=>pista2.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa3E3.wav" => pista3.read;  
pista3.samples()=>pista3.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa4E3.wav" => pista4.read;  
pista4.samples()=>pista4.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa5E3.wav" => pista5.read;  
pista5.samples()=>pista5.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa6E3.wav" => pista6.read;  
pista6.samples()=>pista6.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa7E3.wav" => pista7.read;  
pista7.samples()=>pista7.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa8E3.wav" => pista8.read;  
pista8.samples()=>pista8.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa9E3.wav" => pista9.read;  
pista9.samples()=>pista9.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa10E3.wav" => pista10.read;  
pista10.samples()=>pista10.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa11E3.wav" => pista11.read;  
pista11.samples()=>pista11.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/capa12E3.wav" => pista12.read;  
pista12.samples()=>pista12.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/AfinalE3L.wav" => finalE3L.read;  
finalE3L.samples()=>finalE3L.pos;  
me.dir() + "AudiosE3/AfinalE3R.wav" => finalE3R.read;  
finalE3R.samples()=>finalE3R.pos;
```

```
10:: ms => now;
```

```
//Silenciar audios
```

```
0=> pista1.gain;  
0=> pista2.gain;  
0=> pista3.gain;  
0=> pista4.gain;  
0=> pista5.gain;  
0=> pista6.gain;  
0=> pista7.gain;  
0=> pista8.gain;  
0=> pista9.gain;  
0=> pista10.gain;  
0=> pista11.gain;  
0=> pista12.gain;
```

```
0 => int f1;  
0 => int f2;  
0 => int f3;  
0 => int f4;  
0 => int f5;  
0 => int f6;  
0 => int f7;  
0 => int f8;  
0 => int f9;  
0 => int f10;  
0 => int f11;  
0 => int f12;
```

```
fun void muteo_on_off(){
```

```
//lectura de las datos entregados por Arduino
```

```
    while (true){
```

```
        cereal.onLine() => now;
```

```
        cereal.getLine() => string line;
```

```
        if(line$Object != null) {
```

```
            chout <= "read line: " <= line <= IO.newline();
```

```
            StringTokenizer tok;
```

```
            tok.set(line);
```

```
            Std.atoi(tok.next()) => int pos;
```

```
//Dependiendo los datos entregados en Arduino se sube la ganacia del audio
```

```
if(pos==3000){0.0=> pista1.gain;0 =>f1;}  
if(pos==3001){0.6=> pista1.gain; 1 =>f1;}  
if(pos==3002){0=> pista2.gain;0 =>f2;}  
if(pos==3003){0.6=> pista2.gain;1 => f2;}  
if(pos==3004){0=> pista3.gain;0 =>f3;}  
if(pos==3005){0.6=> pista3.gain;1 => f3;}  
if(pos==3006){0=> pista4.gain;0 =>f4;}  
if(pos==3007){0.6=> pista4.gain;1 => f4;}  
if(pos==3008){0=> pista5.gain;0 =>f5;}  
if(pos==3009){0.6=> pista5.gain;1 => f5;}  
if(pos==3010){0=> pista6.gain;0 =>f6;}  
if(pos==3011){0.6=> pista6.gain;1 => f6;}  
if(pos==3012){0=> pista7.gain;0 =>f7;}  
if(pos==3013){0.6=> pista7.gain;1 => f7;}  
if(pos==3014){0=> pista8.gain;0 =>f8;}  
if(pos==3015){0.6=> pista8.gain;1 => f8;}  
if(pos==3016){0=> pista9.gain;0 => f9;}  
if(pos==3017){0.6=> pista9.gain;1 => f9;}  
if(pos==3018){0=> pista10.gain;0 => f10;}  
if(pos==3019){0.6=> pista10.gain;1 => f10;}  
if(pos==3020){0=> pista11.gain;0 =>f11;}  
if(pos==3021){0.6=> pista11.gain;1 => f11;}  
if(pos==3022){0=> pista12.gain;0 =>f12;}  
if(pos==3023){0.6=> pista12.gain;1 => f12;}
```

```
}
```

```

//se completo el rompecabezas y suena la continuaciUn de la historia

if(f1==1 && f2==1 && f3==1 && f4==1 && f5==1 && f6==1
&& f7==1 && f8==1 && f9==1 && f10==1 && f11==1 && f12==1)
{
    0.3=> pista1.gain;
    0.3=> pista2.gain;
    0.3=> pista3.gain;
    0.3=> pista4.gain;
    0.3=> pista5.gain;
    0.3=> pista6.gain;
    0.3=> pista7.gain;
    0.3=> pista8.gain;
    0.3=> pista9.gain;
    0.3=> pista10.gain;
    0.3=> pista11.gain;
    0.3=> pista12.gain;
    0 => finalE3L.pos;
    0 => finalE3R.pos;
    finalE3L.samples():: samp => now;
    finalE3R.samples():: samp => now;

}

}

}

//rompe la funciUn

spork ~ muteo_on_off();

//inicializaciUn de los audios

while (true){

    0=> pista1.pos;
    0=> pista2.pos;
    0=> pista3.pos;
    0=> pista4.pos;
    0=> pista5.pos;
    0=> pista7.pos;
    0=> pista8.pos;
    0=> pista9.pos;
    0=> pista10.pos;
    0=> pista11.pos;
    0=> pista12.pos;

    pista1.samples():: samp => now;

}

```

Transición 2

```
// Transición 2 - Estanques de agua
//Conexión con Arduino

SerialIO.list() @=> string list[];

for(int i; i < list.cap(); i++)
{
    chout <= i <= ": " <= list[i] <= IO.newline();
}

0 => int device;
//cambiar el valor de la variable dependiendo del puerto en el que se el Arduino

if(me.args()) {
    me.arg(0) => Std.atoi => device;
}

if(device >= list.cap())
{
    cherr <= "serial device #" <= device <= " not available\n";
    me.exit();
}

SerialIO cereal;
if(!cereal.open(device, SerialIO.B9600, SerialIO.ASCII))
{
    chout <= "unable to open serial device '" <= list[device] <= "'\n";
    me.exit();
}
```

```

//ejecuta la class
Mug muggy;

//lectura de las datos entregados por Arduino

while(true)
{
    cereal.onLine() => now;
    cereal.getLine() => string line;
    if(line$Object != null) {
        //chout <= "line: " <= line <= IO.newline(); //estaba comentada
        StringTokenizer tok;
        tok.set(line);
        Std.atoi(tok.next()) => int pos;
        Std.atoi(tok.next()) => int val;
        muggy.play(pos);
    }
}

// clase que reproduce una frecuencia dependiendo de lo entregado por Arduino

class Mug {

    SinOsc c;
    ADSR env; //attack, Decay,Sustain, Release
    PRCRev reverb; //reveberacion de Chuck
    Gain g; //control de ganancia

    c => env => reverb => g => dac.chan(9);
    g.gain(0.3);
    env.set(10::ms, 200::ms, 0.5, 100::ms);
    0 => int lastVal;
}

```

```

//funcion que reproduce frecuencia

//los valores con los que se evalua val pueden variar
//dependiendo del estanque y la distancia del cable
fun void play(int val) {
  chout <= "Raw: " <= val <= " Scaled: ";
  if (val < 29) {
    env.keyOff(); //inicia el release para valores distintos de cero
  }
  else {
    // para frecuencias altas realiza una correcciUn
    if (val > 80 && val < 3000) {
      val - 40 => val;
    }
    // para otras frecuencias, se aOade un toco de retraso

    else if (29 <= val && val < 48) {
      (val * 2) + 0 => val;
    }
    else {
      val + 30 => val;
    }
    if (val != lastVal) {
      env.keyOff();
      10::ms => now;
      env.keyOn(); //inicia el attack para valores distintos de cero
    }
  }
  c.freq(Std.mtof(val)); //asigna al oscilador la frecuencia a reproducir
  val => lastVal;
  chout <= val <= IO.newline();
}
}
}

```

Transición 3

```
//Transición 3 - Conexión sensores
//Asignación de las variables a las salidas de audio

SndBuf sensor01 => dac.chan(17);
SndBuf sensor02 => dac.chan(18);

//Lectura audios
me.dir() + "AudiosT3/Efecto1T3oso.wav" => sensor01.read;
me.dir() + "AudiosT3/Efecto2T3trueno.wav" => sensor02.read;

//inicializa los audios
sensor01.samples() => sensor01.pos;
sensor02.samples() => sensor02.pos;

//conexión con Arduino

SerialIO.list() @=> string list[];

for(int i; i < list.cap(); i++)
{
    cout << i << ": " << list[i] << IO.newline();
}

0 => int device;

if(me.args() me.arg(0) => Std.atoi => device;

SerialIO cereal;
cereal.open(0, SerialIO.B9600, SerialIO.ASCII);
//cambiar la primera condición dependiendo del puerto en el que se el Arduino
```

```

//lectura de las datos entregados por Arduino
while(true)
{
  cereal.onLine() => now;
  cereal.getLine() => string line;

  if(line$Object != null) {

    chout <= "read line: " <= line <= IO.newline();
    StringTokenizer tok;
    tok.set(line);
    Std.atoi(tok.next()) => int pos;

    //evualacion del sensor 1 para reproducir el audio

    if (pos > 5000 && pos< 5030 ) { //se puede variar la distancia cm

      0 => sensor01.pos;

    }

    //evualacion del sensor 2 para reproducir el audio
    if (pos > 6000 && pos<6030 ) {

      0 => sensor02.pos;

    }

  }

}

```

Link de descarga – Archivos .ck

<https://bit.ly/2wI7SCL>

Anexo 6. Programación de comunicación análogo-digital (Arduino)

```
//////////////////////////////////// Recorrido Uyuay //////////////////////////////////////

#include <pt.h> // Añadir la librería ProtoThreads
#include <NewPing.h> // Añadir la librería NewPing

////////////////////////////////////
// Transición 3 - sensores

#define SONAR_NUM 2 // Definir el # de sensores
#define MAX_DISTANCE 300 // Maxima distancia (cm).
#define PING_INTERVAL 66 // Milisegundos entre los pings del sensor (33ms mínimo para evitar eco).

unsigned long pingTimer[SONAR_NUM];
unsigned int cm[SONAR_NUM]; // Se almacena las distancias del ping
uint8_t currentSensor = 0; // Mira que sensor esta activo.

NewPing sonar[SONAR_NUM] = { // Sensor object array.
  NewPing(4, 5, MAX_DISTANCE), // Sensor trigger pin, echo pin y max distancia del ping.
  NewPing(6, 7, MAX_DISTANCE),
};

////////////////////////////////////
// Transición 2 - Aquadinos

#define aquadino 3 //número de aquadinos
#define stepsa 128
// crea las variables
float valuesa[stepsa];
float alphaa;
int maxPosa, maxVala;
int y = 0;

////////////////////////////////////
//Transición 1 - Estación 1,2,4 -- botón

const int botonT1 = 34; // El número del pin del botón T1-E0
const int botonE1 = 35; // El número del pin del botón E1
const int botonE2 = 36; // El número del pin del botón E2
const int botonE4 = 37; // El número del pin del botón E4
int botonStateT1, botonStateE1, botonStateE2, botonStateE4;

////////////////////////////////////
//Estacion 3

int capal, capa2, capa3, capa4, capa5, capa6, capa7, capa8, capa9, capal0, capall, capal2;
```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////

//crea los hilos de estructura

struct pt hilo1;
struct pt hilo2;
struct pt hilo3;
struct pt hilo4;

// inicia los hilos
void setup() {
  PT_INIT(&hilo1);
  PT_INIT(&hilo2);
  PT_INIT(&hilo3);
  PT_INIT(&hilo4);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  transicion3 (&hilo1);
  transicion2 (&hilo2);
  estacion3 (&hilo3);
  T1_E1_E2_E4 (&hilo4);
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////

//Transición 3
void transicion3(struct pt *pt){
  PT_BEGIN(pt);
  //Void setup(){
  static long p = 0;
  pingTimer[0] = millis() + 75;
  for (uint8_t i = 1; i < SONAR_NUM; i++) // Establece el tiempo de inicio de cada sensor
  pingTimer[i] = pingTimer[i - 1] + PING_INTERVAL;
  //}

  //void loop (){

  do {
    for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) { // Recorre todos los sensores.
      if (millis() >= pingTimer[i]) { // Ve si es el momento del sensor de hacer ping
        pingTimer[i] += PING_INTERVAL * SONAR_NUM; // Establece el tiempo en que se demora en hacer ping otra vez.
        if (i == 0 && currentSensor == SONAR_NUM - 1) oneSensorCycle(); // Sensor completa el ciclo
        sonar[currentSensor].timer_stop();
        currentSensor = i; // Accede a siguiente sensor
        cm[currentSensor] = 0; // Hace la distancia 0 en caso de no haber eco ping en el sensor
        sonar[currentSensor].ping_timer(echoCheck); // Hace el ping
      }
    }
  } while (true);
  p = millis (); //tiempo de ejecución actual
  PT_WAIT_WHILE(pt, (millis()-p)< 1000); // Esperar por un segundo equivalente a delay
  //}
  PT_END(pt);
}

```

```

void echoCheck() { //Si recibe ping, establezca la distancia del sensor a la matriz |
  if (sonar[currentSensor].check_timer())
    cm[currentSensor] = (sonar[currentSensor].ping_result / US_ROUNDTRIP_CM);
}

void oneSensorCycle() { // Sensor ping ciclo completo, se obtiene el resultado
  for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) {

    Serial.println(cm[i]+(i+5)*1000);

  }
}

////////////////////////////////////
//Transicion2

void transicion2(struct pt *pt){
  PT_BEGIN(pt);
  static long t = 0;

  //Void setup(){
  pinMode (11, OUTPUT);
  TCCR1A = 0; //Registro de control de contador de temporizador
  TCCR1B = 0;
  TCCR1A |= (1 << COM1A0);
  TCCR1B |= (1 << WGM12);
  //}

  //void loop (){
  do {
    for (y = 0; y < aquadino; y++){
      if (Serial.available()) {
        alfaa = (float)Serial.read() / 255.0f;
      }

      maxVala = 0;
      for (int m = 0; m < stepsa; m++) {
        TCCR1B &= 0xFE; // apaga el temporizador
        TCNT1 = 0; // restablece timer counter register
        OCR1A = m; // establece un nuevo paso de frecuencia
        TCCR1B |= 0x01; // enciende el temporizador
        float curVala = analogRead(y);
        valuesa[m] = valuesa[m] * alfaa + curVala * (1 - alfaa); // exponential moving avg
        if (valuesa[m] > maxVala) { // encuentra el pico de la señal
          maxVala = valuesa[m];
          maxPosa = m;
        }
      }
      Serial.print(maxPosa, DEC);
      Serial.print(" ");
      Serial.println(maxVala, DEC);
      t = millis (); //tiempo de ejecución actual
      PT_WAIT_WHILE(pt, (millis()-t)< 1000); // Esperar por un segundo equivalente a delay
    }
  }while(true);
  //}
  PT_END(pt);
}

```



```

Serial.println(capa1);
Serial.println(capa2);
Serial.println(capa3);
Serial.println(capa4);
Serial.println(capa5);
Serial.println(capa6);
Serial.println(capa7);
Serial.println(capa8);
Serial.println(capa9);
Serial.println(capa10);
Serial.println(capa11);
Serial.println(capa12);

//delay(1000);
v = millis (); //tiempo de ejecución actual
PT_WAIT_WHILE(pt, (millis()-v)< 1000); // Esperar por un segundo equivalente a delay

}while(true);

//}

PT_END(pt);
}

////////////////////////////////////
//Transición 1 - Estación 1,2,4 -- botón

void T1_E1_E2_E4(struct pt *pt){
PT_BEGIN(pt);
static long w = 0;
//Void setup(){
pinMode(botonT1, INPUT);
pinMode(botonE1, INPUT);
pinMode(botonE2, INPUT);
pinMode(botonE4, INPUT);
//}

//void loop (){

do {
// lee el estado del botón
botonStateT1 = digitalRead(botonT1);
botonStateT1 = botonStateT1 + 4000;
botonStateE1 = digitalRead(botonE1);
botonStateE1 = botonStateE1 + 4002;
botonStateE2 = digitalRead(botonE2);
botonStateE2 = botonStateE2 + 4004;
botonStateE4 = digitalRead(botonE4);
botonStateE4 = botonStateE4 + 4006;

```

```
//imprime el valor
Serial.println(botonStateT1);
Serial.println(botonStateE1);
Serial.println(botonStateE2);
Serial.println(botonStateE4);

//delay(1000);

w = millis (); //tiempo de ejecución actual
PT_WAIT_WHILE(pt, (millis()-w)< 1000); // Esperar por un segundo equivalente a delay

}while(true);
//}
PT_END(pt);
}
```

Link de descarga – Archivo .ino

<https://bit.ly/30OldSm>

Anexo 7. Manual de implementación de la instalación sonora Uyuay



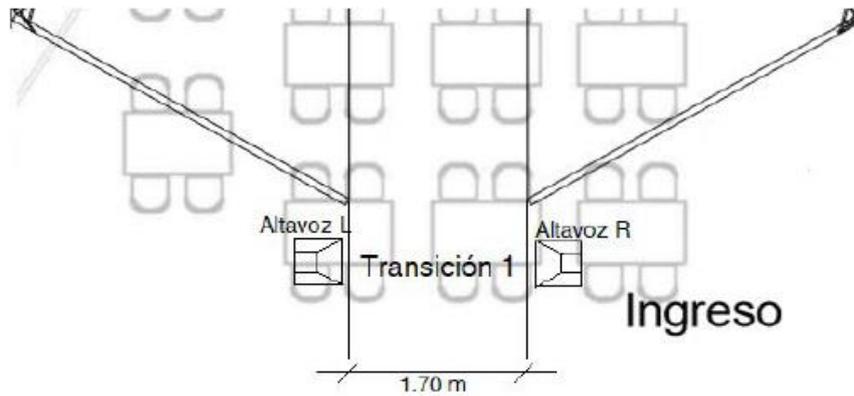
Contenido

Instalación Electroacústica.....	3
Transición 1.....	4
Transición 2.....	5
Transición 3.....	6
Estaciones - Sistema Estéreo 2.0.....	7
Estaciones - Sistema de Sonido Envoltivo 5.1.....	8
Estación de Control (2.0).....	10
Estación de Control (5.1).....	12
Instalación Espacios Interactivos.....	14
Transición 1, Estación 1, 2, 4 - Botón.....	15
Transición 2 - Aquadinos.....	16
Transición 3 - Sensores ultrasónicos.....	17
Estación 3- Estructuras.....	18
Estación de control.....	19
Configuración	19
Programación - Arduino.....	23
Programación - Chuck.....	26

Instalación Electroacústica

Transición 1

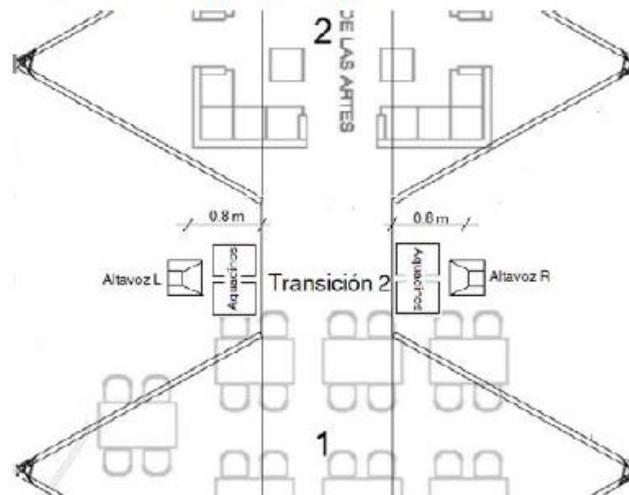
Para esta transición se ocuparán dos altavoces y se ubicarán en la disposición que se visualiza a continuación.



4

Transición 2

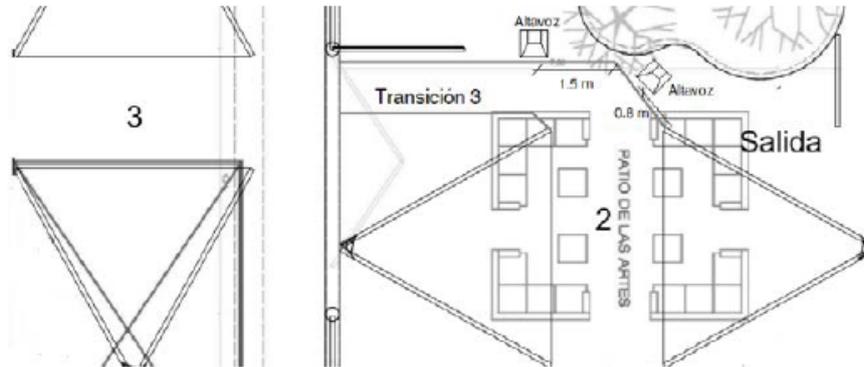
En esta transición igualmente se ocupará dos altavoces dispuestos en la posición que se puede observar en la siguiente imagen.



5

Transición 3

En esta transición se utilizará dos altavoces que se ubicaran a lo largo como se muestra a continuación.

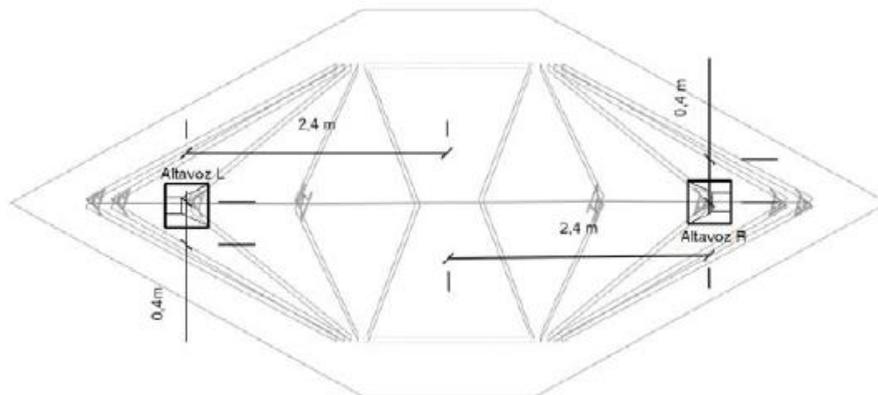


6

Estaciones

Sistema Estéreo 2.0

La disposición de los altavoces para las estaciones se realizará como se muestra en la imagen.



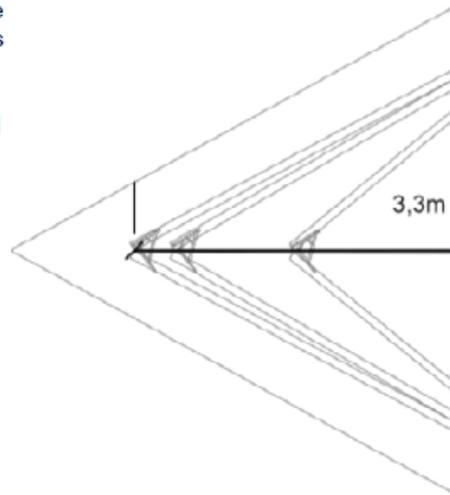
7

Estaciones

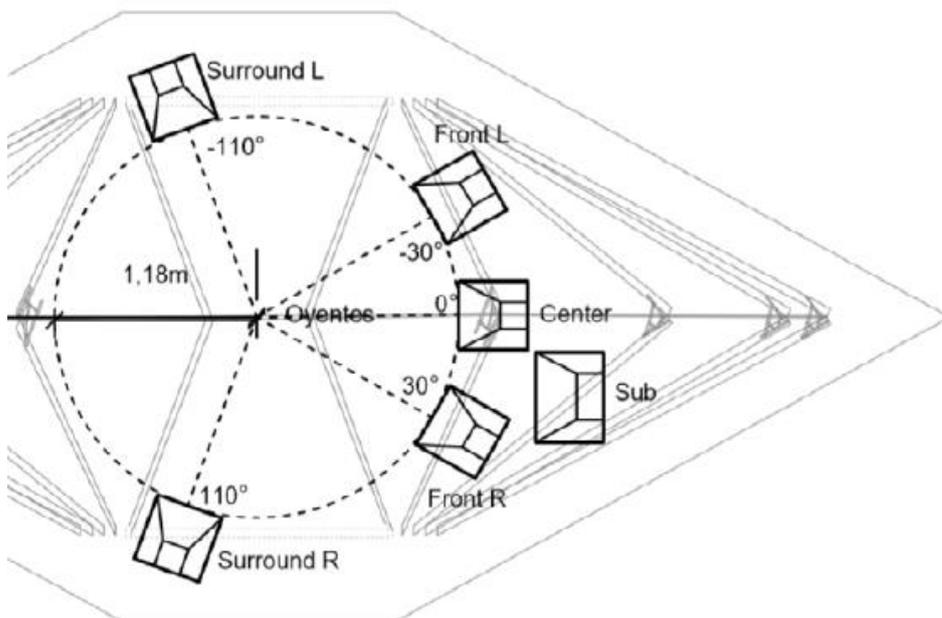
Sistema de Sonido Envolverte 5.1

La disposición de los altavoces en el caso que se que se planteé un sistema de sonido envolvente es el que se visualiza a continuación.

Esta disposición se podrá utilizar en la Estación 1 - El abandono del Gran Inti y en la Estación 2 - Estadillo del Pichincha.



8



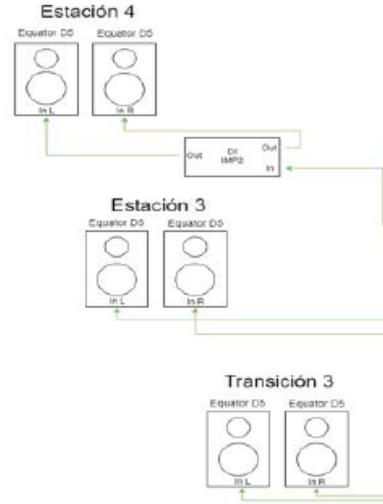
9

Estación de control

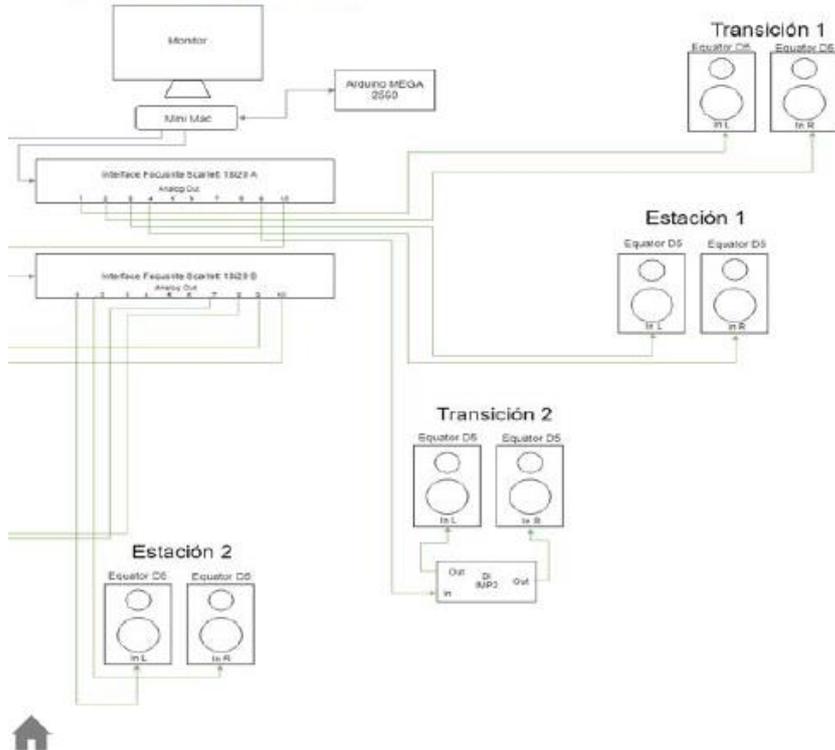
Las conexiones electroacústicas se realizarán de la siguiente manera tomando en cuenta que se utilizará un sistema de audio estéreo para todas las estaciones.

- Estación 1 - El abandono del Gran Inti
- Estación 2 - Estadillo del Pichincha
- Estación 3 - La reconstrucción
- Estación 4 - La celebración

Recorrido interactivo UYUAY



Recorrido interactivo UYUAY



Estación de control

Las conexiones electroacústicas se realizarán de la siguiente manera tomando en cuenta que se utilizará un sistema de sonido envolvente 5.1 para las estaciones 1 y 2SOU.

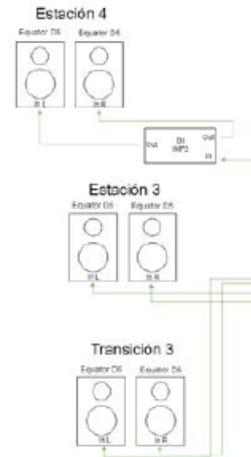
Estación 1 - El abandono del Gran Inti

Estación 2 - Estadillo del Pichincha

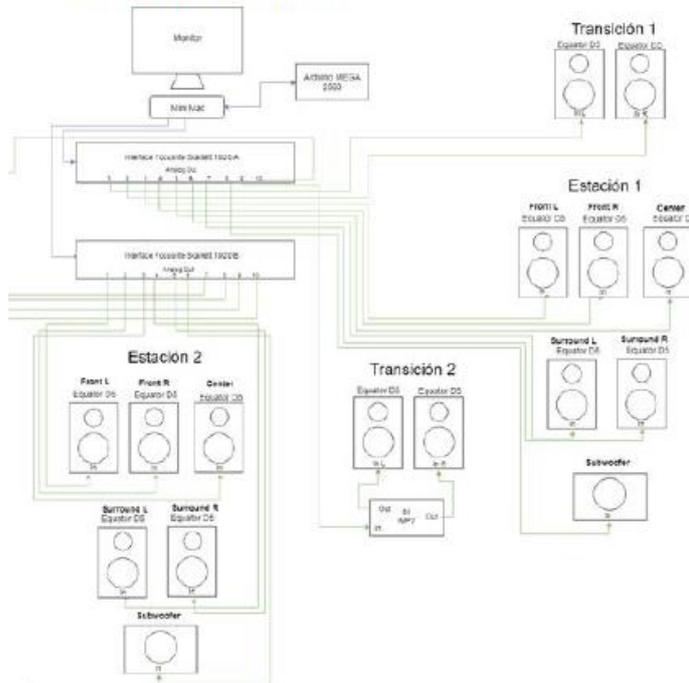
Estación 3 - La reconstrucción

Estación 4 - La celebración

Recorrido interactivo UYUAY



Recorrido interactivo UYUAY



Instalación Espacios Interactivos

Recorrido interactivo UYUAY

Transición 1, Estación 1, 2, 4 - Botón

Circuito eléctrico

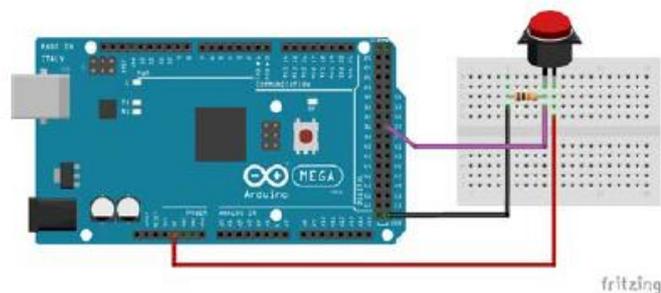
Materiales

- Pulsador
- Resistencia 10k Ω

Este circuito es el utilizado para la transición 1 y las estaciones 1, 2 y 4. Se debe realizar la siguiente modificación en la conexión al Arduino:

- Transición 1 - Digital 34
- Estación 1 - Digital 35
- Estación 2 - Digital 36
- Estación 4 - Digital 37

- Programación Arduino - [Descargar](#)



Transición 2 - Aquadinos

Circuito eléctrico

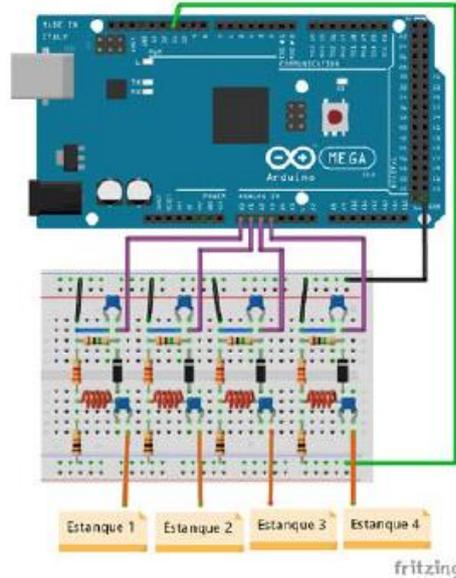
Materiales

- 4 resistencias 10 k Ω
- 4 resistencias 1 M Ω
- 4 capacitores de 100pf
- 4 capacitores de 10nf
- 4 diodos 1N4148
- 4 inductores 10mH

El circuito se arma tal como lo indica la imagen y las conexiones con el Arduino son las siguientes:

- Estanque 1 - Analog A0
- Estanque 2 - Analog A1
- Estanque 3 - Analog A2
- Estanque 4 - Analog A3
- PWM 11

Programación Arduino - [Descargar](#)



16

Transición 3 - Sensores ultrasónicos

Circuito eléctrico

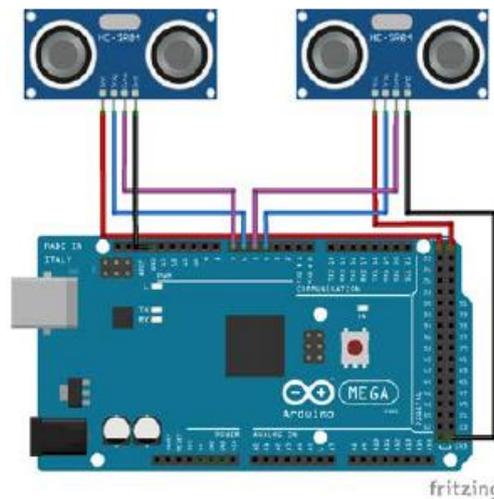
Materiales

- 2 Sensores ultrasónicos HC-SR04

Para el montaje del circuito de la transición se realiza las siguientes conexiones al Arduino:

- Sensor 1 Trig - PWM 4
- Sensor 1 Echo - PWM 5
- Sensor 2 Trig - PWM 6
- Sensor 2 Echo - PWM 7

Programación Arduino - [Descargar](#)



17

Estación 3- Estructuras

Circuito eléctrico

Materiales

- 12 resistencias 1kΩ
- 12 fines de carrera

Esta estación cuenta con un circuito para cada estructura. Se utilizarán los siguientes puertos del arduino:

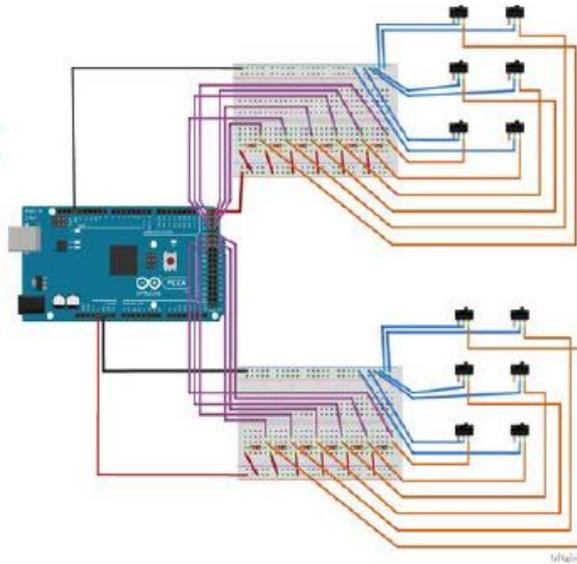
Estructura 1

- Fin de carrera 1 - Digital 22
- Fin de carrera 2 - Digital 23
- Fin de carrera 3 - Digital 24
- Fin de carrera 4 - Digital 28
- Fin de carrera 5 - Digital 29
- Fin de carrera 6 - Digital 30

Estructura 2

- Fin de carrera 1 - Digital 25
- Fin de carrera 2 - Digital 26
- Fin de carrera 3 - Digital 27
- Fin de carrera 4 - Digital 31
- Fin de carrera 5 - Digital 32
- Fin de carrera 6 - Digital 33

Programación Arduino - [Descargar](#)



18

Recorrido interactivo UYUAY

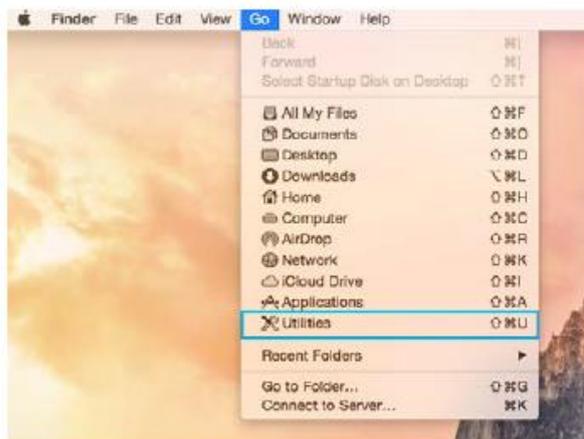
Estación de control

Configuración

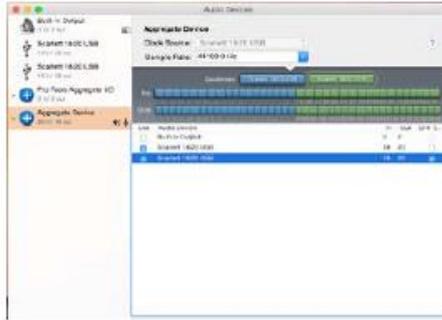
Se utilizará una computadora para controlar todo el recorrido interactivo.

Se deberá primero configurar las interfaces de audio a utilizar. Para ello se debe asegurar de que se encuentren conectadas a la Mac y procede a seguir los siguientes pasos:

- 1 Abre Utilities, que está en la ventana Go.

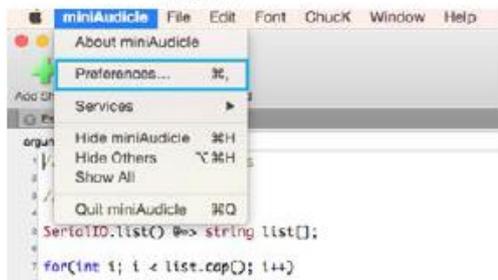
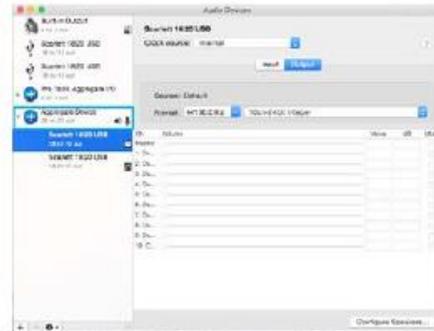


19



4 Selecciona las interfaces que de deseas utilizar.

5 Dale clic a ▼ de Aggregate Device. Podrás seleccionar los canales que deseas utilizar, el tipo de formato, la señal de reloj, etc.



6 Abre Chuck , selecciona miniAudicle > Preferences

7 En la pestaña Audio > Audio output selecciona la opción Apple In:Aggregate Device. Te saldrán el número de canales de salida disponibles y puedes decidir cuantos vas a usar.



Programación - Arduino

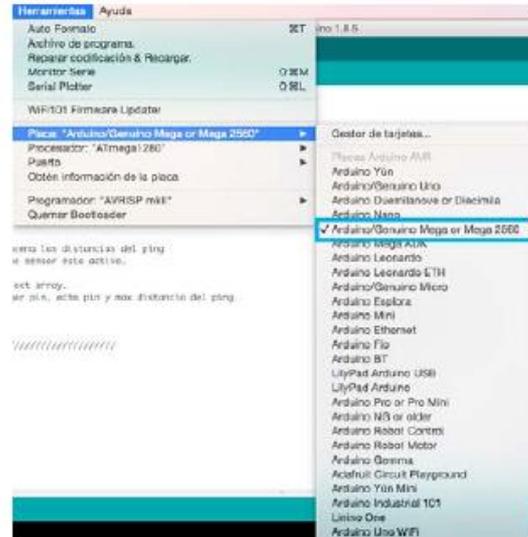
Luego de configurar las interfaces de audio a utilizar para poner en marcha las instalaciones interactivas procedemos con configurar Arduino.

1

Abre el archivo Uyuay_compilado.ino
Luego selecciona la pestaña Herramientas > Placa: "Arduino/Genuino Mega or Mega 2560" > Arduino/GenuinoMega or Mega 2560

Nota: para el funcionamiento del programa se debe descargar las librerías [NewPing](#) y [ProtoThreads](#). Posteriormente copiarlas en la carpeta Arduino>libraries.

Uyuay_compilado - [Descargar](#)

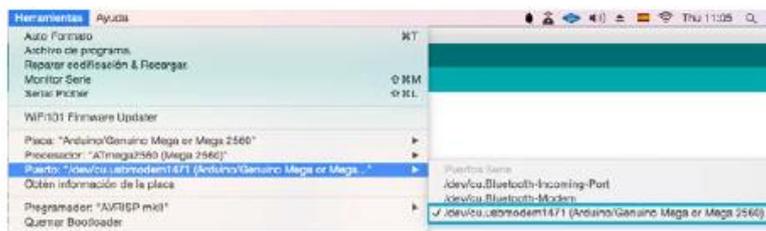


2

Selecciona la pestaña Herramientas > Procesado: "ATmega2560(Mega 2560)" > ATmega2560 (Mega 2560)

3

Volvemos a la pestaña Herramientas > Puerto > /dev/cu.usbmodem1471 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560). Esto definirá como se realizará la conexión serial con Chuck.

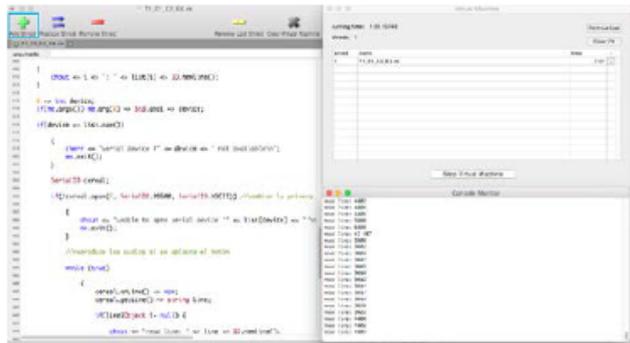




3 En la ventana de Virtual Machine le damos clic a Start Virtual Machine.

En la parte superior izquierda le damos clic al botón Add Shred (+). Esto lo realizamos con los demás programas. Veremos como en la ventana Virtual Machine aparecerán los programas que se están ejecutando.

4



5 Recuerda...

En la ventana Console Monitor revisa el número que se le asigna al puerto serial que se configuró en Arduino para la hacer la conexión.

Verifica que el número sea el mismo que esta puesto en la asignación del puerto serial en Chuck. Esto lo debes comprobar en cada programa añadido. En el caso de no estar el mismo cambialo por el número correspondiente, guarda y posteriormente aplasta el botón Replaced shred.



```
T1_E1_E2_E4.d
argumento
4:
5: //Asignacion de las variables =
6:
7: //Configuracion Stereo TI
8: #endif transicion1L => dac.chan(1);
9: #endif transicion1R => dac.chan(0);
```

Puedes configurar la salida de audio que se utilizará de cada interface. Para esto debes de cambiar en los programas el dac.chan(#). El # representa el número de salida que deseas ocupar.

6

Para finalizar no olvides que los archivos de audio deben de estar en el formato WAV con una profundidad de bits de 16 bits y una frecuencia de muestreo de 44100 Hz.

Además, recuerda poner los audios en la misma carpeta donde se encuentran los programas de Chuck y para que no tengas problemas con la programación renombra tus archivos de audio de la siguiente manera:

Estación 1

- Configuración Estéreo
- estacion01L.wav
- estacion01R.wav
- Configuración 5.1
- estacion01FL.wav
- estacion01FR.wav
- estacion01CNT.wav
- estacion01SL.wav
- estacion01SR.wav
- estacion01SW.wav

Estación 2

- Configuración Estéreo
- estacion02L.wav
- estacion02R.wav
- Configuración 5.1
- estacion02FL.wav
- estacion02FR.wav
- estacion02CNT.wav
- estacion02SL.wav
- estacion02SR.wav
- estacion02SW.wav

Estación 3

- capa1E3.wav
- capa2E3.wav
- capa3E3.wav
- capa4E3.wav
- capa5E3.wav
- capa6E3.wav
- capa7E3.wav
- capa8E3.wav
- capa9E3.wav
- capa10E3.wav
- capa11E3.wav
- capa12E3.wav
- AfinalE3L.wav
- AfinalE3R.wav

Estación 4

- estacion04.wav

Transición 1

- transicion01L.wav
- transicion01R.wav

Transición 3

- Efecto1T3.wav
- Efecto2T3.wav

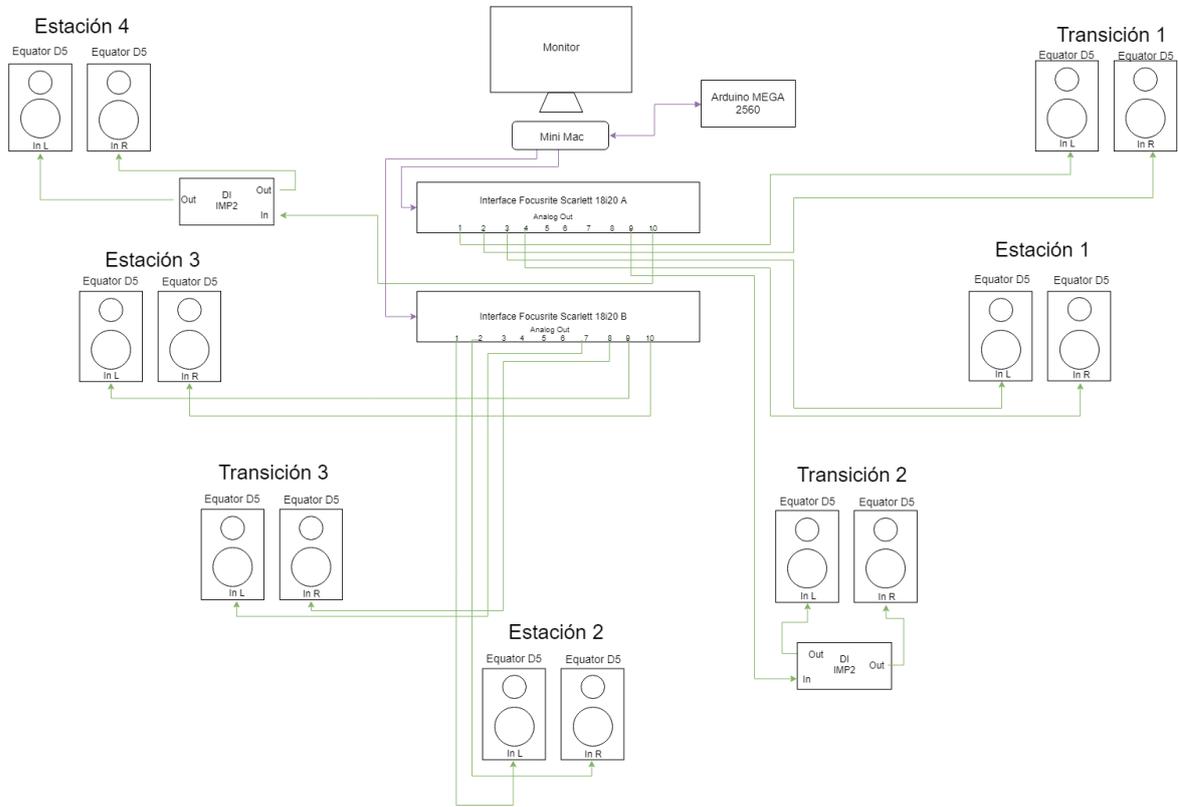


Link de descarga – Archivo .html .swf y pdf

<https://bit.ly/2X5WUN7>

Anexo 8. Diagramas de conexión

Sistema Estéreo



Sistema de sonido envolvente 5.1

