



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE SONIDO 3D PARA UN VIDEOJUEGO EN PRIMERA PERSONA  
PARA PC EN VERSIÓN DEMO A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
MOTOR DE AUDIO GENERADOR DE BANDA SONORA

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

Profesor guía

MSc. Bernarda Ubidia

Autor

Maricruz Coralía Pacheco Salgado

Año

2015

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, 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.”

---

MSc. Bernarda Ubidia

Máster en Scoring For Film, Television, And Video Games

C.I. 171262735-3

## 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.”

---

Maricruz Coralía Pacheco Salgado  
C.I. 172434853-5

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por enseñarme que la dedicación es todo, por enseñarme a ser fiel a mí misma, por su incondicional apoyo y todo su amor. A Juan, sin él, este trabajo no hubiera sido posible. A Marcelo, por exigir mi mejor esfuerzo siempre y apoyar esta idea. A Andrea y Jhonatan, su amistad y guía han sido invaluable. Y a todos los profesores y amigos que me brindaron una mano cuando la pedí.

## DEDICATORIA

A mis padres y familia. Ésta, la primera de muchas locuras va para ustedes. A mi hermano, Mario, compartimos pasiones similares y espero poder construir un imperio a tu lado algún día. A mis amigos, sin ustedes la vida sería un camino amargo.

## RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el diseño e implementación de una banda sonora para un videojuego, a través de un motor de audio con procesamiento de sonido 3D.

Dicha banda sonora ha sido diseñada en base a un proyecto creado por el desarrollador Juan Manosalvas en el motor de juego Unity, el cual después de la revisión y consideración de otros motores de juego y audio conocidos y compatibles, fue seleccionado para la investigación por su versatilidad y disponibilidad. La plataforma para la cual se diseñó el juego es PC.

Los elementos que conforman la banda sonora fueron diseñados según criterios de producción de audio para medios visuales. La implementación de dichos elementos se realizó en Unity, en el cual se realizó un segundo proceso de diseño de su funcionamiento.

Para evaluar el funcionamiento de la banda sonora en el juego y comprobar su contribución a la experiencia que brinda al usuario se realizó una evaluación técnica y una encuesta a grupos de estudiantes en tres colegios representativos de Quito. Los resultados obtenidos demuestran que ciertas características de la banda sonora podrían ser más eficaces con mejores herramientas y que el sonido es un factor definitivo en la total inmersión del usuario en el mundo del juego.

## **ABSTRACT**

The present project contemplates the design and implementation of a videogame soundtrack through the use of a 3D sound processing audio engine.

Game programmer Juan Manosalvas developed a project for which the soundtrack was designed. After several game engines reviews, Unity was chosen because of its adaptability and convenience. PC was the selected platform for the design.

The elements that are part of the soundtrack were created following audio production criteria for visual media. Unity was used for the implementation of these sound elements, in which a second design of performance was made.

Mentioned performance was evaluated through a technical revision and a user survey of students in three representative high school establishments in Quito, so the contribution in the game to the user experience can be proven. The results point out some sound features that can be improved with better design tools, and show that soundtracks are fundamental factors that allow the user to get totally immersed in the world that the game creates.

# ÍNDICE

Introducción .....	1
1. Marco Teórico .....	4
1.1. El Sonido.....	4
1.2. Audio Digital: Principales Características .....	6
1.2.1. Frecuencia de Muestreo .....	7
1.2.2. Cuantización y Profundidad de Bits.....	8
1.2.3. Procesos complementarios: <i>Dither</i> .....	8
1.3. Percepción del Sonido en la Audición Humana .....	9
1.3.1. El Oído y Estructura del Mecanismo de la Audición .....	9
1.3.1.1. Oído Externo .....	9
1.3.1.2. Oído Medio.....	9
1.3.1.3. Oído Interno .....	10
1.3.2. Propiedades Auditivas .....	11
1.3.2.1. Umbrales de Audición .....	11
1.3.2.2. Curvas Isofónicas.....	12
1.3.2.3. Efecto de Precedencia .....	13
1.3.2.4. Sensación de Espacialidad .....	15
1.3.3. La Cabeza como Transmisor Sonoro .....	16
1.4. Sistemas de Sonido de Computadores .....	17
1.4.1. Tarjetas de Sonido.....	17
1.4.1.1. Características generales.....	17
1.4.1.2. Funciones Específicas .....	18
1.4.1.2.1. Síntesis de sonido.....	18
1.4.1.2.2. Procesamiento MIDI.....	19



1.4.2.	Disco Duro .....	19
1.4.2.1.	Capacidad de Almacenamiento.....	20
1.4.2.2.	Velocidad .....	20
1.4.3.	Memoria RAM.....	20
1.4.4.	Monitoreo.....	21
1.4.4.1.	Altavoces.....	22
1.4.4.1.1.	Según su Respuesta de Frecuencia .....	22
1.4.4.1.2.	Según su Configuración de Mezcla.....	22
1.4.4.2.	Audífonos .....	23
1.5.	Sistemas de Audio 3D .....	25
1.5.1.	Funciones de Transferencia HRTF .....	25
1.5.2.	Parámetros de Evaluación de Sonido 3D .....	26
1.6.	Los Videojuegos.....	27
1.6.1.	<i>Gameplay</i> .....	27
1.6.2.	La Banda Sonora.....	28
1.6.2.1.	Diálogos .....	28
1.6.2.2.	Efectos Sonoros.....	28
1.6.2.2.1.	Sonidos Sincrónicos.....	28
1.6.2.2.2.	Sonidos Asincrónicos.....	29
1.6.2.3.	Música.....	29
1.6.2.3.1.	Introducción, Cierre y Créditos.....	30
1.6.2.3.2.	Secuencias Cinemáticas.....	30
1.6.2.3.3.	Música de Menú Principal .....	30
1.6.2.3.4.	Música de <i>Gameplay</i> y Música Interactiva .....	30
1.6.2.3.5.	Anticipación de Acontecimientos, Cambio de Escenas, Enlaces, Victoria o Pérdida de Partida .....	30

1.6.2.3.6.	<i>Loops</i> y Pistas Ambientales .....	31
1.6.2.3.7.	<i>Stingers</i> .....	31
1.6.3.	<i>The Audio Engine</i> : Motor Generador de la Banda Sonora .....	31
1.7.	El Trabajo de Aplicación: <i>ZombieShooter</i> .....	34
1.7.1.	<i>Game Engine</i> , entorno de programación: Unity.....	35
2.	Desarrollo .....	36
2.1.	Diseño de la Banda Sonora.....	36
2.1.1.	Definiendo Elementos Principales y Planos Sonoros .....	36
2.1.1.1.	Diálogos y Voces .....	36
2.1.1.1.1.	Grabación de Voces.....	37
2.1.1.1.2.	Edición y Mezcla de Voces .....	39
2.1.1.2.	Ambientes o Efectos Ambientales.....	42
2.1.1.3.	Efectos de Sonido .....	47
2.1.1.3.1.	<i>Hard-Foley Effects</i> .....	50
2.1.1.3.2.	Edición y Mezcla de <i>Hard-Foley Effects</i> .....	52
2.1.1.3.3.	<i>Sound Design Effects</i> .....	53
2.1.1.4.	Música.....	58
2.1.1.4.1.	Tema principal: “ <i>They are coming for you</i> ”.....	59
2.1.1.4.2.	Tema del Intro: “ <i>ZombieShooter</i> ” .....	67
2.1.1.4.3.	Tema de victoria: “ <i>You are a hero</i> ”.....	69
2.1.1.5.	Elaboración del Mapa de Sonido .....	70
2.2.	Implementación y programación de la banda sonora en Unity.....	71
2.2.1.	Implementación y programación.....	74
2.2.1.1.	Efectos Sonoros Ambientales .....	74

2.2.1.2.	Efectos Sonoros ( <i>FX Sound</i> ).....	78
2.2.1.2.1.	Enemigos .....	78
2.2.1.2.2.	Efectos de daño a enemigos.....	83
2.2.1.2.3.	Fuentes estáticas del escenario.....	83
2.2.1.3.	Diálogos y sonidos de personaje principal .....	85
2.2.1.4.	Eventos musicales .....	87
2.2.1.4.1.	Introducción, Fin del juego/Victoria y <i>Game Over</i> .....	87
2.2.1.4.2.	Gameplay/Ataque: “ <i>They are coming for you</i> ” .....	88
3.	Evaluación y Resultados .....	90
3.1.	Primera etapa de evaluación: funcionamiento de la banda sonora.....	90
3.1.1.	Método de Evaluación y primeros resultados .....	90
3.2.	Recolección de datos de usuarios: Método estadístico .....	93
3.2.1.	Determinación de la población y tamaño de la muestra .....	93
3.2.2.	Diseño de la encuesta, principales parámetros a evaluar .....	96
3.3.	Evaluación de resultados de encuesta .....	98
3.3.1.	Análisis de resultados.....	98
3.3.1.1.	Plano de diálogos y efectos sonoros del personaje principal .	98
3.3.1.2.	En cuanto al plano de efectos sonoros ambientales .....	101
3.3.1.3.	En cuanto a los elementos musicales del juego.....	101
3.3.1.4.	Resultados del plano de efectos sonoros.....	103
4.	Análisis Económico .....	107
4.1.	Descripción de gastos y presupuesto general .....	107
4.1.1.	Inversión real .....	108
4.1.2.	Inversión nominal.....	109

4.2. Análisis Costo-Beneficio del proyecto.....	111
4.2.1. Valoración del trabajo .....	111
4.2.2. Rentabilidad.....	112
5. Proyecciones, Conclusiones y Recomendaciones .....	113
5.1. Proyecciones.....	113
5.2. Conclusiones.....	113
5.3. Recomendaciones.....	116
REFERENCIAS.....	117
ANEXOS .....	121

## Introducción

Los videojuegos han pasado de ser simples programas ejecutables en consolas pequeñas para convertirse en una de las más grandes industrias del entretenimiento, en la que actualmente se desarrollan productos para diversas plataformas como computadores, formatos en línea, consolas portátiles e incluso dispositivos móviles.

La producción de sonido también ha tenido un desarrollo importante que cada vez es más notorio en este medio. Gracias a las nuevas tecnologías y herramientas existentes, la exigencia para la producción audiovisual es la constante mejora de la experiencia del usuario.

Una de las tendencias actuales en cuanto a procesamiento de sonido para juegos es el audio 3D. En este trabajo se realizó una revisión de los más conocidos métodos para diseño de bandas sonoras y los motores que cuentan procesamiento de audio tridimensional y su aplicación en la creación de una banda sonora para un proyecto de demostración.

## Antecedentes

El primer videojuego fue creado en 1958, "*Tennis for Two*" diseñado para usarse en un osciloscopio. En 1962, el primer juego para computadora "*SpaceWar!*" fue diseñado por Steve Russell y 9 años más tarde Nolan Bushnell desarrolló el primer juego comercialmente viable, "*Computer in Space*", un *arcade* desarrollado en 1971 basado en la idea original de Russell. Estos juegos se basaban en códigos y objetivos simples.

Hoy en día, crear un videojuego requiere de varias áreas involucradas, como animación, guión, dirección de fotografía, programación, diseño de sonido, composición musical, y demás disciplinas de marketing y publicidad.

### **Alcance**

El alcance de esta investigación es diseñar el entorno sonoro que envuelve al videojuego, aplicando técnicas de diseño de sonido, así como la selección del motor de audio con el cual se implementará la banda sonora.

Los elementos sonoros fueron grabados, procesados y producidos de manera autónoma, y su desempeño en el videojuego fue evaluado por personas con opinión técnica y a su vez, por los usuarios hacia los que el proyecto estaría dirigido a través de una encuesta.

### **Justificación**

El desarrollo de nuevas tecnologías se da de forma rápida e impresionante, por lo que aplicar los conocimientos adquiridos en un proyecto que involucra algunas de las disciplinas más importantes de la carrera fue la principal razón para elegir esta temática de investigación. Además de tener una gran pasión por la producción audiovisual, explorar un área de aplicación de esta carrera que es prácticamente nula en el país como los videojuegos representa una oportunidad para crecer.

Lograr un producto competente en este medio podría representar el inicio del desarrollo de una nueva gran industria en nuestro país por lo que tener el conocimiento necesario para ser parte de este proceso es una de las mayores motivaciones.

### **Objetivo General**

Desarrollar un motor de audio 3D para la generación en tiempo real de la banda sonora del demo de un videojuego en primera persona para PC.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar técnicas y herramientas para diseño de sonido de videojuegos actuales, prácticas y viables, para su aplicación en el proyecto.
- Diseñar el motor de audio para el juego, haciendo uso de las herramientas seleccionadas, incluyendo la grabación, edición, y postproducción de los efectos sonoros, música y ambientes.
- Implementar la banda sonora al motor de audio seleccionado para el videojuego.
- Evaluar el funcionamiento del motor por medio de encuestas.

### **Hipótesis**

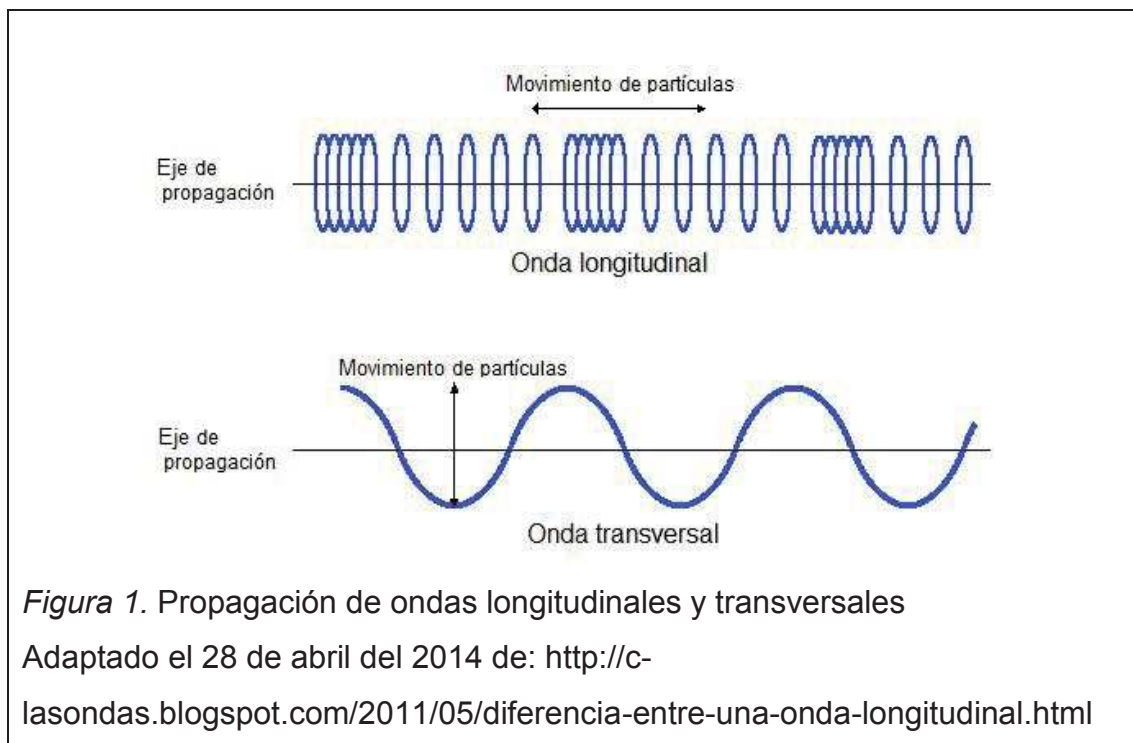
La implementación de procesamiento 3D para la generación de la banda sonora de un videojuego puede potenciar la experiencia del jugador, a través de la utilización y variación de parámetros que incidan directamente sobre la percepción humana del sonido (espacialidad, direccionalidad, timbre y sonoridad o distancia).

## 1. Marco Teórico

### 1.1. El Sonido

Miyara (2006, pp. 2) define al sonido como una propagación de vibraciones o perturbaciones de un medio como el aire.

A las perturbaciones se las puede definir como el movimiento oscilatorio de las partículas de dicho medio. El sentido o la relación de movimiento de estas partículas en relación a un eje definen el tipo de perturbación del que se está hablando como las ondas transversales u ondas longitudinales. El sonido es una onda longitudinal puesto que el sentido de su oscilación es paralelo al eje de propagación de partículas.



El aire es un medio elástico, por lo que permite la propagación del sonido, sin embargo, puede ser transmitido también a través de agua y sólidos.

El sonido tiene varias propiedades o parámetros que pueden ser medidos de manera cuantitativa, y que tienen una relación directa con ciertas sensaciones



de la audición humana. Entre las principales de interés para la presente investigación están:

- Velocidad: determina qué tan rápido se propaga una onda sonora en un medio, está representada por la letra  $c$  se la mide en metros por segundo [m/s] y en el aire, es de aproximadamente de 340 m/s. Este parámetro puede variar, ya que depende de la temperatura del ambiente, y según la expresión

$$c = 331,4 + (0,6 * T) \left[ \frac{m}{s} \right], \quad (\text{Ecuación 1})$$

el sonido es proporcional a la temperatura del medio, se propaga más rápido en temperaturas más altas. (Olmo, s.f.)

- Frecuencia: cantidad de ciclos completos o vibraciones por segundo que tiene una onda. Se expresa en la unidad *Hertz* [Hz] o hercios. La frecuencia está directamente relacionada con la sensación de la altura tonal, la que indica qué tan agudo o grave es un sonido; es decir, sonidos agudos implican frecuencias altas, y sonidos graves, frecuencias más bajas.
- Banda de frecuencia: cada uno de los intervalos o rangos que comprende un grupo de frecuencias a lo largo del espectro audible. Pueden estar definidas por octavas (8va), tercio de octava, entre otras.
- Amplitud: cantidad de energía o fuerza que contiene la onda en un ciclo. Se relaciona con la sensación de sonoridad.
- Espectro: es el contenido de información en cuanto a frecuencias que componen un sonido. Cuando una onda sonora tiene una única frecuencia en su espectro se la llama tono puro. Los sonidos naturales y más abundantes en la naturaleza tienen espectros amplios y complejos. Está directamente relacionado con el timbre, la sensación auditiva que permite identificar qué tipo de fuente está emitiendo un sonido como un instrumento musical, un automóvil, una herramienta, etc.

- **Envolvente:** es la forma del comportamiento de la dinámica de una onda sonora en el tiempo, se define entre los picos máximos y mínimos de la amplitud de la onda y su representación visual, se define por tres etapas principales: ataque, decaimiento, sostenimiento y relajación.
- **Nivel de presión sonora:** definido como la relación logarítmica de la razón al cuadrado entre una presión sonora incidente y la presión sonora de referencia mínima que puede ser detectada por el oído.

Las variaciones de presión sonora (expresadas en pascales [Pa]) son muy pequeñas para ser expresadas en valores numéricos, por esta razón, una escala logarítmica es una mejor herramienta para poder cuantificar estos cambios.

$$\text{NPS } (L_p) = 10 \log \left( \frac{P^2}{P_{REF}^2} \right) [\text{dB}] \quad (\text{Ecuación 2})$$

La fórmula de nivel de presión sonora o  $L_p$ , cuantifica en decibeles las variaciones de presión de un sonido, donde  $P$  es la presión sonora incidente y  $P_{REF}$  es el valor de presión mínima  $2 \times 10^{-5}$  [Pa].

## 1.2. Audio Digital: Principales Características

El sonido es transformado de energía acústica a señales eléctricas y viceversa por medio de equipos transductores como micrófonos y altavoces, a estas señales se las conoce como audio, llamado también audio análogo cuando es manejado y procesado por equipos de características analógicas. Cuando la señal eléctrica necesita ser procesada por dispositivos electrónicos como computadores o instrumentos musicales electrónicos o es transformada a otro tipo de información: audio digital.

Esta transformación se realiza por medio de conversores A/D (Análogo/Digital) mediante un proceso de discretización de la señal, que consiste en tomar muestras en el tiempo de esta señal y asignarle un valor numérico a cada muestra, en el caso del audio digital, los valores serán binarios.

### 1.2.1. Frecuencia de Muestreo

Para que la representación digital de la señal sea lo más acertada posible, es necesario que se tomen gran cantidad de muestras en el tiempo, la frecuencia de muestreo indica cuántas muestras se tomarán de la señal en un segundo.

El valor que debe tener la frecuencia de muestreo sigue un teorema llamado Teorema de Nyquist o teorema del muestreo. Este valor debe ser mayor o igual al doble de la frecuencia audible más alta que presenta la señal de audio en su espectro y toma el nombre de frecuencia de Nyquist.

La importancia de la frecuencia de muestreo es la posibilidad de reconstruir completamente una señal de audio desde su codificación digital, por lo tanto la frecuencia más alta de la señal de audio no será el valor audible más alto sino el más alto presente en el espectro de la señal, aunque éste sea inaudible para el oído humano. De no cumplirse este criterio, aparecerán frecuencias extrañas y ajenas al espectro original de la señal (producto de la reconstrucción de la onda) conocidas como frecuencias alias, las que serán percibidas como un ruido molesto. (Miyara, 2006, pp. 166)

Siguiendo el criterio del teorema, si la máxima frecuencia de una señal de audio puede ser 20 kHz, es necesario tomar una frecuencia máxima mayor, y para valores estándar de frecuencias de muestreo, se toma este punto en los 22,05 kHz aproximadamente, de esta manera la frecuencia de Nyquist será de 44,1 kHz.

Un mecanismo llamado filtro antialias (*antialiasing filter* en inglés) es utilizado para la eliminación de las frecuencias ajenas al espectro audible en el proceso de reconstrucción de la señal. Es un filtro pasabajos con una pendiente igual o mayor a 96 dB/8va, de pendiente muy pronunciada (atenuación de 96 dB por banda de frecuencia).

### 1.2.2. Cuantización y Profundidad de Bits

A cada una de las muestras tomada de una señal de audio le es asignado un valor numérico de acuerdo a la amplitud relacionada con el valor de voltaje que posee, dichos valores numéricos pueden ser únicamente 0 ó 1, es por esto que cada valor de voltaje se codifica en sistema binario con palabras formadas por bits. La cantidad de bits que pueda almacenar cada una de estas palabras está definida por la profundidad de bits de un sistema; a mayor profundidad de bits, más grande el rango de valores de amplitud que se podrá asignar a la muestra. Cada uno de los valores que formarán la escala de cuantización se denomina escalón.

$$\frac{S}{R} = 6 n \text{ [dB]} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

(Miyara, 2006, pp. 170)

En esta relación  $n$  es la profundidad de bits, por lo tanto, con un valor muy pequeño, la escala de valores numéricos que puede asignarse a cada muestra será muy limitada e insuficiente para cubrir el rango dinámico total de una señal. Para una relación S/R (relación señal-ruido de fondo) mayor a 96 dB,  $n$  a su vez deberá ser mayor a 16 bits.

Dicho de otra forma, la profundidad determina el rango dinámico del sistema, que se define como la diferencia o relación entre el máximo nivel y mínimo nivel o nivel de ruido de fondo (la cual que puede manejar un sistema o equipo de audio. (Miyara, 2006, pp. 146)

### 1.2.3. Procesos complementarios: *Dither*

Cuando una señal de audio presenta niveles de voltaje muy bajos, su cuantización estará muy cercana al nivel de ruido de fondo y se pueden producir errores o ruidos digitales que resultan dañinos para la reconstrucción de la señal. El *dither* es un ruido aleatorio que se le agrega a la señal antes de ser muestreada y después de ser digitalizada, de esta manera se evita que valores de voltajes más pequeños que un escalón puedan ser suprimidos o

interpolados con aproximaciones muy grandes lo que podría resultar en distorsión de la forma de onda original o modulaciones no deseadas.

### **1.3. Percepción del Sonido en la Audición Humana**

La percepción del sonido puede definirse como la forma con la cual el oído capta y transmite las ondas sonoras al cerebro.

#### **1.3.1. El Oído y Estructura del Mecanismo de la Audición**

En esencia, el proceso de la audición consiste en la captación de ondas sonoras por medio de la oreja, transmisión de las vibraciones por medio de los huesecillos internos y codificación de estas en impulsos eléctricos por los nervios del oído. El aparato auditivo se divide en tres secciones principales:

##### **1.3.1.1. Oído Externo**

Esta sección está formada por el pabellón de la oreja y el canal auditivo.

El pabellón es la parte más externa y visible del oído. Es un cartílago cubierto por una fina capa de piel con forma de “embudo” que actúa como un receptor sonoro y adaptador de impedancia.

El canal auditivo transmite las ondas sonoras hacia el interior del cráneo, donde se encuentra el resto de mecanismos del oído. Tiene una longitud aproximada de 2,5 cm y también funciona como protección para los órganos más internos.

##### **1.3.1.2. Oído Medio**

Es una cavidad hueca que se ubica inmediatamente después del canal auditivo, formada por el tímpano, la cadena de huesecillos y la trompa de Eustaquio.

El tímpano es una membrana tensa con forma cónica que vibra al recibir variaciones de presión sonora y las transmite al interior del oído medio. La

cadena de huesecillos está formada por tres de los huesos más pequeños del cuerpo humano: martillo, yunque y estribo, en ese orden. El extremo circular del martillo está unido a la cara interna del tímpano, lo que provoca que al vibrar esta membrana, este hueso se mueva conjuntamente con ella, y en consecuencia, los dos huesos siguientes.

El extremo o base del estribo está conectado al primer órgano del oído interno, la ventana oval, y su movimiento es similar al de un pistón.

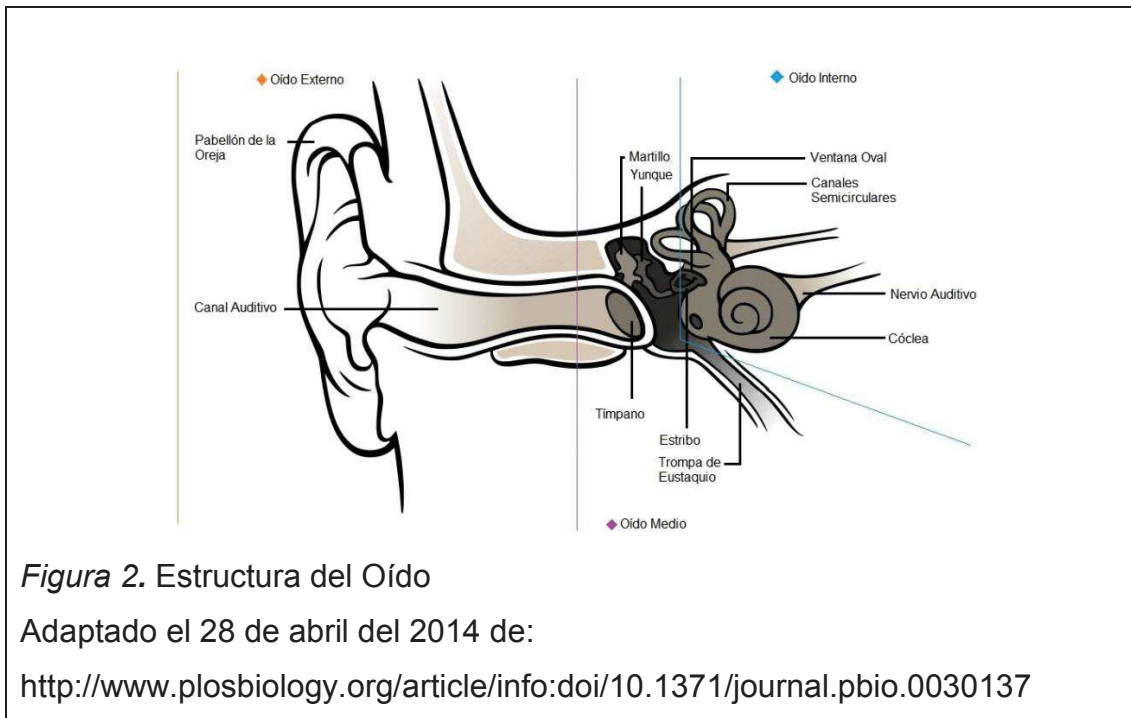
La Trompa de Eustaquio es un conducto que está ubicado debajo de los huesecillos, conecta la cavidad del oído medio con la pared superior de la garganta, y equilibra la presión de aire entre ambas caras del tímpano.

### **1.3.1.3. Oído Interno**

Es una estructura formada por dos órganos principales: la cóclea y los canales semicirculares.

Los canales semicirculares son tres tubos pequeños, conectados entre sí, que sobresalen de la cóclea, y cuya función es mantener el equilibrio del cuerpo.

La cóclea está formada por dos conductos paralelos dispuestos en forma de espiral (conducto coclear y conducto vestibular, superior e inferior, respectivamente), y una estructura central llamada membrana basilar, la cual contiene al Órgano de Corti. Dentro de la cóclea está contenido un fluido que vibra con el movimiento de la ventana oval, este movimiento estimula a unas pequeñas fibras capilares llamadas células ciliadas dispuestas a lo largo del Órgano de Corti que a su vez transforman estas vibraciones en impulsos nerviosos que serán enviados como información de qué es lo que se está escuchando al cerebro a través del nervio auditivo.



### 1.3.2. Propiedades Auditivas

El sonido puede producir varias sensaciones en el oído que están directamente relacionadas con ciertas propiedades de una onda sonora. Algunas de estas propiedades son: sonoridad, altura tonal, timbre, espacialidad y direccionalidad.

#### 1.3.2.1. Umbrales de Audición

Al igual que cualquier otro sentido, el oído tiene límites dentro de los cuales responde y funciona adecuadamente. Los principales parámetros en esta característica son: rango de audición, umbral de audición y umbral de dolor.

El rango de audición está definido por las frecuencias tope que el oído puede percibir, entre 20 y 16 000 Hz hasta 20 000 Hz, dependiendo de cada persona. (Ballou, 2008, pp. 33)

El umbral de audición es el mínimo nivel de presión sonora que el oído puede registrar, su valor está alrededor de los 0 dB.

El umbral de dolor es el máximo nivel de presión sonora que el oído puede aguantar antes de que se produzca dolor por sobre estiramiento del tímpano, está en los 120 dB, niveles mayores a este pueden producir daños irreversibles en el aparato auditivo. (Miyara, 2006, pp. 22)

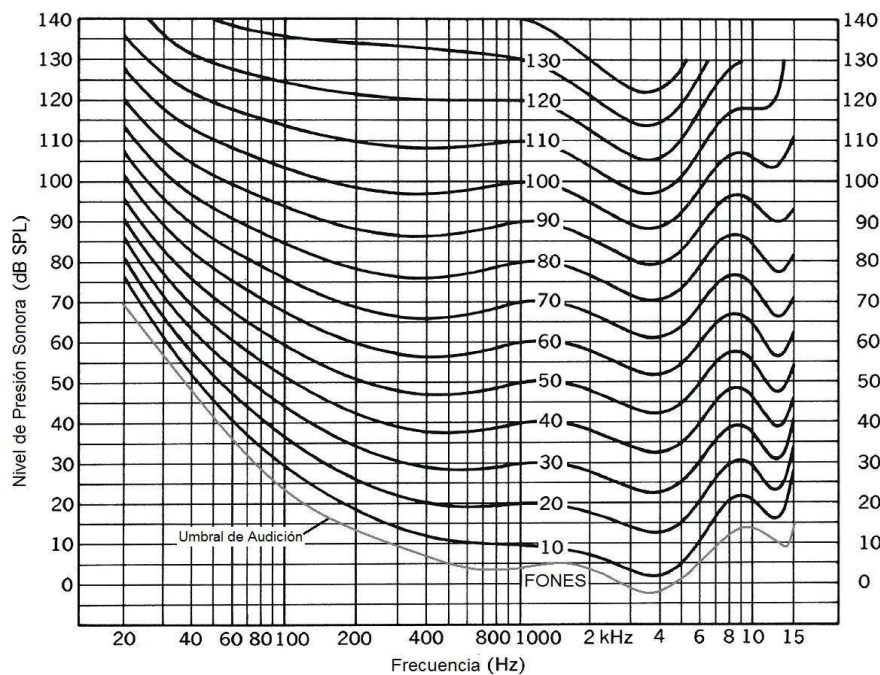
#### **1.3.2.2. Curvas Isofónicas**

La percepción sonora es un proceso no lineal, el oído no interpreta el sonido de forma proporcional, factores como sensibilidad, memoria, conciencia, atención al medio, cultura o rasgos fisiológicos personales, afectan este proceso.

Un sonido de una determinada frecuencia e intensidad puede no ser procesado por el oído de la misma manera que un sonido de igual frecuencia pero diferente intensidad.

La sensación de sonoridad es la que define cuanta fuerza o intensidad está asimilada a un determinado sonido percibido. Las curvas isofónicas, o curvas de Fletcher y Munson, ayudan a determinar la relación de sonoridad de un tono de una determinada frecuencia y nivel con respecto a otro.





*Figura 3.* Curvas Isofónicas o Curvas de Fletcher y Munson.

Los fones se definen como la unidad para medir la sonoridad de un sonido de acuerdo a las curvas isofónicas.

Adaptado el 29 de abril del 2014 de:

<http://www.lowfrequencymixing.com/services.html>

Esta gráfica muestra la respuesta del oído para diferentes niveles de presión sonora. Cada una de las curvas representa un nivel de sonoridad. Se puede concluir, a partir de este gráfico, que no todas las frecuencias se perciben con igual sonoridad. A medida que el nivel de presión sonora aumenta, la respuesta tiende a ser plana, y se puede ver que las frecuencias bajas y altas necesitan mayor nivel para ser escuchadas con mayor claridad.

### 1.3.2.3. Efecto de Precedencia

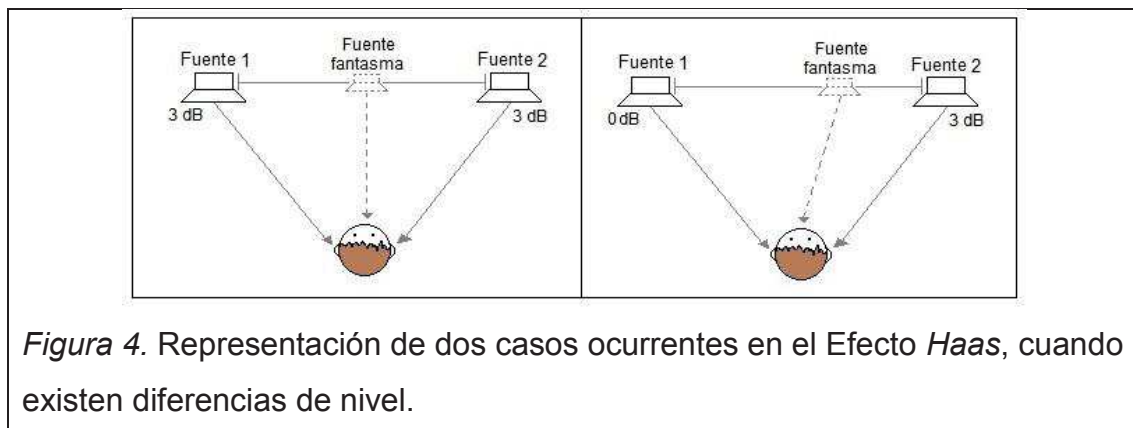
La sensación de direccionalidad es aquella por la cual el oído puede determinar la ubicación de una fuente sonora dentro de un espacio, está determinada por tres factores importantes: la diferencia pequeña de tiempo de llegada del

sonido entre ambos oídos, diferencia pequeña de nivel de presión sonora para cada uno de los oídos y la diferencia espectral de la onda captada por cada oído. Al tener dos oídos que no están conectados entre sí, el cerebro debe procesar la información sonora recibida por ambos. Una imagen sonora estereofónica es generada cuando el cerebro procesa y une dicha información, este proceso es conocido como audición binaural.

El efecto de precedencia, es un fenómeno que ocurre cuando el cerebro trata de determinar la ubicación de una o más fuentes sonoras en base a diferencias de tiempo menores a 50 ms y diferencias de nivel interaurales de las ondas sonoras receptadas. (Miyara, 2006, pp. 26)

Comúnmente confundido con el efecto *Haas* por algunos autores como Miyara (2006, pp. 26), el efecto de precedencia es producto de un experimento realizado por el científico alemán Helmut Haas al estudiar los resultados que el fenómeno traía a la inteligibilidad de la palabra. El proceso consiste emitir una señal por dos altavoces ubicados a igual distancia de cada uno de los oídos, la señal se envía con leves retardos o diferencias de nivel pequeñas en uno de los altavoces con respecto al otro. Por otro lado, el fenómeno que se produce en el efecto *Haas* es el de la creación de una única fuente o fuente fantasma emisora cuando existe más de una fuente en el espacio. (Laino, 2012)

La ubicación de esta fuente fantasma será asignada por el cerebro dependiendo de las diferencias de nivel y tiempo con que las ondas lleguen a cada oído.

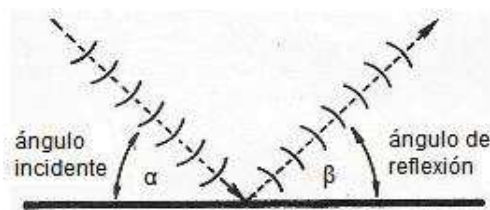


#### 1.3.2.4. Sensación de Espacialidad

Cuando los oídos captan un sonido, el cerebro interpreta la información del mismo y de la del lugar en donde se está transmitiendo dicha onda. La sensación de espacialidad es la interpretación de tamaño del lugar en donde el oyente se encuentra y se basa en tres factores principales: distancia fuente-oído, reflexiones tempranas y reverberación.

Para llegar al receptor, un sonido debe recorrer una distancia determinada en el medio en el que se está propagando desde el punto en que fue emitido por una fuente. Durante este recorrido puede sufrir atenuaciones de nivel dependiendo del medio u obstáculos por los que tenga que pasar. El cerebro puede determinar si la distancia que ha recorrido una onda sonora es larga o corta dependiendo del nivel con el que el sonido llegue al oído, de esta forma se relaciona un menor nivel a una mayor distancia cuando el oyente ha podido identificar el tipo de fuente. Si por el contrario, no se tuviera información acerca de la fuente emisora, la atenuación de nivel podría deberse a otros factores además de la distancia, como superficies aislantes, o absorbentes, niveles de presión sonora bajos emitidos por la fuente, etc.

Al incidir sobre una superficie como una pared, una columna, una puerta o una ventana, una onda sonora sufre varios fenómenos, uno de ellos es la reflexión, esto quiere decir que parte de la energía de la onda va a ser dirigida en dirección y ángulo contrario de los que tubo originalmente al incidir sobre la superficie o dicho de otra manera, la onda rebota sobre la superficie.



*Figura 5.* Reflexión de una onda sonora en una superficie dura.

Adaptado el 5 de mayo del 2014 de:

[http://www.sapiensman.com/docs/sonido\\_y\\_acustica.htm](http://www.sapiensman.com/docs/sonido_y_acustica.htm)

El sonido directo es la primera parte de la energía sonora que llega al oyente, pero además de sonido directo, una onda sonora se compone de reflexiones. Las reflexiones tempranas son el grupo de reflexiones que han incidido sobre una superficie una sola vez antes de llegar al oído.

El último factor que incide en la espacialidad es la reverberación. Se define como reverberación al tiempo en el cual un sonido se demora en decaer 60 dB (o en su defecto, deja de sonar) una vez que la fuente se ha apagado. La reverberación es el producto del conjunto de miles de reflexiones posteriores al sonido directo y las reflexiones tempranas.

En un lugar grande o espacioso, el sonido sería muy reverberante, sin embargo la reverberación no depende únicamente de las dimensiones del lugar, sino también de los materiales de construcción, pues de éstos dependerá, en gran parte, que la energía sonora pueda ser reflejada numerosas veces antes de perderse por atenuación o absorción de los mismos.

### **1.3.3. La Cabeza como Transmisor Sonoro**

Una pequeña parte del sonido que llega a los oídos no lo hace directamente vía aérea; el cuerpo es también en parte un transmisor sonoro y un atenuador. Parte del sonido que llega a nuestros oídos se transmite por nuestro cuerpo como vibraciones de tejidos y huesos. La cabeza juega un papel importante como transmisor ya que el tejido óseo es uno de los más aptos para transmitir vibraciones sonoras.

Debido a aspectos fisiológicos, la forma en cómo se transmitan las ondas a través del cuerpo variará según cada persona, y por lo tanto una pequeña parte en la percepción del sonido.

## **1.4. Sistemas de Sonido de Computadores**

El procesamiento de sonido en un computador es de carácter digital. Existe un grupo de dispositivos responsables de la conversión, almacenamiento y procesamiento de audio y los principales son:

### **1.4.1. Tarjetas de Sonido**

#### **1.4.1.1. Características generales**

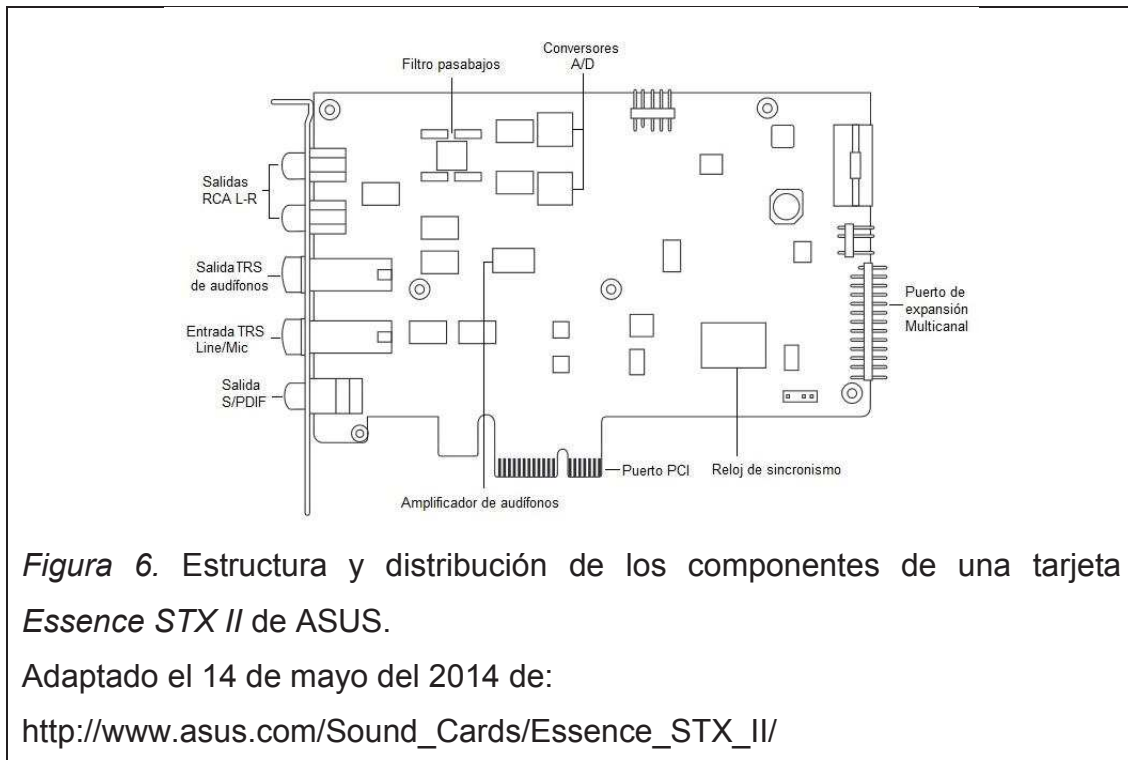
Los computadores cuentan con un sistema de conversión de audio A/D, además codifican la información digital para poder ser almacenada en el disco duro de la máquina, en otros medios de almacenamiento externo como *CDs* por ejemplo, y, en caso de que el objetivo sea reproducir el sonido para escucharlo a través de altavoces o audífonos, decodifican la información digital. Este proceso es realizado en la tarjeta de audio, por conversores presentes en su circuito integrado.

La señal de audio se transmite desde dispositivos externos como micrófonos o instrumentos musicales electrónicos a la tarjeta de audio por medio de puertos de conexión análogos o digitales que ésta incorpora como entradas y salidas de micrófono, salidas para audífonos, etc.

Las principales funciones de una tarjeta de sonido son la grabación, reproducción, y síntesis de audio, para lo cual cuenta con un conjunto de circuitos y componentes.

La tarjeta de sonido puede estar incorporada al computador o puede ser un dispositivo periférico que se adiciona al sistema por conexión *USB*, *Firewire* o por conexión *PCI* a la placa base del computador.

Como componentes principales se pueden mencionar: Conversores A/D, D/A, puertos de conexión de entrada y salida de señal, *DSPs (digital signal processor)*, *buffer* o RAM, amplificadores y mezcladores de señal.



### 1.4.1.2. Funciones Específicas

#### 1.4.1.2.1. Síntesis de sonido

La síntesis de sonido es un proceso por medio del cual se generan o emulan sonidos en medios electrónicos, es decir, estos sonidos pueden ser creados en un computador, en osciladores de tonos puros o ruido, o en instrumentos del mismo nombre, sintetizadores. Esta es una característica que no todas las tarjetas de sonido incorporan.

La síntesis por tablas de onda, también llamada *wavetable*, emplea muestras de audio previamente grabadas y almacenadas de instrumentos o fuentes reales, cuya información será leída y procesada en nivel, paneo, ecualización, *pitch*, para lo cual se cuenta con algoritmos para este tipo de procesamiento.

La calidad o el realismo de los sonidos generados por este proceso dependen de la calidad de grabación de las muestras de audio, de la capacidad de procesamiento y de la capacidad de almacenamiento de la memoria de la tarjeta de audio (mientras más muestras puedan ser guardadas, más opciones de síntesis y procesamiento se tendrán).

#### **1.4.1.2.2. Procesamiento MIDI**

La *MIDI Manufacturers Association* y *Roland* (2009, Norma MIDI 1era edición) definen a MIDI como un protocolo de comunicación musical llamado Interface Digital de Instrumento Musical, que permite la transmisión de información digital entre instrumentos musicales electrónicos y medios de almacenamiento, sintetizadores, secuenciadores y computadores. La información que se transmite por medio de este lenguaje no es sonido ni señales de audio, se trata de eventos de interpretación musical que son codificados en lenguaje binario o digital y que son ejecutados de acuerdo a los recursos del medio o dispositivo a los cuales son enviados.

La información se transmite con mensajes MIDI formados por palabras digitales llamadas bytes y de acuerdo a la norma estándar llamada *General MIDI* cada byte se conforma de 10 bits (8 de información de interpretación y 2 que indican el inicio y el final de una nota musical), lo que quiere decir que en lenguaje binario, pueden haber hasta 1024 palabras en el lenguaje MIDI (1024 combinaciones de bytes dados por  $2^n = \text{cantidad de palabras}$ , por lo tanto  $2^8 = 1024$ ). Además, el número máximo de canales por puerto de conexión es 16 y cuenta con 128 posibilidades para instrumentos musicales diferentes.

En este lenguaje, los mensajes contienen información de interpretación musical como notas, nivel, duración, intención y modo de interpretación, tipo de instrumento, efectos y procesamiento, entre otros.

Para el desarrollo de esta investigación, se trabajará con la tarjeta de sonido propia del computador en el que se va a trabajar.

#### **1.4.2. Disco Duro**

El disco duro de un computador es uno de los componentes más importantes de la máquina. En este dispositivo se guarda toda la información necesaria para que el computador pueda trabajar y está incorporado a la placa madre del computador. (Computerhope, Hard drive, s.f.)

Al ser parte de un sistema de audio digital, las características principales que son de interés son las siguientes:

#### **1.4.2.1. Capacidad de Almacenamiento**

Al ser el medio de almacenamiento permanente de información del computador, la capacidad de almacenamiento es la característica que especifica cuánta información puede guardar el disco duro. En cuando a audio, esto implica cuánta información codificada de audio digital está en capacidad de guardar el sistema y la calidad con la que la información pueda ser grabada en el disco (frecuencias de muestreo y profundidad de bits altas necesitan más espacio en el disco duro).

En la actualidad los discos duros de compañías como Toshiba, Apple o Dell presentan capacidades de almacenamiento de hasta 4 TB.

#### **1.4.2.2. Velocidad**

Característica determinada por la velocidad de giro del disco duro, se la menciona como un valor en RPM (revoluciones por minuto). La velocidad con la que se graba o se accede a la información de un computador determina qué tan rápido puede éste realizar procesos.

Un sistema exigente presenta discos duros con velocidades de entre 7250 RPM hasta 15000 RPM.

#### **1.4.3. Memoria RAM**

Parte de la información que es procesada en un computador es almacenada temporalmente en un módulo de memoria que contiene distintas localidades de almacenamiento, las mismas a las que el sistema puede acceder de forma rápida y no lineal (es decir, no es necesario leer toda la información almacenada previamente hasta llegar al punto en donde se puede encontrar lo



que se busca dentro de la memoria). El sistema realiza este proceso para poder eliminar rápidamente lo que no será necesario almacenar permanentemente. Este módulo es conocido como memoria RAM (*Random Access Memory*, que significa memoria de acceso randómico). (Computerhope, RAM, s.f.)

La memoria RAM mantiene la mayor cantidad de procesos activos en el computador y evita que se produzcan fallas a causa de saturación de procesamiento. Para esto dos de las principales características de este módulo de memoria son: capacidad de almacenamiento y velocidad de procesamiento.

La capacidad de almacenamiento tiene que ver con la cantidad de procesos que puede mantener activo el sistema al mismo tiempo, dicho de otra manera, una memoria RAM de 6 u 8 GB puede trabajar simultáneamente en varias tareas que involucren video y audio sin llegar a saturar el sistema por un determinado período de tiempo. La velocidad de procesamiento implica la rapidez con la que la memoria puede trabajar en las tareas e información que contenga en un determinado momento, esta característica puede estar alrededor de los 1600 o más MHz. Velocidades de procesamiento altas implican menos latencia en ejecución de procesos.

#### **1.4.4. Monitoreo**

El monitoreo es el medio por el cual (como su nombre lo indica) se puede monitorear los procesos que se están realizando con la señal de audio y escuchar sus resultados.

Dispositivos como altavoces, arreglos de altavoces y audífonos conforman un sistema de monitoreo necesario en cualquier proceso de grabación, edición o mezcla de audio.

#### 1.4.4.1. Altavoces

Los altavoces son transductores electro-mecano-acústicos, transforman energía eléctrica en mecánica que posteriormente se transforma en vibraciones acústicas producidas por el movimiento del cono del altavoz.

La clasificación de los arreglos de altavoces es muy amplia, entre las principales:

##### 1.4.4.1.1. Según su Respuesta de Frecuencia

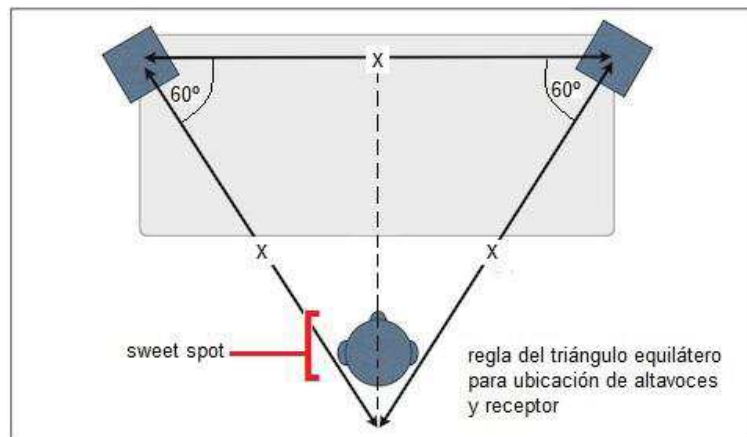
La respuesta de frecuencia es la característica que define el rango de frecuencias que un equipo puede manejar.

- *Subwoofers*: respuesta de frecuencia desde 20 ó 32 Hz a 200 Hz, valores que difieren entre marca y marca. (KRK Systems, 2014)  
Estos altavoces son una parte opcional del sistema. Reproducen un rango de frecuencias que normalmente no se escucha pero es perceptible como vibración, en otras palabras, ondas sonoras que solo pueden “sentirse”.
- *Woofers*: rango de frecuencias bajas y medias, su respuesta , 50 ó 100 Hz a 4500 ó 8000 Hz. (JBL Selenium, 12MB1200, 2014)
- *Tweeters*: su respuesta de frecuencia está entre los 1200 ó 1500 Hz y los 20000 Hz. (JBL Selenium, 3/4 TW1, 2014)

Normalmente *woofers* y *tweeters* son incorporados en una sola caja acústica y funcionan conjuntamente para cubrir un rango de frecuencias básico completo.

##### 1.4.4.1.2. Según su Configuración de Mezcla

- Sistema Estéreo: formado por dos altavoces destinados a reproducir dos canales principales, izquierdo y derecho (L y R). Normalmente se lo denota con el número 2.0.



*Figura 7.* Esquema de monitoreo básico estéreo. Esta regla establece que debe existir la misma distancia ( $x$ ) entre altavoces y receptor, para cada uno de los canales (L y R). El punto central de escucha es llamado “*sweet spot*”, lugar al que llega al receptor, en su mayor parte sonido directo.

Adaptado el 16 de abril del 2015 de:

<http://www.todoaltavoces.net/orientacion-de-altavoces/>

- Sistema 2.1: se forma por los altavoces de los canales L y R, y un *subwoofer* adicional al cual hace referencia el .1 de su numeración.
- Sistema 5.1: formado por seis altavoces, cada uno reproduce un canal determinado: un altavoz central C, dos altavoces frontales FL y FR, dos altavoces laterales o posteriores SL y SR y un *subwoofer*. Este tipo de sistema es el más utilizado en la actualidad para la reproducción de sonido envolvente.

#### 1.4.4.2. Audífonos

Ballou (2008, pp. 584) establece que el pequeño sistema de transducción de los audífonos permite reproducir frecuencias bajas y altas con una buena respuesta y casi directamente en el oído, lo que los hace un sistema de monitoreo personal bastante eficiente para músicos en estudio. Al igual que los altavoces, los audífonos cuentan con un sistema transductor electroacústico a

menor escala, con la diferencia de que la reproducción del espectro total de frecuencias de la señal se reproduce por una sola vía.



Características especiales de los audífonos como la cancelación de ruido suprimen estímulos externos del entorno sonoro, separando al oyente del mundo real. Éste puede ser uno de los factores por los cuales los audífonos son un tipo de monitoreo bastante frecuente y preferido por los usuarios de computadores y videojuegos en la actualidad.

Los modelos y tipos de audífonos varían según las necesidades del usuario y su aplicación. Para juegos en línea, por ejemplo, los *headsets* son el tipo de audífonos más apropiado para monitoreo.

Marcas como Razer, Astro o Sennheiser, cuentan con líneas especiales de audífonos destinados a videojuegos. La configuración de sonido envolvente 7.1 es una característica común en muchos equipos de esta clase hoy en día.

## 1.5. Sistemas de Audio 3D

### 1.5.1. Funciones de Transferencia HRTF

Este modelo de procesamiento digital de sonido es llamado Función de Transferencia Relacionada a la Cabeza. Su objetivo es el posicionamiento tridimensional de sonidos con respecto al oyente por medio de dos o más altavoces, o con audífonos. Este modelo considera las diferencias interaurales de tiempo y nivel de las señales entre los dos oídos. En la actualidad, este algoritmo se utiliza para emular la percepción humana del sonido o características acústicas y espaciales de lugares o determinados recintos.

El cálculo o procesamiento de las señales se basa en dos variables principales: ángulos *azimut* y elevación, también llamados coordenadas esféricas.

Azimut ( $\varphi$ ) define la localización del sonido en el plano horizontal con respecto a la cabeza, sus principales factores determinantes de la ubicación de un sonido son las diferencias de tiempo y nivel. El rango de valores de azimut va desde  $0^\circ$  en donde la ubicación del sonido será completamente frontal a la cabeza,  $90^\circ$  conlleva un sonido ubicado a la derecha y un ángulo de  $180^\circ$  implica ondas provenientes de la parte posterior de la cabeza. Si una señal presenta un azimut con valores entre  $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ , la ubicación de la fuente podría ser en cualquier punto del plano horizontal entre ambos oídos.

Elevación ( $\theta$ ) define la localización de sonido en el plano medio vertical con respecto a la cabeza humana. Cuando un sonido llega al pabellón auditivo, la energía acústica y frecuencial es transmitida a través de los tejidos y huesos de la cabeza y el oído, esto implica que el espectro de un sonido tendrá distinta interacción con el cuerpo. De acuerdo a las HRTF, cada sección de la cabeza es mejor transmisora de un rango determinado de frecuencias, la parte superior es más sensible a altas frecuencias, la parte inferior a las bajas frecuencias, y la sección posterior es mejor receptora de frecuencias medias.

Los sistemas de sonido 3D actuales basan su procesamiento de señales en modelos HRTF y varían su complejidad de acuerdo al resultado final que se desee obtener. Se debe considerar funciones de transferencia individuales para

cada oído y algoritmos para factores específicos que le darán al sonido un mayor realismo como: distancia de recorrido de las ondas sonoras, espacialidad y reverberación de recintos, propagación del sonido en determinados espacios, fuentes puntuales, etc.

### **1.5.2. Parámetros de Evaluación de Sonido 3D**

Publicada por la MMA (1998, pp. 19-21), la guía de renderización de sonido 3D establece que existen ciertos parámetros que hay que considerar al momento de procesar y escuchar una señal de audio por medio de las HRTF:

- *Roll-off*: curva de atenuación del sonido.
- Radiación del sonido: define el punto en el receptor está enfrentando al “cono” de emisión de la fuente sonora. Cambios sutiles de nivel de presión sonora implicarían que la fuente está rotando o su cono de emisión no enfrente directamente al receptor.
- Efecto Doppler: identificación del cambio aparente de frecuencia del sonido emitido por una fuente en movimiento.
- Cambio de timbre del sonido con el cambio de posición de la fuente con respecto a la cabeza del receptor.
- Posición: la ubicación de la fuente sonora en la imagen tridimensional es posiblemente uno de los efectos más complejos de lograr, pues depende de dos variables esenciales: posición general con respecto al espacio sonoro en el que se encuentra el receptor, y elevación o grado vertical con respecto a la cabeza del receptor, es decir, la posibilidad de decir si un sonido viene por encima o abajo de la cabeza.
- Radio de sonido directo: delimita la distancia a la cual se puede encontrar al receptor dentro del campo directo, y el punto a partir del cual se tiene campo reverberante y atenuación del sonido.
- Apreciación de la experiencia sonora que es presentada: qué tan realista resulta el procesamiento de sonido tridimensional para el receptor.

Cada una de estas características es configurable dentro del motor que se usará para la implementación de la banda sonora, y cada una de ellas se relaciona directamente con un control o parámetro determinado dentro de los objetos de juego en Unity.

## **1.6. Los Videojuegos**

Los videojuegos son sistemas o aplicaciones de entretenimiento que simulan situaciones de la vida real o de fantasía, en las que el usuario puede interactuar en tiempo real con dicho entorno a través de comandos programados alcanzar un determinado objetivo.

Estos sistemas pueden ser ejecutados en computadoras, consolas, o dispositivos electrónicos como *smartphones* o *tablets*, su nivel de complejidad en cuanto a gráficos, audio y *gameplay* depende de las capacidades de la plataforma para la cual puedan ser adaptados.

Los elementos principales de un videojuego son: guion, en el cual se basa la historia e idea general del juego, desarrollo de los personajes y objetivo principal; arte conceptual, que comprende el diseño visual del juego, cómo se verán los personajes, lugares y objetos con los que el usuario tendrá que interactuar; sonido o motor de audio, parte del programa que ejecuta a la banda sonora en tiempo real y de acuerdo a las acciones del usuario; diseño de programación, el cual se refiere al código, plataforma en la que fue escrito, métodos y protocolos.

### **1.6.1. *Gameplay***

Dentro de las reglas establecidas y de la interacción del mismo con el juego se establece el *gameplay*, que puede ser definido como la experiencia del usuario a través de su participación en el juego. (Sicart, 2009)

*Gameplay* también podría ser relacionado con el guion que sigue el juego, es decir, la historia y estructura que debe seguir el usuario para alcanzar objetivos.

## **1.6.2. La Banda Sonora**

La banda sonora de cualquier material audiovisual es el conjunto de elementos sonoros que acompaña a la imagen tales como diálogos, efectos sonoros y música. Cada uno de estos elementos debe ser mezclado de forma que provoque las sensaciones buscadas en el espectador. (Knowles Marshall, s.f.)

En cuanto a videojuegos, se definirán tres planos o secciones principales de la banda sonora:

### **1.6.2.1. Diálogos**

Los diálogos y los sonidos vocales producidos por los personajes del juego son de vital importancia para contar la historia, expresar emociones y ayudar al usuario a entender la mecánica y motivaciones propias y de otros personajes. (Knowles Marshall, s.f.)

Los diálogos también determinan a qué nivel el jugador se involucra con la historia y justifican el *gameplay* en algunos aspectos (algunos personajes del juego pueden ayudar a entender determinadas acciones que el usuario debe tomar a través de diálogos).

### **1.6.2.2. Efectos Sonoros**

Todos los sonidos que tienen lugar en la banda sonora que provienen de cualquier fuente que no sea la voz humana, incluso si son producidos por uno de los personajes pero que no son diálogos, caen dentro de la categoría de efecto sonoro.

De acuerdo a su contexto dentro de la banda sonora, pueden ser clasificados de la siguiente manera:

#### **1.6.2.2.1. Sonidos Sincrónicos**

Todo elemento que el espectador pueda ver y ser identificada como fuente sonora como por ejemplo un automóvil o un piano, tendrá un efecto sonoro en sincronía con su movimiento y aparición en la imagen, es decir, todos aquellos



sonidos de los cuales se pueda identificar la fuente en el momento en que son producidos, son llamados sonidos sincrónicos. (Knowles Marshall, s.f.)

Este tipo de sonidos puede formar parte del segundo plano sonoro de un material audiovisual, efectos de sonido.

#### **1.6.2.2. Sonidos Asincrónicos**

Todos los sonidos que se pueden escuchar y que no vienen de una fuente sonora visible o definida en la imagen caen en esta categoría. Este tipo de sonidos pueden aumentar el realismo del juego. (Knowles Marshall, s.f.)

Dentro de esta categoría pueden ubicarse el plano de efectos de sonido de fuentes no visibles y planos sonoros ambientales, tomando en cuenta que un plano sonoro ambiental se compone por sonidos propios del lugar en donde se está desarrollando una acción o situación, por ejemplo, una calle transitada de una ciudad cosmopolita, un bosque, un restaurante, etc.

#### **1.6.2.3. Música**

La música es uno de los elementos más importantes de cualquier material audiovisual, a través de ella se puede crear tensión, miedo, tranquilidad en el espectador pues es una herramienta emocional muy poderosa.

El caso de un videojuego es diferente al de una película, en la cual la música y la banda sonora son lineales, aparecen conforme a lo que está escrito en el guion y preparan al espectador para ello; en un videojuego, la banda sonora debe ajustarse a las acciones del usuario, por lo tanto, también la música.

Según Marks (2009, pp. 231-236) existen varios elementos del videojuego de acuerdo a los cuales la música debe ser seccionada y compuesta.

#### **1.6.2.3.1. Introducción, Cierre y Créditos**

Sección que contiene a la música que presenta el juego, la introducción es lo primero que el usuario ve y escucha al abrir el programa, por lo que debe poder mostrarle la calidad del juego. El cierre y los créditos también llevan su parte musical; muestran el fin del juego y acompañan a los créditos de producción.

#### **1.6.2.3.2. Secuencias Cinemáticas**

Algunos juegos contienen secuencias visuales pequeñas que sirven para narrar partes de la historia, celebrar victorias, o demostrar acciones de los jugadores, las mismas que se acompañan de estas piezas musicales.

#### **1.6.2.3.3. Música de Menú Principal**

La música que está presente en la pantalla de menú principal debe poder mantener al jugador inmerso en el juego sin tensionarlo.

#### **1.6.2.3.4. Música de *Gameplay* y Música Interactiva**

La mayor característica de la música para videojuegos es que tiene que poder adaptarse a las acciones del jugador e interactuar con él, de igual manera el *gameplay* rige la forma, frecuencia e intensidad con la que la música aparecerá a lo largo de la historia.

#### **1.6.2.3.5. Anticipación de Acontecimientos, Cambio de Escenas, Enlaces, Victoria o Pérdida de Partida**

Eventos musicales de duración corta que anticipan una acción del jugador, la aparición de un nuevo enemigo, el cambio de un capítulo o escena de juego, un enlace de escenas, o simplemente una victoria o fracaso en alguna tarea que debía cumplir el usuario.

#### **1.6.2.3.6. Loops y Pistas Ambientales**

Un *loop* es una pista de audio que se reproduce de forma cíclica por el tiempo que le ha sido asignado. Los *loops* y las pistas ambientales son fundamentales para mantener al jugador inmerso mientras no ocurren cambios de escena, enfrentamientos o cualquier otro elemento que pueda introducir un cambio.

#### **1.6.2.3.7. Stingers**

No son propiamente piezas musicales, los *stingers* son elementos musicales de muy corta duración, que acompañan acciones específicas e instantáneas del personaje, pueden clasificarse como efectos de sonido.

### **1.6.3. The Audio Engine: Motor Generador de la Banda Sonora**

El motor de un videojuego es el conjunto de instrucciones del programa que se encarga de ejecutar instrucciones en tiempo real conforme el usuario juega. Según Ward (2008), estas instrucciones implican ejecutar y mostrar elementos o procesos específicos como renderización, fenómenos físicos, sonidos, animaciones, procesamiento de gráficos, *streaming*, escenarios, etc.

El motor de audio puede definirse como la sección del motor del videojuego o *software* que está destinado específicamente a la ejecución de la banda sonora en tiempo real, en el cual la reproducción de piezas musicales conforme la historia, sonidos ambientales y diálogos, procesamiento y efectos de sonido; son las funciones principales con las que cuenta un motor de audio.

Anteriormente, los motores debían ser programados directamente en el código fuente del juego, lo cual requería que éstos fueran altamente eficientes, rápidos en procesamiento, y que de ninguna manera afecte a los gráficos y otros recursos del juego. La desventaja: los *engines* variaban de acuerdo a la empresa que desarrollaba el videojuego, eran incompatibles con otros entornos de programación, y tenían gran costo de producción debido a la cautela de cada empresa por mantener sus técnicas “en secreto”. Posteriormente, algunas compañías empezaron a desarrollar motores de juego

listos para programación y otros complementos para vender a otras. Estas compañías son conocidas como *middleware providers*, y proveen de estos productos a otras compañías que están en el proceso del desarrollo, producción o lanzamiento de un videojuego.

Tabla 1. Algunos los motores de audio y juego más avanzados actualmente.

<b>Audio/ Game Engine</b>	<b>Desarrollador</b>	<b>Engine/ Software compatible</b>	<b>Plataforma compatible</b>	<b>Juegos</b>
Wwise <sup>®</sup>	audiokinetic <sup>®</sup>	<i>Unity, Unreal 3, Unreal 4, CryEngine, Marmalade</i>	PC, Mac <sup>®</sup> , Linux, PlayStation <sup>®</sup> 3, PlayStation <sup>®</sup> 4, PlayStation <sup>®</sup> Vit a, Xbox 360 <sup>™</sup> , Xbox One, Wii <sup>™</sup> , Wii U <sup>™</sup> , Nintendo 3DS <sup>™</sup> , iOS, Windows, Windows Phone, Android <sup>™</sup>	<i>Dead Nation Apocalypse Edition, Batman: Arkham Origins, Outlast: Whistleblower, The Amazing Spiderman 2, Payday 2, Plants Vs. Zombies 2, entre otros.</i>

Continúa Tabla 1, parte 2.

FMOD <sup>®</sup> Studio	Firelight Technologies Pty Ltd.	<i>Unity, Havok, CryEngine, Hero Engine, Autodesk Scaleform, Unreal Engine</i>	PC, Mac <sup>®</sup> , Linux, PlayStation <sup>®</sup> 3, Xbox 360 <sup>™</sup> , Xbox One, Wii <sup>™</sup> , Wii U <sup>™</sup> , Windows, Windows Phone	<i>World of Warcraft, Guitar Hero, Starcraft, Forza Motorsport 5, Transistor, entre otros.</i>
The Miles Sound System	RAD Game Tools		PC, Mac <sup>®</sup> , Linux, PSP <sup>®</sup> , PlayStation <sup>®</sup> 3, Xbox 360 <sup>™</sup> , Wii <sup>™</sup>	<i>Call of Duty 4, Star Wars: Knights of the Old Republic, Warcraft I-III, Diablo II, entre otros</i>
Unreal Engine	Epic Games	Wwise <sup>®</sup> , FMOD	PC, Mac <sup>®</sup> , Linux, PlayStation <sup>®</sup> 3, PlayStation <sup>®</sup> 4, Xbox 360 <sup>™</sup> , Xbox One, Windows, iOS, Android <sup>™</sup>	<i>Injustice: Gods Among Us, Daylight, Rime, Medal of Honor: Airbone, BioShock Infinite, Dishonored, entre otros.</i>

Continúa Tabla 1, parte 3.

Unity	Unity Technologies	Wwise <sup>®</sup> , FMOD	PC, Mac <sup>®</sup> , Linux, PlayStation <sup>®</sup> 3, PlayStation <sup>®</sup> 4, Xbox 360 <sup>™</sup> , Wii <sup>™</sup> , Wii U <sup>™</sup> , Windows, Windows Phone 8, iOS, Android <sup>™</sup> , Blackberry 10	<i>Among the Sleep, Asunder: Earthbound, Archangel, Call of Duty: Strike Team, Ski Safari: Adventure Time, Pavilion, The Forest, The Room Two, entre otros.</i>
-------	--------------------	---------------------------	---	---

La información listada en la Tabla 1 fue obtenida de los websites oficiales de cada uno de los motores (Audiokinetic, 2014), (Epic Games, 2014), (Firelight Technologies, 2014), (RAD Game Tools, 2014) y (Unity Technologies, 2014).

### 1.7. El Trabajo de Aplicación: *ZombieShooter*

*ZombieShooter* es el videojuego en el cual se va a trabajar en esta investigación. Se encuentra en versión demo y fue desarrollado por Juan Manosalvas, co-fundador de la empresa chilena *Global Pixel Studios*, en enero del presente año, y los últimos cambios realizados en julio de este año.

El juego puede ser clasificado como un *shooter* en primera persona, o *first person shooter* (FPS, terminología en inglés), en el que el usuario tiene una perspectiva en primera persona de lo que ocurre durante el juego y uno de los objetivos principales es disparar o usar un arma de largo alcance contra sus

enemigos. Su género también podría ser clasificado como un juego de ficción y aventura.

Debido a que es una versión demo, *ZombieShooter* tiene un *gameplay* bastante simple y puntual: ubicar y disparar a los enemigos que puedan presentarse para poder avanzar dentro del escenario. El personaje se encuentra en un calabozo bastante oscuro, por lo cual el usuario debe valerse también del sonido para ubicar a sus atacantes, los cuales son fantasmas, momias, ogros, dragones y lobos.

El juego ha sido desarrollado en Unity, por lo cual se ha decidido que este *engine* será la herramienta principal de diseño del motor de audio para *ZombieShooter*.

#### **1.7.1. Game Engine, entorno de programación: Unity**

Unity es un entorno de programación de juegos. Es un motor de juegos (*game engine*) que permite construir y renderizar videojuegos y aplicaciones para diversas plataformas. Unity es muy popular entre desarrolladores independientes pues es de bajo costo, y permite un flujo de trabajo bastante rápido. Dentro de sus principales opciones están la creación y construcción de escenarios, animación de gráficos 2D y 3D, programación de código fuente (*scripting*), creación y modificación de fenómenos físicos, fácil navegación a través del espacio del escenario, programación y asignación de sonidos a objetos del juego, control de parámetros como nivel, panning, *pitch*, curva de decaimiento, reverberación, ubicación, determinación de fuentes de sonido 2D y 3D, así como procesamiento de audio 3D con estos parámetros y ubicación de la perspectiva sonora del usuario dentro del juego.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Diseño de la Banda Sonora

Habiendo establecido previamente los principales elementos presentes en la banda sonora de cualquier material audiovisual y con la visualización del juego se definió el tipo de efectos y eventos más relevantes que deberán ser contenidos en dicha banda sonora y que ayudarán a un *gameplay* más realista.

Algunos de los efectos sonoros y diálogos fueron grabados en los estudios de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas, con los equipos que el mismo tiene a disposición, y elementos sonoros y música que no pudieron ser grabados en vivo fueron post-producidos en la estación digital Reason 5.

La configuración de parámetros de grabación en el sistema digital para todos los planos fue de 48 kHz de frecuencia de muestreo y 16 bits.

Se realizó dos mezclas de la banda sonora para la evaluación de parámetros psicoacústicos como aceptación de los elementos musicales y efectos de sonido y ambientales que experimente el usuario, así como diálogos y sonidos propios del personaje.

#### 2.1.1. Definiendo Elementos Principales y Planos Sonoros

##### 2.1.1.1. Diálogos y Voces

Las voces y sonidos producidos por cada uno de los personajes presentes en el juego establecen el primero de estos planos sonoros: los diálogos. Debido a que *ZombieShooter* es un juego de tipo FPS, lo que pueda comunicar el personaje principal al usuario tendrá un papel determinante en el nivel con el cual se pueda identificar con el personaje y las sensaciones que puedan producirse.

De acuerdo a la atmósfera que se genere en diferentes etapas del *gameplay*, el tipo de diálogos serán de tipo alerta (“¡Cuidado!”), miedo (reacciones de pánico, gritos, respiraciones) o alivio.



Los diálogos en este tipo de producciones son normalmente grabados por actores de doblaje que recrean las emociones y acciones del personaje al que representan, en sincronía con los mismos. La naturaleza del personaje principal de *ZombieShooter* es desconocida, podría ser hombre, mujer o una criatura fantástica, lo cual brinda la libertad de decidir cuál de ellos puede ser recreado. Se decidió tener diálogos de un personaje femenino y uno masculino, para cada uno de los cuales se grabaron muestras de audio con el siguiente proceso:

#### **2.1.1.1.1. Grabación de Voces**

La grabación de los diálogos se realizó con los siguientes equipos:

- Micrófono Neumann TLM 49
- Sistema de grabación Pro Tools HDX (interface de audio Avid y software Pro Tools HDX)

El patrón polar predeterminado de este micrófono es de tipo cardioide, y la técnica de microfonía que se utilizó fue balance cerrado. Se realizó la grabación en la cabina del CR2 debido a ser uno de los ambientes acústicos más secos en las instalaciones de la carrera.

Según Ballou (2008, pp. 488, 489), la grabación de voces en estudio es recomendable en un ambiente lo menos reverberante posible y con un micrófono de tipo condensador, como el previamente mencionado, para resaltar la claridad e inteligibilidad de la voz. La técnica de microfonía de balance cerrado es la de uso más común para esta finalidad, ubicando al actor, cantante o fuente sonora entre 0 a 50 cm de distancia del micrófono, con la cara frontal del diafragma dirigida hacia la fuente.

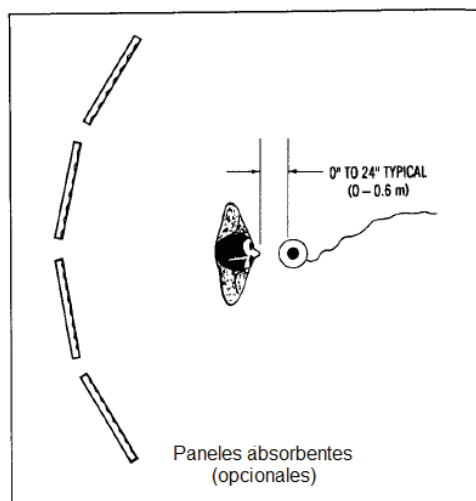


Figure 15-163 Vocal mic'ing.

*Figura 9.* Técnica de microfonía para grabación de voces en estudio.

Adaptado de Ballou, 2008, pp. 489, el 11 de abril del 2015.

Se grabaron palabras y expresiones pequeñas como: “¡Son demasiados!”, “¡Tengo que salir de aquí”, “¡Más rápido, ya falta poco!” para cada una de las voces; femenina y masculina.



*Figura 10.* Grabación de diálogos para personaje principal masculino en el CR2 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, en UDLA, Quito.

### 2.1.1.1.2. Edición y Mezcla de Voces

El proceso de edición de voces se realizó de la siguiente manera:

- Pro Tools 9 para la edición de audio.
- Monitoreo por medio de una interface MBox Mini 3 y audífonos Sennheiser HD 280.

Se escogió la mejor toma para cada una de las muestras de audio y se las separó en una región distinta de la de la toma original, eliminando espacios de silencio. Eliminar espacios de silencio en tomas de audio reduce su tamaño y evita que éstos resten memoria en el juego. “El silencio requiere tanta memoria como el sonido. Deshazte de cuanto silencio puedas.” (Stevens y Raybould, 2011, pp. 37)

Para la mezcla de cada muestra de diálogos seleccionada los procesos usados fueron de ecualización de voces, compresión, cambio de *pitch* y monitoreo de nivel master.

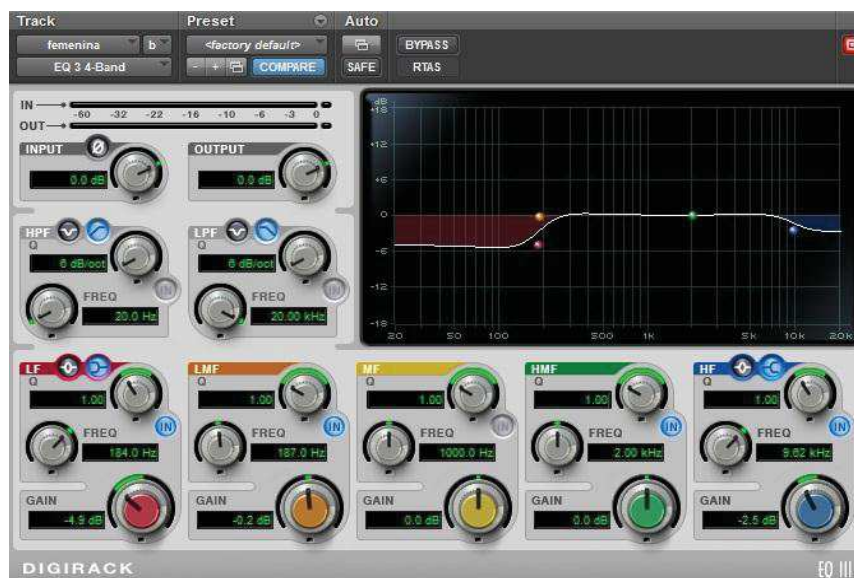


Figura 11. Ecualización aplicada para diálogos del personaje principal, voz femenina. Proceso realizado con el *plug-in* de Pro Tools EQ III. Recuperado el 14 de octubre del 2014 de la sesión de mezcla correspondiente a la investigación.

La ecualización de voces para esta etapa tomó como referencia a uno de los procesos que Stevens y Raybould (2011, pp. 259 y 260) recomiendan, eliminar cualquier frecuencia ajena al timbre característico de cada voz, aplicando filtraje bajo los 150-200 Hz para voces femeninas y entre 100-150 Hz para voces masculinas, de esta manera se evitan ruidos de tipo *hum*, además se atenuaron frecuencias altas para evitar ruidos producidos por el ambiente de grabación (en el CR1 existe un ruido de alta frecuencia producido por el UPS ubicado en la sala).

No fue necesario aplicar *de-essing* en los diálogos de los protagonistas pues no existen variaciones muy fuertes de nivel ni molestias causadas por las consonantes “s”, “c” y “z”.



Figura 12. Compresión aplicada para diálogos del personaje masculino. *Plugin* de Pro Tools Compressor/Limiter Dyn3.

Recuperado el 14 de octubre del 2014 de la sesión de mezcla correspondiente a la investigación.

Es recomendable aplicar controlar y atenuar variaciones bruscas de nivel de presión sonora que puedan saturar el sistema y causar distorsión digital en algunos casos, como pops (golpes de aire producido por la consonante “p”), o variaciones repentinas de la intensidad de la voz.

La compresión aplicada para el procesamiento de diálogos tiene como objetivo atenuar picos de nivel y no cambiar drásticamente el timbre del sonido. Los parámetros de dicha compresión tienen los siguientes cambios:

- Umbral [dB]: se estableció un umbral de -20 dB (a partir del cual se atenuará el nivel de la señal) pues los picos de nivel de las grabaciones de diálogos poseen valor similar.
- Relación de compresión [dB]: aproximadamente 2,5 : 1 dB (se atenuará en una de relación de 2,5 veces el nivel que contenga la señal que ha pasado el umbral).
- Ataque y *Release* [ms]: se utilizó el valor por defecto del compresor para ambos parámetros, el tiempo dentro del cual el compresor empezará a actuar y en el cual dejará de comprimir está dado por cada uno de ellos, respectivamente. Normalmente, las variaciones intensas de señal tienen una envolvente o transiente repentina y niveles de presión sonora altos, y para controlarlos es necesario configurar ataque y *release* en el compresor de acuerdo a la envolvente sonora.

Se realizó un control de nivel máster en la pista máster para asegurar que el nivel promedio de cada muestra de audio oscile entre el nivel unitario del rango dinámico del sistema (0 dB), a través de mezcla de niveles por los *faders* de las pistas individuales y máster.

El proceso general de mezcla fue similar para los dos personajes a excepción del procesamiento tonal de la voz masculina, en la cual se aplicó cambio de *pitch* a través del *plug-in pitch shifter* de la sección de *Audiosuite*, que serviría para darle un leve timbre grave a cada voz.

Finalmente se procedió a realizar *bounces* de cada muestra que contiene cada una de las frases de diálogo del personaje principal, tanto para voz femenina y masculina; cada diálogo fue exportado como un archivo monofónico de audio en formato mp3, con la velocidad de codificación y relación de compresión más bajas (baja velocidad de codificación implica más recursos del computador destinados al procesamiento de audio; así como la relación de compresión de 320 kbps implica mayor cantidad de información de audio contenida en el archivo).

Consolas actuales como la PlayStation Portable y PlayStation 2 varían muy poco en cuanto a términos de memoria RAM para sonido entre sí, ambas cuentan con 2 MB, la Nintendo Ds cuenta con apenas 500 kB. El caso en PC no es tan limitado, pero esta limitación de recursos para procesamiento de sonido se debe a que la mayor parte de la memoria RAM está destinada a procesamiento de gráficos, haciendo ineficiente el trabajo con archivos de audio de gran tamaño. Una gran parte de optimizar audio en videojuegos, implica comprimir los archivos que se implementarán, y por lo tanto ahorro de espacio en el medio de reproducción y procesamiento, además de presupuesto económico para el desarrollador. (Stevens y Raybould, 2011, pp. 33 y 34)

#### **2.1.1.2. Ambientes o Efectos Ambientales**

En este plano se establecieron los sonidos que formaron parte del calabozo creado para el juego y que aportan a la sensación del usuario de estar en dicho lugar.



*Figura 13.* Vista del calabozo donde se encuentra el protagonista del juego. Recuperado del proyecto de Unity “*ZombieShooter*” el 13 de abril del 2015.

Para lograr la recreación de dicho lugar se definieron dos elementos principales: música ambiental que puede ser reproducida en *loop* durante el *gameplay* y una secuencia de efectos ambientales de un lugar cerrado sonoramente reverberante con sonidos de celdas, herramientas metálicas, piedras, goteras, etc.

Los elementos de este plano fueron realizados por síntesis en Reason 5.

El elemento musical fue realizado de la siguiente manera:

- Sesión de Reason con un mezclador *ReMix 14x2* y un *Combinator* con el *patch “Default Mastering Suite”*.
- Instrumentos: sintetizador *Malström*, dos sintetizadores *Subtractor*, distribuidos en un canal individual para cada uno en el mezclador.
- Procesadores de efectos: una unidad de reverberación *RV7000*.

En la pista de la unidad *Malström* se escribió una secuencia de tres notas musicales (la escritura de una nota musical en *Reason* equivale a enviar el mensaje de nota activada definido por la MMA (2009, pp. 10)) en un intervalo de segunda menor: A2, A#2, A2 (los intervalos musicales menores tienen un timbre melancólico y oscuro en la percepción humana) las cuales tienen una

duración de 8, 4 y 8 compases, respectivamente. La configuración de los parámetros de síntesis fue la siguiente:



Figura 14. Configuración del sintetizador *Malström*. Principales parámetros usados: activación y formas de onda de moduladores A y B, activación y tipo de onda de osciladores A y B. Modificaciones en cuadros rojos.

Adaptado de la sesión de *Reason "ambientes zombie shooter"* el 25 de octubre del 2014.

Tras una serie de estudios realizada por el ingeniero Vic Tandy alrededor de 1980, se le atribuyó al infrasonido (ondas con frecuencias menores a los 20 Hz) malestar físico y miedo en las personas, algunos casos de actividad paranormal fueron investigados y se comprobó la existencia de ondas estacionarias infrasonicas en los lugares donde ocurrían. (Cooking Ideas, 2011)

Para el diseño del plano ambiental no se utilizarán infrasonidos pues para la reproducción de los mismos se necesita contar con un sistema *subwoofers*, además que el causar malestar físico al jugador no es el objetivo de la banda sonora, sin embargo se conoce que el uso de bajas frecuencias audibles y que en algunos casos pueden ser sentidas más que escuchadas, en el cine y otras producciones audiovisuales de suspenso, terror y drama es un recurso muy usado para complementar a otros elementos, darles un aspecto de llenura y peso en cuanto a sonido, y crear atmósferas que evocan situaciones en las que el espectador no sabe lo que va a pasar o aumenta la expectativa en cuanto a un evento de mucha intensidad.



La primera de las unidades *Subtractor* se utilizó para la generación de ruido blanco aplicado filtraje en altas frecuencias, reproducido como una nota musical que dura toda la secuencia. En el segundo *Subtractor* se generó un tono de baja frecuencia (entre los 80 y 120 Hz aproximadamente) que estaría presente durante todo el *loop*, se usó solo al oscilador 1 con modulación de la forma de onda con una onda triangular.



Figura 15. Unidades *Subtractor 1* y *2*, usadas para generar ruido blanco y baja frecuencia.

Adaptado de la sesión “ambientes zombie shooter” el 25 de octubre del 2014.

Se adicionó una unidad de reverberación en la sección de envíos y retornos auxiliares del mezclador y se asignó el envío en paralelo para el *Subtractor 1*, de esta manera el nivel del efecto fue controlado por mezcla desde el control de envío del *mixer*. Se usó un tipo de reverberación con un tiempo de decaimiento largo.



Figura 16. Configuración de la unidad RV7000 utilizada para el efecto de reverberación del *Subtractor 1*. Modificaciones en cuadros rojos  
Adaptado de la sesión de *Reason "ambientes zombie shooter"* el 26 de octubre del 2014.

Se realizó una mezcla de niveles de todos los dispositivos en la cual cada uno de ellos estuviera presente y fuera fácilmente identificable, generando así el elemento musical indicado para el plano ambiental del juego.

Finalmente se realizó ecualización global, *widening* y compresión con la unidad de masterización contenida en el *Combinator*, y se procedió a realizar un *bounce* como un archivo de audio estereofónico en formato mp3.

Los sonidos adicionales presentes en el plano ambiental fueron agregados a la secuencia musical en Pro Tools. Cada uno de ellos fue seleccionado de las tomas obtenidas en la grabación de efectos de sonido del juego, para luego ser guardados como muestras de audio individuales.

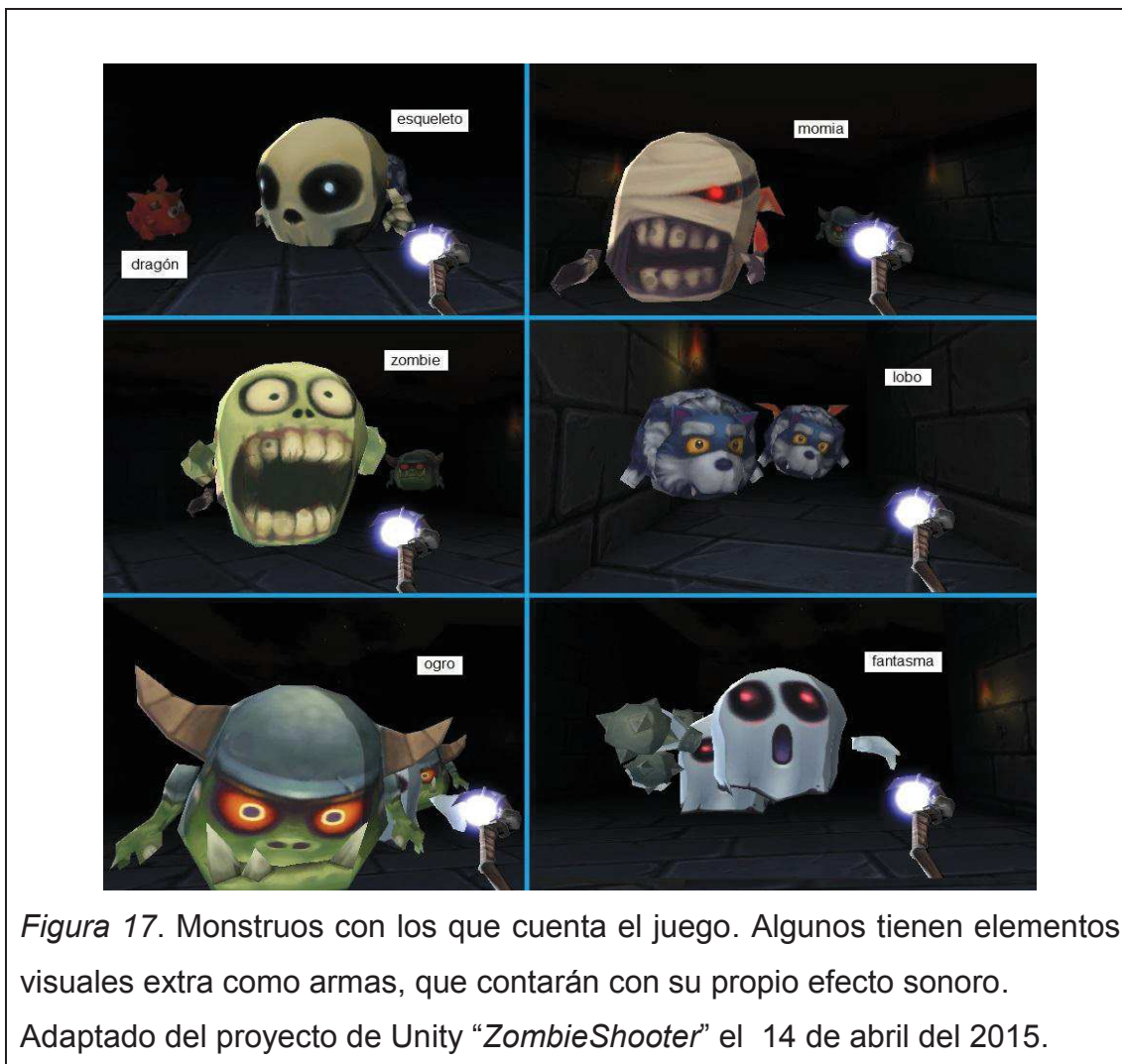
Se ubicó a cada una de estas muestras en diferentes lugares en la línea de tiempo, sin orden ni posición específicos, para ser mezclados posteriormente con la secuencia musical previamente realizada en Reason 5. De igual manera, la mezcla de niveles de estos sonidos en relación a la secuencia musical se realizó bajo el criterio de que los sonidos que puedan estar a una menor distancia del personaje principal (receptor) tendrán un nivel mayor en relación a ellos que puedan estar más lejos del mismo. Se realizó mezcla de panning para cada uno de ellos, con el objeto de emular diferentes ubicaciones de fuentes emisoras de dichos sonidos.

Se aplicó reverberación en paralelo a cada una de las muestras de efectos sonoros para este plano, cuidando que la mezcla resalte igual o más a la señal procesada en relación a la original; los sonidos que se pudieran escuchar en un espacio de este tipo, tendrían alto contenido de reflexiones tardías, las cuales darían la característica a cualquier evento sonoro de ser muy reverberante, en otras palabras, este procesamiento emula las características que poseen sonidos que pueden ser captados fuera del campo directo de emisión de la fuente, y que son transmitidos o absorbidos a través del espacio físico por las diferentes superficies y elementos que forman parte de dicho espacio.

El plano de efectos ambientales se exportó como un archivo de audio estereofónico en formato mp3, con velocidad de codificación baja y relación de compresión 320 kpbs.

#### **2.1.1.3. Efectos de Sonido**

El plano de efectos sonoros fue definido por todos los sonidos provenientes de las fuentes presentes en el juego, ya sean visibles o no. Con la visualización del juego se definieron efectos de sonido sincrónicos y asincrónicos para los siguientes elementos: enemigos (monstruos; rugidos, gritos, golpes, armas, sangre), fuego y antorchas, disparo de hechizo del arma del personaje, sonidos inherentes del personaje principal (respiración, latido de corazón, pasos), computadora (voces de “*game over*”), entre otros.



Dentro de esta etapa pueden definirse cuatro categorías de efectos sonoros que Viers (2008, pp. 5) menciona:

- *Hard effects*: el tipo de efectos sonoros más común. Su característica principal es que la imagen siempre está asociada de forma implícita con su naturaleza sonora, por lo tanto la interpretación del sonido no es tan crucial para que el efecto cumpla su función y no necesitan ser grabados en sincronía con la imagen. Ej: pito de auto, disparos, golpes, etc.
- *Foley effects*: el *foley*, se define como la grabación de sonidos en sincronía con la imagen, y a diferencia de los *hard effects* la forma de interpretación de los efectos es fundamental para conseguir un sonido realista. Dentro de esta

categoría encontramos entre los más comunes a los pasos, roces de ropa, movimientos e impactos de armas en combates cuerpo a cuerpo, etc.

- *Production effects*: se popularizaron durante los 60s y 70s como efectos sonoros de ciencia ficción, normalmente sonidos electrónicos producidos en sintetizadores tales como *swooshes*, *zips*, de estática eléctrica, etc.
- *Sound Design effects*: este tipo de sonidos son diseñados con la mezcla de diferentes capas de otros efectos para conseguir un timbre o efecto que en la vida real no existe o no se puede grabar. Estos sonidos pueden variar desde la caída de un alfiler al suelo hasta el rugido de una criatura mítica.

En el caso de los sonidos que debieron ser grabados se realizó un proceso híbrido entre *foley* y *hard effects*: si bien no se interpretó sonidos en sincronía con la imagen, sí se hizo énfasis en la interpretación de los mismos, realizando variaciones de intensidad y velocidad y se utilizaron técnicas de *foley* mencionadas por el autor.

Los pasos y el disparo de hechizo del arma del personaje principal fueron tomados del grupo de archivos disponibles en el paquete elementos de Unity, por lo que no hubo necesidad de utilizar *pits*.



*Figura 18.* Superficies de diferentes materiales sobre los cuales se producen diferentes tipos de pasos y sonidos para ser grabados como *foley* reciben el nombre de *pits*.

Adaptado el 17 de abril del 2015 de: <http://www.triggertone.com/term/Foley>

### 2.1.1.3.1. *Hard-Foley Effects*

En este proceso fue aplicado para los siguientes elementos sonoros: armadura de ogro, chorros de sangre, fuego de flama pequeña (antorchas), golpe de maso metálico y golpe de cadenas. Los materiales usados para producir efectos sonoros fueron: cartera de cuero con cierres, cadena y colgantes te metal, medias de lana mojadas y un recipiente con agua, papel celofán, maso de metal con cadenas y colgantes de metal contra una cobija gruesa de lana, y colgantes y cadena de metal contra una superficie de madera, respectivamente.

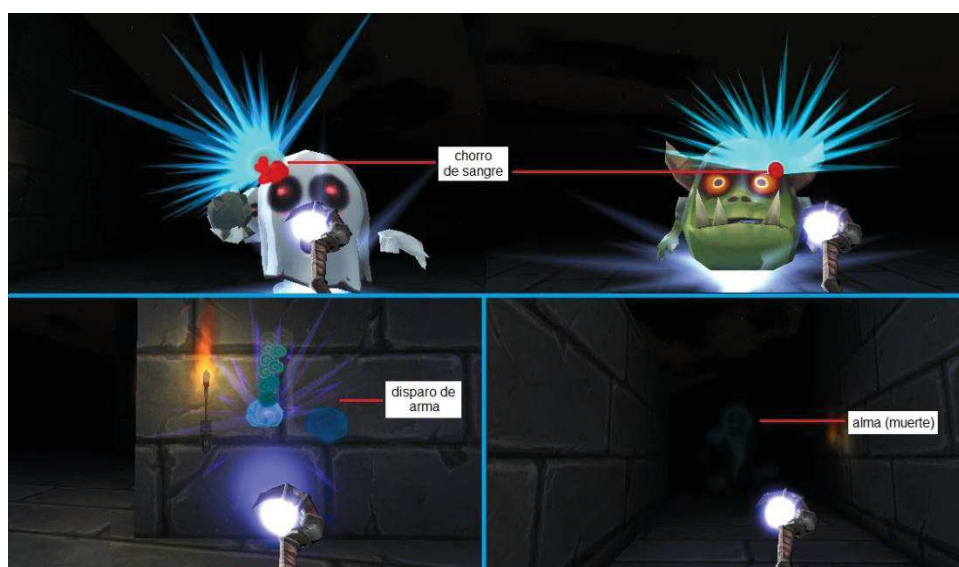


Figura 19. Algunos de los efectos o elementos visuales para los cuales se diseñarán el respectivo efecto sonoro.

Adaptado del proyecto de Unity "ZombieShooter" el 14 de abril del 2015.

Se utilizaron los siguientes equipos:

- Micrófono Neumann
- Micrófono Audio-Technica AT8035
- Sistema de grabación Pro Tools HDX (interface de audio Avid y software Pro Tools HDX)

Los micrófonos utilizados son de tipo condensador, el cual es el más usado en *foley*, debido a su alta sensibilidad y respuesta de frecuencia plana, características que se requieren para reproducir el rango de frecuencias que cualquier sonido contenga de manera fiel (sin coloración) y grabar sonidos con niveles de presión naturalmente bajos. (Viers, 2008, pp. 17-18)

El patrón polar con el que se trabajó fue cardioide o direccional, para ambos micrófonos. Se utilizó balance cerrado como técnica de microfonía (entre 5 y 15 cm entre la fuente y el diafragma del micrófono, angulación aproximada de 45° con respecto a la ubicación de la fuente).

Para cada uno de los sonidos mencionados se realizaron diferentes tomas variando timbre, intensidad sonora, dinámica y velocidad. Al tratarse de sonidos repetitivos, variar cada una de estas características en la grabación brinda más realismo a lo que el usuario percibe. Escuchar un mismo golpe de maso o un paso durante todo el *gameplay* resultaría extraño, poco natural, pues no todos los golpes tendrán la misma fuerza, rapidez o sonoridad que otros. Este factor incluso puede evocar emociones que el personaje en escena pueda experimentar, como golpes o pasos rápidos darían la sensación que el personaje intenta defenderse o alcanzar un objetivo con mayor rapidez. (Viers, 2008, pp. 258)



*Figura 20.* Grabación de efecto de fuego de antorcha en el CR1 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, en UDLA, Quito.



Figura 21. Izquierda: grabación de efecto sonoro de armadura de ogro en el CR2 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, UDLA, Quito. Derecha: materiales usados.

Sonidos naturales de cada monstruo como: una parte del rugido de dragón, grito de ogro y momia, gruñidos, aullidos y ladridos de lobo y suspiro de fantasma; además de la respiración agitada del personaje principal y las voces de computadora que indican juego perdido (“*game over*”) fueron grabados con la misma configuración del sistema, con la diferencia que en este caso se usó el micrófono *Neumann TLM 49* debido a ser apto más apto para las grabaciones de “voces” en este caso, con la técnica de microfonía usada en la etapa de grabación de diálogos, pues cada uno de estos sonidos fue grabado con voces humanas que serían procesadas en la etapa de mezcla.

#### 2.1.1.3.2. Edición y Mezcla de *Hard-Foley Effects*

En este proceso se utilizó el mismo sistema de edición y monitoreo que en la edición de diálogos, con el mismo proceso para elegir a las tomas que se usarían para procesar cada una de las muestras finales para cada sonido.

En la mezcla se utilizaron modificaciones de *pitch* a través del *plug-in pitch shifter* de la sección Audiosuite, asignando distintos valores al parámetro de tono de acuerdo al cantidad de frecuencia que se necesitó modificar para cada efecto, logrando sonidos de enemigos más graves en relación a las grabaciones originales, amplificación en el caso de niveles bajos, ecualización



y filtraje; compresión para las grabaciones que simularan gritos o rugidos y golpes, se aplicó reverberación en algunos casos (cadenas y sangre), y finalmente se realizó monitoreo de nivel máster para cada una de las muestras.

#### **2.1.1.3.3. Sound Design Effects**

En esta etapa se utilizaron las grabaciones de los *hard effects* y fusionaron con *production effects* (creados por síntesis posteriormente), finalmente para ser procesados como *sound design effects* como fue el caso del rugido de dragón, voz de computadora, fuego y latido de corazón.

En el caso del fuego de antorchas se realizó el siguiente proceso de mezcla:

- Se agregó un *plug-in* en una pista nueva, con un generador de ruido rosa procesador de tipo puerta de ruido, *saïd chain*, filtraje pasa bajos para el ruido, para que en función del nivel de la pista de grabación de papel la puerta deje pasar el ruido.
- Se agregó en otra pista un generador de ruido rosa adicional, al cual también se aplicó filtraje de frecuencias altas, de este modo el efecto sonoro tendría contenido de frecuencias bajas presentes además de las que variarían según el nivel en la pista anterior.
- Por último se mezcló las tres pistas, asegurándose que la pista que contiene al *foley* de fuego sea la más inteligible, y el nivel de las pistas con los procesadores y osciladores no enmascaren a la primera.

Para la edición y mezcla de las voces de computadora se siguió el mismo proceso de selección de tomas, edición, ecualización, compresión y mezcla de nivel que en el de los diálogos de los personajes principales, a excepción del proceso de modulación.

- Se utilizó el *plug-in* DB-33 para aplicar modulación, distorsión y amplificación a la voz de computadora en cada una de las muestras seleccionadas.

Los sonidos finales fueron exportados como archivos monofónicos de audio en formato mp3 y relación de compresión 320 kbps.

Los elementos que fueron generados por síntesis en Reason 5 fueron: latido de corazón, resonancia de frecuencias agudas del rugido de dragón. Se decidió realizar síntesis para estos efectos sonoros debido a la dificultad de grabar *foley* para este tipo de sonidos; grabar un latido de corazón requeriría un lugar extremadamente silencioso y un micrófono con sensibilidad muy alta y simular la resonancia aguda de un rugido de dragón sería muy difícil de conseguir.

Para el proceso de síntesis del latido de corazón se utilizó la siguiente configuración:

- Sesión de Reason con un mezclador *ReMix 14x2* y *Combinator* con *patch "Default Mastering Suite"*.
- Se creó una unidad *Combinator* para ser asignada en el segundo canal del mezclador. Dentro, algunos dispositivos conectados en serie de la siguiente manera: un mezclador *microMix 6x2*, un ecualizador *MClass Equalizer*, un procesador de reverberación *RV7000*, una unidad *Redrum*, dos unidades *MClass Equalizer* conectadas en las salidas de los canales 1 y 2 del *Redrum*, un compresor *MClass Compresor* en las salidas del segundo ecualizador y sus salidas en el primer canal del mezclador, las salidas principales del tercer ecualizador en el segundo canal del mezclador.
- Finalmente las salidas del ecualizador máster se asignaron en las entradas de conexión de instrumento del *Combinator*.

Se asignaron dos muestras de audio de bombo en los dos primeros canales del *Redrum*, conectando la salida de *gate* del canal 1 a la entrada de *gate* del canal 2; con las que se emulará el sonido de un latido de corazón una vez se haya realizado procesamiento en cada una de estas muestras, posteriormente se creó un patrón de notas cortas en el *Redrum*, que semejaría un latido de corazón con una duración de 12 compases en la pista de instrumento.



Figura 22. Configuración de patrón rítmico en Redrum.

Adaptado de la sesión de Reason “sound fx” el 28 de octubre del 2014.

Se asignó al segundo ecualizador a la salida del canal 1 del *Redrum* y se filtró frecuencias altas y compresión con el *MClass Compressor* conectado en las salidas principales de dicho ecualizador. También se ecualizó atenuando frecuencias altas en menor cantidad en el segundo canal del *Redrum* con el tercer ecualizador.

Se realizó una conexión en paralelo para la unidad de reverberación con los envíos y retornos auxiliares del mezclador. Con el *patch* de reverberación “*All Wembley*” se abrió el envío auxiliar del segundo canal del mezclador. Este efecto y las dos señales de bombo procesadas fueron mezcladas en cuanto a nivel y se obtuvo un timbre similar al de un corazón latiendo.

Se creó una pista de automatización de tiempo para el mezclador principal para que la velocidad de reproducción de las notas del *Redrum* aumente y disminuya progresivamente, dando el efecto de un latido de corazón agitado, y finalmente se la exportó como un archivo de audio monofónico en formato mp3.

Los efectos de sonido de criaturas míticas o monstruos fantásticos son bastante complejos de lograr, muchas veces requieren la combinación de varios sonidos de animales y efectos procesados de fuentes totalmente

diferentes de las que se asociaría a su naturaleza; o según Viers (2008, pp. 263), pueden ser logrados desde cero con la voz humana recreando animales o monstruos junto con instrumentos o latas de metal para lograr un timbre distinto y potente, como fue justamente la forma de grabar el rugido del dragón del videojuego, adicionando un segundo elemento sonoro derivado de este *foley* original y se realizaron procesos como distorsión, modulación, cambio de *pitch*, etc., para que su timbre fuera más realista.

El proceso para la síntesis en Reason de este efecto fue el siguiente:

- Sesión de Reason con un mezclador *ReMix 14x2* y *Combinator* con el *patch "Default Mastering Suite"*.
- Un *sampler* NN-XT
- Un *vocoder* BV512
- Una unidad de distorsión *Scream 4 Distortion*
- Un ecualizador paramétrico de cuatro bandas *MClass Equalizer*
- Una unidad de reverberación RV7000

Se cargó cada una de las muestras (una a la vez) del *foley* de dragones en una zona del *sampler* y una muestra cargada desde la biblioteca de efectos sonoros para NN-XT que Reason proporciona. Se configuró las salidas principales (L y R) del sintetizador para la zona correspondiente a la muestra de *foley* y a su vez se las conectó a las entradas de la señal portadora del *vocoder*; el efecto sonoro se asignó a la salida 3 la que fue conectada a la entrada de la señal moduladora del BV512.



Figura 23. Configuración de parámetros para muestras asignadas al NN-XT. Arriba: zona asignada a las muestras originales de *foley* de dragones. Abajo: zona asignada a la muestra para la señal moduladora.

Adaptado de la sesión de Reason “*dragones*” el 30 de octubre del 2014.

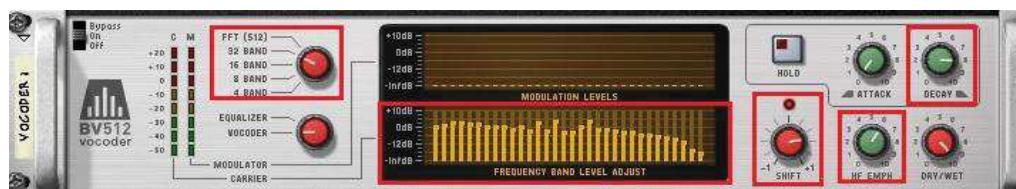


Figura 24. Configuración del vocoder BV512.

Adaptado de la sesión de Reason “*dragones*” el 30 de octubre del 2014.

La forma de onda y espectro de la señal moduladora (la muestra de efecto sonoro) se aplicó al espectro de la señal portadora (cada una de las muestras

de *foley* de dragones) generando una emulación de resonancia en frecuencias agudas del rugido. La señal entregada por el *vocoder* fue asignada a la unidad de distorsión *Scream 4 Distortion*, se le aplicó filtraje alrededor de los 8kHz con el *MClass Equalizer*, y posteriormente asignada a un canal del mezclador.

Se asignó el primero de los envíos auxiliares del mezclador a la unidad de reverberación y se aplicó el efecto a la señal entregada por el ecualizador abriendo el envío auxiliar asignado a la RV7000 controlando el nivel de mezcla del efecto. Finalmente se amplificó el nivel con la unidad maximizadora de la *Default Mastering Suite*, y se realizó un *bounce* en un archivo de audio estereofónico en formato mp3 de cada una de las muestras moduladas correspondientes a cada muestra de *foley*.

Se procedió a mezclar cada una de las muestras procesadas en Reason con su correspondiente de *foley* original en *Pro Tools*, asignándolas a una pista nueva en la sesión. Realizando una copia de cada una de las muestras de efecto, se las ubicó dentro de un rango de 10-20 milisegundos de diferencia en el tiempo con respecto a la anterior muestra aplicando paneo completamente a la izquierda y derecha, respectivamente. Se hizo mezcla de nivel para todas las muestras y finalmente se procedió a sacar un *bounce* de cada una de las muestras finales (muestra de *foley* y muestras de Reason) con nivel unitario y en formato de archivo de audio mp3, con compresión de 320 kbps.

#### 2.1.1.4. Música

Para cada una de las secciones musicales se realizará un arreglo musical de esta obra que se adapte a la situación del personaje en el juego.

Tabla 2. Elementos musicales que formarán parte de la banda sonora.

Intro	Secuencias	Menú Principal	<i>Gameplay</i> / Ataque de enemigos	Pérdida/ Término del juego	Ambiental	<i>Stingers</i>
SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO

Debido a la simplicidad de la dinámica de juego, se decidió componer una pieza principal y composiciones más cortas basadas en la misma idea musical que la principal para los demás elementos musicales como Intro o término del juego, etc.

La idea para la composición musical fue crear una canción que aportara a la situación ocurrente en el juego, el ataque de los enemigos. Se trabajó con una tonalidad menor e instrumentación orquestal y estructura rítmica que evoca una época medieval, debido a la ambientación del lugar donde se encuentra el personaje principal, un calabozo en donde es atacado por criaturas míticas.

Para la producción de las piezas musicales se utilizó Reason 5 y la configuración de la sesión de composición fue la siguiente:

#### **2.1.1.4.1. Tema principal: “*They are coming for you*”**

El tema principal está realizado en compás simple de 4/4 y tiene un tempo de 110 bpm y cuenta con la siguiente instrumentación: percusiones, contrabajo, cellos, sección de violas, sección de violines y pícolo. Los dispositivos usados fueron:

- Un mezclador *ReMix 14x2* y un *Combinator* con el *patch “Default Mastering Suite”*.
- Una unidad *Kong Drum Designer*.
- Tres *NN-XT Advanced Sampler*
- Dos *NN-19 Digital Sampler*
- Una unidad de *delay DDL-1*
- Una unidad de reverberación *RV7000*
- Un *splitter Spider Audio*

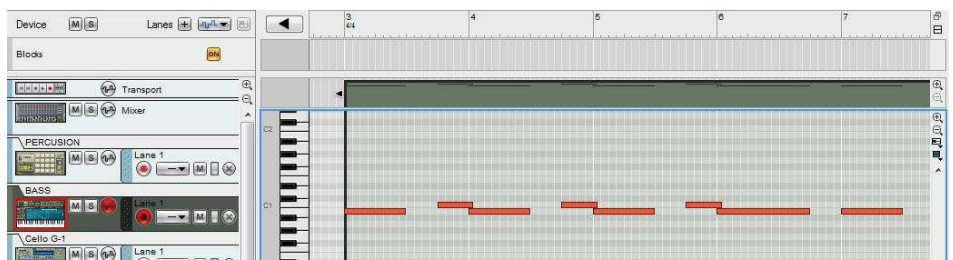
Durante la edad media y a partir del nacimiento de la polifonía con la música secular o “profana” (previa a este tiempo, la música tenía la característica de ser monódica, sólo un tipo de instrumento, comúnmente la voz, y una sola línea melódica podían ser interpretadas a la vez. Su finalidad eran las actividades

religiosas, como el canto gregoriano), instrumentos de cuerda como la cítara, fídula, el rabel y la viola eran algunos de los más conocidos con los que trovadores y juglares interpretaban piezas musicales, además de acompañarse con instrumentos de viento como la flauta dulce. Los instrumentos de percusión como tambores de cuero y panderos adquirieron popularidad un tiempo después cuando se los usó como acompañamiento para la flauta. (Larousse, 2000, pp. 20, 33.)

La instrumentación elegida para las piezas musicales del juego recuerda la sonoridad de esta época a través de sonidos familiares como las secciones de una orquesta sinfónica.

Con una duración de 19 compases (el compás 19 contiene la cola de *decay* de uno de los platos de la sección de percusión), la estructura del tema musical es bastante simple y se compuso de un pequeño Intro y dos frases principales (parte A y parte A'). La tonalidad del tema está basada en Mi Menor (Em) y su escala armónica, pero con una alteración en el IV grado: La (A). El tema se conforma de una sola idea musical ejecutada únicamente en el I grado de la escala.

Cada una de las secciones de instrumentos interpreta una línea que cumple una función específica. La sección del contrabajo ejecuta el bajo de la canción y su rítmica está basada en un modo *ostinato*, el cual según Lorenzo (2005, pp. 143), es una figura rítmica repetitiva, de corta duración para que sea fácil de asimilar.



*Figura 25.* Línea musical del contrabajo, intervalo y estructura rítmica. Adaptado de la sesión de del tema principal, el 10 de diciembre del 2014.



Las notas interpretadas por el bajo forman parte del primer grado de la tonalidad (Em), en este caso se utilizó el quinto grado del acorde, formando una inversión (caso en el cual la primera de las notas que contiene el acorde no es el primer grado). El contrabajo interpretó su línea con un estilo *pizzicato* con la finalidad de enfatizar el ataque de las frecuencias graves del tema.

El instrumento correspondiente a la línea musical del contrabajo en Reason fue el primero de los *samplers* NN-XT conectado al segundo canal del mezclador principal. Al ser su proceso de síntesis por tabla de onda, es el más apto para reproducir muestras de audio de instrumentos acústicos. Se configuró un grupo de cinco zonas formadas por 4 o 5 medios tonos y comprendidas entre el C0 y el F2. En cada una de las zonas se cargó una muestra de audio tomada de la librería *Orkester Sound Bank*, correspondiente a muestras grabadas de un contrabajo tocado con *pizzicato* en diferentes notas de algunas escalas armónicas que coincidieran dentro del rango de cada una de estas zonas.

Entre los parámetros principales que puede modificar este tipo de síntesis está el *pitch* o altura tonal de muestra de acuerdo a la nota que se necesite reproducir, sin embargo, esta característica tiene sus limitaciones; si se modifica la frecuencia de la muestra del contrabajo tocando un C0 para que pueda reproducirse como C1, el resultado puede no ser el de un sonido de instrumento realista pues en muestras de ciertos instrumentos acústicos la libertad de este parámetro no tiene un rango tan amplio como el de una señal producida por un medio puramente digital. Reason asigna un parámetro llamado *Root key* (nota raíz) a cada una de las muestras de audio para que el mismo pueda ser asignado como nota eje central de reproducción de acuerdo a la nota que haya sido grabada para dicha muestra, de esta manera el rango de modificación de *pitch* será el adecuado para lograr timbres realistas en cada una de las notas, es por esta razón que en cada una de las zonas se asignó una *root key* ubicada en el centro del rango para cada muestra de audio.

Ej: En la primera zona, entre C0 (*Lo key*) y F0 (*Hi key*), se asignó la muestra de audio de contrabajo en *pizzicato* de la nota E0 con una *root key* de E0.



Figura 26. Configuración de zonas de muestras de audio para el contrabajo. Asignación de rango con notas tope y notas raíz. Adaptado de la sesión de Reason del tema principal del juego “they are coming for you”, el 12 de diciembre del 2014.

A continuación se escribió la línea musical para los cellos. Al igual que en el contrabajo, se mantuvo una idea musical simple que complementó a la percusión y bajo desde el tercer compás en adelante. La idea musical para los cellos tiene una duración de cuatro compases, y su característica es la de un pedal, contiene notas largas como las redondas, que se mantienen a medida que el resto de instrumentos realizan cambios de intervalos o armonía. En este caso, el cello lleva el grado base del acorde de Em, la nota del mismo nombre.

El dispositivo correspondiente a los cellos fue el sintetizador NN-19, el cual también realiza síntesis por tabla de onda, en este caso, sus características son más simples que el NN-XT. Se cargó el *patch* “CELLO.smp” que se encuentra en la lista de *patches* que presenta la ventana “Browse Patch”.

La MMA (2009, pp. 10), define al parámetro de la velocidad de una nota MIDI como la fuerza con la que se toca una nota o en el caso de un teclado, la fuerza con la que se presiona una tecla. Esta característica corresponde al nivel de intensidad o la sonoridad con la que es reproducido un evento musical

en un medio digital. El parámetro de velocidad de cada nota puede ser modificado en Reason en la parte inferior de la ventana del secuenciador principal con el control de “*Velocity*”. Se aumentó el valor en las notas en los *beats* fuertes en las frases del cello.

Se realizó un doblaje de la señal del NN-19 conectando las salidas principales a la sección *splitter* del *Spider Audio* y asignando las salidas de estas copias a los canales 3 y 4 del *mixer*, respectivamente. Para la unidad DDL1, se abrió el envío auxiliar 1 en nivel unitario de los canales correspondientes a la señal de cello. Se paneó completamente en izquierda y derecha en cada canal.

Las violas llevaron la interpretación de un arpeggio formado por los tres primeros grados de la escala de Em, y en la pista correspondiente, se asignó el siguiente de los *samplers* NN-19 con el *patch* “*BIGSTRINGS.smp*”, conectado en el quinto canal del mezclador.

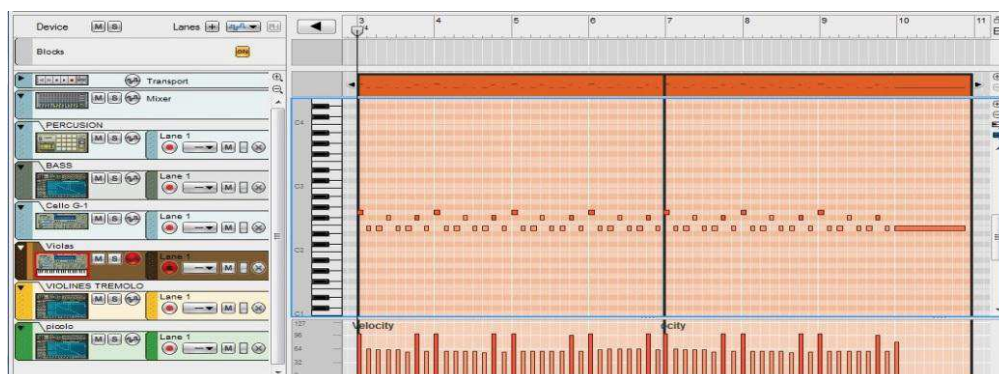


Figura 27. Figuración de notas musicales de las violas.

Adaptado de la sesión de Reason del tema principal del juego “*they are coming for you*”, el 16 de diciembre del 2014.

La frase de la figura anterior corresponde a la parte A del tema musical, y la segunda sección de la frase, a la parte A’ de la canción. Se fijaron valores nominales del parámetro *velocity* para los *beats* acentuados, y valores bajos para las notas de los tiempos no acentuados, enfatizando la rítmica del tema con dinámica en la interpretación musical.

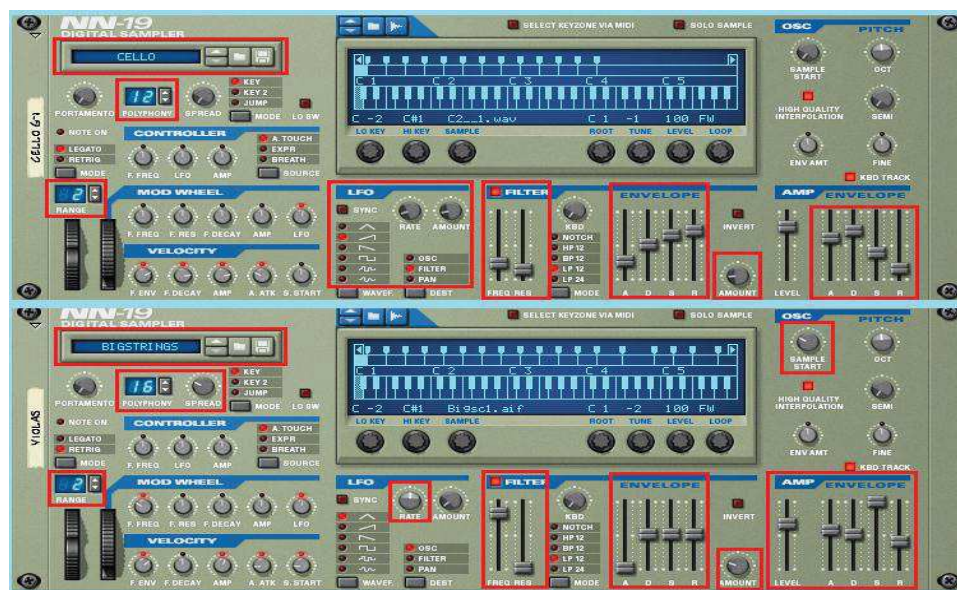


Figura 28. Asignación de *patches* de muestras de instrumentos para cello (arriba) y violas (abajo). Configuración de parámetros de síntesis.

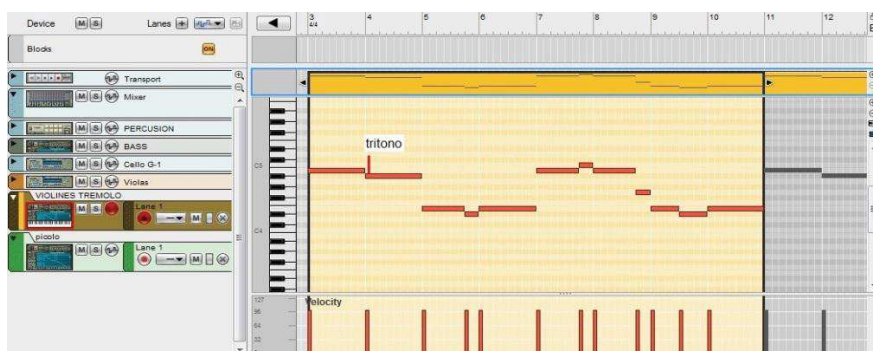
Adaptado de la sesión de Reason del tema principal del juego “*they are coming for you*”, el 17 de diciembre del 2014.

Posteriormente se abrió el primer envío auxiliar del canal de la sección de violas en el mezclador, y se controló la cantidad de doblaje con el DDL-1.

A continuación se escribió la melodía principal del tema, comprendida en 8 compases y presente las partes A y A’ de la canción la cual sería interpretada por la sección de violines y el pícolo en un doblaje.

Para cada uno de estos instrumentos se configuró un *patch* en los dos siguientes *samplers* NN-XT correspondientes: “*Trem String All.sxt*” para la sección de violines, y “*Flutola.sxt*” para el pícolo, conectados en los canales 6 y 7 del *mixer*, respectivamente.

Se aplicó doblaje en ambos instrumentos de la misma manera que en los anteriores con la unidad DDL-1 y paneo a la izquierda y derecha para violines y pícolo, respectivamente.



*Figura 29.* Melodía principal del tema, interpretada por violines y pícolo.  
Adaptado de la sesión de Reason del tema “*they are coming for you*”, el 20 de diciembre del 2014.

En la melodía se presenta la alteración del cuarto grado antes mencionada (ajena a la tonalidad de Em) que produce la existencia de un tritono. Lorenzo (2005, pp. 115-120) establece que se forma cuando existen tres tonos en un intervalo de cuarta aumentada o quinta disminuida, (entre el primer y cuarto grado de la escala o tonalidad) según el punto de vista del que se interprete la escala. En este caso, el intervalo constituiría una quinta disminuida, siendo la alteración un Si bemol (Bb).

Por producir una sonoridad dura, este tipo de intervalos llegaron a considerarse diabólicos y a prohibirse en la época medieval. La música popular lo adoptaría siglos más tarde como un recurso para adquirir un sonido áspero y fuerte, una de las primeras bandas de heavy metal que utilizó este recuso fue Black Sabbath. Debido al objetivo del tema musical de crear un ambiente de tensión y miedo se utilizó este intervalo de manera recurrente en la melodía principal. (Mendoza, 2013)

Para la percusión se decidió usar un secuenciador *Kong Drum Designer* conectado al primer canal del mezclador, configurando muestras de audio de instrumentos de percusión tomados de la librería *Reason Factory Sound Bank* y, de las carpetas específicas “*Bass Drums*” para bombo, “*Cymbals CYM*” para los platos utilizados, es decir, en cuanto a instrumentación, se contó con:

“*Bd\_UnderWater\_TSB*” bombo acústico asignado en el canal 1 del secuenciador, “*CYM\_swpFX3*” *reverse* de plato tocado con arco en el segundo canal, “*Cym\_ChinaPangCrash\_BSQ*” plato china crash en el tercer canal, y “*Cym\_ChinaSwell\_BSQ*” muestra de efecto *swell* en un plato china para el canal 4 del Kong.

El objetivo de la percusión fue destacar los *beats* fuertes para enfatizar y marcar la rítmica de la canción. Las notas musicales de una caja de ritmos carecen de elevación tonal, por lo que solo son representadas como una figuración sin afinación.

La sección de percusión realiza el Intro del tema musical por lo que está presente desde el primer compás y su estructura es la siguiente:

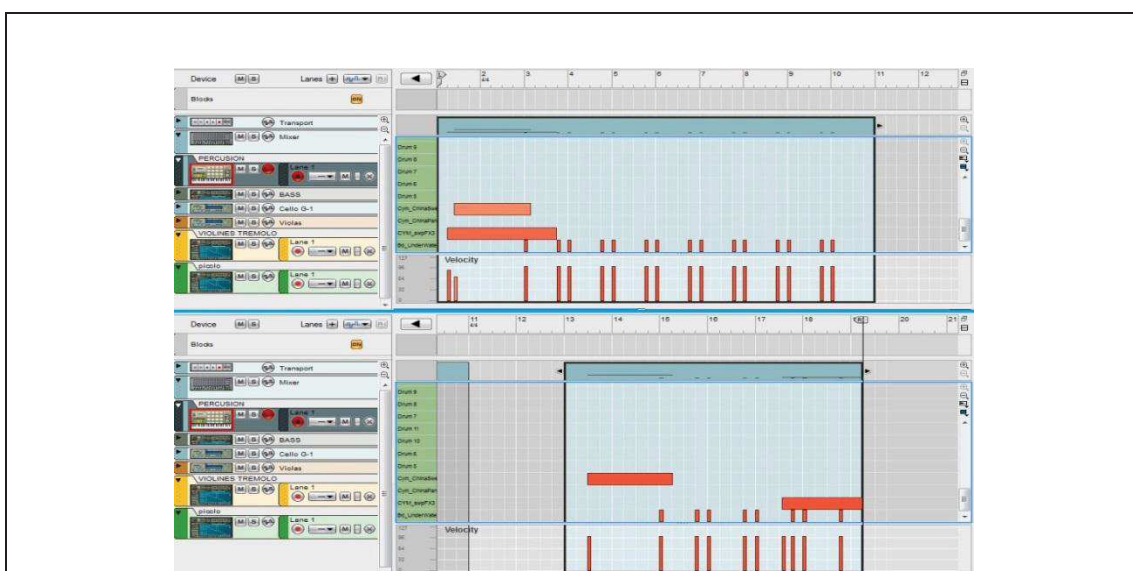


Figura 30. Frase musical de percusiones del tema musical del juego.

Adaptado de la sesión de Reason del tema principal del juego “*they are coming for you*”, el 30 de diciembre del 2014.

Se procedió a realizar mezcla de niveles empezando por el *low end* (bombo, contrabajo y cellos), se adicionó a la mezcla la sección de violas en frecuencias medias y finalmente los violines y pícolo para la melodía, tratando que el sonido de ambos grupos de instrumentos logre un timbre que aporte a la sensación de tensión y suavice un tanto el sonido agresivo de un violín.

Con la *Mastering Suite* del *Combinator* se aplicó ecualización para acentuar frecuencias bajas y atenuar bandas alrededor de los 400 y 3,5 kHz, compresión para compactar sutilmente a la percusión con el resto de instrumentos, se utilizó el *Stereo Imager* para dar una sensación de amplitud en el plano horizontal a la canción, y se dio un pequeño aumento al nivel de mezcla con la unidad *MClass Maximizer* y llevarla al nivel nominal de Reason.

Finalmente, se exportó la canción en un archivo de audio estéreo mp3.

#### **2.1.1.4.2. Tema del Intro: “ZombieShooter”**

La idea original para el tema principal fue diferente a la canción final utilizada en el juego; se decidió utilizar partes de la misma para los temas de introducción y victoria. La introducción se formó como una frase musical corta con partes de la instrumentación original, estructura rítmica de 6/8, tempo de 180 bpm y su tonalidad fue Re menor (Dm).

A partir de la sesión de Reason de la canción inicial se tomó los siguientes elementos: percusión (bombo y timbal de concierto o *timpani*), trombón, tuba y fagots, distribuidos de la siguiente manera:

- Sesión de Reason con un mezclador *ReMix* de 14x2 y una unidad *Combinator* para procesos generales de ecualización, compresión, etc.
- Percusiones: un *Kong Drum Designer* con un *MClass Equalizer*, asignado al primer canal del *ReMix*. En el secuenciador, una configurado el *patch* “*Modeled Orchestra [K].kong*”, se cargaron una muestra para bombo, y dos muestras de timbales graves de diferente timbre en los canales 1, 6 y 13, respectivamente; aplicando mezcla de nivel, paneo, tono y abrir el bus auxiliar de efectos para realizar procesamiento como agregar ruido, filtro de frecuencias y reverberación en cada uno de estos canales a través de los módulos de sintetizador efectos del secuenciador *Kong*.
- El trombón fue configurado en un *sampler* NN-19 con el *patch* “*TROMBONE.smp*” encontrado en la librería *Reason Factory Sound Bank*, conectado al sexto canal del mezclador. Se le aplicó efectos de doblaje y

reverberación con un DDL-1 y una reverberación RV7000 asignadas a los envíos auxiliares 1 (RV7000) y 2 y 3 (DDL-1).

- La tuba se configuró en un *sampler* NN-XT con el *patch* “*Tuba.sxt*”, conectado al canal 7 del mezclador, con reverberación y doblaje.
- Se asignaron los fagots 1 y 2 a dos NN-19, cada uno cargado con el *patch* “*BASSOON.smp*”, encontrado en la misma librería que la del trombón. Los fagots se conectaron a los canales 8 y 9 del mezclador principal.

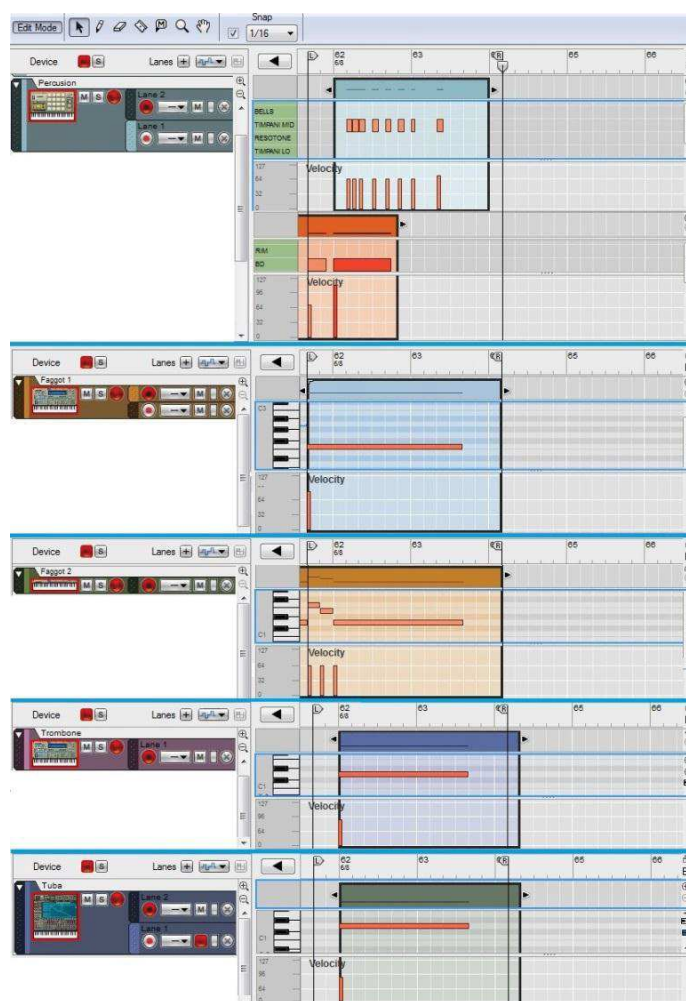


Figura 31. Notas musicales interpretadas por los instrumentos en el Intro.  
Adaptado de la sesión de Reason “*ZombieShooter*”, el 03 de enero del 2015.

Se aplicó mezcla de niveles para cada uno de los instrumentos, doblaje, reverberación y panning a través del mezclador principal, y compresión,



ecualización, y espacialización estéreo con la *Default Mastering Suite*. Finalmente se exportó un archivo de audio estereofónico en formato mp3.

#### 2.1.1.4.3. Tema de victoria: “*You are a hero*”

Al igual que el tema musical de introducción, el tema de victoria también fue logrado en base a la composición original para el juego. La idea musical es igual a la canción de introducción, con una variación pequeña al inicio en uno de los fagots. Tiene duración y misma instrumentación que el Intro con la misma tonalidad, Dm.

De la sesión de Reason del tema original y de introducción se tomó los mismos instrumentos y dispositivos usados, con la misma secuencia de notas musicales y se añadió dos notas al inicio del acorde.



*Figura 32.* Música de los fagots en la victoria/término de juego.  
Adaptado de la sesión de Reason del tema intro del juego “*ZombieShooter*”, el 04 de enero del 2015.

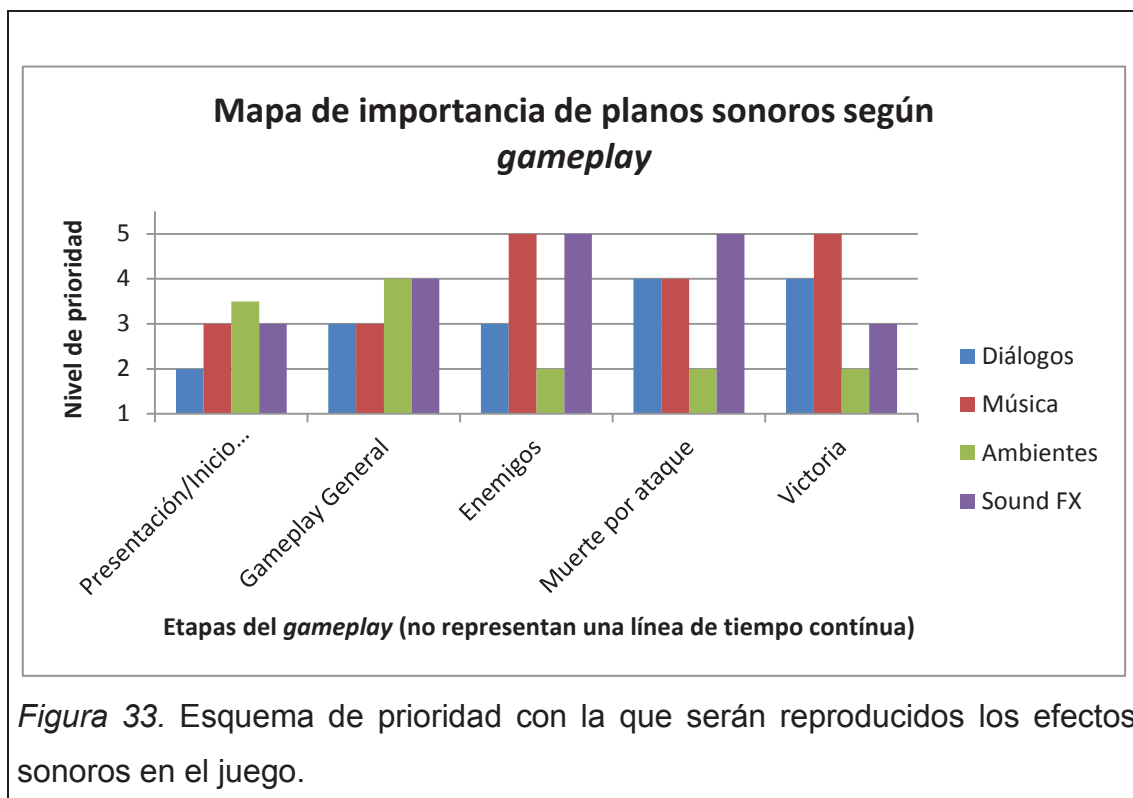
Finalmente se aplicó la misma mezcla, ecualización y otros procesamientos y efectos que en la anterior pieza musical y se procedió a exportarla como un archivo de audio estereofónico en formato mp3.

### 2.1.1.5. Elaboración del Mapa de Sonido

Una vez todos los elementos que formarán parte de la banda sonora han sido creados y mezclados, pueden ubicarse en el panorama para crear un entorno sonoro consecuente al visual. La herramienta que permitirá organizar la prioridad de cada uno de los elementos sonoros es el mapa de sonido.

Sonnenschein (2013, pp. 14) establece que el mapa visual representa la interacción de los planos sonoros como una partitura emocional del filme, en este caso, las situaciones que el jugador experimenta. Se puede ver claramente cuando un elemento gana prioridad en la escena y se antepone a otros previamente dominantes, conforme al desarrollo de la historia, lo que puede pasar con cada uno de los planos sonoros: voces y diálogos, efectos sonoros y efectos ambientales, y música.

A diferencia del mapa de sonido que presenta un formato lineal (los eventos sonoros se rigen a la línea de tiempo del filme), para representar la prioridad de los planos sonoros que dependen del *gameplay*, se ha diseñado una rúbrica:



La línea de tiempo en la que se definió el mapa visual está basada en el *gameplay* del juego, y estableció qué elementos como música, efectos sonoros de monstruos, muerte, diálogos del personaje principal y ataque serían los indicados para tener la prioridad durante la situación de ataque pues éstos tienen la capacidad de crear tensión y potenciar emociones en el jugador. El plano de efectos sonoros ambientales y efectos propios del personaje principal ayudarían a reforzar las circunstancias posteriores al ataque, o en su defecto, anticipar un evento como éste, por esta razón su prioridad será mayor en puntos del *gameplay* como la introducción o el recorrido del lugar, y mucho menor durante el ataque de los enemigos.

## **2.2. Implementación y Programación de la Banda Sonora en Unity**

Esta etapa consistió en dos procesos principales: implementación y programación de activación, y mezcla de niveles de elementos sonoros.

Una vez definidos cada uno de los planos sonoros, se los relacionó con cada sección de elementos visuales del juego.

En Unity, la creación de escenas corresponde a designar un espacio para construir escenarios, objetos, programar eventos y funciones para ejecutar acciones de juego. En el proyecto de *ZombieShooter* existen cuatro escenas: Introducción, Escena de juego, Juego terminado y Juego perdido.

Una escena también puede ser definida como cada una de las páginas o secciones que pueden ser asignadas como un nivel de juego, menú principal, o secuencias de video.

De esta manera, la escena principal con la que se trabajó fue Escena de juego, la que contiene al escenario donde los enemigos y personaje principal se encuentran, y en donde se desenvuelve la trama del juego.

Los objetos de Unity son llamados "*GameObjetscs*" y son contenedores virtuales de componentes, sirven para ubicar objetos programables en la escena.

Existen componentes de audio, los cuales ejecutan funciones sonoras como emisión de sonido, captación de sonido, filtros de frecuencia y efectos de reverberación; cada uno de estos componentes recibe el nombre de “*Audio Source*”, “*Audio Listener*”, “*Audio Filter*” y “*Audio Reverb Zone*”, respectivamente. Los principales componentes de audio que se usaron en la implementación de la banda sonora fueron *audio sources*, *Audio Listener* y *audio reverb zones*.

Un *Audio Source* es un componente del *GameObject* que actúa como una fuente sonora individual en el espacio del plano, contiene al archivo de audio llamado “*Audio Clip*”, el cual es reproducido al activar el componente. Los parámetros que en este componente se pueden modificar y sus controles correspondientes son: cargar o modificar *Audio Clip* asignado a la fuente (sólo un clip por *audio source*), muteo con el control *Mute*, desactivar efectos y reverberación con *Bypass Effects*, *Bypass Listener Effects* y *Bypass Reverb Zone*, modos de reproducción con *Play on Awake* y *Loop*, nivel de volumen y de prioridad con *Priority* y *Volume*, tono de frecuencia con *Pitch*, en la sección de parámetros de sonidos 3D “*3D Sound Settings*” (en la que interviene directamente el procesamiento 3D de audio de Unity) el nivel de efecto Doppler se modifica con *Doppler Level*, curva de decaimiento o atenuación de sonido con *Volume Rolloff*, paneo con *Pan Level*, ángulo de reproducción de sonido 3D con *Spread*, radio de máxima distancia de emisión de sonido con *Max Distance* y gráfico de curva de atenuación. Una sección de sonido 2D con control de paneo *Pan 2D* (parámetro no disponible cuando el clip es configurado como sonido 3D).

El componente *Audio Listener* tiene la función de “escuchar” los eventos sonoros que se llevan a cabo en el juego, similar a un micrófono que capta los sonidos de un lugar. Este componente se adjunta a la cámara (componente que permite ver lo que pasa en el juego) principal, emulando los oídos del usuario.

Todo proyecto de Unity cuenta con una carpeta llamada “*Assets*” la que contiene otras carpetas como “*Scene*”, “*Scripts*” y “sonidos”; esta última es la

carpeta que deberá contener todos los archivos de audio obtenidos en la etapa de diseño y mezcla de cada uno de los planos sonoros.

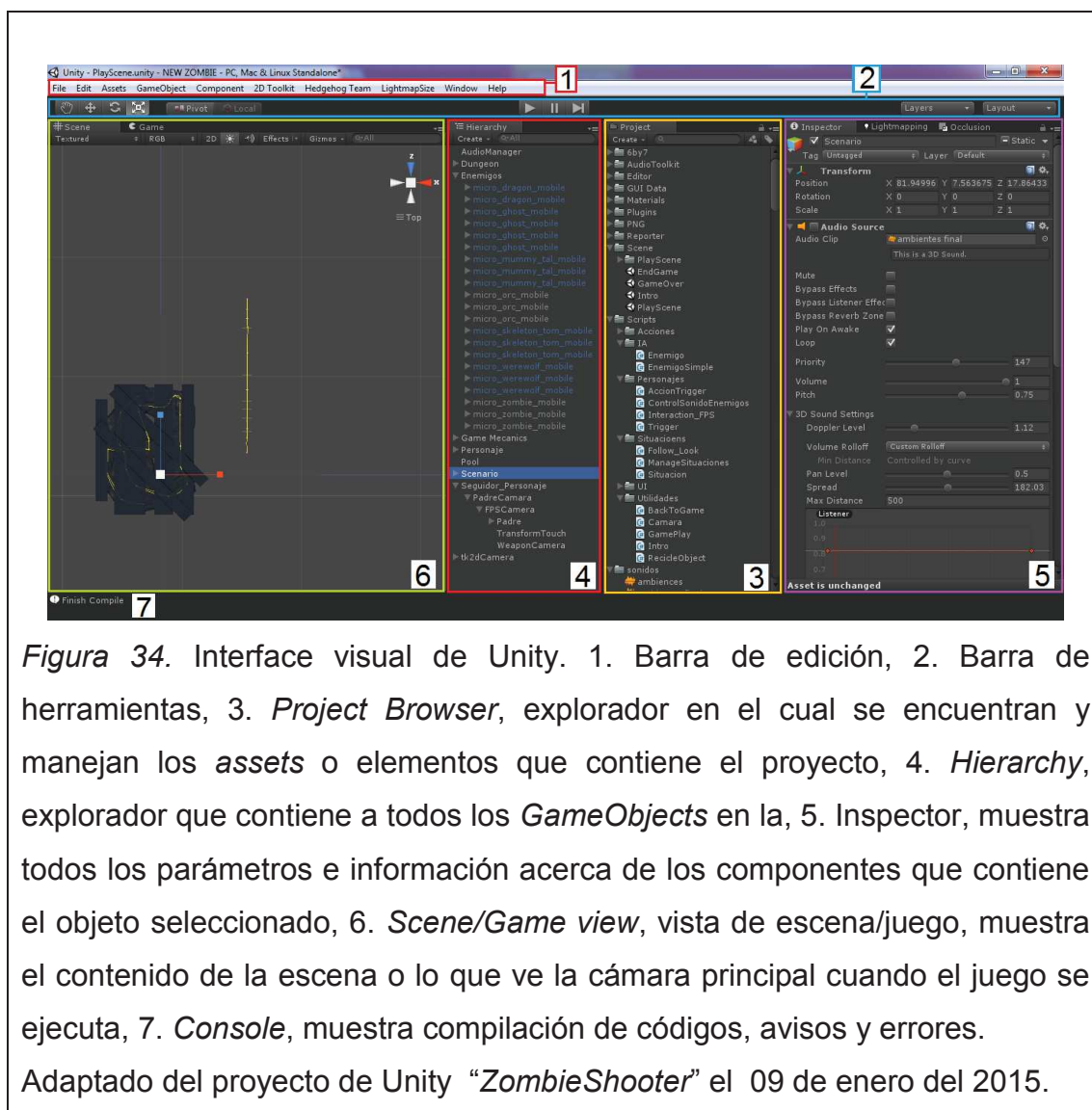


Figura 34. Interface visual de Unity. 1. Barra de edición, 2. Barra de herramientas, 3. *Project Browser*, explorador en el cual se encuentran y manejan los *assets* o elementos que contiene el proyecto, 4. *Hierarchy*, explorador que contiene a todos los *GameObjects* en la, 5. *Inspector*, muestra todos los parámetros e información acerca de los componentes que contiene el objeto seleccionado, 6. *Scene/Game view*, vista de escena/juego, muestra el contenido de la escena o lo que ve la cámara principal cuando el juego se ejecuta, 7. *Console*, muestra compilación de códigos, avisos y errores. Adaptado del proyecto de Unity “*ZombieShooter*” el 09 de enero del 2015.

Los archivos cargados a la carpeta “sonidos” que se incorporan automáticamente al proyecto pueden ser visualizados en el *Project Browser* y toman el nombre de Audio clips dentro del proyecto. Cada uno de los clips en Unity puede ser configurado como sonido 3D, al ser activada, esta propiedad permite que el clip pueda ser reproducido y escuchado en un espacio tridimensional, si el receptor se mueve con respecto a la posición de la fuente o viceversa, el usuario puede percibir la ubicación de la fuente. Haciendo referencia al efecto de precedencia, este fenómeno es simulado en el juego

gracias a diferencias de nivel, panning y tiempo de reproducción que pueden ser modificadas con los parámetros de cada uno de los componentes de audio que presenta Unity, o utilizar la configuración por defecto de cada uno de ellos.

Una vez importados al proyecto, todos los audio clips son codificados en formato de compresión OGG que sólo se aplica cuando no están siendo reproducidos (al momento de reproducir los audio clips, son decodificados y ejecutados en el formato original con el que se los agregó al proyecto).

## **2.2.1. Implementación y Programación**

### **2.2.1.1. Efectos Sonoros Ambientales**

El plano de efectos ambientales es el primero con el que se trabajó, y se lo asoció al escenario creado en la escena “*PlayScene*”, un calabozo de piedra.

Existe un *GameObject* llamado “*AudioManager*” creado para el control, modificación y programación de sonidos en el juego, contiene un código (*script*) llamado “*Audio Controller*” como componente y ejecuta un programa que permite cargar varios audio clips y reproducirlos según la configuración que se establezca con el mismo. Los parámetros de configuración se dividen en seis secciones, de las cuales se trabajó con tres: *Category Settings* con selección de categorías “efectos”, “music”, *Audio Item Settings* en el que se seleccionan categorías de efectos sonoros, nivel y opciones de reproducción como *delay*, tiempo de espera entre clips, tipo de *loop*, etc., *Audio Sub-Item Settings* que controla parámetros referentes a cada uno de los clips de la categoría seleccionada en la sección previa, similares a los parámetros de un *audio source* a excepción de la curva de decaimiento y distancia máxima.

Para la asignación del plano sonoro ambiental correspondiente al escenario, se seleccionó la categoría de “efectos” en *Category Settings*, “ambiente” en *Audio Item Settings*, y se cargó al audio clip “ambientes final.mp3”, previamente configurado como un sonido 3D, en la sección *Audio Sub-Item Settings*.

El plano ambiental debe ser audible desde que el juego empieza a correr y

reproducirse de manera cíclica, por lo que en la sección *Audio Item Settings* el modo de *loop* escogido fue “loop sequence”, ya que permite que el audio clip o clips cargados en el objeto sean reproducidos en ciclo y en el orden en el que fueron agregados. La configuración en *Audio Sub-Item Settings* contempló: *Volume*: 82% pues el nivel al que se requiere al plano ambiental debe ser menor al de los demás elementos sonoros, con el parámetro *Probability*: 100% el audio clip tiene probabilidad total de ser reproducido, y para la modificación de la frecuencia, *Pitch Shift*: -1 semitono, pues se requirió más frecuencias bajas presentes en el juego.

Finalmente, se adicionaron componentes al objeto *Dungeon* llamados *Audio Reverb Zone*, los cuales funcionan como un *plug-in* de efectos de reverberación. Se trabajó con varias zonas de reverberación en lugar de una, pues en un espacio como éste en la vida real, las reflexiones sonoras no siempre se comportarán idealmente, diferencias de nivel y tiempo o pérdidas de frecuencia tendrán variaciones dependiendo de las dimensiones del espacio y de características de los sonidos que dentro de él sean emitidos, como nivel de intensidad sonora, tipo de fuente, frecuencia, tiempo de duración, etc.

La reverberación, en procesadores de efectos en audio digital, se basa en un circuito de retardos o *delays* aplicados bajo algunos parámetros principales que definen el tipo de reverberación que será emulado en un sistema de audio. Unity Technologies (2014) define en su guía de *scripting*, en la pestaña de clases sobre las zonas de reverberación, a los siguientes parámetros principales comunes en todas las unidades de reverberación para producción musical en audio digital:

- *Decay Time (T60)*: tiempo dentro del cual el efecto de reverberación en frecuencias medias se atenúa 60 dB. Valor definido en segundos en Unity.
- *Pre-Delay (Reflections Delay)*: tiempo en segundos transcurrido entre el sonido directo y las reflexiones tempranas.
- *Size (Room)*: Valor que define el tamaño del lugar al que se desea aplicar la emulación de reverberación.

- *Density*: valor que define la cantidad de reflexiones que contenidas en el tiempo de reverberación, en el caso de Unity, dentro de las últimas reflexiones.
- *Diffusion*: porcentaje de difusión de las reflexiones en la imagen estéreo, en Unity de las últimas reflexiones.
- *High/Low Dumping (HFReference /LFReference)*: tiempo de reverberación en segundos para altas y bajas frecuencias con respecto a las demás.

Bajo este criterio se creó 6 zonas de reverberación y se las distribuyó de manera que cubran todo el recorrido del personaje principal. Las principales características con las que se trabajó fueron *Min* y *Max Distance* radios de campo reverberante, *Reverb Preset* para seleccionar el tipo de reverberación que se desea tener y parámetros de cuarto como *Room*, *Room HF*, *Room LF*, que definen qué tan grande y qué contenido de frecuencias altas y bajas tiene el espacio en el que se desarrolla el juego, de reverberación como *Decay Time* para el tiempo de reverberación, reflexiones sonoras y tiempos de *delay*, filtraje de frecuencias, densidad y difusión del sonido. Todas las zonas fueron configuradas con el *preset* “*StoneCorridor*” que se transformó en un *preset* personalizado al realizar cambios en cada uno de los parámetros.

Tabla 3. Configuración de parámetros principales para las zonas de reverberación creadas en la escena principal de juego para el escenario.

<b>Audio Reverb Zone Núm.</b>	<b>Min - Max Dstnc. (mts.)</b>	<b>Room (%)</b>	<b>Room HF – LF (%)</b>	<b>Decay Time (seg)</b>	<b>Rvb. (%)</b>	<b>Diffusion (%)</b>	<b>Density (%)</b>
1	20,54 – 30	-791	-4521– -2831	5,8	100	71,3	53,6
2	18 – 35,6	-1507	-2066 – -3250	5,8	80	50,9	70,7
3	17 – 35,6	-608	-2245 – -3070	6,2	110	52,3	66,1



Continúa Tabla 3, parte 2.

4	23,03 – 35,6	-608	-3085 – -3250	7	115	61,3	60,7
5	23,03 – 30,6	-708	-4820 – -2831	7	120	71,3	53,9
6	20 – 35,6	-910	-2065 – -3070	5,8	80	52,3	63,7

El criterio para establecer estos valores en los parámetros fue según el tamaño del espacio y qué tan cerca se encontraron las paredes o superficies de reflexión del personaje principal, al ser un espacio cerrado, contendrá diferentes campos reverberantes y puntos en donde las reflexiones se atenúen más rápido que en otros. En las partes en las que el escenario sea un espacio abierto habrá más contenido de reverberación en frecuencias medias y bajas, pues las reflexiones de frecuencias altas se atenuarán con mayor velocidad, y viceversa con las secciones en donde el espacio sea más cerrado. De igual manera con los parámetros de densidad, y difusión; en espacios abiertos la difusión es mayor a la densidad, en espacios más pequeños la densidad es mayor puesto que las superficies reflectoras se encuentran más cerca una de otra generando mayor cantidad de reflexiones en el campo reverberante.

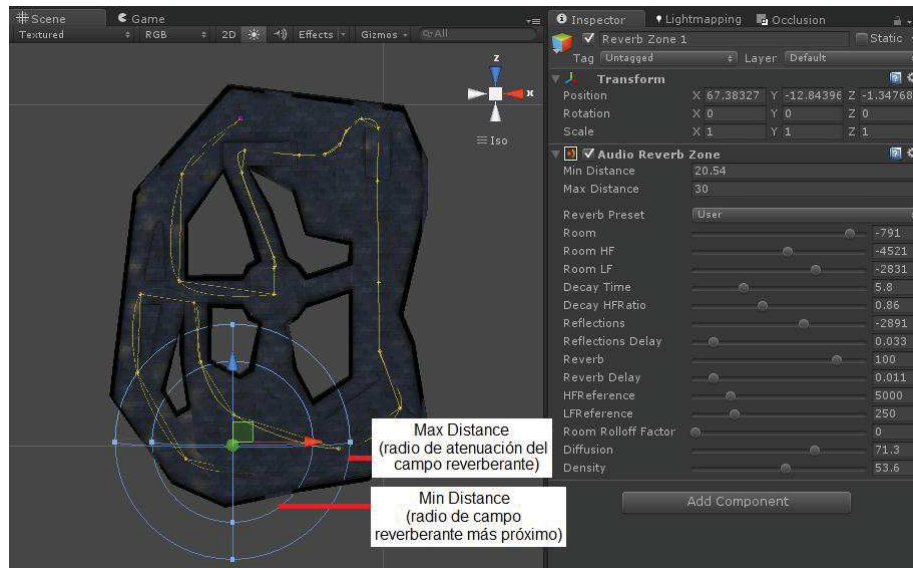


Figura 35. Izquierda: Representación en la vista de escena de una zona de reverberación y sus radios de campo reverberante. Derecha: configuración de parámetros para dicha *audio reverb zone* en el Inspector.

Adaptado del proyecto de Unity “ZombieShooter” el 10 de enero del 2015.

### 2.2.1.2. Efectos Sonoros (FX Sound)

Se había establecido previamente que al plano de efectos sonoros propiamente dicho lo conformaban todos los sonidos de fuentes visibles o no en el juego, pero en esta etapa, serán configurados por medio de *audio sources* en lugar de utilizar el *AudioManager*, pues se necesita poder controlar cada uno de las características sonoras de los enemigos de manera individual.

Cada una de las fuentes que se configurará es monofónica y se las ha clasificado por la naturaleza de la fuente.

#### 2.2.1.2.1. Enemigos

En esta categoría se ubicarán a todos los elementos que se relacionen con sonidos producidos naturalmente por los enemigos, es decir rugidos, gritos, y sonidos de armas de los enemigos.

En el *Hierarchy*, seleccionando el objeto “Enemigos” que contiene a cada uno de los enemigos presentes en el juego, y en cada uno de los cuales se agregó

dos *audio sources*: una para el sonido natural del monstruo o el de su arma, y otra para un grito o quejido que será activado, cuando el personaje principal los lastime con su arma. Para cada uno de los tipos de enemigos existen tres *GameObjects* en la escena, a excepción de los dragones (dos objetos) y fantasmas (cuatro objetos).

Todos los audio clips correspondientes a este plano sonoro fueron establecidos como sonido 3D. Todas las *audio sources* deben estar activadas, *Mute*, las tres opciones de *Bypass* y *Play On Awake* desactivadas, *Spread* en 0, el valor de *Pan* y *Volume* establecido en 1, para las primeras fuentes se activó la opción de *Loop* y para las segundas fue desactivada.

Tabla 4. Configuración de *audio sources* para los enemigos del juego.

<b>Enemigo – Objeto</b>	<b>Audio Clips</b>	<b>Priority - Pitch</b>	<b>Doppler Level</b>	<b>Volume Rolloff</b>	<b>Min – Máx Distance</b>
Dragón – “ <i>micro_dragon_mobile</i> ”	1°. A. Source: “dragon 1.mp3”, “dragon 2.mp3” 2°. A. Source: “dragon 8.mp3”, “dragon 7.mp3”	1°. A. S.: 142 – 1,62 2°. A. S.: 187 – 0,87	1°. A. S.: 1,8 2°. A. S.: 1	1°. A. S.: <i>Custom Rolloff</i> 2°. A. S.: <i>Linear Rolloff</i>	1°. A. S.: Def. por curva – 20 2°. A. S.: 1 – 25
Fantasma – “ <i>micro_ghost_mobile</i> ”	1°. A. Source: “cadena 1.mp3”, “golpe maso 1.mp3”, “golpe y cadena 2.mp3”, “cadena 4.mp3” 2°. A. Source: “momia 1.mp3”, “momia 4.mp3”	1°. A. S.: 130 – 1 2°. A. S.: 140 – 0,87	1°. A. S.: 1,98 2°. A. S.: 1	1°. A. S.: <i>Custom Rolloff</i> 2°. A. S.: <i>Custom Rolloff, Linear Rolloff</i>	1°. A. S.: Def. por curva – 15 2°. A. S.: Def. por curva – 25

Continúa Tabla 4, parte 2.

<p>Momia – “micro_mummy_tal_mobile”</p>	<p>1º. A. Source: “breathing mummy 1.mp3”, “breathing mummy 4.mp3”, “breathing mummy 2.mp3” 2º. A. Source: “breathing mummy 2.mp3”, “momia 4.mp3”</p>	<p>1º. A. S.: 170 – 1 2º. A. S.: 140 – 0,87</p>	<p>1º. A. S.: 1,49 2º. A. S.: 1</p>	<p>1º. A. S.: <i>Custom Rolloff</i> 2º. A. S.: <i>Custom Rolloff, Linear Rolloff</i></p>	<p>1º. A. S.: Def. por curva – 20 2º. A. S.: Def. por curva – 25</p>
<p>Ogro – “micro_orc_mobile”</p>	<p>1º. A. Source: “ogro 12.mp3”, “ogro 15.mp3”, “ogro 16.mp3” 2º. A. Source: “ogro 15.mp3”, “ogro 13.mp3”, “ogro 14.mp3”</p>	<p>1º. A. S.: 140 – 1 2º. A. S.: 138, 146, 138 – 0,87 , 1,3 , 1,4</p>	<p>1º. A. S.: 1,31 2º. A. S.: 1</p>	<p>1º. A. S.: <i>Custom Rolloff</i> 2º. A. S.: <i>Linear Rolloff, Custom Rolloff</i></p>	<p>1º. A. S.: Def. por curva – 20, 15, 25 2º. A. S.: Def. por curva – 25</p>
<p>Esqueleto – “micro_skeleton_tom_mobile”</p>	<p>1º. A. Source: “momia 1.mp3”, “momia 2.mp3”, “momia 6.mp3” 2º. A. Source: “momia 4.mp3”, “momia 5.mp3”</p>	<p>1º. A. S.: 155 – 1 2º. A. S.: 143 – 0,87</p>	<p>1º. A. S.: 1,4 2º. A. S.: 1</p>	<p>1º. A. S.: <i>Linear Rolloff</i> 2º. A. S.: <i>Linear Rolloff</i></p>	<p>1º. A. S.: 1 – 15 2º. A. S.: 1 – 25</p>

Continúa Tabla 4, parte 3.

Lobo – “micro_were wolf_mobile ”	1°. A. <i>Source</i> : “lobo 1.mp3”, “lobo 2.mp3”, “lobo 3.mp3” 2°. A. <i>Source</i> : “lobo 3.mp3”	1°. A. <i>S.:</i> 155, 157, 138 – 1,2 , 1,4 , 1 2°. A. <i>S.:</i> 161, 138 – 1,5 , 1,3 , 1,4	1°. A. <i>S.:</i> 1,49 2°. A. <i>S.:</i> 1	1°. A. <i>S.:</i> <i>Custom</i> <i>Rolloff</i> 2°. A. <i>S.:</i> , <i>Linear</i> <i>Rolloff</i>	1°. A. <i>S.:</i> Def. por curva – 20 2°. A. <i>S.:</i> 1 – 25
Zombi – “micro_zom bie_mobile”	1°. A. <i>Source</i> : “momia 8.mp3”, “momia11.mp3”, “momia 10.mp3” 2°. A. <i>Source</i> : “momia 7.mp3”, “momia 3.mp3”, “momia 4.mp3”	1°. A. <i>S.:</i> 137, 147, 150 – 0,9 , 1 2°. A. <i>S.:</i> 150, 151, 148 – 1 , 1,2	1°. A. <i>S.:</i> 1,54 2°. A. <i>S.:</i> 1	1°. A. <i>S.:</i> <i>Custom</i> <i>Rolloff</i> 2°. A. <i>S.:</i> , <i>Linear</i> <i>Rolloff</i>	1°. A. <i>S.:</i> Def. por curva – 10, 15, 18 2°. A. <i>S.:</i> 1 – 25

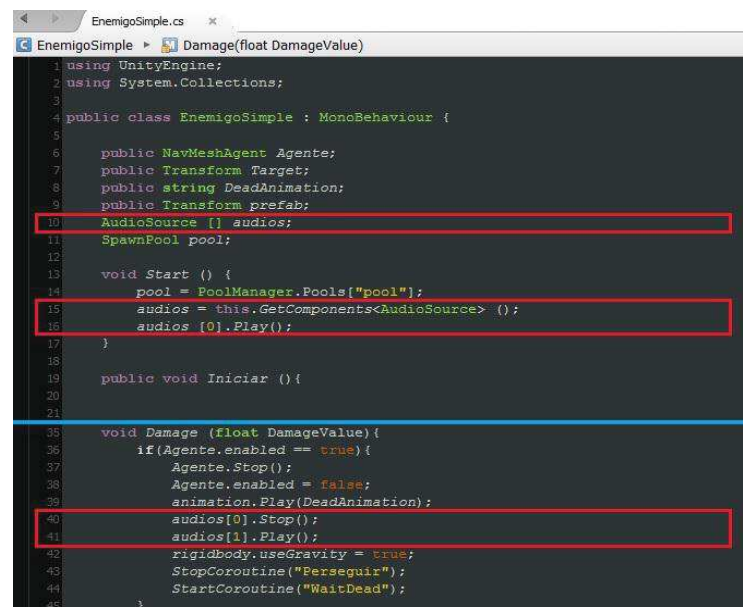
La mezcla de niveles para estos elementos y con respecto a los otros planos sonoros se realizó con el parámetro *Priority*. La razón por la cual se desactivó la opción *Play On Awake* es porque no es necesario que el clip de cada enemigo se reproduzca al momento de iniciar el juego, sino únicamente al activarse el objeto que contiene a cada uno de ellos. Esta función fue controlada a través del *script* “EnemigoSimple.cs” contenido en el objeto.

Unity maneja C# como lenguaje de programación; los códigos se escriben en este lenguaje a través de un programa *stand alone* llamado *MonoDevelop*, el cual se ejecuta al dar doble click sobre el componente del código seleccionado.

El código “EnemigoSimple.cs” contiene el programa que determinará la manera en cómo se comporta el *GameObject*, con funciones como “perseguir”, “atacar”, “morir”. Para la reproducción de los audio clips contenidos en las *audio sources* correspondientes se declaró al componente *Audio Source* como la variable

“audios”; una vez ejecutada la función de activación del enemigo en el código, se llamó a esta variable para aplicar el comando “().Play”, que en Unity permite la reproducción de todos los audio clips contenidos en el *audio source* correspondiente al objeto. Debido a que existen dos fuentes y dos archivos de audio por objeto, el comando debe escribirse como “audios[0].Play”. El programa reproducirá únicamente el primero de los audio clips, el cual es el elemento sonoro natural que emite cada monstruo al recorrer el escenario.

El comando “().Stop” realiza la función opuesta a la de reproducción de clips; para dicha reproducción. En la sección del código en donde se encuentra la función de muerte del enemigo, se escribió la línea de los sonidos de daño de los monstruos. Se ejecutó “audios[0].Stop” para parar la reproducción del clip de la primera *audio source* y luego, “audios[1].Play” para la reproducción del clip de la segunda fuente. De esta manera, cuando el enemigo sea atacado por el arma del usuario, se desactiva la primera fuente y se reproduce el sonido de daño una sola vez (opción *Loop* desactivada).



```

1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3
4 public class EnemySimple : MonoBehaviour {
5
6     public NavMeshAgent Agente;
7     public Transform Target;
8     public string DeadAnimation;
9     public Transform prefab;
10    AudioSource [] audios;
11    SpawnPool pool;
12
13    void Start () {
14        pool = PoolManager.Pools["pool"];
15        audios = this.GetComponents<AudioSource> ();
16        audios [0].Play();
17    }
18
19    public void Iniciar () {
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35    void Damage (float DamageValue){
36        if(Agente.enabled == true){
37            Agente.Stop();
38            Agente.enabled = false;
39            animation.Play(DeadAnimation);
40            audios[0].Stop();
41            audios[1].Play();
42            rigidbody.useGravity = true;
43            StopCoroutine("Perseguir");
44            StartCoroutine("WaitDead");
45        }

```

Figura 36. Código utilizado para controlar la reproducción de sonidos de enemigos en la escena de juego.

Adaptado del código “EnemySimple.cs” ejecutado en MonoDevelop, parte del proyecto “ZombieShooter” de Unity el 13 de enero del 2015.

#### 2.2.1.2.2. Efectos de Daño a enemigos

Existen otros elementos visuales en el juego que deben tener un sonido asociado, éstos son los sonidos de muerte de los enemigos y corresponden a la sangre y el alma de cada monstruo cuando este muere.

La sangre se encuentra en el *GameObject*: *Game Mechanichs* > Partículas en el cual se creó un *audio source* con el clip “chorro de sangre 7.mp3” cargado y previamente establecido como sonido 3D. Los parámetros de esta fuente fueron dispuestos de la siguiente manera: fuente activada, opciones *Mute*, *Bypass Effects*, *Listener Effects* y *Reverb Zone*, *Play On Awake* y *Loop* desactivadas, *Volume*, *Pitch*, *Doppler* y *Pan Level* y *Spread* con valor unitario, curva de atenuación tipo *Custom Rolloff* y radio de máxima distancia de 15. De igual manera que con cada uno de los enemigos, se controló la activación de cada fuente por código en este caso el perteneciente al objeto Partículas.

El alma de cada monstruo está relacionada al efecto de muerte de cada enemigo, contenido en un objeto llamado “Dead” el cual está asociado a los objetos padre de los enemigos, visible en el Inspector de cada uno de ellos en la sección “Script”. Se creó un *audio source* en dicho objeto con la opción *Play On Awake* activada. Los parámetros de *Volume*, *Priority*, distancia y curva de atenuación se mantuvieron iguales con respecto al efecto sonoro de sangre.

#### 2.2.1.2.3. Fuentes Estáticas del escenario

Por último, los objetos asociados al escenario que son fuentes individuales son las antorchas, los cuales se encuentran en el objeto padre “*Dungeon*” el que contiene a los otros objetos que formarán a los elementos que crean el escenario como luces, piso, techo, etc. En *Dungeon* > *Props* se pueden encontrar a los *GameObjects* correspondientes a las antorchas del escenario, llamadas de la misma forma. Para la asignación de sonido, se creó un *audio source* en cada una de las antorchas pero se activó sólo a trece de ellas. Dependiendo del hardware con el que se cuente y la capacidad de procesamiento del equipo, la cantidad de *audio sources* que Unity pueda

ejecutar al mismo tiempo puede variar, y al no tener la capacidad de reproducir a todas las fuentes, aquellas con menor nivel de prioridad en la escena dejarán de sonar. Durante el proceso de implementación de la banda sonora, se pudo observar que la cantidad de objetos de antorchas que existen en la escena es mucho mayor a la necesaria y a la cifra que el computador es capaz de procesar con este medio. La existencia de otras fuentes fundamentales exigió que se redujera el número de antorchas sonando en la escena. La solución a este problema fue activar las fuentes de los objetos distribuidos en el camino que recorrería el personaje principal, configurando una radios de emisión que cubrirían la mayor parte del espacio recorrido.

La configuración de los *audio sources* para antorchas fue la siguiente:

- Audio clips cargados: “fuego de antorcha 1.mp3”, “fuego de antorcha 2.mp3” y “fuego de antorcha 3.mp3”. Todos se establecieron como sonido 3D.
- *Mute*, *Bypass Effects*, *Listener Effects* y *Reverb Zone*: desactivado.
- *Play On Awake*, y *Loop*: activado.
- *Priority* y *Volume*: 110 y 1, respectivamente.
- *Pitch*: a excepción de la primera fuente configurada con valor de -0,09, todos los sonidos fueron reproducidos con valor unitario.
- *Doppler Level*: Primera y última fuente, 1,23 y 0,88, respectivamente. El resto, valor unitario.
- *Volume Rolloff*: *Custom Rolloff*
- *Pan Level* y *Spread*: 1 y 105, respectivamente.
- *Max Distance*: 20



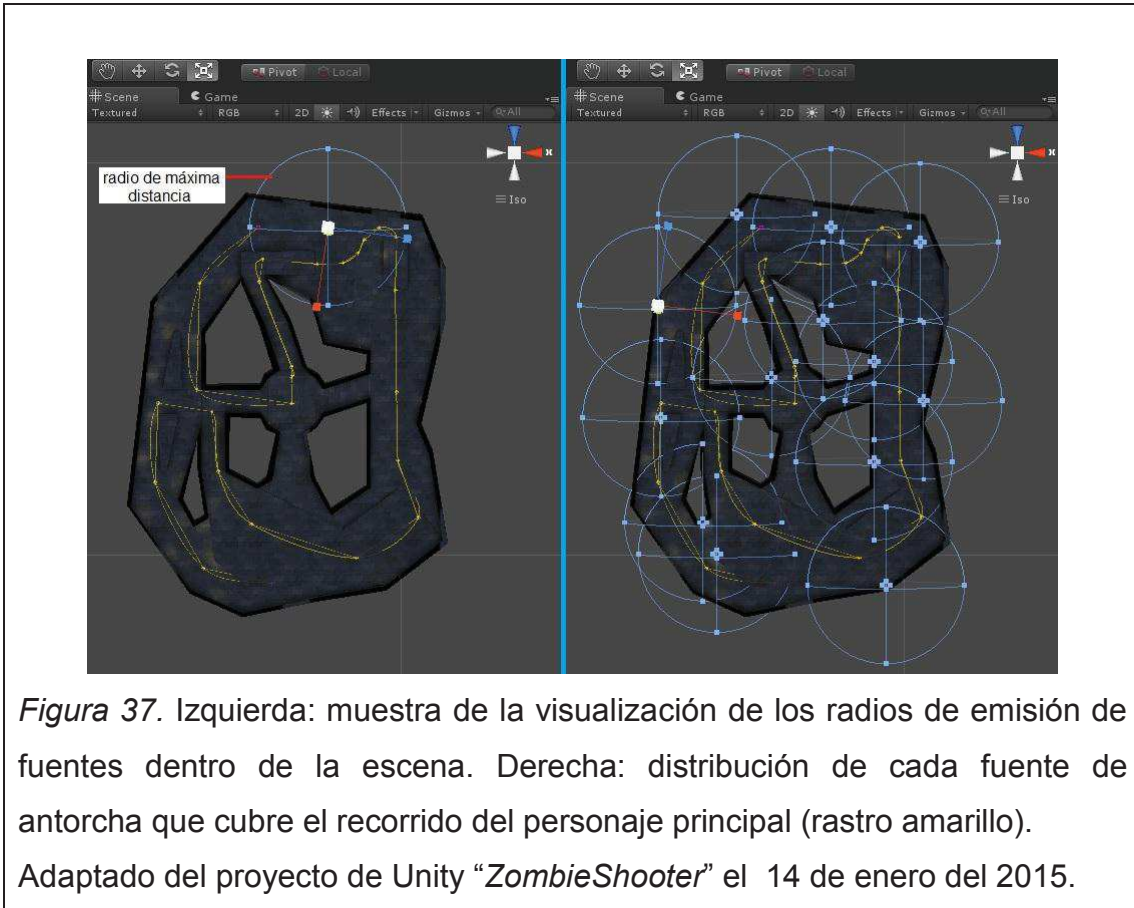


Figura 37. Izquierda: muestra de la visualización de los radios de emisión de fuentes dentro de la escena. Derecha: distribución de cada fuente de antorcha que cubre el recorrido del personaje principal (rastros amarillos).

Adaptado del proyecto de Unity “ZombieShooter” el 14 de enero del 2015.

### 2.2.1.3. Diálogos y Sonidos de Personaje Principal

Se ubicó a los efectos sonoros del personaje principal en este plano por motivos de control de reproducción. Todos los elementos de este grupo fueron controlados por medio del *AudioManager* y se los dividió en cuatro categorías en la sección *Audio Item Settings* y “efectos” de *Category Settings*: diálogos, latidos, pisadas, y respiración. Para cada una de ellas se cargó un grupo de clips correspondiente. Con la opción *Max Instance Count* de la sección *Audio Item Settings* se configuró en el *AudioManager* el número de clips que en cada una de las categorías contiene y así todos puedan ser reproducidos. El nivel de *Volume* seleccionado en *Category Settings*, *Audio Item Settings* y *Audio Sub-Item Settings* fue de 100%. El modo de reproducción *loop* fue “*Loop Sequence*”, así todos los clips del grupo se reproducirán en orden y la secuencia se repetirá al terminar el último de ellos, durante todo el *gameplay*.

Tabla 5. Configuración para cada categoría de sonidos de personaje principal.

Item (categoría)	Delay (seg)	Min Time in Between Play (seg)	Max Instance Count	Random Delay (seg)	Pick Subitem Mode
Diálogos	9	7	5	20	<i>Sequence</i>
Latidos	30	0	3	0	<i>Random Not Same Twice</i>
Pisadas	0,5	0,5	10	0	<i>Random Not Same Twice</i>
Respiración	40	0	2	0	<i>Random Not Same Twice</i>

En el elemento “pisadas” se activó la opción *Override Audio Source Settings*, *Min Distance* y *Max Distance* fueron establecidas con el valor 10. Esto permitió que las características establecidas en el componente que contiene a los clips de pasos puedan ser utilizados en esta sección del *AudioManager*.

En la sección *Audio Sub-Item Settings* no se realizó ningún cambio en los parámetros disponibles a excepción de la carga de archivos de audio y el valor de probabilidad de sonar (*Probability*) establecido en 100%.

La razón por la que no se realizó cambios de panning, *pitch*, o *fades*, es porque siendo un plano sonoro que es inherente del personaje principal, el sonido debe percibirse al centro y sentirse lo más propio posible, cambios de *pitch* o fundidos posiblemente suprimirían esta perspectiva de primera persona.

Los archivos de audio cargados para cada una de las categorías fueron:

- Diálogos: “salir de aquí hombre.mp3”, “demasiados hombre.mp3”, “rápido 1 hombre.mp3”.
- Latidos de corazón: “*increase heartbeat 2.mp3*”, “*increase heartbeat 1.mp3*”, “*slow heartbeat.mp3*”.

- Pisadas: “FootstepRock01.mp3”, “FootstepRock02.mp3”, “FootstepRock03.mp3”, “FootstepRock04.mp3”, “FootstepRock05.mp3”, “FootstepRock06.mp3”, “FootstepRock07.mp3” y “FootstepRock08.mp3”.
- Respiración: “respiración agitada 1 hombre.mp3”, “respiración agitada 2 hombre.mp3”

Se decidió que las muestras del personaje femenino serían presentadas en la en la evaluación que realizarán los usuarios, como muestras de audio independientes al juego, para ser comparadas con las del personaje masculino.

#### **2.2.1.4. Eventos Musicales**

Cada uno de los eventos musicales corresponde a cada una de las escenas creadas en el proyecto: “Intro”, “PlayScene”, “EndGame”, “GameOver”.

##### **2.2.1.4.1. Introducción, Fin del juego/Victoria y Game Over**

A excepción de la escena principal de juego, en cada una de estas escenas se configuró un *Audio Listener* y un *audio source* en el objeto *Main Camera*.

Todos los audio clips musicales del proyecto fueron establecidos como sonido 2D pues se deben escuchar de la misma forma en todo lugar.

El archivo correspondiente a la escena “Intro” es “ZombieShooter.mp3”, para la escena “EndGame” es “You are a hero.mp3” y para “GameOver” se tiene “fin del juego game over.mp3” y “game over 2.mp3”, cada uno de estos dos últimos audio clip se cargaron en su *audio source* correspondiente.

El parámetro en común establecido para cada una de las fuentes fue activar *Play On Awake*. No se realizó cambio en el resto (al crear un *audio source*, todos los valores están en unitario) a excepción de *Volume* y *Priority*.

Tabla 6. Niveles de *Volume* y *Priority* para planos musicales de cada escena.

<b>Escena</b>	<b>GameObjctct / componente</b>	<b>Volume</b>	<b>Priority</b>
“Intro”	Main Camera / Audio Source – “ZombieShooter.mp3”	0,93	128
“EndGame”	Main Camera / Audio Source – “You are a hero.mp3”	0,83	120
“GameOver”	Main Camera / 1°. Audio Source – “fin del juego game over.mp3” 2°. Audio Source – “game over 2.mp3”	1°. Audio Source – 0,67 2°. Audio Source – 1	1°. Audio Source – 104 2°. Audio Source – 121

#### 2.2.1.4.2. Gameplay/Ataque: “*They are coming for you*”

Este plano debe tener la siguiente funcionalidad: activarse y aumentar su nivel de volumen cuando los enemigos atacan al personaje principal, y disminuir al mínimo cuando no existen enemigos presentes o se los ha eliminado. Por esta razón, la función de la música fue controlada por medio de código.

En el *Hierarchy* se puede encontrar al *GameObjctct* “*FPSCamera*” el cual es la cámara del personaje principal y se encuentra dentro de los objetos padre Seguidor\_Personaje > *PadreCamera*. En este objeto se implementó el *Audio Listener* y la fuente respectiva para el clip del tema principal.

Previamente establecido como sonido 2D; se cargó al audio clip “*They are coming for you.mp3*” en el *audio source* activado, opción *Play On Awake* desactivada, *Loop* activada, *Priority* con valor de 108, y sin cambios en el resto de parámetros. El nivel de volumen y activación de la fuente fueron controlados por el *script* “ControlSonidoEnemigos.cs”.

Para esta etapa se trabajó con un programador distinto al desarrollador del juego, el cual definió la función del programa según la variable de ubicación de “*Transform*” de cada uno de los *GameObjects* de enemigos; cuando el

personaje se encuentra dentro del radio establecido para cada monstruo el *audio source* de la música se activa y lleva el nivel de *Volume* al 50%, al eliminar o alejarse del radio de los enemigos, *Volume* disminuye a 0%.

El código de control de música no será incluido en este capítulo debido a su extensión, pero puede ser encontrado en la carpeta Scripts del proyecto como "ControlSonidoEnemigos.cs".

La mezcla de niveles de los planos sonoros se realizó según el mapa de sonido previamente realizado. Los valores de los parámetros de fuentes sonoras del juego, especificados en este capítulo son los valores finales después de realizar pruebas y escuchar mezclas en relación a todos los planos sonoros.

Unity permite exportar el programa completo mediante un proceso llamado "*building*" el cual puede ser comparado a un *bounce* en Pro Tools o un *render* en un editor de video, en este caso se realiza un *build* final del programa, con todas las escenas, objetos y componentes que formarán parte del juego.

Las plataformas compatibles para el *build* fueron seleccionadas con la opción "PC, Mac & Linux *Standalone*".

Para la evaluación del juego con los usuarios se sacó dos muestras del juego con un cambio; una con el tema musical principal activado, y otra sin música, cada uno de los *builds* se realizó para Windows de 64 y 32 bit, asegurando que el juego se pueda probar en cualquier versión de sistema operativo.

Cada aplicación es acompañada por la carpeta "nombre\_proyecto\_Data". Los cuatro *builds* son: "*ZombieShooter* Música 32 bit", "*ZombieShooter* NO Música 32 bit", "*ZombieShooter* Música 64 bit" y "*ZombieShooter* NO Música 64 bit".

### **3. Evaluación y Resultados**

La evaluación del funcionamiento de la banda sonora consistió en dos etapas principales: evaluación técnica y evaluación de los usuarios.

Se incluyó la hipótesis generada con dos de las variables principales a comprobar, la primera de las cuales será comprobada en esta etapa:

La implementación de procesamiento 3D para la generación de la banda sonora de un videojuego puede potenciar la experiencia del jugador, a través de la utilización y variación de parámetros que incidan directamente sobre la percepción humana del sonido (espacialidad, direccionalidad, timbre y sonoridad o distancia).

#### **3.1. Primera Etapa de Evaluación: Funcionamiento de la Banda Sonora**

Antes de presentar el trabajo terminado a los usuarios, se decidió que era necesario recibir la opinión de personas con criterio técnico sobre producción de audio y desarrollo de juegos, para obtener observaciones claras sobre fallas o aspectos de la banda sonora que puedan no estar cumpliendo su objetivo.

##### **3.1.1. Método de Evaluación y Primeros Resultados**

Para esta evaluación se preparó un cuestionario grupal que recogerá información sobre la mezcla y diseño de la banda sonora. Este cuestionario se realizó a un grupo de seis personas, entre ellos graduados y egresados de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la UDLA, Quito, al desarrollador del juego y una estudiante de psicología de la universidad.

El objetivo de realizar este tipo de evaluación es para lograr que al responder las preguntas, cada uno de los participantes aporte e interactúe con las opiniones de los demás acerca de la banda sonora.

Se preparó un cuestionario en el cual se incluye una introducción general sobre el tema de investigación con conceptos sobre banda sonora y cada planos que

la conforman, percepción del sonido según la audición humana, parámetros psicoacústicos que se evaluarán (sonoridad, altura tonal, timbre, direccionalidad, espacialidad del sonido) y procesamiento de sonido 3D, concepto básico de Unity y motores de audio.

El cuestionario constó de 9 preguntas, dirigidas a identificar factores como: target o público al que va dirigido el juego, diferenciación de los planos sonoros delimitados previamente en la introducción, con sus respectivas características de percepción como espacialidad sonora del plano ambiental, localización e caracterización de fuentes individuales (enemigos), presencia de efectos de reverberación y realismo, aporte del plano musical a la creación de situaciones de tensión, identificación del usuario con el personaje principal.

Para la evaluación se reunió a los participantes en un aula de la UDLA, se instaló una cámara, una grabadora de audio y un micrófono para registrar la reunión, en la cual se prescindió de la presencia del autor de la investigación y se contó con un moderador que guiaría la discusión.

Las observaciones obtenidas al evaluar el juego, en cuanto a efectos sonoros ambientales y espacio sonoro tridimensional:

- El plano ambiental logrado es apropiado para el lugar que se visualiza en el juego, el efecto de reverberación también es adecuado.
- La mezcla no se percibe como sonido 3D. No existe una percepción de profundidad, ni características notorias de un espacio grande.

Identificación de timbre de fuentes individuales, localización de enemigos:

- Se pudieron identificar varios timbres de monstruos distintos.
- No fue fácil identificar cual sonido correspondía a qué fuente, diferenciar distancia desde la fuente hacia el receptor, o localización de dichas fuentes al momento de haber varios enemigos atacando al mismo tiempo, puede deberse a la forma de configuración de los elementos en el entorno de programación.

En cuanto al plano musical:

- La idea musical logra el objetivo de crear un ambiente de tensión para las situaciones de ataque.
- Falta de contenido en bajas frecuencias y variaciones de tempo para variar la dinámica de juego.

En el plano de diálogos y personaje principal:

- En la interpretación de los diálogos del personaje hace falta actuación.
- La sensación de primera persona no es tan notoria, y en ocasiones no se escuchan latidos de corazón y/o respiraciones.

Observaciones generales:

- Se recomienda realizar una grabación con *dummy head* para conseguir un sonido tridimensional.
- Mejorar ecualización de mezcla, variación de tono y nivel de volumen en algunos efectos sonoros como antorchas y pasos, los cuales se sienten repetitivos.
- De ser posible, grabar nuevamente algunos efectos sonoros.

Según el criterio de los participantes en la evaluación, la primera variable de la hipótesis no pudo ser comprobada. Para que sea posible verificar la segunda variable de dicha hipótesis, la mayoría de las observaciones fueron aplicadas al diseño y la implementación de la banda sonora como correcciones, a excepción de grabaciones con *dummy head* y de otros efectos sonoros y voces debido a no tener disponibilidad de equipamiento ni tiempo dentro del cronograma de desarrollo de la investigación.

Se puede leer el cuestionario completo y respuestas en el Anexo No. 3.

En el capítulo de desarrollo, se presenta el proceso completo de diseño e implementación, con correcciones de mezcla, edición, configuración y programación de planos sonoros, procurando que éstas ayuden a la mejorar la experiencia del usuario en el juego.



### **3.2. Recolección de datos de usuarios: Método Estadístico**

Gerber (2008) define a la encuesta como un método de recolección de datos sobre temas de interés común, que a través de un cuestionario es aplicado a una muestra de la población a la que se va a estudiar, con el fin de obtener medios para determinar información sobre la población objetiva completa.

Para la segunda etapa de evaluación se realizó una encuesta de hechos y opinión a los usuarios acerca del funcionamiento de la banda sonora del programa, según su aplicación, se trató de un cuestionario de observación, pues los encuestados probaron el trabajo, y de acuerdo a lo que cada uno pudo concluir, respondió preguntas planteadas.

Se planteó preguntas cerradas y abiertas, para obtener datos de opciones preestablecidas y que el encuestado exprese su opinión libremente.

Galindo (2008, pp. 381) también define a este tipo de método como encuesta parcial, pues es aplicada a una porción de la población llamada muestra.

- Población: grupo determinado de personas, animales, cosas, de las cuales se desea obtener información.
- Muestra: grupo de unidades seleccionadas de la población.

Según la información obtenida en la primera evaluación, se definió al target del juego como niños y niñas de entre 9 y 15 años de edad. La población determinada para la encuesta se basó en este resultado.

#### **3.2.1. Determinación de la Población y Tamaño de la Muestra**

Para determinar la población se establecieron condiciones que los encuestados debieron cumplir, además de la característica del rango de edad y sexo:

- Personas que tengan gusto por los videojuegos y estén dispuestos a probar el juego para la evaluación.

- Estudiantes de secundaria de la ciudad de Quito, la cual es el lugar en donde se realiza la investigación y en donde se puede encontrar una muestra representativa de usuarios de videojuegos del medio actual.
- Se seleccionaron tres colegios principales: Colegio de América (femenino), Colegio San Gabriel (masculino), y Unidad Educativa Academia Almirante Nelson (mixto). Estos establecimientos cuentan con una población estudiantil de clase social media, esto quiere decir que probablemente serán chicos con acceso a equipos electrónicos, internet, y conocimiento amplio o moderado sobre juegos de video.
- Dentro de cada uno de estos establecimientos, el grupo de estudiantes requerido fue delimitado entre 8vo, 9no y 10mo de básica. Chicos entre 11 y 15 años aproximadamente fueron los participantes de la evaluación. Según el número de estudiantes de cada establecimiento y el número de paralelos de cada año, se obtuvo el valor aproximado de la población.

Galindo (2008, pp. 391 y 396) establece que el método de muestreo estratificado se debe aplicar cuando existen varios grupos que forman a la población, llamados estratos y pueden estar clasificados por sexo de los participantes, edad, ubicación geográfica, etc. En el caso de la investigación presente, los estratos están constituidos por los estudiantes de cada uno de los colegios seleccionados, y por lo tanto, deberá obtenerse una submuestra de cada uno de los estratos para formar la muestra principal.

Definiendo el número de estudiantes aproximado de cada estrato, según el colegio se obtuvo el tamaño proporcional de cada submuestra.

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_K \quad ; \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, K \quad (\text{Ecuación 4})$$

$N$  se define como el tamaño de la población formada por  $K$  estratos.

Tabla 7. Tamaño de los estratos según los datos aproximados de cada colegio.

Unidad Educativa	Núm. estudiantes / curso o paralelo	Núm. cursos o paralelos/año	Núm. cursos evaluados	Tamaño del estrato
Colegio San Gabriel	35	5	3	525
Colegio de América	35	4	3	420
Academia Almirante Nelson	20	2	3	120

Por lo tanto, el resultante de la población total fue:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad ; \quad N = 525 + 420 + 120 = 1065$$

Para obtener el tamaño de la muestra de cada estrato, se aplicó una asignación demostrativa, la cual obtiene un tamaño de muestra previo, según

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{i^2 (N-1) + Z_{\alpha}^2 p q} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

En donde  $Z_{\alpha}^2$  es un valor establecido según el nivel de confianza de los datos obtenidos, que normalmente es el 95,5% el valor de Z varía entre 1,96 y 2.

La variable  $p$  representa la probabilidad de acierto y la veracidad de la información recogida, cuando se desconoce, se asume que tomará el valor de 50% o 0,5, en consecuencia,  $q$  se define como la probabilidad de error y depende de  $p$  como la diferencia de  $p$  con la unidad, en donde

$$q = 1 - p \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Y finalmente,  $i$  está dado por el margen de error que se espera tener en el análisis; si el error esperado es del 20%, por ejemplo, entonces  $i = 0,2$ .

Una vez obtenido el tamaño de la muestra de la población total, se definió los tamaños proporcionales de las submuestras, según

$$n_K = N_K \frac{n}{N} \quad (\text{Ecuación 7})$$

El tipo de distribución de datos aplicada para esta evaluación fue la distribución normal, pues se consideró que los datos recogidos se ubican cerca de la media muestral o eje central. (Galindo, 2008, pp. 140)

Se estableció el tamaño total de la muestra en 81 estudiantes:  $n1 = 40$ ,  $n2 = 32$  y  $n3 = 9$ , elegidos al azar entre los cursos antes mencionados.

Para aplicar la encuesta se pidió autorización a los colegios seleccionados, presentando el cuestionario y las muestras del juego con los cuales se trabajó. La encuesta fue aplicada a los estudiantes en las instalaciones de cada colegio, en los laboratorios de computación, presentando el videojuego en sus máquinas, con audífonos para cada uno.



*Figura 38.* Estudiantes del Colegio San Gabriel tomando la encuesta.

### 3.2.2. Diseño de la Encuesta, principales parámetros a evaluar

El cuestionario de esta encuesta fue compuesto por preguntas cerradas y abiertas, dirigidas a evaluar los siguientes parámetros de esta manera:

- Clasificación de encuestados según su sexo.
- Datos acerca del acceso a equipos electrónicos en el hogar.
- Todas las preguntas fueron hechas a base de la primera muestra del juego presentada, a excepción de la tercera y séptima pregunta.

Se aplicó preguntas cerradas para los siguientes parámetros:

- Aceptación y gusto por el juego, escala de cuatro valores: 1. Nada 2. Regular 3. Entretenido 4. Muy divertido
- Preferencia por el personaje principal masculino o femenino, evaluación al escuchar los diálogos de cada uno de los personajes en una muestra individual de audio para cada uno. Opciones: A y B.
- Identificación de los efectos sonoros correspondientes al personaje principal, selección de cada una de las opciones de sonidos.
- Identificación del plano de efectos ambientales, de su aporte y coherencia en cuanto al lugar que se aprecia en el juego. Opciones: “sí o no”.
- Identificación de las fuentes individuales, de enemigos y daño y del sonido característico correspondiente a cada una. Opciones: “sí o no”.
- Ubicación de las fuentes de enemigos en el espacio, además de la espacialidad del lugar según la percepción de profundidad y sonoridad de cada una de estas fuentes. Opciones: características profundidad, localización, sonoridad.

Las preguntas abiertas fueron aplicadas a las siguientes variables:

- Explicación de preferencia del personaje principal con el cual el usuario elige jugar.
- Descripción de sensaciones que el jugador experimenta al escuchar los efectos sonoros del personaje principal.
- Preferencia con respecto al plano musical, descripción de la forma en que el cambio de jugar con música a sin música afecta al usuario. En esta pregunta se presentó al encuestado una segunda muestra del juego, en la cual el tema musical principal no fue incluido.
- Descripción de los efectos sonoros de daño a los enemigos que fueron perceptibles para el jugador.
- Importancia de cada parámetro de espacialidad de las fuentes individuales.
- Sugerencias y preferencias generales acerca del juego y su banda sonora.

Se puede leer la encuesta completa en el Anexo No.4.

### 3.3. Evaluación de Resultados de Encuesta

La encuesta fue aplicada, según el número de personas por cada submuestra obtenida, a 79 estudiantes en total, de los establecimientos educativos antes mencionados, entre los años 8vo a 10mo de básica.

Entre los datos generales se obtuvo:

- 70% de los encuestados fueron hombres y el 30% mujeres, lo que posiblemente pueda indicar que los hombres se interesan más por los videojuegos que las mujeres, según una de las condiciones previamente establecidas al definir la población.
- La computadora es el electrónico al que los niños de esta edad tienen acceso en un 99% de las veces, seguido por la *tablet*, *smartphone* y la consola de juegos.
- El juego fue calificado como entretenido y muy divertido en un 58% y 28% de las veces.

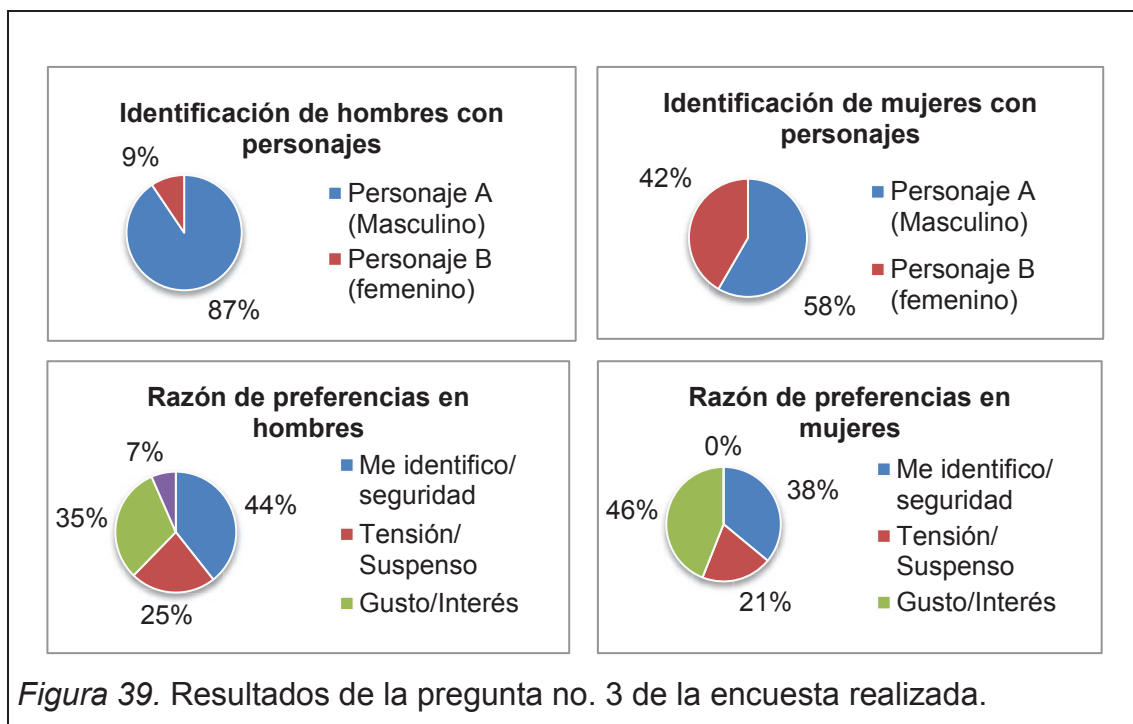
#### 3.3.1. Análisis de Resultados

##### 3.3.1.1. Plano de Diálogos y Efectos Sonoros del Personaje Principal

Se evaluó la preferencia de los encuestados a jugar con un personaje masculino o uno femenino, y si existió distinción de los efectos sonoros relacionados al personaje principal (latidos de corazón, respiraciones, pasos y disparos de arma).

Se generaron dos hipótesis en este plano:

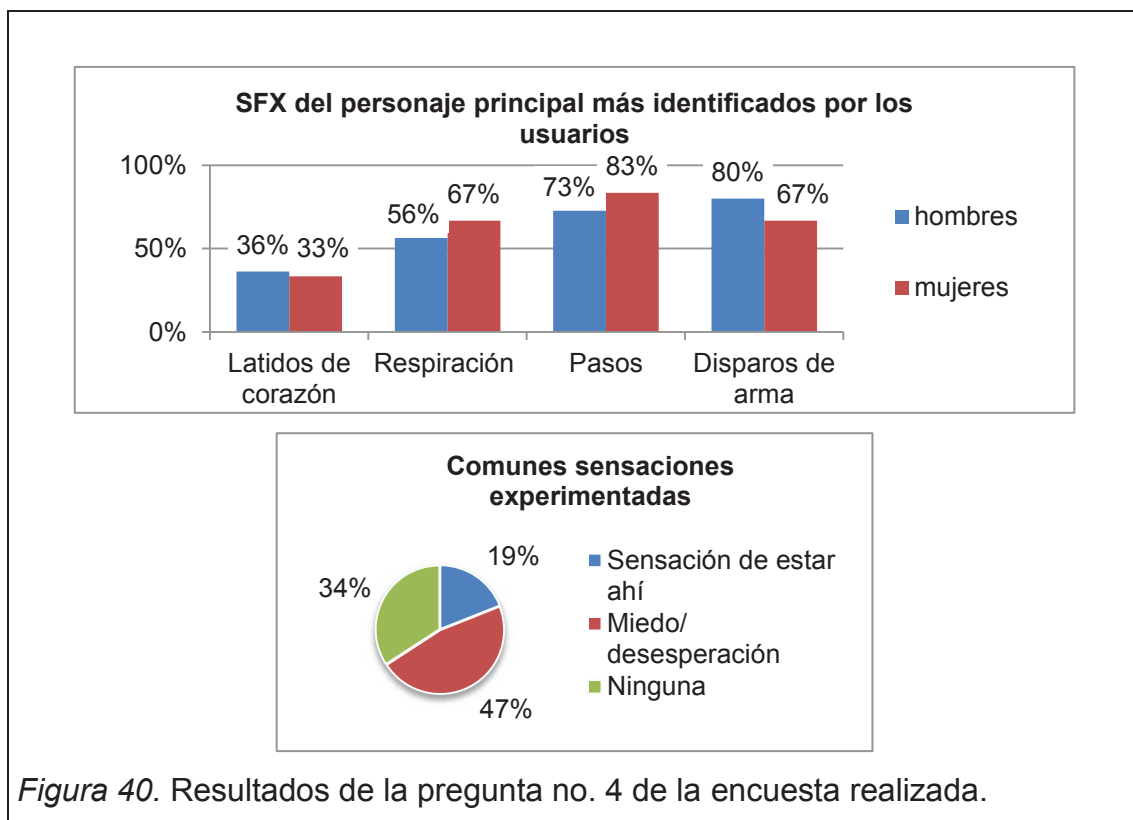
- Cada encuestado preferirá jugar con un personaje de su mismo género. Los hombres se identificarían más con un personaje masculino y las mujeres, con uno femenino.
- Los efectos sonoros del personaje principal contribuirán a que el usuario se identifique con el mismo y con la situación por la que está pasando.



Según los resultados obtenidos, la primera hipótesis se cumple sólo para los hombres encuestados, mientras que para las mujeres, la mayoría prefiere al personaje masculino aunque ambos géneros reciben casi igual preferencia.

La razón de la elección de los hombres se debe a que un personaje de su mismo género les da seguridad, mientras que la elección de las mujeres se debe a un factor de gusto. Estos resultados pueden deberse a un factor social; según Díez y Fontal (2004), desde sus inicios la cultura de los videojuegos fue esencialmente adoptada por los hombres, además que la mayoría de juegos de rol que han sido desarrollados tienen como protagonista a un personaje masculino.

Se podría suponer que la elección de las mujeres se debe a que el hecho más común es tener un personaje masculino dirigiendo la historia, la cual es una situación que brinda comodidad por ser conocida, a diferencia de una situación nueva como la de tener un personaje femenino protagonizando el juego.



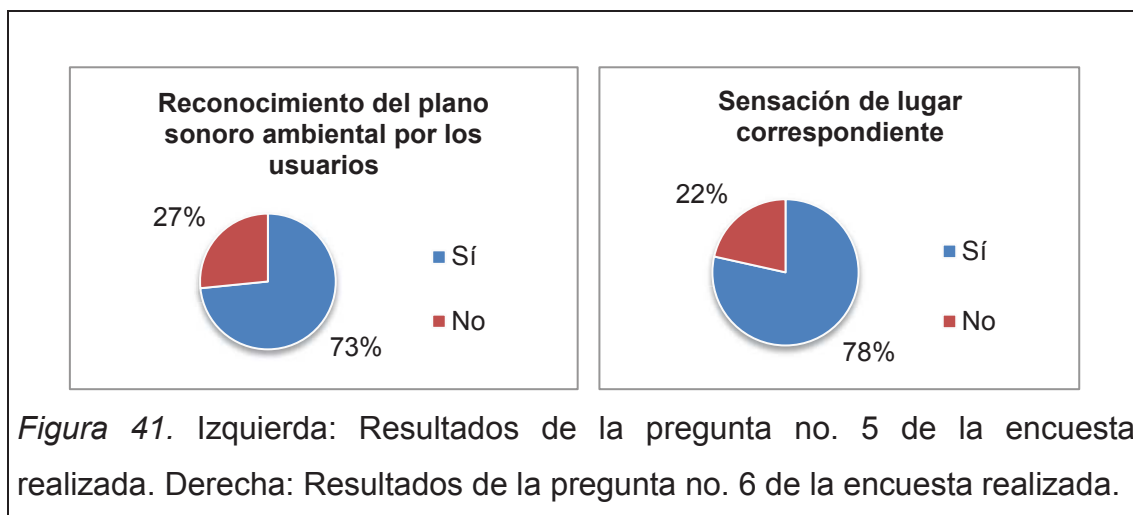
No todos los encuestados pudieron identificar todos los efectos del personaje principal, los más notables para los hombres fueron los disparos del arma y los pasos, para las mujeres, los pasos, los disparos de arma y la respiración del personaje. La sensación que fue experimentada con más frecuencia al escuchar estos elementos fue de miedo o angustia. De acuerdo a la situación del juego en la que este plano sonoro es activado, se puede decir que la segunda hipótesis fue comprobada.

Una de las razones por las que algunos de los efectos sonoros hayan pasado desapercibidos para los usuarios puede ser el enmascaramiento de los mismos. Existen muchos elementos reproduciéndose simultáneamente y el jugador prefiere centrarse en las acciones que está realizando para avanzar en el juego en lugar de qué efectos sonoros puede identificar; adicionalmente, la configuración del parámetro *Priority* sirve para reproducir los sonidos que han sido asignados con un mayor nivel de prioridad con respecto a otros.



### 3.3.1.2. En cuanto al Plano de Efectos Sonoros Ambientales

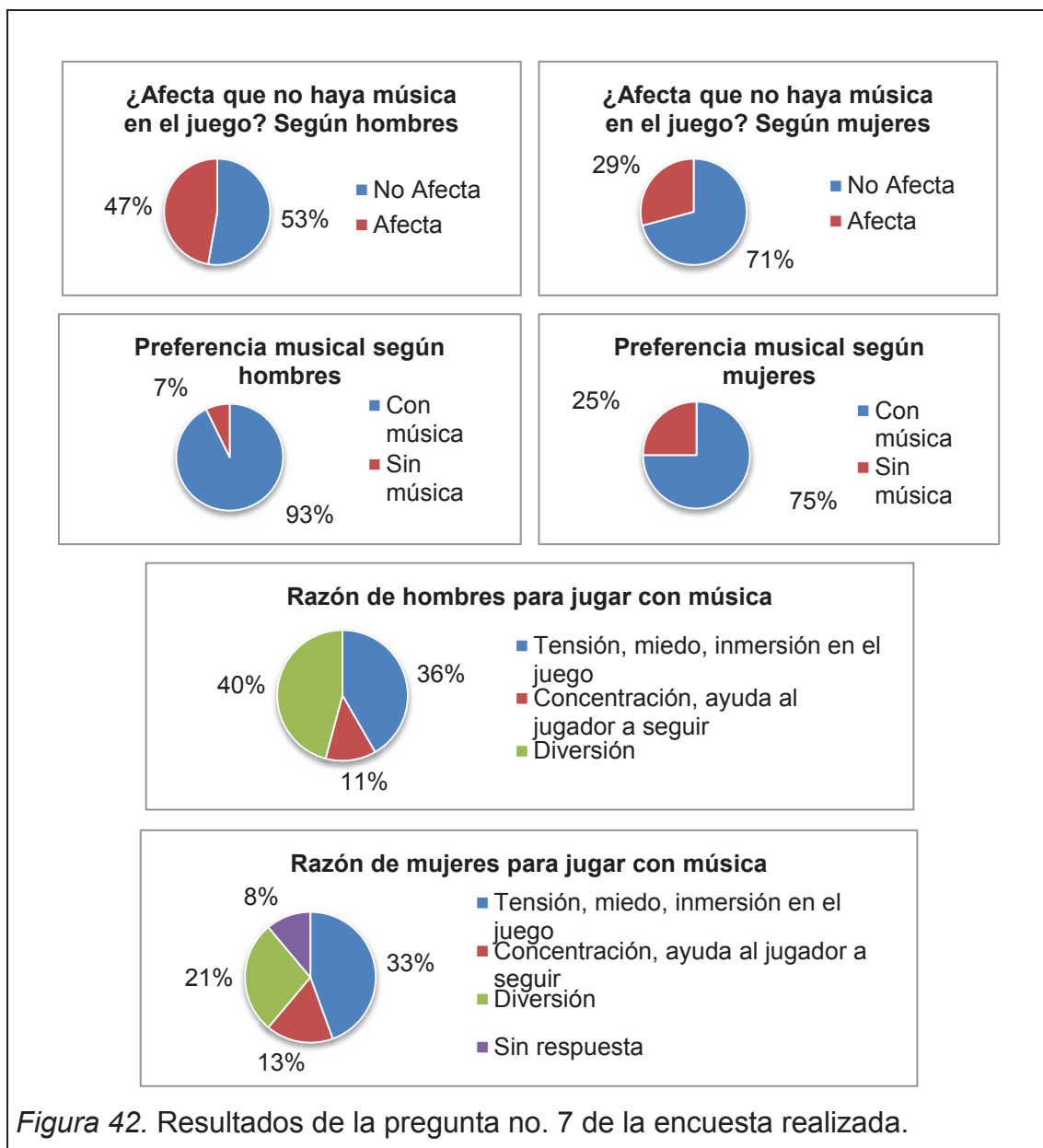
Para este plano sonoro, se desea comprobar que la secuencia ambiental diseñada para el juego sea identificada como natural del lugar visualizado y contribuye a que el jugador se sienta dentro del mismo.



Aproximadamente el 75% de los encuestados pudieron identificar al plano de efectos ambientales y asimilarlo como pertenecientes al escenario presentado, lo que comprueba la interrogante para este elemento de la banda sonora.

### 3.3.1.3. En cuanto a los Elementos Musicales del juego

Se crearon dos muestras del juego con música presente y ausente para analizar el efecto que produce la inexistencia de un plano musical durante eventos de tensión. Las interrogantes a comprobar son: si la experiencia del jugador es afectada por la presencia o ausencia de música en el juego, y la contribución de la música durante el ataque de los enemigos.



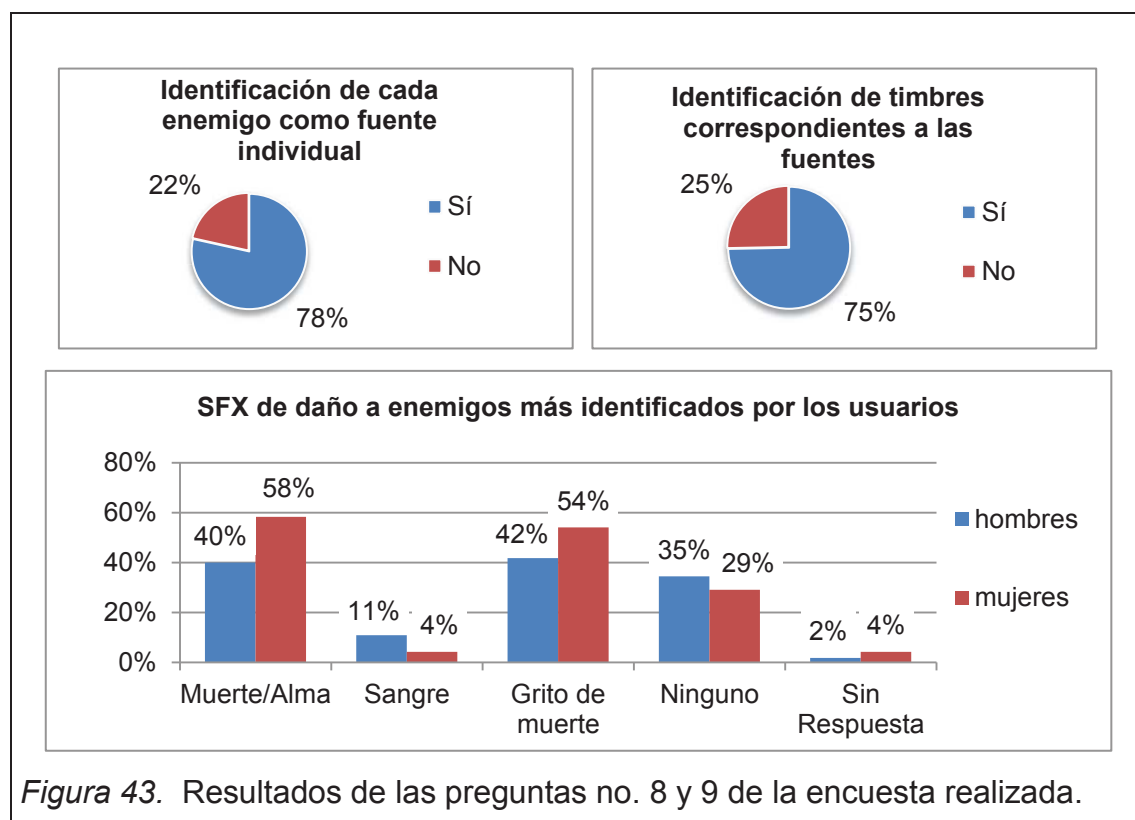
Tanto para hombres como para mujeres, la ausencia de música en la segunda muestra del juego no representó un cambio que afectara a su experiencia; sin embargo la mayoría de ellos prefiere un videojuego con elementos musicales, pues para los hombres, esta vuelve al juego más divertido y para las mujeres, la música crea tensión, y ayuda al jugador a sentirse más inmerso en el juego.

Un estudio realizado entre 2010 y 2012 por Sui-Lan (2014), sugiere que el usuario promedio que pruebe un juego por la primera vez concentra su atención en los elementos visuales que se le presentan más que en los

sonoros, mientras que los usuarios más frecuentes y que conozcan mejor la mecánica del juego tenderían a usar a los elementos sonoros (entre ellos la música) como una herramienta para el *gameplay*. El resultado de la encuesta en este parámetro puede ser atribuido a la situación en la que se encontraron los jugadores en cuanto al juego; los usuarios pudieron probar 2 o 3 veces el juego para realizar la evaluación, lo que implicaría que muchos de ellos no se hayan familiarizado con la banda sonora para ese entonces, y no pudieron notar un cambio en cuanto a la música, sin embargo en términos generales, la música es un elemento esperado y preferido en la banda sonora de un juego.

### 3.3.1.4. Resultados del Plano de Efectos Sonoros

La evaluación de las variables psicoacústicas relacionadas a los enemigos del juego, como parámetros de timbre, sonoridad y espaciales que contribuyen a emular un panorama de sonido tridimensional, presentó los siguientes resultados:



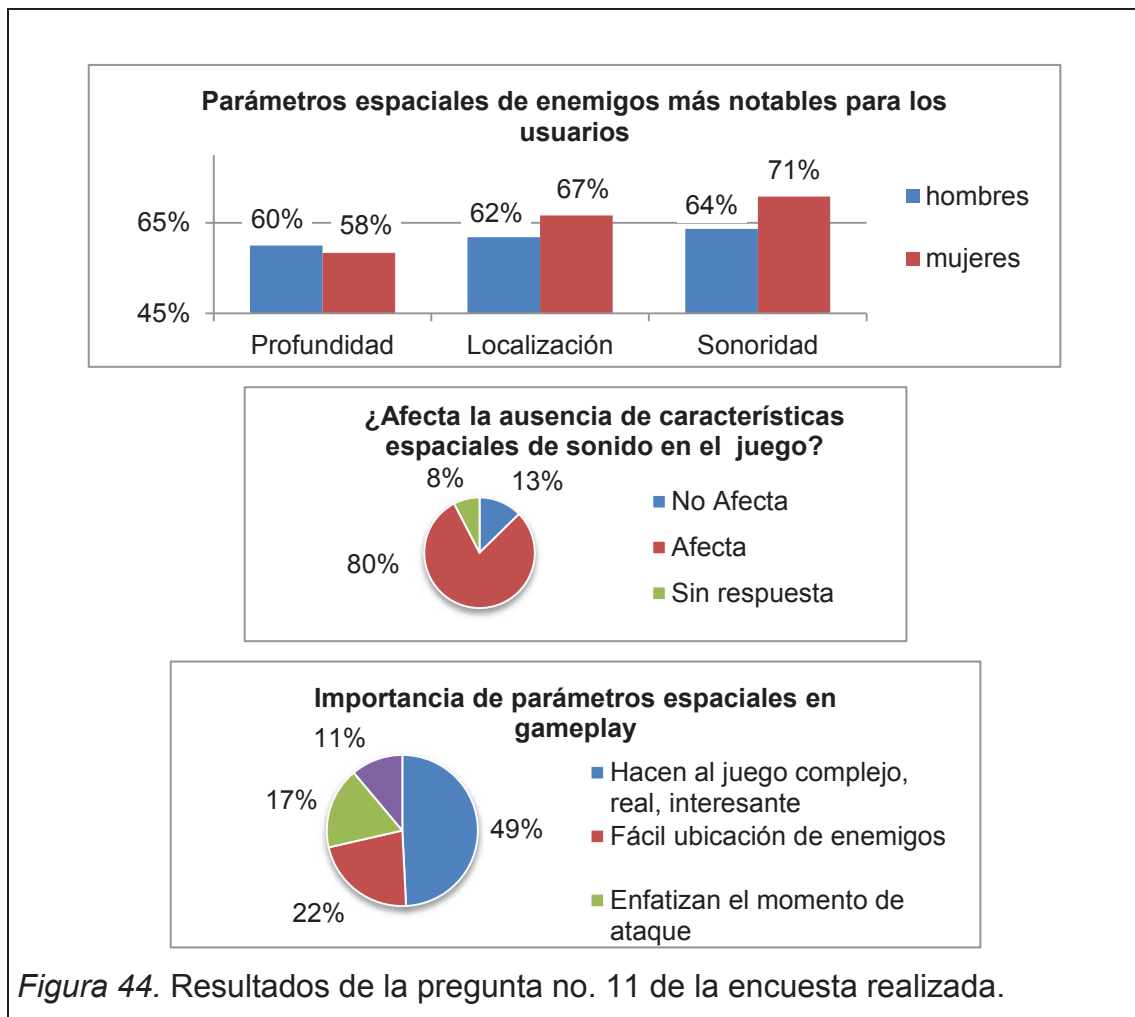
Más del 75% de los encuestados pudieron identificar a cada enemigo como fuentes individuales con sus respectivos sonidos característicos, por lo que la el timbre de cada uno de estos elementos fue diferenciable para los usuarios.

En cuanto a los efectos sonoros de daño a los enemigos: el grito de muerte y el sonido de alma fueron los más fácilmente percibidos por los encuestados, el efecto de sangre fue el menos escuchado, y cerca de un 30% de los encuestados no pudieron identificar sonidos de daño, siendo que posiblemente hayan sido escuchados pero no fueron reconocidos.

Las mujeres pudieron identificar más sonidos en este plano que los hombres.

En cuanto a las variables espaciales se contó con un resultado en particular: todos los encuestados pudieron identificar movimiento de las fuentes alrededor de sí mismos (del personaje principal), es decir, el factor de movimiento de los enemigos alrededor del receptor fue reconocido en un 100% por los usuarios.

Los parámetros espaciales de las fuentes de enemigos que fueron evaluados arrojaron los siguientes resultados:



El parámetro más reconocible fue el de sonoridad, seguido del de localización y ubicación de los enemigos. La profundidad de las fuentes fue el parámetro menos perceptible para los encuestados.

Un 80% de los encuestados consideró que la ausencia de estas características en los efectos sonoros afectaría en su *gameplay*, por lo que las principales razones de la importancia de estas características fueron: brindan realismo al juego, ayudan a la fácil ubicación de los enemigos como objetivos hacia los cuales atacar para poder avanzar en el juego, y enfatizan situaciones de ataque y nuevos retos.

Se puede inferir que la banda sonora cuenta con características de sonido 3D que los usuarios pueden identificar y utilizar en su favor para mejorar su experiencia de juego.

Finalmente, se tomaron en cuenta ciertas sugerencias generales acerca de la banda sonora, entre las más recurrentes se tiene:

- Aumentar más elementos musicales a la banda sonora, la existencia de dinámica y diferentes temas musicales ayudarían a que el juego sea mucho más interesante y atractivo.
- Mejoras en los efectos sonoros del personaje principal. Aunque los encuestados pudieron identificarse con la situación de este personaje, se obtuvo que los efectos sonoros no aportan el nivel de realismo que podría potenciar este aspecto.
- Aunque no es un aspecto sobre la banda sonora, una de las sugerencias más frecuentes fue tener el control de movimiento del personaje.

Existieron algunos datos en las respuestas que no pueden ser tomados en cuenta como valores representativos como las preguntas en blanco, por lo que se espera tener un margen de error en cuanto a los resultados de algunas variables analizadas.

#### 4. Análisis Económico

Al realizar un proyecto, investigación o trabajo deben tomarse en cuenta los factores de inversión monetaria y tiempo en que se llevará a cabo. En este capítulo se realiza una descripción de los elementos necesarios y su costo.

##### 4.1. Descripción de Gastos y Presupuesto General

Los gastos se conforman por cada uno de los elementos en los que se necesitó hacer una inversión económica. Estos fueron:

- Diseño y desarrollo del videojuego: formulación de la idea principal del juego, argumento, historia, y posterior creación y desarrollo del mismo. Encargado: desarrollador y programador, Juan Manosalvas.
- Investigación teórica: recolección de información en medios electrónicos y bibliografía acerca del desarrollo de videojuegos, técnicas de diseño de bandas sonoras para producciones audiovisuales, medios de programación y diseño de sonido para juegos. También se decidió las principales herramientas que se utilizaron y la plataforma en la cual se trabajaría.
- Diseño de la banda sonora: definición de *cómo* deberían sonar el videojuego (diálogos, efectos sonoros, ambientes y música).
- Grabación de cada uno de los planos sonoros: debido al tipo de equipamiento de audio que se necesitó en esta etapa, se la tomará en cuenta como horas de estudio de grabación.
- Edición y Mezcla de sonidos: realizado con software de edición de audio.
- Post-producción de efectos sonoros electrónicos y música (edición y mezcla de temas musicales y sonidos) con Reason.
- Implementación y configuración de la banda sonora en Unity: es necesario tomar en cuenta que para evaluar esta etapa, el manejo de Unity debe haber sido dominado previamente.
- Programación de música para videojuegos: desarrollo del código de programación que controla la reproducción de la música según la situación que el usuario experimente, realizada por Pablo Romero, en Unity.

- Evaluación técnica de la banda sonora: cuestionario y discusión grupal acerca su funcionamiento. Jhonatan López como moderador, Pablo Ávila, Andrea Olmedo, Alejandro Serrano, Juan Manosalvas y Andrea Segovia.
- Corrección y aplicación de observaciones técnicas en la banda sonora.
- Evaluación estadística: determinación de la población, la muestra, diseño de encuesta, selección y solicitud a colegios para aplicarla a los chicos.
- Tabulación de datos y análisis.

Para la investigación se contó con la disposición del estudio de grabación de la universidad y el software con la licencia de trabajo, por esta razón se hará una descripción del costo de inversión real (precios reales el proyecto) y del costo nominal (costos impuestos en el mercado en el período actual).

#### 4.1.1. Inversión Real

Tabla 8. Trabajo intelectual y su costo real en el proyecto.

<b>Tarea</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Diseño y desarrollo del videojuego	160	\$ 0,63	\$ 100,00
Investigación teórica	80	-	\$ 0,00
Diseño de la banda sonora	12	-	\$ 0,00
Grabación de efectos sonoros	12	-	\$ 0,00
Edición y mezcla de sonidos	32	-	\$ 0,00
Post-producción musical y de efectos	40	-	\$ 0,00
Implementación en Unity	96	-	\$ 0,00
Programación de música	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Evaluación técnica con grupo focal	2	-	\$ 0,00
Corrección de errores	20	-	\$ 0,00
Evaluación estadística	32	-	\$ 0,00
Tabulación y análisis de resultados	32	-	\$ 0,00
Desarrollo del documento de investigación	280	-	\$ 0,00



Tabla 9. Descripción de equipamiento, servicios, software y otros elementos.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad/ Horas de uso</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Estudio de grabación (grabación, edición y mezcla) + Pro Tools	12	-	\$ 0,00
Toshiba Portege Z835	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Software Reason (estudiantil)	1	-	\$ 0,00
Software Unity (gratis)	1	-	\$ 0,00
Audífonos de mezcla	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Interfaz Mbox Mini + Pro Tools 9	1	\$ 680,00	\$ 680,00
Grabadora portátil Zoom H4N	1	-	\$ 0,00
Shotgun Audio Technica AT 897	1	-	\$ 0,00
Cámara GoPro Hero3	1	\$ 385,00	\$ 385,00
Coffee break grupo focal	6	\$ 2,00	\$ 12,00
Impresiones para encuestas	160	\$ 0,10	\$ 16,00
<i>Headphones</i> para juego en encuesta	8	-	\$ 0,00
Dulces de agradecimiento para encuestados (paquete)	2	\$ 3,00	\$ 6,00

#### 4.1.2. Inversión Nominal

Tabla 10. Trabajo intelectual y su costo nominal en el proyecto.

<b>Tarea</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Diseño y desarrollo del videojuego	160	\$ 20,00	\$ 3.200,00
Investigación teórica	40	\$ 5,00	\$ 200,00
Diseño de la banda sonora	12	\$ 10,00	\$ 120,00
Grabación de efectos sonoros	12	\$ 10,00	\$ 120,00
Edición y mezcla de sonidos	32	\$ 10,00	\$ 320,00
Post-producción musical y de efectos	40	\$ 10,00	\$ 400,00

Continúa Tabla 10, parte 2.

Implementación en Unity	96	\$ 10,00	\$ 960,00
Programación de música	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Evaluación técnica con grupo focal	2	\$ 5,00	\$ 10,00
Corrección de errores	20	\$ 10,00	\$ 200,00
Evaluación estadística	32	\$ 5,00	\$ 160,00
Tabulación y análisis de resultados	32	\$ 5,00	\$ 160,00
Desarrollo del documento de investigación	280	\$ 5,00	\$ 1.400,00

Tabla 11. Valor nominal de equipos, servicios, software y otros elementos.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad/ Horas de uso</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Estudio de grabación (grabación, edición y mezcla) + Pro Tools	12	\$ 25,00	\$ 300,00
Toshiba Portege Z835	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Software Reason (estudiantil)	1	\$ 399,00	\$ 399,00
Software Unity (gratuito)	1	\$ 0,00	\$ 0,00
Audífonos Sennheiser HD 280	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Interfaz Mbox Mini + Pro Tools 9	1	\$ 680,00	\$ 680,00
Grabadora portátil Zoom H4N	1	\$ 199,99	\$ 199,99
Shotgun Audio Technica AT 897	1	\$ 359,00	\$ 359,00
Cámara GoPro Hero3	1	\$ 385,00	\$ 385,00
Coffee break grupo focal	6	\$ 2,00	\$ 12,00
Impresiones para encuestas	160	\$ 0,10	\$ 16,00
<i>Headphones</i> para juego en encuesta	8	\$ 40,00	\$ 320,00
Dulces de agradecimiento para encuestados (paquete)	2	\$ 3,00	\$ 6,00

Tabla 12. Comparación de inversión real y nominal.

<b>Total de horas de trabajo</b>	<b>Costo total nominal de trabajo intelectual</b>	<b>Costo final real del proyecto</b>	<b>Costo final nominal del proyecto</b>
638	\$ 4.050,00	\$ 2.499,00	\$ 11.286,99

## **4.2. Análisis Costo-Beneficio del proyecto**

### **4.2.1. Valoración del Trabajo**

Para determinar el valor del trabajo en el proyecto se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Horas de trabajo: el proyecto se realizó trabajando un promedio de 4 horas diarias, tomando en cuenta días laborables.
- Salarios establecidos para el área profesional de aplicación en el mercado, según el país o ciudad en el que se encuentra: la estimación de la remuneración del trabajo intelectual por hora tuvo como referencia la Tabla Sectorial 2015 en la cual el salario mínimo promedio de un ingeniero o trabajo en el sector de tecnologías es entre 6 y 7 USD por hora.

Según la Tabla, en Ecuador las carreras relacionadas a producción musical y audiovisual no cuentan con un sector laboral definido, por lo que se tomó como referencia el área de tecnología y software por tratarse de un producto para medios digitales.

- Precios de servicios comunes en cuanto a uso de estudios de grabación, software de audio y mano de obra en el área.
- Precios e inversión inicial en equipamiento de trabajo.
- Costo de la colegiatura completa para formación profesional.

#### 4.2.2. Rentabilidad

La rentabilidad de un proyecto define la relación del beneficio económico que éste brinda como mayor al costo de su ejecución, es decir, genera ganancia.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC}; \quad \text{donde } \frac{B}{C} > 1 \text{ implica rentabilidad} \quad (\text{Ecuación 8})$$

En esta expresión, la relación costo-beneficio ( $B/C$ ) está dada por la razón entre el valor actual de ingreso neto ( $VAI$ ) y el valor actual de costos ( $VAC$ ).

Se puede definir al costo final real del proyecto como  $VAC$  pues en dicha descripción se toma en cuenta la inversión que requeriría la investigación con los valores reales. El valor de costo total nominal de trabajo intelectual puede ser definido como  $VAI$ , pues representa el ingreso económico del proyecto, una vez descontados valores de pago de equipamiento, servicio y trabajo intelectual no perteneciente a la investigación como fue el caso de los programadores.

Reemplazando estos valores en la relación antes mencionada se obtuvo que el proyecto tiene un valor  $B/C = 1,62$ . Es decir, en el caso de aplicarlo al medio actual, y confiando en que el valor de la remuneración establecido será respetado su rentabilidad es del 62%.

Aplicando el caso con valores de inversión nominales el resultado es diferente: se tomó en cuenta como  $VAC$  al costo nominal de equipamientos y servicios (\$7.237). La inversión es mayor al valor de ingreso y existe una pérdida del 40% aproximadamente. Esto significaría establecer precios de trabajo intelectual más elevados para justificar dicha inversión.

Por ejemplo: para que la investigación tenga una ganancia del 40% con costos nominales, el valor de  $VAI$  debería representar \$10.130 lo que implicaría establecer precios de trabajo humano aproximadamente un 250% más costosos que en el caso original.

Para obtener una rentabilidad justificada ( $B/C = 1$ ), el valor de  $VAC$  y  $VAI$  deben ser iguales, el costo de trabajo humano debería aumentar en un 77%.

## 5. Proyecciones, Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Proyecciones

En esta etapa se establecerán puntos de partida para posibles nuevas investigaciones que puedan hacerse a partir de la investigación realizada.

- Análisis de técnicas de grabación de sonido 3D (como el *dummy head*) aplicadas a medios audiovisuales interactivos como videojuegos o aplicaciones para computadores y dispositivos móviles.
- Análisis y propuesta de técnicas de mezcla de sonido 3D.
- Diseño e implementación de bandas sonoras para videojuegos con motores especializado de audio como FMOD o Wwise.
- Análisis y aplicación de modelos de programación para simulación de fenómenos, espacios acústicos y procesamiento de sonido en tiempo real.
- Análisis psicoacústico de las respuestas generadas por los usuarios de videojuegos con bandas sonoras destacadas.
- Análisis psicoacústico de los efectos producidos por el score (obras musicales) de videojuegos en los usuarios, tomando en cuenta el género del videojuego.
- Análisis de identificación y asimilación del videojuego a través de la banda sonora, según el sexo de los usuarios.
- Análisis del uso de ciertas bandas de frecuencia en bandas sonoras de videojuegos, para determinar el impacto que pueden generar en los usuarios.
- Criterios de mezcla y masterización para formatos de compresión como mp3, OGG, etc.

### 5.2. Conclusiones

- Durante el proceso de diseño de la banda sonora, la aplicación de técnicas de grabación y mezcla en efectos sonoros para procesamiento de sonido 3D fue limitada debido a la poca información disponible sobre el tema, y por la dificultad de manejar los códigos de procesamiento de audio de Unity que no

son los creados por el desarrollador, por lo que se aplicaron conocimientos aplicados en el campo de multimedia audiovisual en general. Encontrar información sobre este tema en específico podría representar un aporte significativo al desarrollo de investigaciones como esta, debido a que la mayor parte del procesamiento y diseño de sonido tridimensional se realiza por medio de programación, se le brindaría un mayor control y posibilidades de creación al diseñador encargado de la banda sonora.

- Mejores resultados en cuanto a la banda sonora y ejecución de la misma en tiempo real pueden ser logrados trabajando con un motor específico de audio, como es FMOD o Wwise. Unity es un motor de juego eficiente y versátil en cuanto a desarrollo de ambientes visuales, programación de eventos físicos y objetos dentro del espacio de diseño, sin embargo aún presenta limitaciones en cuanto a audio, específicamente en cuanto a manejo y control de ciertos parámetros como por ejemplo, mezcla de niveles de los elementos que forman un plano sonoro, implementación de efectos sonoros además del procesamiento de reverberación sonora como filtros de frecuencia multibanda, o modificación de algoritmos HTRF, los cuales no pudieron ser evaluados en funcionamiento por la dificultad de saber el tipo de procesamiento del motor de juego en cuanto a audio, que si bien en un principio es señalado como 3D, luego presenta características limitadas en cuanto al manejo de parámetros en este tipo de procesamiento. Se infiere que la primera variable de la hipótesis planteada no fue comprobada por este motivo.
- Al igual que cualquier otra industria del entretenimiento como la musical o la cinematográfica, la industria de los videojuegos también necesita de la designación de cargos específicos para cada área de la producción, como la programación, animación, diseño de escenarios y personajes, guión, etc. El área de audio no es la excepción, Marks (2009) menciona a profesionales que cumplen una función diferente dentro del diseño de la banda sonora de un juego, según su especialidad, como compositores, productores y

músicos, ingenieros y técnicos de grabación, edición y mezcla de audio, diseñadores de sonido por síntesis, artistas de *foley* y programadores de sonido para videojuegos. La diferenciación del trabajo es un factor determinante en la calidad de cualquier producción, y mejores resultados pueden ser obtenidos cuando se cuenta con diferentes personas especializadas en cada campo. Sin desmerecer el trabajo realizado, ciertas de las complicaciones que se presentaron durante el desarrollo de la investigación se debió a que una sola persona cumplió con todos los roles mencionados.

- Anteriormente se dijo que, según Sui-Lan (2014), el jugador promedio presta más atención a los estímulos visuales que a los sonoros en el juego, más aún durante las primeras ocasiones en la que un juego es probado. Dentro de la población definida para la encuesta, el nivel de interés en el juego o en la cultura de los videojuegos no es el único factor que debería ser especificado para este fenómeno, la edad también puede tomarse en cuenta en este aspecto, debido a que no todos los niños de 12-15 años podrán identificar variaciones o cambios mayores entre una imagen sonora tridimensional y una bidimensional. Puede concluirse que este público en particular no encuentra relevantes características sonoras de este tipo, como pudo verse en los resultados de la evaluación realizada a los estudiantes.
- La música de la banda sonora de una producción es una herramienta poderosa, bien ejecutada puede lograr que el usuario experimente sensaciones de miedo, tensión, concentración o alivio de acuerdo con las situaciones o momentos que se desea crear en la historia.
- Consecuente al análisis económico, se puede concluir que la valoración del trabajo de un ingeniero de grabación, mezcla o diseño de sonido puede ser considerablemente alta, debido a los costos de producción que implica trabajar en la industria del entretenimiento. El trabajo de investigación realizado puede ser rentable únicamente si el trabajo intelectual del

diseñador de sonido se considera entre los mismos valores que el de un programador.

### **5.3. Recomendaciones**

- Las limitaciones técnicas del computador con el que se trabajó impidieron que se pueda trabajar con un motor de audio para procesamiento de la banda sonora. Al realizar este tipo de aplicaciones es muy importante tomar en cuenta las posibilidades del equipo con el que se trabaje y los requerimientos que el proyecto necesite, de esta forma se pueden buscar los equipos y herramientas que cumplan con las necesidades.
- Para producciones que tendrán un público o target específico, definir los elementos sonoros que serán significativos para este público puede potenciar el trabajo de diseño de la banda sonora y sus resultados. Por ejemplo: juegos de la firma “*Barbie*” no funcionarían adecuadamente para sus usuarios si su banda sonora fuera diseñada para un juego como “*Slender*”, juegos para los cuales existe un target específico.
- Realizar un presupuesto de inversión previa a la ejecución de cualquier producción de este tipo, puede ser fundamental al momento de definir los costos del trabajo del talento humano involucrado.



## REFERENCIAS

- ASUS. (2012). *ASUS Computer & Component*. Recuperado el 14 de Mayo de 2014, de [http://www.asus.com/Sound\\_Cards/Essence\\_STX\\_II/](http://www.asus.com/Sound_Cards/Essence_STX_II/)
- Audiokinetic. (2014). *Wwise*. Recuperado el 03 de Julio de 2014, de <https://www.audiokinetic.com/products/wwise/>
- Ballou, G. (2008). *Handbook for Sound Engineers*. Carmel, Estados Unidos de América: SAMS.
- Calderón, C., & González, S. (2011). *Las Ondas*. Recuperado el 28 de Abril de 2014, de <http://c-lasondas.blogspot.com/2011/05/diferencia-entre-una-onda-longitudinal.html>
- Carvar, M. (2010). *Tarjetas de Sonido*. Recuperado el 14 de Mayo de 2014, de <http://miriancarvar.wordpress.com/caracteristicas-generales/>
- Chance Audio. (s.f.). *TriggerTone*. Recuperado el 16 de Abril de 2015, de <http://www.triggertone.com/term/Foley>
- Chittka, L., & Brockman, A. (2005). *Perception Space-The Final Frontier*. Recuperado el 28 de Abril de 2014, de <http://www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.0030137>
- Cladera, D. (2015). *TodoAltavoces*. Recuperado el 16 de Abril de 2015, de <http://www.todoaltavoces.net/orientacion-de-altavoces/>
- Computerhope. (s.f.). *Hard drive*. Recuperado el 2 de Junio de 2014, de <http://www.computerhope.com/jargon/h/harddriv.htm>
- Computerhope. (s.f.). *RAM*. Recuperado el 2 de Junio de 2014, de <http://www.computerhope.com/jargon/r/ram.htm>
- Cooking Ideas. (2011). *19 Hz: La frecuencia del Miedo*. Recuperado el 27 de Enero de 2015, de <http://www.cookingideas.es/19-hz-la-frecuencia-del-miedo-20111015.html>
- Creative Technology. (2014). *Creative Products*. Recuperado el 14 de Mayo de 2014, de <http://us.creative.com/p/sound-blaster/sound-blaster-z>
- Díez, E., & Fontal, O. (2004). *El Género de los Videojuegos*. Barcelona, España.

- Ecured. (s.f.). *Tarjeta de Sonido*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Tarjeta\\_de\\_Sonido](http://www.ecured.cu/index.php/Tarjeta_de_Sonido)
- Epic Games. (2014). *Unreal Engine*. Recuperado el 05 de Julio de 2014, de <https://www.unrealengine.com/products/unreal-engine-4>
- Firelight Technologies. (2014). *FMOD*. Recuperado el 04 de Julio de 2014, de <http://www.fmod.org/products/>
- Galindo, E. (2008). *Estadística, Métodos y Aplicaciones*. Quito, Ecuador: Prociencia Editores.
- García, A. (Junio de 2005). Sistema de Sonido 3D. Bilbao, España: Universidad del País Vasco, Escuela Superior de Ingenieros.
- Gerber, M. (2008). *¿Qué son las encuestas?* Recuperado el 19 de enero de 2015, de [http://www.fundacionfuturo.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=53](http://www.fundacionfuturo.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=53)
- JBL Selenium. (2014). *12MB1200*. Recuperado el 04 de Junio de 2014, de <http://www.jblselenium.com/marcas/produto.php?id=357&idLinha=82>
- JBL Selenium. (2014). *3/4 TW1*. Recuperado el 04 de Junio de 2014, de <http://www.jblselenium.com/marcas/upload/1031f5d9c17844983f1914f963cd70c5.pdf>
- JEZL Auditores. (2015). Tabla Sectorial 2015. Ecuador.
- Kidshealth. (s.f.). *El Oído*. Recuperado el 28 de Abril de 2014, de [http://kidshealth.org/parent/en\\_espanol/general/ears\\_esp.html#](http://kidshealth.org/parent/en_espanol/general/ears_esp.html#)
- Knowles Marshall, J. (s.f.). *An Introduction to Film Sound*. Recuperado el 07 de Junio de 2014, de <http://filmsound.org/marshall/>
- KRK Systems. (2014). *KRK 12s*. Recuperado el 04 de Junio de 2014, de <http://www.krksys.com/krk-subwoofers/12s.html>
- Laino, J. (2012). *Psicoacústica y Efecto Haas*. Recuperado el 30 de Mayo de 2014, de <http://activata.org/psicoacustica-y-efecto-hass/>
- Larousse. (2000). *Enciclopedia del Estudiante. Tomo 14 "La Música"*. Santiago, Chile.: El Universo.
- Lecheenteraenpolvoproyectos. (2010). *Magnitudes Sonoras*. Recuperado el 29 de Abril de 2014, de <http://leepp.wordpress.com/2010/04/page/5/>

- Lorenzo, T. (2005). *El Arreglo: un puzzle de expresión musical*. Barcelona, España: Barcelona Music.
- Lowefrequencymixing. (s.f.). *Low Frequency Mixing*. Recuperado el 29 de Abril de 2014, de <http://www.lowefrequencymixing.com/services.html>
- Marks, A. (2009). *The Complete Guide to Game Audio*. Burlington, Estados Unidos de América: Elseiver.
- Mendonza, P. (2013). *Suite101, Armonía en torno al tritono*. Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de <http://suite101.net/article/armonia-en-torno-al-tritono-a63678#.VOVBPmG-So>
- Miyara, F. (2006). *Acústica y Sistemas de Sonido*. Rosario, Argentina: UNR Editorial de la Universidad Nacional del Rosario.
- MMA. (1998). *3D Audio Rendering and Evaluation Guidelines. version 1.0*. Los Angeles, CA, Estados Unidos de América.
- MMA, & Roland. (2009). *An Introduction to MIDI*. La Habra, CA, Estados Unidos de América.
- musictheory. (2015). *musictheory.net*. Recuperado el 8 de Febrero de 2015, de <http://www.musictheory.net/lessons>
- Olmo, M. (s.f.). *Velocidad del Sonido en Gases*. Recuperado el 10 de Mayo de 2014, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/sound/souspe3.html>
- Profesorenlinea. (2013). *Estructura del Oído*. Recuperado el 28 de Abril de 2014, de <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/oidoestructura.htm>
- RAD Game Tools. (2014). *The Miles Sound System*. Recuperado el Julio de 05 de 2014, de <http://www.radgametools.com/miles.htm>
- Sapiensman. (s.f.). *Sonido y Acústica*. Recuperado el 5 de Mayo de 2014, de [http://www.sapiensman.com/docs/sonido\\_y\\_acustica.htm](http://www.sapiensman.com/docs/sonido_y_acustica.htm)
- Sicart, M. (2009). *What is game play?* Recuperado el 06 de Junio de 2014, de <http://itu.dk/courses/MGD/E2009/Lectures/4gameplay.pdf>
- Sonnenschein, D. (2013). *Sound Design*. Studio City, Estados Unidos de América: Michael Wiese Productions.
- Stevens, R., & Raybould, D. (2011). *The Game Audio Tutorial*. Oxford, United Kingdom: Focal Press.

Sui-Lan, T. (2014). *Video Games: Do you play better with the sound on or off?* Recuperado el 9 de Febrero de 2015, de <https://www.psychologytoday.com/blog/what-shapes-film/201402/video-games-do-you-play-better-the-sound-or>

Unity Technologies. (2014). *Unity*. Recuperado el 05 de Julio de 2014, de <http://unity3d.com/unity>

Unity Technologies. (2014). *Unity Manual*. Recuperado el 01 de Enero de 2015, de <http://docs.unity3d.com/Manual/>

Unity Technologies. (2014). *Unity Scripting Api, Sección de Classes*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de <http://docs.unity3d.com/ScriptReference.html>

Ward, J. (2008). *Game Carrer Guide*. Recuperado el 20 de Junio de 2014, de [http://www.gamecareerguide.com/features/529/what\\_is\\_a\\_game\\_.php?page=1](http://www.gamecareerguide.com/features/529/what_is_a_game_.php?page=1)

Woodford, C. (2014). *Explainthatstuff!* Recuperado el 10 de Abril de 2015, de <http://www.explainthatstuff.com/headphones.html>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Glosario

- **Antialiasing filter:** filtro anti-alias, elimina frecuencias ajenas al espectro audible del oído humano.
- **Armonía:** disciplina musical (de la cultura occidental) que estudia la interacción y ejecución de diversas notas musicales de forma coordinada y simultánea.
- **Audio Listener:** objeto de Unity que funciona como un micrófono anclado a la cámara principal, emula los oídos del seguidor principal en la escena.
- **Audio Reverb Zone:** cada uno de los objetos de Unity que funcionan como un efecto de reverberación según el área de espacio que se le asigne.
- **Audio Source:** cada uno de los objetos de Unity que funcionan como una Fuente sonora capaz de reproducir clips de audio.
- **Azimuth ( $\varphi$ ):** ángulo de localización del sonido en el eje horizontal con respecto a la cabeza humana.
- **Balance cerrado:** técnica de microfonía que establece una posición cercana del micrófono con respecto a la fuente, entre 0-2 y 15 cm normalmente, para captar con claridad y presencia una fuente sonora.
- **Basses:** plural de “bass”. Instrumento musical o sección de instrumentos en una orquesta sinfónica, se refiere a un bajo o a la sección que interpreta el bajo de un tema musical.
- **Beat:** cada uno de los pasos o tiempos marcados dentro del compás de un tema musical, según el tipo de tiempo y ritmo.
- **Bounce (s):** proceso y resultado de exportar un archivo de audio en Pro Tools.

- **Bpm:** abreviación para “*beats per minute*”, que significa *beats* por minuto, muestra la relación del número de pasos por minuto de un tema musical, o la relación de rapidez de su interpretación.
- **Brass:** sección de instrumentos musicales de viento metales.
- **Buffer:** espacio o sección de la memoria del computador destinada a almacenar información temporal, que será procesada o espera a ser guardada de forma permanente en el disco duro.
- **Byte:** unidad referente al tamaño de información digital, múltiplo de la unidad más pequeña, el bit (1 byte= 8 bits).
- **Cardioide:** tipo de patrón polar de captación de ciertos micrófonos, se caracteriza por ser unidireccional y captar a la fuente o fuentes que se encuentren en su eje central (0°), atenuando mayormente al resto de sonidos que provengan de otras direcciones.
- **Class (programación):** también llamada “clase”. Se refiere a cada una de las variables que pueden ser utilizadas en un determinado programa.
- **Combinator:** dispositivo secuenciador que puede combinar las funciones de varios dispositivos de Reason, desarrollado por Propellerhead.
- **Compresor:** procesador de audio que disminuye el nivel de una señal cuando ésta ha superado un límite determinado.
- **Contrapunto:** recurso de composición musical que emplea dos melodías diferentes dentro de la misma tonalidad interpretadas al mismo tiempo.
- **Crash:** tipo de plato, instrumento musical de percusión.
- **Cuantización:** proceso que define el valor de la profundidad de bits que será asignado el muestreo de una señal en audio digital.

- **Decay:** decaimiento, propiedad que define el tiempo que a un sonido le toma en atenuarse en su mayor parte de energía.
- **De-essing:** compresión de una determinadas frecuencias altas que contengan las consonantes “s”, “z” y “c”, por medio del uso de un ecualizador a través del *said chain* del compresor.
- **DSP:** siglas de *digital signal processor*, *circuito* destinado al procesamiento de información digital en un computador o equipo electrónico.
- **Dither:** señal de ruido aleatorio que es agregada como información a una onda en audio digital en procesos de remuestreo.
- **Drum module:** sección de síntesis y *sampleo* del secuenciador Kong.
- **Dummy head:** Micrófono binaural estéreo, que recrea el modo de recepción sonora de la cabeza humana.
- **Ecualizador:** amplificador/atenuador que permite reducir o aumentar el nivel de bandas de frecuencias determinadas de una señal de audio.
- **Efecto Doppler:** fenómeno físico sonoro que produce un aparente cambio de frecuencia en una onda sonora producida por una fuente en movimiento con respecto al receptor.
- **Elevación ( $\theta$ ):** ángulo de localización del sonido en el eje vertical con respecto a la cabeza humana.
- **Escala armónica:** escala menor armónica o escala natural, sucesión de las notas musicales de una tonalidad derivada del modo eólico. Se caracteriza por tener una alteración llamada “nota sensible” en su séptimo grado, que genera una tensión sonora que resuelve en el primer grado.



- **Estructura musical:** organización de las partes de un tema musical, como estrofas, coros, introducciones, puentes, etc.
- **Fade:** fundido. Efecto de atenuación o amplificación de volumen creciente que es aplicada a una señal de audio.
- **Fader:** control de nivel de presión sonora en equipos de mezcla.
- **Fade in:** fundido de entrada, efecto de amplificación creciente, se aplica al inicio de una señal o muestra de audio.
- **Fade out:** fundido de salida, efecto de atenuación creciente, se aplica al término de una señal o muestra de audio.
- **Fagot:** instrumento musical acústico, de la familia de vientos maderas que reproduce el rango de frecuencias más bajo de la sección de maderas.
- **Fase:** ubicación en un instante del tiempo del ciclo en el que se encuentra una onda, donde un ciclo completo representa 360°.
- **Filtro pasabajos:** procesador señales. Filtro que atenúa las frecuencias agudas a partir de un determinado valor de frecuencia.
- **Firewire:** protocolo digital de conexión, con una tasa de transferencia de datos entre 400 y 800 mbps, las más comunes.
- **GameObjetc:** cada uno de los objetos de Unity que pueden contener compontes, programas o funciones de un proyecto de juego.
- **Gameplay:** guión o historia que sigue el usuario en un videojuego.
- **Gate:** procesador de señales de audio también llamado puerta de ruido, que deja pasar sonido en función de un determinado límite de nivel que reciba de una señal.

- **General MIDI (GM):** norma del lenguaje MIDI establecida por la MMA y la Roland.
- **Headset:** audífonos que incorporan un micrófono.
- **Hertz:** unidad de medida de frecuencia de ondas.
- **Hi key:** parámetro de ciertos *samplers* que permite asignar la nota superior del rango de teclado asignado a una muestra de audio.
- **Hum:** ruido de baja frecuencia, producido por redes eléctricas. En algunos países es de 60 Hz.
- **Interaural:** referente a diferencias de tiempo con las que el sonido llega entre ambos oídos.
- **Intervalo musical:** paso de una nota a otra, ascendente o descendente.
- **Kong Drum Designer:** secuenciador y *sampler* diseñado por la compañía Propellerhead para el software Reason desde la versión 5.
- **Lo key:** parámetro de ciertos *samplers* que permite asignar la nota inferior del rango de teclado asignado a una muestra de audio.
- **Loop (s):** modo de reproducción de audio que repite un sonido en un lazo.
- **Low end:** término de producción musical que se usa para definir a la sección de instrumentos base o de bajas frecuencias de un tema, normalmente formado por el bombo, bajo y/o instrumentos graves.
- **Malström:** sintetizador por osciladores y tabla de onda diseñado por Propellerhead para el software Reason.
- **Media muestral:** valor promedio de un conjunto de datos en estadística.

- **Medio tono:** distancia media de la altura entre dos notas musicales. Ej: de La (A) a La sostenido (A#) existe medio tono o un semitono.
- **MIDI:** *Musical Instrument Digital Interface* por sus siglas que significan Interface Digital de Instrumento Musical. Protocolo de transferencia de datos para interpretación musical en instrumentos y medios electrónicos.
- **MMA:** *MIDI Manufacturers Association*, organización reguladora de la norma general MIDI.
- **Middleware providers:** compañías que proveen de productos o servicios a otras que requieran de herramientas para desarrollar proyectos propios.
- **Mixer:** también llamado mezclador, dispositivo que recibe la conexión de diversos equipos externos como procesadores, instrumentos musicales, etc., y permite la suma análoga o digital de señales de audio.
- **Modulación de señales:** proceso de variación de ciertos parámetros como amplitud, espectro, forma de onda, envolvente de una onda.
- **Modulador:** dispositivo que permite aplicar las características de una señal moduladora a una señal portadora.
- **Negra:** notación musical de la duración de una nota musical en 1 *beat* en cualquier tipo de compás o tiempo.
- **Oscilador:** dispositivo generador de ondas electromagnéticas.
- **Paneo:** control de mezcla de audio que permite la reducción o aumento de nivel de señales entre diferentes canales y crear imágenes estereofónicas.
- **Parent object:** llamado “objeto padre” en Unity. *GameObject* el cual contiene otros objetos dentro del juego.

- **Patch:** se refiere a un *preset* de parámetros y muestras de audio disponibles en cada uno de los instrumentos musicales de Reason.
- **Patrón polar:** forma de captación de un micrófono según la sensibilidad del mismo con respecto a ciertas frecuencias y procedencia de un sonido.
- **Pícolo:** instrumento musical de viento madera, también llamado flautín. Diseñado comúnmente en tonalidad de Do, con timbre y tesitura similar a la flauta travesa, pero una octava más agudos.
- **Pitch:** parámetro de una señal de audio relacionado con su altura tonal.
- **Pitch Shifter:** procesador de señal que permite modificar la altura tonal de una señal de audio.
- **Pizzicato:** término que denota o técnica de interpretación musical en instrumentos de cuerda frotada. Consiste en picar o jalar la cuerda en lugar de tocarla con el arco.
- **Plug-in:** módulo o herramienta individual de software que se implementa a un software más grande. Ej: en audio, *Native Plug-ins* de Pro Tools.
- **Preset:** configuración de parámetros que se utiliza como plantilla en este caso, en dispositivos electrónicos y software.
- **RAM:** siglas de *Random Access Memory*, memoria de acceso aleatorio.
- **Rango dinámico:** relación que existe entre el nivel nominal (0 dB) y el máximo nivel de distorsión de un sistema de audio.
- **Redonda:** notación musical de duración de una nota musical en 2 *beats* , doble de una nota negra.

- **Redrum:** instrumento musical virtual, caja de ritmos y secuenciador diseñado por Propellerhead para Reason.
- **Release:** tiempo en milisegundos en el que el compresor deja de atenuar a la señal. También es el tiempo en el cual una señal de audio se atenúa por completo.
- **ReMix:** mezclador de 14 canales por 2 salidas principales diseñado por Propellerhead para Reason.
- **Reverse:** reproducción de una muestra de audio en reversa, se utiliza como un recurso en producción musical para realizar arreglos.
- **Rolling plate:** modo de interpretación musical para platos de percusión, en el cual se toca una figuración rápida y que termina en un golpe final fuerte.
- **Rolloff:** decaimiento de nivel de una señal de audio.
- **Root key:** parámetro de ciertos *samplers* que permite asignar la nota natural o central del rango de teclado asignado a una muestra de audio.
- **S/PDIF:** protocolo de transferencia de datos digital desarrollado por Sony.
- **Said chain:** conexión que incorporan compresores y puertas de ruido que permite asignar una señal en función de la cual se realizará el proceso a la señal contenida en el canal principal del equipo.
- **Sampler:** dispositivo electrónico que permite la reproducción y modificación de muestras de audio pregrabadas por medio de síntesis por tabla de onda.
- **Scream 4 Distortion:** unidad de distorsión desarrollada por Propellerhead para el software Reason.

- **Scripting:** escritura de códigos en el medio de la programación.
- **Secuenciador principal:** sección del espacio de trabajo de Reason en la cual se puede visualizar las pistas y notas correspondientes a cada uno de los instrumentos creados en la sesión, y en el que se pueden escribir y realizar cambios de notas musicales.
- **Sample:** en producción musical, una muestra de audio previamente editada y procesada para ser reproducida por un *sampler*.
- **Smartphone:** nombre popular de los celulares de última generación, ya que pueden realizar algunas tareas básicas de un ordenador.
- **Splitter:** definido como un “divisor”, es un dispositivo análogo o digital que permite obtener una o varias copias de una señal de audio.
- **Spread:** parámetro de software de procesamiento de audio que permite crear la ilusión de ampliar la imagen estereofónica de una mezcla.
- **Stand alone:** aplicación o programa que puede funcionar sin conexión a una red, sin instalación previa o que se ejecuta de manera individual.
- **Stingers:** eventos musicales de corta duración, propios en las bandas sonoras de videojuegos.
- **Streaming:** flujo sin interrupción. Se refiere a una transmisión continua de multimedia en una red de computadoras.
- **Strings:** sección de instrumentos de cuerda frotada, en orquesta sinfónica.
- **Subtractor:** sintetizador por osciladores diseñado por Propellerhead para el software Reason.

- **Swell:** modo de interpretación de percusión, que emula un efecto *reverse*.
- **Tablet:** dispositivo electrónico con pantalla táctil.
- **Target:** objetivo. Público específico al cual se dirige un producto o servicio.
- **TeraByte (TB):** unidad de medida para la capacidad de almacenamiento digital. Múltiplo del byte. Contiene 1024 GigaBytes (GB).
- **Técnica de microfonía:** modo de ubicar y elegir un micrófono para captar una fuente, según la intensidad o tipo de sonido que se quiera obtener.
- **Tempo:** parámetro que define el número de bpm de un tema musical.
- **Timpani:** también llamado timbal, instrumento de percusión. Tambor de fondo cónico y de membrana de cuero usado en orquesta sinfónica.
- **Tonalidad:** armonía según una escala musical determinada en base a la cual es compuesta una pieza musical. Ej: tonalidad de Do menor (Cm).
- **Tono:** distancia de la altura entre dos notas musicales, que contiene dos semitonos. Ej: de La (A) a Si (B) existe un tono.
- **TRS:** siglas por “*tip*”, “*ring*” y “*sleeve*”, conector análogo de audio, comúnmente conocido como “plug”.
- **USB:** *Universal Series Bus*, es un protocolo de conexión, transferencia de datos y alimentación eléctrica entre dispositivos electrónicos.
- **Velocity:** parámetro de Reason referente al nivel o volume con el que se interpreta una nota musical según MIDI.
- **Vocoder:** dispositivo electrónico de modulación de señales de audio, diseñado principalmente para aplicar este proceso a voces humanas.

- **Wavetable:** significa “tabla de onda”, se refiere al proceso de síntesis sonora del mismo nombre.
- **Widening:** proceso en el cual se amplía la imagen estéreo de una mezcla, similar al proceso de un espacializador o el parámetro *spread*.
- **Woodwind:** familia de instrumentos musicales de viento madera.



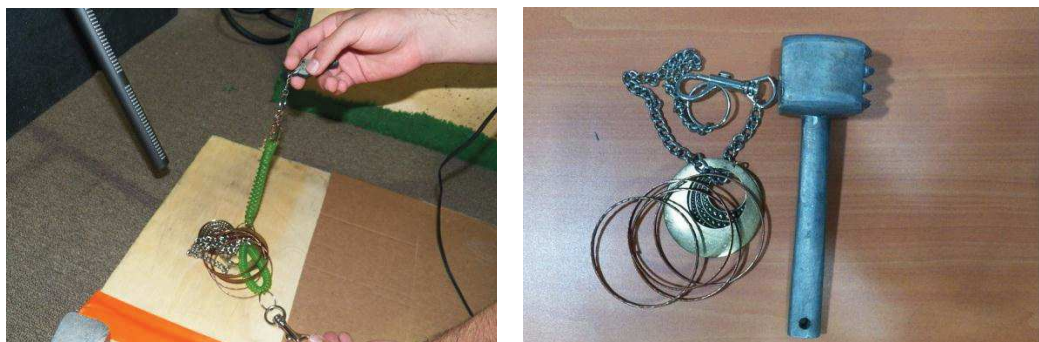
## Anexo 2. Grabación de efectos sonoros



*Figura 45.* Grabación del efecto sonoro de sangre en el CR1 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, en UDLA, Quito.



*Figura 46.* Grabación del efecto sonoro de golpe de maso metálico en el CR1 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, en UDLA, Quito.



*Figura 47.* Grabación del efecto sonoro de golpe de maso y cadenas en el CR2 de la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica, en UDLA, Quito.

### Anexo 3. Partitura tema musical "They are coming for you"

**They Are Coming For You**

Maricruz Pacheco S.

□□□□□

The musical score is arranged in two systems. The first system includes staves for Piccolo, Violin, Viola, Cello, Contrabass, Drum Set, and Cymbals. The second system includes staves for Picc., Vln., Vla., Vc., Cb., D. S., and Cym. The score is in 3/4 time with a key signature of one sharp (F#). The first system shows a *pp* dynamic marking. The second system shows a *f* dynamic marking and includes a *pizz* marking for the Cello part. A copyright symbol (©) is located at the bottom center of the page.

2

They Are Coming For You

Musical score for the first system of 'They Are Coming For You'. The score is written for Piccolo (Picc.), Violin (Vln.), Viola (Vla.), Violoncello (Vc.), Contrabasso (Cb.), Double Bass (D. S.), and Cymbal (Cym.). The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 2/4. The Picc. and Vln. parts feature melodic lines with slurs and accents. The Vla. part has a rhythmic accompaniment of eighth notes. The Vc. part has a bass line with slurs. The Cb. part has a simple bass line. The D. S. and Cym. parts are mostly rests.

Musical score for the second system of 'They Are Coming For You'. The score is written for Piccolo (Picc.), Violin (Vln.), Viola (Vla.), Violoncello (Vc.), Contrabasso (Cb.), Double Bass (D. S.), and Cymbal (Cym.). The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 2/4. The Picc. and Vln. parts continue their melodic lines with slurs and accents. The Vla. part has rests. The Vc. part has a bass line with slurs. The Cb. part has a simple bass line. The D. S. and Cym. parts are mostly rests.

They Are Coming For You

3

The musical score is arranged in seven staves. The Picc. and Vln. staves begin at measure 15. The Vln. staff features a complex, rhythmic pattern of sixteenth notes. The Vc. staff has a melodic line with long slurs. The Cb. staff provides a steady bass line. The D. S. staff has a rhythmic pattern of eighth notes. The Cym. staff has a melodic line with long slurs. The score concludes with a double bar line and repeat dots.

#### Anexo 4. Códigos utilizados en Unity para la programación de música y efectos sonoros.

**Código:** "ControlSonidoEnemigos.cs"

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class ControlSonidoEnemigos : MonoBehaviour {
    public Transform parentEnemigos;
    public GameObject contieneSonidos;
    public AudioSource cancionPersecucion;
    public float maxVolumen = 0.7f;
    public int probabilidadSonar = 50;
    private Transform[] enemigos;

    int nEnemies;
    // Use this for initialization
    void Start () {
        nEnemies = parentEnemigos.childCount;
        enemigos = new Transform[nEnemies];
        for (int i=0; i<nEnemies; i++)
        {
            enemigos[i] = parentEnemigos.GetChild(i);
        }
    }

    // Update is called once per frame
    float timer=0;
    float timeCap = 2.5f;
    bool controlVol=true;
    void Update () {
        if (MinDistance() < 20)
        {
            if (!cancionPersecucion.isPlaying)
            {
                cancionPersecucion.Play();
            }
            else
            {
                if(controlVol)
                {
                    controlVol = ControlVolumen(true);
                }
            }
        }
    }
} else
```

```

{
    controlVol = true;
    if(cancionPersecucion.isPlaying)
    {
        if(!ControlVolumen(false))
        {
            cancionPersecucion.Stop();
        }
    }
}
}

```

```

private bool ControlVolumen(bool flag)
{
    timer += Time.deltaTime;
    if (timer < timeCap)
    {
        if(flag)
        {
            cancionPersecucion.volume = (timer/timeCap);
        }
        else
        {
            cancionPersecucion.volume = 1-(timer/timeCap);
        }
        cancionPersecucion.volume*=maxVolumen;
        return true;
    } else
    {
        if(flag)
        {
            cancionPersecucion.volume = 1;
        }
        else
        {
            cancionPersecucion.volume = 0;
        }
        timer = 0;
        cancionPersecucion.volume*=maxVolumen;
        return false;
    }
}
}

```

```

private float MinDistance()
{
    float min = float.MaxValue;
    for (int i=0; i<nEnemies; i++)
    {

```

```

        if(enemigos[i].gameObject.activeSelf)
        {
            float d =
            Vector3.Distance(this.transform.position,enemigos[i].position);
            if(d<min)
            {
                min = d;
            }
        }
    }
    return min;
}
}

```

**Código:** "EnemigoSimple.cs"

```

using UnityEngine;
using System.Collections;

public class EnemigoSimple : MonoBehaviour {

    public NavMeshAgent Agente;
    public Transform Target;
    public string DeadAnimation;
    public Transform prefab;
    AudioSource [] audios;
    SpawnPool pool;

    void Start () {
        pool = PoolManager.Pools["pool"];
        audios = this.GetComponents<AudioSource> ();
        audios [0].Play();
    }

    public void Iniciar (){

        StartCoroutine("Perseguir");
    }

    IEnumerator Perseguir (){

        int Aux = 0;
        while(Aux == 0){

```

```

        Agente.SetDestination(Target.position);
        yield return new WaitForSeconds(0.5f);
    }
}

void Damage (float DamageValue){
    if(Agente.enabled == true){
        Agente.Stop();
        Agente.enabled = false;
        animation.Play(DeadAnimation);
    audios[0].Stop();
        audios[1].Play();
        rigidbody.useGravity = true;
        StopCoroutine("Perseguir");
        StartCoroutine("WaitDead");
    }
}

IEnumerator WaitDead (){
    pool.Spawn(prefab, transform.position, Quaternion.identity);
    collider.enabled = false;
    yield return new WaitForSeconds(animation.GetClip(DeadAnimation).length);
    gameObject.SetActive(false);
}
}

```



## **Anexo 5. Cuestionario grupal para evaluación técnica**

### **Inducción (10 min)**

- Banda Sonora: definición y planos sonoros principales.
- Percepción del sonido y audición: propiedades del sonido asociadas a variables de percepción psicoacústicas.
- Sonido 3D: Funciones HTRF y diferencia entre sistemas de sonido 3D y sistemas de sonido envolvente.
- Concepto básico de Unity y motores de audio.

**Hipótesis generada** (variables: comprobación del funcionamiento de sonido 3D y manipulación de parámetros de percepción del sonido):

La implementación de procesamiento 3D para la generación de la banda sonora de un videojuego puede potenciar la experiencia del jugador, a través de la utilización y variación de parámetros que incidan directamente sobre la percepción humana del sonido (espacialidad, direccionalidad, timbre y sonoridad o distancia).

**Preguntas:** tomando en cuenta la temática del juego responder:

### **(5 a 7 min de Interacción y respuestas)**

1. ¿A qué tipo de público cree usted que está dirigido este juego?  
(resp: esperada niños 9 a 16 años máximo)
  - Público de 9 años en adelante (promedio)
2. Cuando el juego inicia, una secuencia del plano ambiental es reproducida, ¿pudo identificar el plano sonoro ambiental del juego?, si así fue, ¿puede decir que dicho plano crea la sensación de encontrarse en un espacio como el que visualmente se tiene al utilizar el juego?
  - Sí, el tipo de plano ambiental y la reverberación es apropiada para el tipo de lugar que se observa en el juego y corresponde visualmente al mismo.

3. En cuanto al plano ambiental, ¿se puede decir que apoya a la creación de un espacio sonoro tridimensional? Si no, ¿en qué cree que debería mejorar, cree que sería efectivo aplicar más procesos como filtraje, paneo, mezcla?
  - No. Claramente la mezcla no se percibe como 3D, dicho efecto podría lograrse con la grabación de un *dummy head* o simulación de señales.
  - Pudo sentirse como un plano tridimensional pero muy cerrado, es decir, no con la dimensión de espacio necesaria.
  - No se pudo sentir características de profundidad de espacio ni de reverberación en eje vertical (por encima de la cabeza).
  
4. ¿Se pudo identificar a cada uno de los enemigos como fuentes individuales en el espacio y con su respectivo sonido característico (timbre)?
  - Se pudo identificar diferentes timbres de monstruos pero no se pudo diferenciar cuáles eran los correspondientes a cada uno, al momento en que habían varios enemigos atacando al mismo tiempo.
  - Puede ser que por causa de mezcla, no se haya podido diferenciar correctamente pues existen muchos elementos presentes simultáneamente.
  
5. Cada una de las fuentes sonoras de enemigos está configurada como fuentes monofónicas para que su posición pueda ser identificada por el jugador, ¿pudo usted identificar ubicación y movimiento de cada una de estas fuentes? Si no, ¿por qué cree que esto no ocurrió de esa manera?
  - En algunos casos sí, en otros no. Cuando existían muchos enemigos detrás del personaje principal no se podía distinguir bien la ubicación de cada fuente.
  
6. Unity puede manejar fundidos de nivel dentro del radio de emisión sonora establecido para cada fuente existente en el espacio de juego y así determinar la distancia a la que están ubicadas las fuentes del oyente, ¿pudo identificar esta característica dentro del juego? Si no, ¿a qué parámetro de sonido podría usted asociar esta configuración? ¿Por qué?

- De nuevo, en ciertas ocasiones sí, y en ciertas ocasiones no, en especial cuando habían muchos enemigos juntos era especialmente difícil.

7. El plano musical fue pensado y compuesto para acompañar a la situación de ataque de los enemigos, ¿qué tipo de ambiente cree usted que la música crea en este momento? ¿cree que la música aporta a la situación por la que el personaje está pasando?

- Sí, está bien y adecuada para la situación, ayuda a crear un ambiente de tensión.
- Falta contenido en bajas frecuencias para que el color sea más pesado.
- Debería haber un aumento de tempo en los momentos en donde se da ataque de enemigos.

8. El personaje principal cuenta con diálogos, sonidos y reacciones propios, ¿cómo puede decir que ayuda en cuanto a *gameplay* esta característica?

- Falta actuación en el diálogo.
- No se escucharon latidos y/o respiraciones.
- La sensación del personaje no es de primera persona.

Razón de la pregunta: (cree que dichos diálogos ayudan al jugador a sentirse identificado con el personaje principal e identificar situaciones de tensión)

9. Finalmente, ¿qué cree que falta en cuanto a banda sonora?, ¿qué parámetros pueden ser mejorados o pueden no tener una explotación adecuada para una mejor experiencia de juego?

- Se podría realizar una grabación con *dummy head* para lograr una sonoridad 3D.
- El sonido de los pasos es muy repetitivo, debería tener diferentes variaciones de timbre, de intensidad y velocidad para que suene real.
- Mejorar ecualización para el sonido de antorchas.
- Contemplar la posibilidad de regrabar algunos efectos sonoros.

## Anexo 6. Encuesta realizada a los usuarios del videojuego.

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: Femenino Masculino

Seleccionar gente con gusto por los videojuegos.

**Lee detenidamente cada pregunta y responde de acuerdo a lo que se pide, algunas preguntas presentan varias opciones de respuestas, selecciona una de ellas. Si no entiendes algo, puedes preguntar y con gusto te ayudaré.**

**Deberás probar dos muestras del juego que vas a evaluar al momento en que te sea indicado probarlas.**

**Muchas gracias, ¡puedes empezar!**

1. ¿Posees equipos electrónicos en tu casa? ¿De qué tipo? (puedes seleccionar varias)

Computadora       Tablet       Smartphone       Consola de juegos

Otro: \_\_\_\_\_

Probar la primera muestra del juego “*ZombieShooter* Música 32 bit”.

2. ¿Qué tan entretenido estuvo el videojuego presentado?

1. Nada      2. Regular      3. Entretenido      4. Muy divertido

Escuchar las dos muestras de audio contenidas en la carpeta “Pregunta 3”.

3. En cuanto a los dos ejemplos de voces que se presentó en el juego, ¿con cuál de los dos personajes te sentiste más cómodo/a? ¿Con cuál de ellos preferirías jugar?

a) Personaje A      b) Personaje B

¿Por qué?

---

---

4. ¿Pudiste notar elementos sonoros del personaje principal como las siguientes? (puedes seleccionar varias)

a) Sí      b) No

Latidos de Corazón

Respiraciones

Pasos

Disparos de arma

¿Experimentaste alguna sensación al escuchar estos elementos? ¿Cuál?

---

5. ¿Pudiste identificar efectos de sonido similares a un eco, que dan la sensación de encontrarse en un lugar como el que se puede ver cuando inicia al juego?

a) Sí      b) No

6. ¿Puedes decir que dichos efectos te dan una sensación de estar en un lugar amplio y cubierto mientras el personaje recorre el calabozo?

a) Sí      b) No

Probar la muestra del juego “*ZombieShooter* NO Música 32 bit”

7. Al probar ambas muestras del juego, ¿Pudiste notar un cambio en cuanto a la música en la segunda muestra?, si no ¿Cómo afectó este cambio a tu modo de juego?

---

---

¿Prefieres música presente en el juego, o prefieres jugar sin música?, ¿por qué?

---

---

8. ¿Pudiste identificar a cada enemigo con un sonido individual y característico?

a) Sí      b) No

¿Crees que los sonidos de los enemigos corresponden a la naturaleza de cada uno?

- a) Sí      b) No

9. ¿Identificaste efectos sonoros de daño a los enemigos?

- a) Sí      b) No

¿Cuáles?

---

10. ¿Tuviste sensación de movimiento de los enemigos alrededor de tí?

- a) Sí      b) No

11. ¿Cuáles de las siguientes características pudiste notar en cuanto al movimiento y ubicación de los enemigos? (Puedes seleccionar varias)

- profundidad (qué tan lejos se encuentran los enemigos de ti)
- localización (lugar en el que se encuentra el enemigo con respecto a tu posición, ej: en frente, detrás, a tu izquierda, a tu derecha, diagonal, arriba, etc.)
- sonoridad (qué tan fuerte o bajo percibes el volumen de cada enemigo)

¿Qué tan importantes te resultan estas 3 características?, ¿afectaría que cada una de ellas fuera quitada del juego?

---

---

12. Finalmente, ¿qué quisieras mejorar o agregar al sonido del juego para que éste sea más de tu agrado?

---

---

**Muchas gracias por tu tiempo y ayuda, ¡Que tengas un lindo día!**