

## RAE

1. **Tipo de documento:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO.
2. **Título:** Análisis psicoacústico de la respuesta del estado de relajación del ser humano a rangos de frecuencia.
3. **Autores:** Camilo Díaz Muelle y Daniela Sánchez Aguilar.
4. **Lugar:** Bogotá D.C
5. **Fecha:** Septiembre 2016.
6. **Palabras clave:** Psicoacústica, rangos de frecuencia, nivel de ruido, frecuencias bajas, frecuencias medias, frecuencias altas, espectro de frecuencias, espectrograma, mediciones, Psicometría, psicología experimental, Psicofisiología, prueba de actitud PANAS, electrocardiograma (ECG), respuesta galvánica de la piel (GSR), ritmo cardiaco (HR), variabilidad del ritmo cardiaco (HRV), relajacion.
7. **Descripción del trabajo:** El objetivo principal de este proyecto es la realización de un estudio experimental del comportamiento psico-acústico a partir de la medición de la respuesta fisiológica y emocional ante la exposición a sonidos de la naturaleza divididos en rangos de frecuencia, de esta manera obtener resultados para conocer cual de los rangos de frecuencia (bajas, medias y altas) genera mayor estado de relajación en las personas, aplicado a una muestra de estudiantes de pregrado de La Universidad de San Buenaventura.
8. **Líneas de investigación:** Acústica y Psicoacústica.
9. **Metodología:** Enfoque científico experimental basado en la medición y análisis de parámetros psicofisiológicos y psicométricos.
10. **Conclusiones:** Se observó que todo el espectro de frecuencias genera mayor relajación en los sujetos que la división de rangos de frecuencia ( $p=0.01$ ). Las frecuencias medias generaron mayores niveles de relajación que los otros dos rangos de frecuencia ( $p=0.03$ ). Las frecuencias bajas generan mayor nivel de estrés en las personas. Este estudio tiene una confiabilidad alta lo que permite la veracidad del mismo (confiabilidad 99,8%).

**ANÁLISIS PSICOACÚSTICO DE LA RESPUESTA DEL ESTADO DE  
RELAJACIÓN DEL SER HUMANO A RANGOS DE FRECUENCIA**

**Daniela Sánchez Aguilar  
Camilo Díaz Muelle**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA DE SONIDO  
BOGOTÁ D.C.  
2016**

**ANÁLISIS PSICOACÚSTICO DE LA RESPUESTA DEL ESTADO DE  
RELAJACIÓN DEL SER HUMANO A RANGOS DE FRECUENCIA**

**Daniela Sánchez Aguilar  
Camilo Díaz Muelle**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA DE SONIDO  
BOGOTÁ D.C.  
2016**

## Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
3.1	ANTECEDENTES.....	15
3.2	DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	37
3.3	JUSTIFICACIÓN.....	38
3.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.5	ALCANCES .....	40
3.6	LIMITACIONES .....	41
<b>4</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>42</b>
4.1	Marco Conceptual .....	42
4.1.1	Estimulación sonora .....	42
4.1.2	Rango de frecuencias.....	42
4.1.3	Sonidos de la naturaleza .....	42
4.1.4	Estrés.....	43
4.1.5	Estado de relajación.....	43
4.1.6	Sistema parasimpático.....	43
4.1.7	Actividad galvánica de la piel (GSR) .....	44
4.1.8	Actividad cardiovascular .....	44
4.1.9	Frecuencia respiratoria (RSA o SINUS) .....	45
4.1.10	Frecuencia cardíaca (HR).....	45
4.1.11	Variabilidad del ritmo cardíaco (HRV).....	46
4.1.12	Método científico experimental.....	46
4.1.13	Desarrollo de la prueba psicológica.....	47
4.1.14	Mediciones Fisiológicas .....	47



4.1.15	Mediciones Psicométricas.....	48
<b>4.2</b>	<b>Marco Normativo .....</b>	<b>48</b>
4.2.1	Lineamientos para el Ruido Comunitario, recomendación de la Organización Mundial de la Salud:.....	48
4.2.2	Nivel de sonoridad de acuerdo a la norma ISO 226-2003: .....	48
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
5.1	Enfoque De Investigación.....	50
5.2	Línea de investigación.....	51
5.3	Técnicas de recolección de información.....	51
5.4	Población y muestra .....	52
5.5	Hipótesis .....	52
5.6	Variables .....	53
<b>6</b>	<b>DESARROLLO INGENIERIL.....</b>	<b>53</b>
6.1	Validez Interna del experimento.....	55
6.2	Producción del recurso audiovisual y su correspondiente caracterización ...	56
6.3	Mediciones normativas de equipos y recursos físicos usados en el proyecto	66
6.3.1	Mediciones de ruido de fondo .....	67
6.3.1.1	Protocolo de medición de ruido de fondo.....	67
6.3.1.2	Resultados de la medición de ruido de fondo .....	70
6.3.2	Mediciones de nivel máximo de exposición al ruido con audífonos .....	72
6.3.2.1	Protocolo de medición de nivel de presión sonora emitida por los audífonos a partir de su sensibilidad.....	73
6.3.2.2	Procedimiento para la medición de sensibilidad de los audífonos.....	74
6.3.2.3	Resultados de medición de nivel de presión sonora por medio de la sensibilidad del sistema de reproducción.....	75
6.3.3	Medición de parámetros fisiológicos.....	76
6.3.3.1	Protocolos mediciones parámetros psicofisiológicos.....	77
6.3.3.2	Protocolo de medición de electrocardiograma ECG.....	78
6.3.3.3	Protocolo de medición de la respuesta galvánica de la piel -GSR.....	80
6.3.3.4	Procedimiento frecuencia respiratoria .....	81
6.3.4	Método estadístico.....	82
6.4	Evaluación de los resultados en la medición de parámetros fisiológicos .....	83

6.4.1	Frecuencias Bajas – Grupo 1 .....	84
6.4.2	Frecuencias Medias – Grupo 2.....	88
6.4.3	Frecuencias Altas – Grupo 3 .....	92
6.4.4	Todo el espectro – Grupo 4.....	95
6.4.5	Resultados análisis estadístico.....	100
6.4.5.1	Variable sociodemográficas .....	101
6.4.5.2	RMSSD .....	102
6.4.5.3	SDNN .....	103
6.4.5.4	HR .....	105
6.4.5.5	GSR.....	106
6.4.5.6	RSA.....	107
6.4.6	Análisis cuestionario – Datos Subjetivos .....	108
<b>6.5</b>	<b>Análisis de resultados y discusión .....</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>115</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>
10.1	ANEXOS 1 .....	118
10.2	ANEXOS 2 .....	119
10.3	ANEXO 3 .....	121
10.4	ANEXO 4 .....	124
10.5	ANEXO 5 .....	156

## Índice de tablas

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE GRUPO, RANGO DE FRECUENCIAS, NÚMERO DE PERSONAS, CANTIDAD DE HOMBRES Y MUJERES DEL EXPERIMENTO. ....	55
TABLA 2. NIVELES DE MEDICIÓN DE RUIDO DE FONDO POR TERCIO DE OCTAVA.....	71
TABLA 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO INCLUYENDO GÉNERO .....	101
TABLA 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO RMSSD GRUPO POR TIEMPO.....	102
TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO SDNN GRUPO POR TIEMPO .....	103
TABLA 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO HR GRUPO POR TIEMPO.....	105
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO GSR GRUPO POR TIEMPO .....	106
TABLA 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO GSR GRUPO POR TIEMPO .....	107
TABLA 9. RESPUESTA SUBJETIVA DE LAS PERSONAS A PREGUNTAS EN FORMATO PANAS.....	109
TABLA 10 ANALISIS DEMOGRAFICO.....	124
TABLA 11 DIFERENCIAS ENTRE ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.....	124
TABLA 12 ANALISIS DE SEXO GRUPO 1.....	124
TABLA 13 DIFERENCIAS ANÁLISIS DE SEXO GRUPO 1.....	125
TABLA 14ANALISIS SEXO GRUPO 2.....	125
TABLA 15 DIFERENICA ANÁLISIS SEXO GRUPO 2.....	125
TABLA 16 ANALISIS SEXO GRUPO 3.....	126
TABLA 17 DIFERENCIA ANALSIIS SEXO GRUPO 3.....	126
TABLA 18 ANALISIS SEXO GRUPO 4.....	127
TABLA 19 DIFERENCIA ANÁLISIS SEXO GRUPO 4.....	127
TABLA 20 ANALISIS ESTADÍSTICO SEXO* ORDEN.....	127
TABLA 21 EQUOVALENCIA ENTRE GRUPOS SEXO*ORDEN.....	128
TABLA 22 VALIDES SEXO*ORDEN.....	128
TABLA 23 VALORES RMSSD ORDEN.....	128
TABLA 24 ANALISIS RMSSD TIEMPO Y TIEMPO*ORDEN.....	129
TABLA 25 ANALISIS ERROR EN TABLA TIEMPO.....	130
TABLA 26 ANALISIS ERRO TIEMPO*ORDEN.....	130
TABLA 27 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD ORDEN.....	131
TABLA 28 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD PROMEDIO ERROR ORDEN.....	131
TABLA 29 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD TIEMPO.....	131
TABLA 30 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD TIEMPO.....	132

TABLA 31 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSORDEN.....	132
TABLA 32 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD TIEMPO.....	133
TABLA 33 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSD PROMEDIO ERROR TIEMPO.....	134
TABLA 34 ANALISIS ESTADÍSTICO RMSSDRODEN.....	134
TABLA 35 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	135
TABLA 36 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN TIEMPO*ORDEN.....	136
TABLA 37 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN PROMEDIO TIEMPO.....	136
TABLA 38 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ERROR TIEMPO.....	136
TABLA 39 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	137
TABLA 40 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNNVARIABLE DEPENDIENTE.....	137
TABLA 41 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN PROMEDIO POR GRUPO.....	138
TABLA 42 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	138
TABLA 43 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN TIEMPO PROMEDIO POR ETAPAS.....	139
TABLA 44 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN TIEMPO POR GRUPOS.....	139
TABLA 45 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	139
TABLA 46 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN TIEMPO POR GRUPOS.....	140
TABLA 47 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	141
TABLA 48 ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN POR ETAPAS DEL EXPERIMENTO.....	142
TABLA 49. ANALISIS ESTADÍSTICO SDNN ORDEN.....	142
TABLA 50 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ORDEN.....	143
TABLA 51 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ERROR TIEMPO.....	143
TABLA 52 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ERROR ORDEN.....	144
TABLA 53 ANALISIS ESTADÍSTICO HR TIEMPO.....	144
TABLA 54 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ORDEN.....	145
TABLA 55 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ERROR ORDEN.....	145
TABLA 56 ANALISIS ESTADÍSTICO HR TIEMPO.....	146
TABLA 57 ANALISIS ESTADÍSTICO HR TIEMPO.....	146
TABLA 58 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ORDEN FASES DEL EXPERIMENTO.....	146
TABLA 59 ANALISIS ESTADÍSTICO HR TIEMPO POR GRUPOS.....	147
TABLA 60 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ERROR TIEMPO POR GUPOS.....	148
TABLA 61 ANALISIS ESTADÍSTICO HR ERROR ORDEN POR GRUPOS.....	148
TABLA 62 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR PROMEDIO.....	149
TABLA 63 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR TIEMPO.....	149
TABLA 64 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR ERROR TIEMPO.....	150
TABLA 65 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR ORDEN.....	150

TABLA 66 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR PROMEDIO ORDEN.....	151
TABLA 67 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR ORDEN PRO GRUPOS.....	151
TABLA 68 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR PROMEDIO TIEMPO.....	152
TABLA 69 ANALISIS ESTADÍSTICO GSR ORDEN POR FASES DEL EXPERIMENTO.....	152
TABLA 70 ANALISIS ESTADÍSTICO RSA TIEMPO.....	153
TABLA 71 ANALISIS ESTADÍSTICO RSA TIEMPO.....	154
TABLA 72 ANALISIS ESTADÍSTICO RSA ORDEN FASES EXPERIMENTO.....	154
TABLA 73. DATOS DE LOS SUJETOS EN CADA UNA DE LAS MEDICIONES.....	156

## Índice de Figuras

FIGURA 1. IMAGEN TOMADA DE MIXING AUDIO CONCEPTS, PRACTICE AND TOLOS LA DIVISIÓN EN CUATRO BANDAS DE FRECUENCIAS .....	37
FIGURA 2. CURVAS ISOFÓNICAS EXTRAÍDAS DE LA NORMA ISO 226-2003.....	49
FIGURA 3. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DESARROLLO INGENIERIL .....	54
FIGURA 4. CAPTURA DE PANTALLA DE LA EDICIÓN DE VIDEO EN EL SOFTWARE ADOBE PREMIER PRO CC .....	57
FIGURA 5. CAPTURA DE PANTALLA DE LOS 4 AUDIOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO EDITADOS EN PROTOOLS 10 HD.....	58
FIGURA 6. CAPTURA DE PANTALLA DE LA CONFIGURACIÓN DEL ECUALIZADOR ENCARGADO DE FILTRAR EN FRECUENCIAS ALTAS.....	59
FIGURA 7. CAPTURA DE PANTALLA DE LA CONFIGURACIÓN DEL ECUALIZADOR ENCARGADO DE FILTRAR EN FRECUENCIAS MEDIAS .....	59
FIGURA 8. CAPTURA DE PANTALLA DE LA CONFIGURACIÓN DEL ECUALIZADOR ENCARGADO DE FILTRAR EN FRECUENCIAS BAJAS .....	60
FIGURA 9. IMAGEN DE LOS RESULTADOS DE CORTISOL PRESENTADOS EN EL ARTÍCULO INDUCING PHYSIOLOGICAL STRESS RECOVERY WITH SOUNDS OF NATURE IN A VIRTUAL REALITY FOREST — RESULTS FROM A PILOT STUDY .....	26
FIGURA 10. IMAGEN DE LOS RESULTADOS DE HR PRESENTADOS EN EL ARTÍCULO INDUCING PHYSIOLOGICAL STRESS RECOVERY WITH SOUNDS OF NATURE IN A VIRTUAL REALITY FOREST — RESULTS FROM A PILOT STUDY.....	27
FIGURA 11. IMAGEN DE LOS RESULTADOS DE TWA PRESENTADOS EN EL ARTÍCULO INDUCING PHYSIOLOGICAL STRESS RECOVERY WITH SOUNDS OF NATURE IN A VIRTUAL REALITY FOREST — RESULTS FROM A PILOT STUDY.....	28
FIGURA 12. IMAGEN DE LOS RESULTADOS DE TWA PRESENTADOS EN EL ARTÍCULO INDUCING PHYSIOLOGICAL STRESS RECOVERY WITH SOUNDS OF NATURE IN A VIRTUAL REALITY FOREST — RESULTS FROM A PILOT STUDY.....	29
FIGURA 13 RESPUESTA GSR DE LOS 4 GRUPOS EN EL ARTÍCULO STRESS RECOVERY DURING EXPOSURE TO NATURE SOUND AND ENVIRONMENTAL NOISE .....	30
FIGURA 14 DATOS ESTADÍSTICOS ASSOCIATIONS WITH BIRD SOUNDS: HOW DO THEY RELATE TO PERCEIVED RESTORATIVE POTENTIAL?.....	32
FIGURA 15 RESULTADOS RITMO CARDÍACO EFFECT OF NATURE-BASED SOUNDS’ INTERVENTION ON AGITATION, ANXIETY, AND STRESS IN PATIENTS UNDER MECHANICAL VENTILATOR SUPPORT: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL .....	34

FIGURA 16 RESULTADOS FRECUENCIA RESPIRATORIAO EFFECT OF NATURE-BASED SOUNDS’ INTERVENTION ON AGITATION, ANXIETY, AND STRESS IN PATIENTS UNDER MECHANICAL VENTILATOR SUPPORT: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL .....	35
FIGURA 17. CAPTURA DE PANTALLA ESPECTROGRAMA SONIC VISUALISER DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS BAJAS .....	61
FIGURA 18. CAPTURA DE PANTALLA ESPECTROGRAMA SONIC VISUALISER DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS MEDIAS .....	62
FIGURA 19. CAPTURA DE PANTALLA ESPECTROGRAMA SONIC VISUALISER DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS ALTAS.....	63
FIGURA 20. CAPTURA DE PANTALLA ESPECTROGRAMA SONIC VISUALISER DEL AUDIO SIN FILTRADO .....	63
FIGURA 21. CAPTURA DE PANTALLA PAZ-ANALYZER STEREO DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS BAJAS	64
FIGURA 22. CAPTURA DE PANTALLA PAZ-ANALYZER STEREO DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS MEDIAS .....	64
FIGURA 23. CAPTURA DE PANTALLA PAZ-ANALYZER STEREO DEL AUDIO FILTRADO EN FRECUENCIAS ALTAS	65
FIGURA 24. CAPTURA DE PANTALLA PAZ-ANALYZER STEREO DEL AUDIO SIN FILTRADO.....	66
FIGURA 25. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE RUIDO DE FONDO DE LA SALA .....	68
FIGURA 26. VISTA SUPERIOR DE LA SALA DONDE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO.....	69
FIGURA 27. VISTA FRONTAL DE LA SALA DONDE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO.....	69
FIGURA 28. VISTA ISOMÉTRICA DE LA SALA DONDE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO.....	70
FIGURA 29. NIVEL DE SPL POR BANDA DE TERCIO DE OCTAVA- SVAN .....	71
FIGURA 30. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA EMITIDA POR LOS AUDÍFONOS.....	74
FIGURA 31. FOTOGRAFÍA MEDICIÓN DE SENSIBILIDAD – OSCILOSCOPIO.....	75
FIGURA 32. DIAGRAMA GENERAL DE LA CONEXIÓN UTILIZADA EN EL EXPERIMENTO. ....	77
FIGURA 33. FOTOGRAFÍA DE LA UBICACIÓN DEL SUJETO EN LA SALA DE MEDICIÓN JUNTO CON TODO EL CONEXIONADO CORRESPONDIENTE .....	78
FIGURA 34. FOTOGRAFÍA DE DONDE SE DEBE LIMPIAR Y CONECTAR EL GSR (MUÑECA IZQUIERDA Y TOBILLOS INTERNOS) .....	79
FIGURA 35. FOTOGRAFÍA DE DONDE SE DEBE LIMPIAR Y CONECTAR EL GSR (MUÑECA IZQUIERDA Y TOBILLOS INTERNOS) .....	79
FIGURA 36. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EN EL SUJETO .....	80
FIGURA 37. UBICACIÓN DE LOS MEDIDORES DE GSR EN LOS DEDOS ÍNDICE Y ANULAR DE LA MANO IZQUIERDA. ....	81
FIGURA 38. UBICACIÓN DE LA BANDA MEDIDORA DE FRECUENCIA RESPIRATORIA.....	82
FIGURA 39. LÍNEA DE TIEMPO DEL EXPERIMENTO REALIZADO .....	84

FIGURA 40. NIVEL RMSSD – FRECUENCIAS BAJAS.....	85
FIGURA 41. NIVEL SDNN – FRECUENCIAS BAJAS.....	85
FIGURA 42. NIVEL HR – FRECUENCIAS BAJAS.....	86
FIGURA 43. NIVEL GSR – FRECUENCIAS BAJAS.....	87
FIGURA 44. NIVEL RESPUESTA RESPIRATORIA – FRECUENCIAS BAJAS.....	87
FIGURA 45. NIVEL RMSSD – FRECUENCIAS MEDIAS.....	89
FIGURA 46. NIVEL SDNN – FRECUENCIAS MEDIAS.....	89
FIGURA 47. NIVEL HR – FRECUENCIAS MEDIAS.....	90
FIGURA 48. NIVEL GSR – FRECUENCIAS MEDIAS.....	91
FIGURA 49. NIVEL SINUS – FRECUENCIAS MEDIAS.....	91
FIGURA 50. NIVEL RMSSD – FRECUENCIAS ALTAS.....	92
FIGURA 51. NIVEL SDNN – FRECUENCIAS ALTAS.....	93
FIGURA 52. NIVEL HR – FRECUENCIAS ALTAS.....	94
FIGURA 53. NIVEL GSR – FRECUENCIAS ALTAS.....	94
FIGURA 54. NIVEL SINUS – FRECUENCIAS ALTAS.....	95
FIGURA 55. NIVEL RMSSD – TODO EL ESPECTRO.....	96
FIGURA 56. NIVEL SDNN – TODO EL ESPECTRO.....	97
FIGURA 57. NIVEL HR – TODO EL ESPECTRO.....	97
FIGURA 58. NIVEL GSR – TODO EL ESPECTRO.....	98
FIGURA 59. NIVEL SINUS – TODO EL ESPECTRO.....	99
FIGURA 60. DATASHEET AUDIFONOS.....	119
FIGURA 61. DATASHEET AUDIFONOS.....	120
FIGURA 62. VISTA SUPERIOR DE LA SALA.....	121
FIGURA 63. VISTA LATERAL DE LA SALA.....	122
FIGURA 64. VISTA LATERAL DERECHA DE LA SALA.....	123
FIGURA 65. VISTA FRONTAL DE LA SALA.....	123



## 1 RESUMEN

El proyecto de investigación comienza mediante la realización del programa del experimento el cual se encarga de obtener el consentimiento de los sujetos, la fase estresora y el video con los audios a estudiar. Dicho proceso se explicará a fondo a lo largo del proyecto de grado. El software utilizado para esa primera parte del proyecto fue IPrime, un software especializado en investigaciones donde se mide la respuesta del cuerpo a diferentes estímulos, posteriormente se realiza la prueba psicoacústica a una muestra de 60 estudiantes, divididos en grupos de 15 personas, en cada grupo se presenta el mismo paisaje sonoro, el cuarto grupo fue utilizado como grupo de control, por tanto escuchaban el audio con todo el rango de frecuencias, al primer grupo se le presentó el audio filtrado en frecuencias bajas y a los dos grupos restantes filtrado en frecuencias medias y altas respectivamente. Para el análisis de los datos se realizó un programa en el software Matlab, el cual recibe los datos adquiridos con iPrime y realiza el procesamiento de señal respectivo para así obtener los resultados finales de la respuesta galvánica, la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca y la variabilidad cardíaca identificando los resultados obtenidos a los 60 individuos, ha dicho proceso se le realiza un análisis estadístico ANOVA el cual garantiza que no existan variables externas significativas que alteren los resultados y así poder llegar a concluir el rango de frecuencias que genera mayor relajación en el ser humano en un estímulo sonoro con sonidos provenientes de la naturaleza.

## 2 INTRODUCCIÓN

Es la percepción del sonido en el ser humano la base de la que parten todas las ramas de la ingeniería de sonido, razón por la cual existe la línea de investigación de la psicoacústica donde se estudia el sonido de forma sensorial y perceptiva, es decir la respuesta psicológica asociada al fenómeno sonoro.

A través de los años el sonido ha mostrado generar emociones en el ser humano (Gustems, 2014), dando espacio a los estudios interdisciplinarios entre la psicología y la ingeniería de sonido, en donde se dedican estudios a la percepción a estímulos auditivos y su influencia en el estado de ánimo del ser humano, como ejemplo de ello existen artículos científicos como: análisis psicoacústico a partir de estímulos auditivos generados por medio de pulsos binaurales en relación al rango de frecuencia en una composición sonora (Velasco Vivas & Reyes Rivera, 2014), Inducing physiological stress recovery with sound of nature in a virtual reality forest (Annerstedt, y otros, 2013), An introduction to music therapy: helping the concolog patient in the ICU (Rohaly & Johnston, 1997) y libros que confirman el hecho de que a través del sonido es posible generar estados de animo como: música y sonido en los audiovisuales (Gustems, 2014), música para todos (Wills & Peter, 1996), acústica medioambiental (Barti Domingo, 2010), entre muchos otros.

El siguiente trabajo de grado es de tipo experimental y esta enfocado específicamente a la relajación y en determinar cual de los tres rangos en que se divide el sonido (Beranek, 1969) en sonidos de la naturaleza, puede generar mayor estado de relajación en el ser humano. Tiene como finalidad brindar un proyecto de investigación consistente, el cual pueda dar respuestas a la incidencia del sonido en el ser humano y asi mismo contribuir a futuro al ámbito medico que busque generar relajación por medio de técnicas alternativas.

El siguiente proyecto de grado consiste en un análisis psicoacústico de la respuesta emocional y fisiológica a una muestra de estudiantes de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá. Donde por medio de la medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, respuesta galvánica de la piel y repuesta respiratoria se determinó el

rango de frecuencias en un paisaje sonoro de sonidos de la naturaleza que logra mayor grado de relajación con respecto a las demas.

Es de importancia señalar que el proyecto está soportado por un estudio base, el cual se detalla en antecedentes, (Annerstedt, y otros, 2013) en donde se concluye que la imagen y el sonido de un paisaje sonoro de sonidos de la naturaleza crean relajación en el ser humano, en dicho estudio se le da prelación a la imagen separándola del audio, dicha imagen por si sola no crea un cambio relevante en la relajación de los sujetos sometidos al experimento. A partir de dicho artículo se asume que tanto la imagen con audio de sonidos de la naturaleza generan relajación, es por eso que se ha decidido evaluar el sonido de forma independiente variando sus rangos de frecuencia para así aportar un proyecto de investigación innovador que da pie a investigaciones posteriores en esta área y contribuya desde el punto de vista de la psicoacústica.

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 ANTECEDENTES

Al desarrollar el estado del arte se evidencia que se han realizado varios estudios en referencia a cómo los estímulos sonoros son utilizados en la psicología para la realización de terapias. A continuación se presenta un análisis de los estudios que sirven como soporte a este proyecto de investigación; y donde se resalta objetivamente que el uso de señales sonoras de la naturaleza en experimentos auditivos generan un estado de relajación en el ser humano, fundamentados en análisis de fenómenos fisiológicos.

**Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest** (Annerstedt, y otros, 2013). Se realiza un experimento con el objetivo de determinar si un ambiente de naturaleza en realidad virtual puede bajar el estado de tensión, para ello se realizó la prueba a personas que no contaran con ningún problema auditivo en una media de 27,7 años. Se dividió en tres grupos los cuales eran sometidos al video con sonido, al video

sin sonido y un grupo de control respectivamente. La respuesta del cuerpo a dicho estímulo audiovisual se medía mediante la frecuencia cardíaca, la variabilidad del ritmo cardíaco y la cantidad de cortisol en la saliva del paciente. La investigación arrojó resultados positivos donde se concluía que efectivamente la imagen junto con el sonido generaban relajación mientras que la imagen por si sola no mostraba cambios relevantes en la relajación de los sujetos implicados en el experimento. Es desde esa afirmación que parte el siguiente proyecto de grado, en donde se intenta evaluar los sonidos de naturaleza y subdividir en rangos de frecuencia para mostrar si desde el sonido y sus características es posible generar relajación en el ser humano.

**Análisis psicoacústico a partir de estímulos auditivos generados por medio de pulsos binaurales en relación al rango de frecuencia en una composición sonora** (Velasco Vivas & Reyes Rivera, 2014). Proyecto de grado de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá en el que se realizó un estudio experimental psicoacústico con el objetivo de identificar la respuesta emocional y fisiológica ante los impulsos binaurales aplicados a una composición sonora. El proyecto se llevó a cabo en la Universidad con una muestra de estudiantes de 18 a 24 años. Se concluyó que el rango de frecuencias que genera mayor respuesta fisiológica y emocional se encuentra entre 432 Hz y 660 Hz, donde se encontraron resultados estadísticamente significativos presentando una respuesta emocional y fisiológica mayor tanto en el auto-reporte como en las mediciones.

**Relaxation effects of binaural phenomena** (Baracscai & Finn, 2013). Estudio que tenía como objetivo identificar las preferencias de las personas en cuanto a una variedad de estímulos auditivos que generaran relajación, dicho experimento se realizó a una muestra de 30 personas, 17 hombres, 13 mujeres a los cuales se les daba un mezclador con 9 estímulos auditivos relajantes, cada persona realizaba su mezcla como quisiera contando con un controlador de nivel para cada sonido se le presentaba al paciente un sistema muy sencillo de usar, entre los estímulos sonoros se encontraban sonidos de mar, sonidos de pájaros, pulsos binaurales entre otros. En conclusión y con un porcentaje alto las personas presentaron predilección por los sonidos de la naturaleza, de forma que se puede inducir

que los seres humanos perciben los sonidos de la naturaleza como sonidos que generan relajación y de esta forma los sujetos se encuentran pre dispuestos a la sensación de relajación que estos le generan.

**Understanding audio analgesia** (Mittelman, 1963) Explica como el sonido puede aplicarse a modo de relajación en procedimientos que conlleven algún tipo de dolor, en el procedimiento se prepara psicológicamente al paciente haciéndolo saber que por medio del audio su cerebro puede emitir analgesia y disminuir el dolor. Esta técnica requiere de conocimientos como conocer el nivel en decibeles a los cuales estaría el tratamiento, entre muchas variables de estudio.

**An introduction to music therapy: helping the oncology patient in the ICU.** (Rohaly & Johnston, 1997). Es un artículo en donde se concluye que por medio estímulos sonoros se pueden generar tanto cambios emocionales como psicológicos en el ser humano. en este artículo se da un primer acercamiento a los estímulos sonoros y la influencia en pacientes en un estado critico de salud por medio de modernas técnicas de monitoreo de actividad fisiológica de los diferentes sistemas aplicando a dichos pacientes musicoterapia. Se perciben cambios importantes que pueden ayudar al paciente a no llegar a cuidados intensivos. Es un estudio que plantea el sonido de forma musical como una solución alternativa a la medicina actual.

**The effects of music, white noise, and ambient noise on sedation and anxiety in patients under spinal anesthesia during surgery** (Koylu Ilkkaya , y otros, 2014). Artículo donde se presenta un experimento con un método que permite evidenciar que estímulos sonoros como la música, el ruido blanco y el un paisaje sonoro de sonido ambiente generan un estado de relajación, el experimento fue llevado a cabo con pacientes que procedían a realizarse una operación, razón por la cual se encontraban con estados emocionales fuertes en donde presentaban ansiedad, el objetivo del experimento fue lograr que los pacientes utilizaran como forma de sedante estos sonido antes mencionados. Los resultados del experimento son positivos en cuanto a los pacientes que se encuentran con ansiedad en el preoperatorio al ser sometidos a escuchar música y en el postoperatorio al escuchar ruido

blanco. Demostrando que mediante la combinación de medicamentos y estímulos auditivos es posible un decremento de altos niveles de ansiedad en los pacientes.

En el siguiente cuadro se observa el análisis de los antecedentes que llevan a la escogencia de los sonidos de la naturaleza, se puede observar que se analiza en la literatura los sonidos que pueden llegar a generar relajación o activación del sistema parasimpático en las personas.

Nombre artículo	Abstract	Conclusiones	Aporte al proyecto	referencias
WHAT SHOULD NATURE SOUND LIKE? Techniques of engagement with nature sites and sonic preferences of Israeli visitors	Se realizó un estudio para conocer como reaccionaban diferentes personas a dos paisajes sonoros, el primero un lugar residencial mientras que el segundo era un paisaje con sonidos de la naturaleza. El estudio se realizó en Israel a personas turistas y residentes del país, el estudio aclara que en Israel es muy común realizar pases a lugares naturales en las vacaciones. Este estudio se realizó por medio de encuestas para conocer cuál de estos paisajes producía un nivel de tranquilidad mayor en las personas encuestadas, las	La mayoría de personas que residen en Israel prefieren un ambiente natural debido a que los aleja de la monotonía del trabajo, además se sienten más tranquilas y relajadas en estos lugares. Por otra parte los extranjeros prefieren tener un ambiente más turista aunque siempre con un sonido de naturaleza debido a que piensan en conocer la ciudad pero el sonido de la naturaleza les da un poco de tranquilidad para no sentirse tan	Este artículo demuestra que los sonidos de la naturaleza generan un estado de relajación en las personas y lo prefieren para sentirse en un ambiente tranquilo, de igual manera explica porque las personas asocian la tranquilidad con los sonidos de la naturaleza.	Schwarz, O. (2013). WHAT SHOULD NATURE SOUND LIKE? Techniques of engagement with nature sites and sonic preferences of Israeli visitors. <i>Annals of Tourism Research</i> , 382-401.

	personas encuestadas se encontraban entre los 20 a 80 años y se encuestaron un total de 65 personas.	asfixiados entre tantos turistas.		
Associations with bird sounds: How do they relate to perceived restorative potential?	El artículo habla sobre como el sonido de las aves puede llegar a generar disminución de estrés y aumento en la atención de las personas, con el fin de demostrar lo anteriormente mencionado se utilizó el sonido de 50 aves a 174 personas del reino unido entre los 18 a 68 años. Las personas fueron divididas en 5 grupos de aproximadamente 30 personas, las personas fueron sometidas a una situación que genero cansancio y estrés en su organismo por medio de estímulos audiovisuales y después fueron expuestos a el sonido de los pájaros, cada persona tenía que calificar como cambio su estado de ánimo después del estímulo auditivo.	Los sonidos de las aves son asociados con paisajes naturales ya sean sonidos de aves agudos o graves. En todos los sujetos se observó un alto nivel de recuperación en la atención a sí mismo como una disminución en el nivel de estrés. Todas las personas dijeron haberse sentido en un espacio natural que los llevo a un estado de relajación.	Este artículo sustenta por qué son importantes los sonidos de la naturaleza para inducir relajación en las personas más directamente sonidos de aves. Por esta razón se escogieron sonidos de aves para acompañar el recurso audiovisual del proyecto de grado.	Ratcliffe, E., Gatersleben, B., & Sowden, P. (2016). Associations with bird sounds: How do they relate to perceived restorative potential?
A field experiment on	Un estudio realizado a 405 personas para	Las personas sintieron un malestar	Es evidente que el sonido de la	Axelsson , O., Nilsson, M.,

<p>the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park</p>	<p>conocer qué impacto tiene en las personas un sonido de agua en un parque natural. A las personas se les realizo un cuestionario, fueron participantes entre los 10 y los 89 años. En el ambiente se observaron sonidos externos como el tráfico rodado y otros sonidos de la naturaleza.</p>	<p>o un desagrado hacia el sonido del tráfico rodado, mientras que sentían un mayor bienestar con los sonidos de la naturaleza el estudio dice que el sonido del agua no afecto en el experimento es decir no fue significativo el cambio con los sonidos del agua. Aunque resalta que este sonido pudo enmascarar el sonido del tráfico rodado generando una sensación de bienestar en el ambiente.</p>	<p>naturaleza generar una sensación de bienestar aun mayor que el sonido de la ciudad, aparte se explica porque el sonido dela gua puede ayudar a enmascarar sonidos no deseados. Este artículo apoya el trabajo de grado debido a que hace referencia a sonidos de agua así como a sonidos de la naturaleza</p>	<p>Hellström, B., &amp; Lundén, P. (2014). A field experiment on the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park. <i>Journal of Environmental Psychology</i>, 136-144.</p>
<p>Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study</p>	<p>El estudio buscaba reducir el estado de estrés de una persona el cual fue inducido por medio de una situación tensionante a través de la realidad virtual. Se realizó una encuesta para conocer el estado de la persona antes de la prueba. Después del estrés se proyectó en la misma realidad virtual</p>	<p>El análisis estadístico mostro diferencias significativas en los dos grupos sin tener en cuenta el grupo control pero con mayor significancia el grupo de audio más imagen. El estresor funciono debido a que las personas mostraron</p>	<p>Este artículo fue escogido como el artículo base para el desarrollo de este proyecto de grado. Es por esta razón que se da la escogencia de los sonidos de árboles y una cascada como sonidos de la naturaleza, además de la</p>	<p>Annerstedt, M., Jönsson, P., Wallergård, M., Johansson, G., Karlson, B., Grahn, P., et al. (2013). Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest. <i>Physiology &amp; Behavior</i>, 240-</p>



	<p>un paisaje natural para generar relajación en las personas. Dichas personas se agruparon en 3 grupos sonido con imagen, solo imagen y un grupo de control. Se realizaron varias medidas fisiológicas (HRV,HR, Cortisol y T-Wave) para el posterior análisis estadístico por medio de un ANOVA. Los sonidos de naturaleza utilizados fueron los Un bosque y una Corriente de agua.</p>	<p>un aumento en el ritmo cardíaco así como en la disminución del sistema parasimpático (HRV).</p>	<p>escogencia de la proyección audiovisual así como el análisis estadístico ANOVA, pro ultimo la inducción de estrés se realiza con base en este proyecto</p>	<p>250.</p>
<p>The Role of Nature (Green Space) in Parallel with Promotion of Relaxation and Satisfaction of Residents of Residential Complexes</p>	<p>Este estudio demuestra cómo son importantes los espacios verdes y los sonidos de naturaleza para la tranquilidad de la persona y la salud mental de ellos. Se realizó un estudio de observación y entrevistas a personas que viven en lugares residenciales, de los cuales se escogieron 3 esta investigación fue realizada en irán. Se realizó una encuesta con un total de 14 preguntas para conocer que tanto</p>	<p>Esta investigación demostró que las personas prefieren un ambiente de naturaleza un lugar verde para vivir y esto genera un mayor nivel de tranquilidad en las personas. Se observó mayor tranquilidad y relajación en los lugares residenciales con espacios naturales.</p>	<p>En el artículo se muestra como los sonidos y paisajes naturales generar un estado de tranquilidad y relajación en las personas así como una buena salud mental.</p>	<p>Kooshali, D., Parvizi, R., Karimi, A. R., &amp; Hosseini, B. (2015). The Role of Nature (Green Space) in Parallel with Promotion of Relaxation and Satisfaction of Residents of Residential Complexes. <i>Social and Behavioral Sciences</i>, 361-372.</p>

	influye el ambiente natural en la zona residencial.			
Bird sounds and their contributions to perceived attention restoration and stress recovery	Se realizaron entrevistas semi estructuradas a 20 personas entre 22 y 74 años que fueron expuestas a sonidos de la naturaleza y sonidos de aves utilizados para la disminución de estrés en el ser humano. Se les pidió a las personas imaginar lugares que los estresaran y a continuación un lugar natural mientras se proporcionaba el sonido de las aves para observar la reacción de los sujetos a dicho estímulo.	El sonido de las aves fue el que generó mayor relajación en las personas por encima de otros sonidos de la naturaleza. Los sonidos de aves se ven mayormente relajantes cuando la persona tiene una conexión con la naturaleza.	Como se mencionó anteriormente con otro artículo esta investigación nos permite sustentar la escogencia de sonidos de aves para generar relajación en las personas.	Ratcliffe, E., Gatersleben, B., & Sowden, P. (2013). Bird sounds and their contributions to perceived attention restoration and stress recovery. <i>Social and Behavioral Sciences</i> , 361–372.
Exposure to nature versus relaxation during lunch breaks and recovery from work: development and design of an intervention study to improve workers'	Se realizó un estudio de cómo algunos trabajadores pueden tener un mayor desempeño laboral así como un estado de tranquilidad y disminución del estrés cuando son expuestos a paisajes naturales. El estudio se realizó a 268 trabajadores que se dividieron en 3 grupos sonidos naturales,	Se observó que los dos grupos tuvieron una recuperación en el estrés con respecto al grupo de control. Tuvieron diferencias significativas en el grupo de paisajes naturales mostrados en el análisis estadístico, así como en el grupo de relajación.	Se observa que los sonidos de la naturaleza disminuyen el estado de estrés en las personas las cuales fueron expuestas a 15 minutos diarios y midiendo la activación del sistema parasimpático.	Bloom, J. d., Kinnunen, U., & Korpela, K. (2014). Exposure to nature versus relaxation during lunch breaks and recovery from work: development and design of an intervention study to improve workers' health, well-being, work performance and creativity. <i>BMC</i>

health, well-being, work performance and creativity	relajación y grupo de control. Se realizó un cuestionario antes y después del experimento el cual tenía una duración de 15 minutos. Se realizaron mediciones fisiológicas como el cortisol para conocer los cambios en el sistema parasimpático.			<i>Public Health.</i>
Effect of nature-based sound therapy on agitation and anxiety in coronary artery bypass graft patients during the weaning of mechanical ventilation: A randomised clinical trial	Se realizó un estudio a 120 pacientes de un hospital entre los 45 y 65 años asignados a dos grupos uno con sonidos de la naturaleza y el otro con diferentes sonidos para saber cómo responde las personas antes de la cirugía disminuyendo su estado de estrés. Se realizó el procedimiento en un tiempo que rodeaba los 20 a 30 minutos.	Se observó que el tiempo al que estuvieron expuestos los pacientes influencio en los resultados obtenidos, si la persona era expuesta mayor tiempo los resultados mejoraban. Se observó que los sonidos de la naturaleza generan una disminución en el estrés de la persona. Los datos fueron evaluados por medio de un estudio estadístico ANOVA mostrando resultados significativos en el	Como se evidencio en los anteriores artículos esta investigación señala que los sonidos de la naturaleza generan una disminución en el estado de estrés en las personas. Generando un estado de relajación.	Aghaie, B., Rejeh, N., Heravi-Karimooi, M., Ebadi, A., Moradian, S. T., Vaismoradi, M., et al. (2014). Effect of nature-based sound therapy on agitation and anxiety. <i>International Journal of Nursing Studies</i> , 526-538.

		grupo expuesto a sonidos de la naturaleza.		
Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise	La investigación fue realizada a 40 personas divididas en dos grupos a los cuales se les realizó una prueba de cálculos matemáticos para inducir el estrés, a continuación los participantes fueron divididos en dos grupos los cuales fueron expuestos a estímulos sonoros, el primer grupo fue expuesto a tráfico de la ciudad mientras que el segundo a sonidos de la naturaleza. Se realizaron mediciones fisiológicas para observar el comportamiento del sistema parasimpático las cuales fueron HR, HRV y GSR. Se utilizaron sonidos de pájaros y agua.	Los resultados muestran que las personas tuvieron una mayor actividad del sistema parasimpático durante el estímulo auditivo de los sonidos de la naturaleza. Se observó una disminución en el ritmo cardíaco así como una activación en la conductancia de la piel.	Este artículo da la base para la escogencia del sonido de agua, además de la realización de la prueba matemática para el estresor, además de las mediciones fisiológicas de la GSR.	Alvarsson, J., Wiens, S., & Nilsson, M. (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and <i>Environmental Research and</i> .
Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in	Este estudio busca observar cómo responden ciertas personas a sonidos de la naturaleza. Con asistencia respiratoria para mejorar sus niveles	Se observó que el grupo que fue expuesto a sonidos de la naturaleza tuvo una disminución en la ansiedad así mismo como en el	Este artículo muestra como estadísticamente los sonidos de la naturaleza generar una disminución en el nivel de	V. Saadatmand N. Rejeh, Heravi, S. Davood, Tadriz. F., Zayeri, V. Melanie Jasper.(2013). Effect of nature-

patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial	de ansiedad y estrés. Un total de 60 pacientes que fueron evaluados en varios grupos expuestos durante 90 minutos se midieron respuestas fisiológicas como el ritmo cardíaco, respiratorio y presión arterial.	estrés debido a este estímulo presentado con respecto a los otros grupos como lo demuestran los resultados de los análisis estadísticos	estrés en las personas lo que es igual a un aumento en la relajación es estas los cuales pueden ser evidenciados por su respuesta cardíaca si como pro la respiratoria	based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial
---	--	---	--	---

En el artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study* se presentan los siguientes resultados que demuestran que los sonidos de la naturaleza generan un estado de relajación en las personas por medio del análisis estadístico ANOVA el cual recolecta los datos de todas las personas medidas y se evalúan los resultados obtenidos en cada una de las fases del experimento. De esta forma obtener una media o un promedio para conocer cómo se comportaron los sujetos en cada una de las fases del experimento y cómo se comportó el sistema fisiológico de las personas para así conocer los cambios estadísticamente en cada una de las personas. El estudio también muestra si estos cambios fueron significativos los cuales están representados por la letra “p”. Cuando los cambios son significativos quiere decir que hay una mayor o menor activación del sistema parasimpático. Según el método utilizado, estos cambios son significativos cuando son menores a 0.05 ( $p < 0.05$ ), de serlos explica que hubo una activación mayor o menor en el sistema parasimpático de los sujetos, lo que es igual a un aumento en el estado de relajación.

A continuación se observan las gráficas de los resultados de dicho estudio.

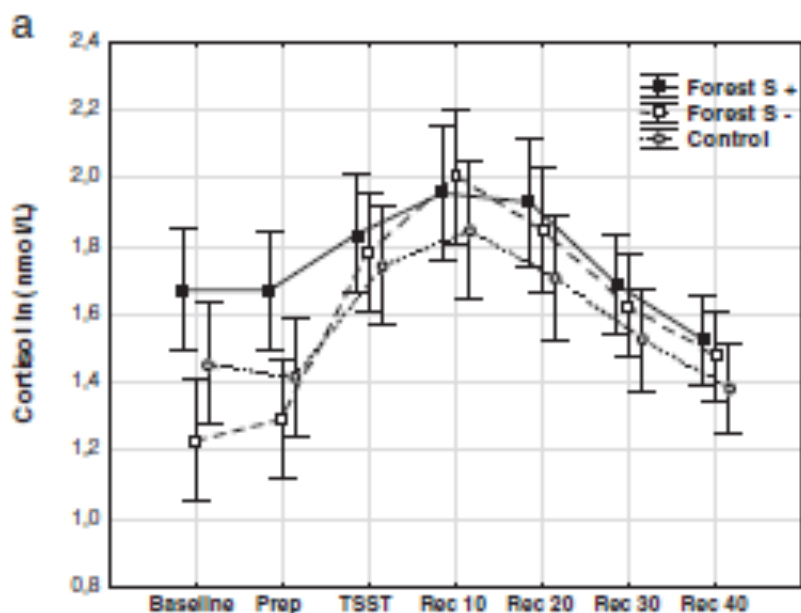


Figura 1. Imagen de los resultados de cortisol presentados en el artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*

Fuente: *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*.

El cortisol es una hormona producida por la glándula suprarrenal, la cual se activa cuando la persona entra en un estado de estrés, la glándula aumenta el nivel de azúcar en la sangre. La liberación de dicha hormona depende del ritmo cardíaco de las personas (Romero, 2011). Los niveles son evaluados en este experimento para saber qué tan estresada se encuentra la persona en cada una de las fases del mismo.

La Figura 2 muestra el comportamiento de las personas en cada una de las fases del experimento, la media de las mismas, así como el comportamiento de cada uno de los 3 grupos. El grupo forest S+ es el grupo al cual fue expuesto a los sonidos de la naturaleza más la imagen en realidad virtual. El grupo S- el cual solo estuvo expuesto a la imagen y el grupo de control el cual no fue expuesto a ningún estímulo.

Como se puede ver en la figura 8 los niveles de cortisol expresados en nmol/L fueron mayores en el grupo Forest S+ en todo el experimento. Y se puede evidenciar que los niveles disminuyeron como era de esperarse de la prueba de estrés TSST con respecto a la fase de relajación en los 3 grupos. Las fases del experimento fueron la línea de base, donde se evaluaba a la persona en su estado al empezar la prueba, una preparación del discurso que debería dar en la realidad virtual, el momento del estrés que fue la prueba del discurso en la realidad virtual y la fase de la proyección audiovisual a 10, 20 y 40 minutos de este.

Forest S+ estrés= 1.87 y relajación después de 40 minutos = 1.58, Forest S- estrés= 2.02 y relajación después de 40 minutos = 1.55 y el grupo de control mostró en estrés= 1.72 y después de los 40 minutos= 1.39. Mostrando cambios significativos en todos los grupos entre estas fases ( $p < 0.01$ ).

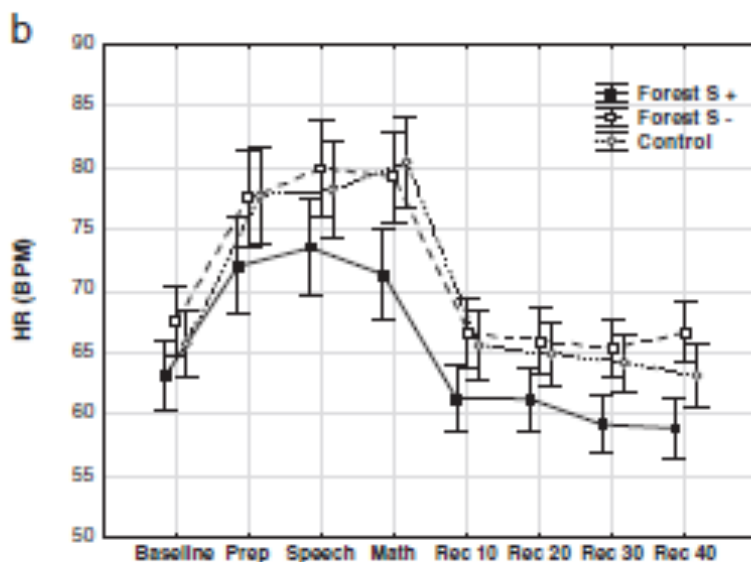


Figura 2. Imagen de los resultados de HR presentados en el artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*.

Fuente: *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*.

En la Figura 3 se observa el comportamiento del ritmo cardíaco en los tres grupos. Como se evidencia, el ritmo cardíaco disminuyó en todos los grupos de la prueba de estrés con respecto a la recuperación, pero hubo un mayor incremento de activación en el sistema parasimpático en el grupo del estímulo audiovisual, lo que equivale a una disminución en el HR. Estrés= 74 relajación= 58. Con respecto a los otros grupos Forest S- estrés= 80 relajación= 67 y el grupo de control estrés= 78 relajación= 66. Con una diferencia significativa entre el estrés y la relajación ( $p < 0.001$ ). Lo que se observa es que el primer grupo Forest S+ es decir el grupo que es expuesto al estímulo audiovisual. Tuvo mayor activación del sistema parasimpático lo que significa un aumento en la relajación.

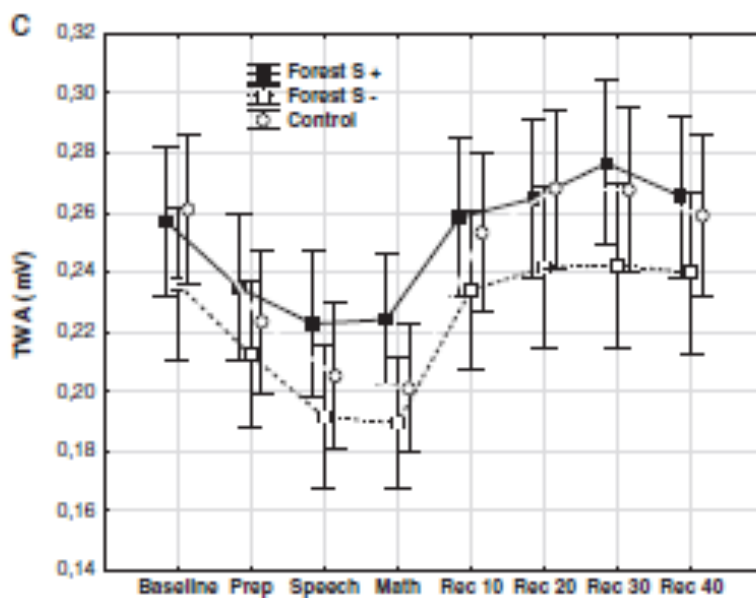


Figura 3. Imagen de los resultados de TWA presentados en el artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study.*

**Fuente:** *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study.*

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de los tres grupos con respecto a la TWA donde debe observarse un aumento de esta respuesta cuando se ve una disminución en el ritmo cardíaco por esta razón el grupo al cual fue presentado el estímulo audiovisual.



Presenta un mayor incremento con respecto a los otros dos grupos se observan cambios significativos en cada una de las fases de relajación ( $p=0.018$ ). Forest S+ esters= 0.22 y relajación= 0.26.

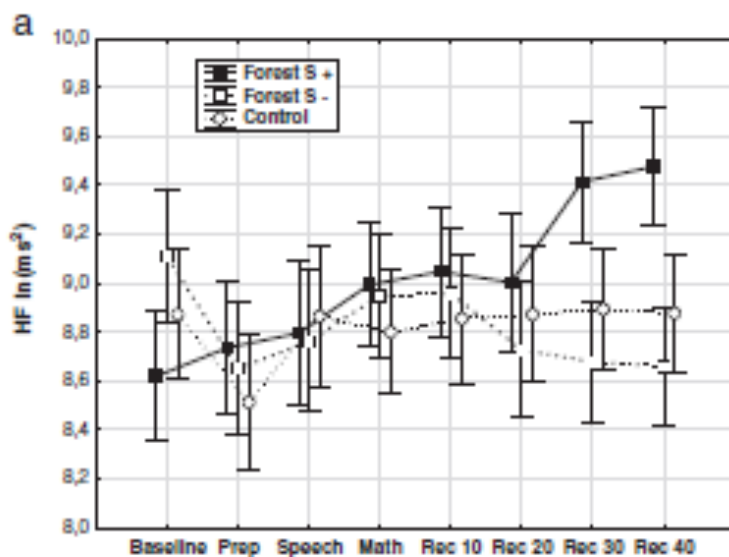


Figura 4. Imagen de los resultados de TWA presentados en el artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*.

**Fuente:** *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study*.

La respuesta fisiológica de los tres grupos de HRV se observa en la Figura 11, la variabilidad de ritmo cardíaco es la respuesta fisiológica que más puede mostrar un cambio de nivel de estrés a relajación. En la Figura 5 se hace evidente la diferencia entre el grupo

Forest S+ con respecto a los otros dos. Lo que presenta que la imagen virtual acompañada por estímulos sonoros genera mayor relajación con respecto a los otros dos grupos la diferencia es significativa con respecto a los otros dos grupos ( $p=0.025$ ). en el grupo Forest S+ la media en el periodo de estrés fue 9.01 mientras en la relajación fue 9.44, en el grupo

Forest S- se mantiene igual en las dos fases 8.9 y en el grupo de control tiene una disminución, estrés= 8.8 y relajación= 8.7.

Como muestran las figuras y los datos previamente expuestos del artículo el sonido de la naturaleza acompañado de imagen genera un nivel de relajación en las personas que es incluso mayor al que puede generar solo la imagen de un paisaje natural.

El artículo Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise presenta los siguientes resultados que sustenta matemáticamente que los sonidos de la naturaleza generan una activación del sistema parasimpático y del mismo modo un estado de relajación en las personas.

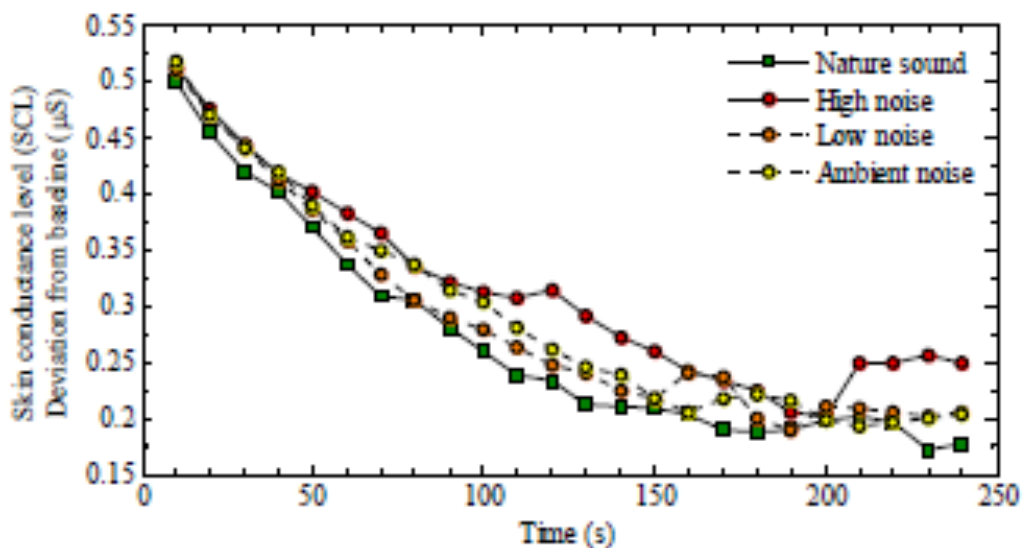


Figura 5 respuesta GSR de los 4 grupos en el artículo Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise

Fuente: Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise

Como se muestra en la Figura 6 los niveles de activación de la piel disminuyeron en todos los grupos a través del tiempo pero como en el experimento se inducía estrés a la persona y a continuación el estímulo auditivo en un intervalo de 10 segundos se procedió a analizar del segundo 150 al 270. Como se evidencia en la Figura 6 los sonidos de la naturaleza tuvieron una activación de la conductancia de la piel. Con una diferencia significativa sobre el sonido duro ( $p=0.001$ ). Los promedios de cada uno de los grupos fueron los siguientes. Sonidos de la naturaleza=0.82, sonido duro=0.87, low sound=0.85 y sonido ambiente=0.84. Como se evidencia el sonido de la naturaleza generó mayor relajación en las personas con respecto a los otros 3 grupos.

El estudio Associations with bird sounds: How do they relate to perceived restorative potential? Presenta los siguientes resultados que demuestran que el sonido de las aves genera relajación en las personas, además el estudio también demuestra que estos sonidos acompañados con sonidos naturales generan un mayor nivel de relajación.

Frequency of codes per theme in high-, medium-, and low-PRP groups of bird sounds.

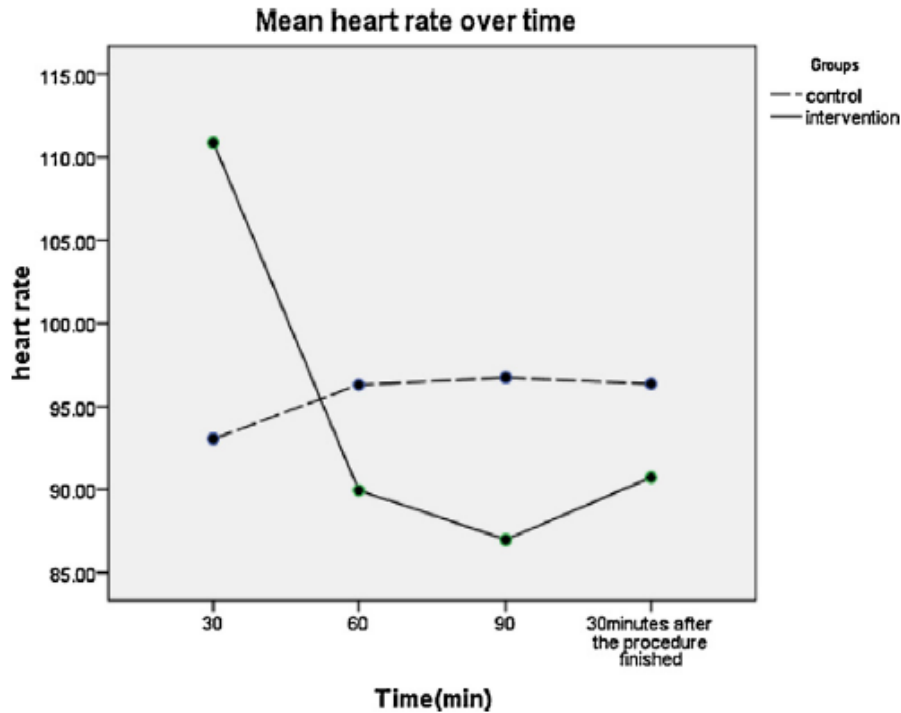
Theme	PRP group			Total
	High	Medium	Low	
Natural environment	92	52	70	214
Countryside	54	25	21	100
Gardens	24	14	12	50
Exotic	11	15	12	38
Marine	5	6	21	32
Built environment	19	36	10	65
Urban	2	6	3	11
Home and indoors	14	13	3	30
Artificial sounds	15	8	5	28
Birds	51	54	57	162
Non-birds	3	5	15	23
Positive behaviour	10	5	7	22
Negative behaviour	8	10	10	28
Superstition	0	2	2	4
Media	5	4	5	14
Time and season	49	28	30	107
Morning, daytime	28	18	13	59
Evening, night-time	8	1	7	16
Spring, summer, sun	20	14	13	47
Autumn, winter, dark	4	1	1	6
Childhood	7	4	6	17
Active activities	29	19	22	70
Passive activities	12	11	25	48
Alone	2	0	0	2
Company	3	3	2	8

*Figura 6 Datos estadísticos Associations with bird sounds: How do they relate to perceived restorative potential?*

Fuente: Associations with bird sounds: How do they relate to perceived restorative potential?

El estudio dice que todas las aves fueron asociadas con sonidos de la naturaleza, es decir, fueron relacionadas con los sonidos de la naturaleza con una diferencia significativa con respecto a otros lugares en todas las recuperaciones de estrés como muestran los siguientes datos PRP high =16.25  $p<0.001$  PRP médium= 22.27  $p<0.001$  low RPR= 13.33  $p=0.02$ . Como se evidencia las personas tuvieron un nivel de relajación al escuchar sonidos de aves no todos los sonidos de dichas aves generaron relajación, peor si la gran mayoría al ser encuestadas las personas se evidencio que estas personas asociaban dicho sonidos relajantes con un ambiente de naturaleza. Lo que demuestra que los sonidos de las aves generan un estado de relajación así como muestran los datos estadísticos. High PRP= 8.76  $p=0.05$ .

El artículo Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial presenta los siguientes resultados estadísticos los cuales sustentan que los sonidos de la naturaleza generan un nivel de relajación en las personas, dichos resultados se muestran a continuación.



*Figura 7 resultados ritmo cardíaco Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial*

Fuente: Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial

Como se puede observar en la Figura 8 el ritmo cardíaco fue menor en el grupo expuesto a los sonidos de la naturaleza con respecto al grupo de control con un cambio significativo de los minutos 30 a 60 mientras en el grupo control se observa un ritmo cardíaco estable entre los 96, mientras el grupo expuesto al estímulo tiene una caída hasta los 85. Con una diferencia significativa en los grupos con respecto al tiempo ( $p < 0.0001$ ). Lo que indica que hubo una activación del sistema parasimpático en el grupo expuesto a los sonidos de la naturaleza.

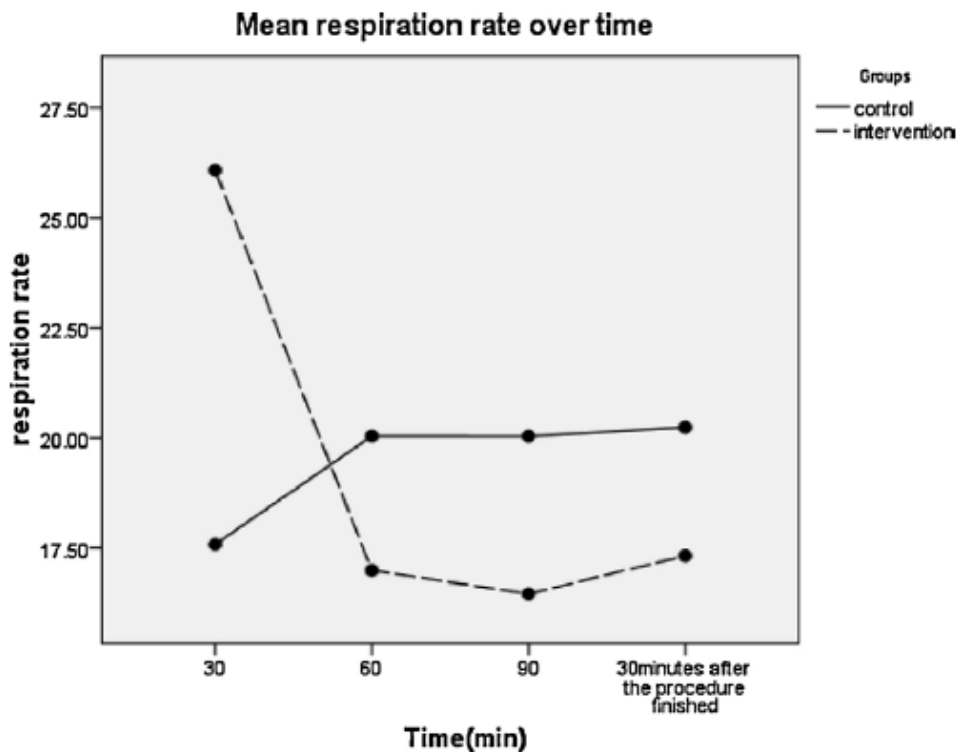


Figura 8 resultados frecuencia respiratoria *Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial*

Fuente: *Effect of nature-based sounds' intervention on agitation, anxiety, and stress in patients under mechanical ventilator support: A randomized controlled trial*

Como se evidencia en la Figura 9 el grupo de control mostró un aumento en la frecuencia respiratoria a los 60 minutos del experimento y su media se mantuvo en 20 durante el resto del experimento mientras que en el grupo expuesto a sonidos de la naturaleza tuvo una disminución en los mismos 60 minutos de 17.43 lo que evidencia que hubo mayor relajación en el grupo expuesto al estímulo sonoro las diferencias significativas también se observaron en ambos grupos con respecto al tiempo ( $p < 0.001$ ) lo que evidencia que el grupo control tuvo un aumento significativo en la frecuencia respiratoria es decir un mayor nivel de estrés mientras en el otro grupo el cual fue intervenido tuvo una disminución en la frecuencia respiratoria es decir un mayor nivel de relajación.

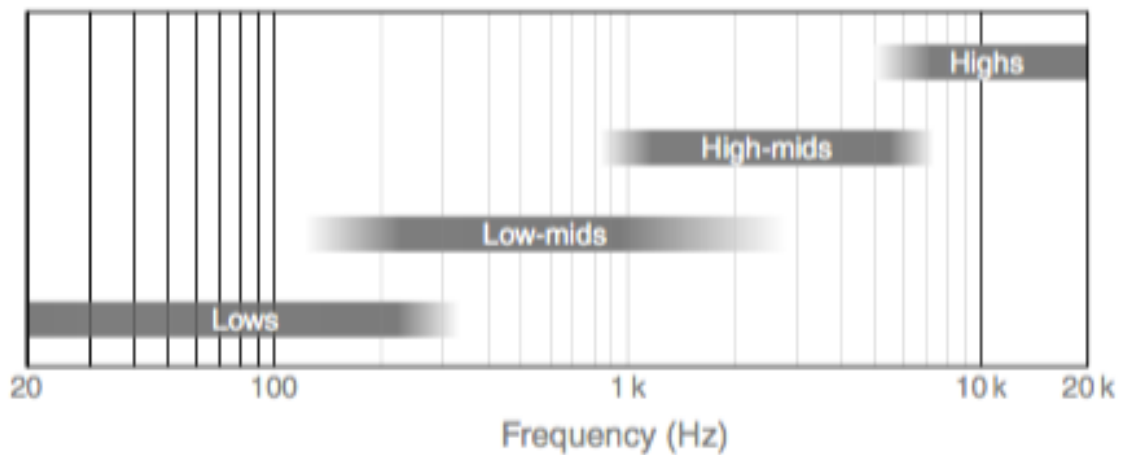
El proyecto de investigación plantea dividir el espectro de frecuencias en tres rangos. Bajas, medias y altas. Las frecuencias bajas son aquellas que van hasta 360 Hz, las medias entre 360Hz y 1.4 KHz y las altas de 1.4KHz en adelante (Belendez, 1992). El autor R. Barron indica que las frecuencias bajas van hasta la frecuencia 250Hz, las medias hasta 2 KHz y las altas de ahí en adelante (Barron, 2001). El artículo Surces and effects of low-frequency noise aclara que no se tiene un límite superior de los rangos de frecuencia aun así por medio de la revisión de literatura concluye que el límite superior del rango de frecuencias bajas es de 250Hz (Birgitta Berglund, 1996). La revista Journal of Sound and Vibration presento un artículo el cual especifica que las frecuencias bajas son presentes hasta los 125Hz (broner, 1978). Otro artículo define las frecuencias bajas hasta los 500 Hz y las altas desde los 2KHz, por lo cual las frecuencias medias se encuentran entre 500 Hz y 2 KHz (Reinhold, Kalle, & Paju, 2014). Por esta razón y coincidiendo con la mayoría de los autores se consideraron las frecuencias bajas menores a 250 Hz las medias entre 250 Hz y 2KHz y las altas mayores a 2 KHz.

Adicional a lo anterior en el libro *Mixing audio concepts, practice and tools* de Roey Izhaky explican que con base a los ecualizadores comunes de cuatro bandas no existe frecuencias de corte estándar entre rangos de frecuencias y que en términos generales los puntos de cruce están a 250 Hz, 2 kHz y 6 kHz, como se ilustra en la Figura 1.

(Izhaky, 2008) dice que:

No hay un estándar que define exactamente donde cada banda comienza o termina, y en la mayoría de los ecualizadores las diferentes bandas se superponen. (p. 61)





*Figura 9. Imagen tomada de mixing audio concepts, practice and tolos La división en cuatro bandas de frecuencias .*

Fuente: Mixing audio concepts, practice and tolos (Izhaky, 2008)

### **3.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

A través de la historia se han realizado diversos estudios en el área de la psicoacústica, se habla específicamente de estudios en el área de la psicología los cuales buscan soluciones alternativas a problemas de salud que agobian a la sociedad de hoy en día.

En la actualidad existen enfermedades cardiovasculares y mentales, muchas de estas condiciones están asociadas al estilo de vida que se lleva en la cotidianidad de estos días, el estrés es una enfermedad que va en incremento a nivel mundial y se debe a causas a las que se esta expuesto día a día como problemas laborales, pensamientos negativos, estrés acústico, pérdidas importantes, entre otros (Perez, 2015). El cuerpo se desgasta debido al estrés crónico generando problemas de salud serios, esto hace evidente la necesidad de investigación sobre temas que puedan mejorar ese estado de tensión, en consecuencia la

ingeniería de sonido busca aportar su conocimiento en percepción sonora, explorando temas concernientes al impacto del sonido y las características del mismo influyentes en los seres humanos.

Y aunque sí existen investigaciones y libros dedicados a explicar que los sonidos de la naturaleza como la lluvia, el agua o el mar, pueden lograr un cambio en el estado de relajación con respecto al estado base del ser humano (Maville & Huerta, 2013), (Colona, 2005) (Smith, 2005), ningún estudio se enfoca en el rango de frecuencias del sonido, es por esta razón y partiendo como base del artículo *Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual* (Annerstedt, y otros, 2013), el cual afirma que la imagen y el sonido de naturaleza bajan el estado de tensión en las personas, se afirma que hace falta un estudio que implique un análisis consistente y suficientemente profundo sobre la respuesta a la estimulación sonora en el ser humano, resulta necesario un análisis psicoacústico enfocado a las características del sonido en este caso los sonidos de la naturaleza separados en rangos frecuencias para determinar si a través de esté pueden lograrse resultados que propicien el estudio real de su aplicación en la medicina, aunque en principio este proyecto se deba limitar a tratar de responder la pregunta problema ¿Es posible modificar el estado de relajación del ser humano por medio de sonidos de la naturaleza, identificando en qué rango de frecuencias es más fácil inducir dicho estado a una población entre 18 y 25 años?

### **3.3 JUSTIFICACIÓN**

El propósito que pretende cumplir este proyecto de grado es defender la hipótesis concerniente a los sonidos de la naturaleza que pueden generar un cambio relevante en el estado de tensión de una persona, así mismo, identificar si la separación de dichos sonidos en rangos de frecuencia influyen favorablemente en la relajación del ser humano.

Con base a los estudios mencionados en antecedentes se parte de la siguiente afirmación: El sonido puede generar diferentes emociones, específicamente los sonidos de la naturaleza. El proyecto se realiza lo más subjetivamente posible, con los equipos

apropiados y avalados para realizar la medición de la respuesta fisiológica a los estímulos sonoros. Además se analiza el espectro de frecuencias de las señales para conocer el rango de frecuencias que genera un mayor estado de relajación como aporte propio a la investigación.

Cabe resaltar que este tipo de estudios no se han hecho en el país y aportarían conocimiento valioso al área de la psicoacústica. como se menciona anteriormente, Annerstedt (2013) y Velasco & Reyes (2014) son documentos que fundamentan este estudio, en el primer estudio se menciona que efectivamente mediante el audio y la imagen en realidad virtual generan relajación, en dicho estudio se le da prioridad a la imagen ya que a las personas involucradas en las mediciones se les muestra el video con el audio o solo el video, concluyendo que con respecto a la imagen sin audio no muestra cambios considerables, es por esta razón que el se pretende realizar un estudio experimental solo con el audio y la división en rangos de frecuencia que contiene el sonido; el segundo proyecto mencionado muestra un estudio en donde los pulsos binaurales son considerados relajantes en un determinado rango de frecuencias, permitiendo validar la hipótesis de que sí es posible generar decremento de tensión mediante estímulos auditivos y que a través del análisis de las características del sonido puede haber variación de los resultados.

Se busca brindar un documento que sustente y demuestre teórica y experimentalmente cómo estos estímulos sonoros si pueden mejorar el estado de la persona y la variabilidad de los niveles de estrés a personas sometidas a estos, todo esto con el objetivo de dar soporte a posteriores avances en la medicina brindando una solución alternativa a problemas de estrés, uno de los principales causas de diversas enfermedades cardiovasculares y mentales en la actualidad.

En síntesis este proyecto de grado se realiza para profundizar un tema poco tratado desde la ingeniería de sonido como la investigación de la percepción sonora en los seres humanos y cómo, aplicando el conocimiento adquirido a través de la carrera, se pueden dar soluciones efectivas a problemas de salud. El sonido podría convertirse en una opción satisfactoria y diferente a los medicamentos convencionales.

### **3.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Objetivo General**

- Determinar el impacto que generan señales de sonidos de la naturaleza en el estado de relajación del ser humano aplicando filtrado en bandas de frecuencia bajas, medias y altas.

#### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar los sonidos de la naturaleza que contienen ruido blanco identificando su relación a partir de un análisis del espectro de frecuencia.
- Evaluar los resultados obtenidos mediante la medición de parámetros fisiológicos: respuesta galvánica de la piel, variabilidad de la frecuencia cardíaca y respuesta respiratoria y una prueba subjetiva a través de un método estadístico que permita plasmar los resultados de la investigación realizada a una muestra de 60 estudiantes de la Universidad de San Buenaventura que estén entre los 18 y 25 años.
- Determinar el rango de frecuencias que generan mayor cambio en cuanto a la atenuación del estado de tensión en el ser humano.

### **3.5 ALCANCES**

Este proyecto pretende analizar tres diferentes rangos de frecuencia, pese a que existen algunos otros factores que pueden influir en la relajación del ser humano nos centraremos en las frecuencias bajas, frecuencias medias y frecuencias altas de los sonidos de la naturaleza. Las mediciones se realizan con equipos especializados en poder medir los niveles de relajación.

Se identifica cuál de estos tres rangos puede generar mayor relajación en el ser humano, se realiza una medición objetiva de varias respuestas fisiológicas: respuesta galvánica de la piel, variabilidad de la frecuencia cardíaca y respuesta respiratoria, así como una respuesta

subjetiva por medio de una encuesta para tener un mayor nivel de comparación. Otros factores que puedan influir en la señal de audio no se tienen en cuenta debido a que se considera la frecuencia el más relevante o el más influyente en la generación de emociones.

### **3.6 LIMITACIONES**

Tanto la prueba psicométrica subjetiva como la utilizada para generar estrés PMA, son elegidas ya que existen estudios previos que muestran su validez en el Colombia, en el área de psicología, cabe anotar que existe una diversidad de pruebas psicométricas que se pueden realizar, sin embargo el estudio se limita a ésta prueba.

La población a la cual se le realiza las pruebas es a estudiantes de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá cuyo rango de edad está entre 18-25 años, debido a que en ese rango de edad los oídos de las personas no presentan un grado significativo de pérdida de audición de acuerdo a la norma ISO 226-2003. La Universidad no posee equipamiento para realizar una prueba de electroencefalografía, lo cual no permite registrar el funcionamiento del sistema nervioso central, Por tanto se limita a analizar la respuesta galvánica de la piel, el ritmo cardíaco, la respuesta respiratoria y la variabilidad de la frecuencia cardíaca, abordando varios parámetros que permitan identificar diferentes respuestas del cuerpo humano.

El audio del recurso audiovisual utilizado en el experimento contiene tanto sonidos de librería como sonidos grabados puesto que en el lugar donde se realizó la captura tanto de video como de audio (Parque natural Chicaque) es un lugar muy concurrido de forma que es imposible lograr un audio de tal longitud libre de interferencias de ruido externo.

## **4 MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1 Marco Conceptual**

#### **4.1.1 Estimulación sonora**

Se le llama estimulación auditiva o sonora al uso de sonidos para producir un determinado efecto en el sistema nervioso, la estimulación lograda por medio de sonidos es comúnmente utilizada como terapia sensorial para personas con discapacidades o con déficit de atención (Toro Egea, 2013).

#### **4.1.2 Rango de frecuencias**

Las personas solo pueden escuchar un determinado rango de frecuencias el cual se encuentra entre los 20Hz-20KHz (Giancoli, 2006, pág. 323), debido a esto, dicho rango de frecuencias puede ser dividido en tres, las frecuencias bajas, frecuencias medias y frecuencias altas (Beranek, 1969)

#### **4.1.3 Sonidos de la naturaleza**

Se hace referencia a sonidos los cuales son producidos por un ecosistema, en especial los sonidos relacionados con el agua, esto se debe a que el espectro de frecuencias del sonido producido por el agua es aleatorio y parecido al espectro de un ruido blanco (Jaramillo Jaramillo, 2007, pág. 25).

“El ser humano mantiene una herencia ancestral, una impronta conexión respecto a los ambientes sonoros propios de la naturaleza que reconoce instintivamente. Además, el ser humano que tiene contacto con el medio natural ha crecido con ellos. Los ha integrado en su psique. Y cuando estos sonidos no son ruidos asociados a tormentas, truenos, explosiones volcánicas. podemos decir que realmente pueden relajarnos” (Arqueros, 2013).

#### **4.1.4 Estrés**

De acuerdo con los autores (Lazarus & Folkman, 2002), el estrés puede definirse de muchas formas, nunca con un solo concepto, debido a que el estrés es un conjunto de emociones y sentimientos causados por diversos eventos de la vida. El estrés se presenta cuando la persona identifica una situación o un encuentro como amenazante, cuya magnitud excede sus propios recursos de afrontamiento.

(Martinez & Díaz, 2007) dice que:

el problema que subyace del estrés radica en los requerimientos de la Modernidad, concentrada en la obtención de resultados al margen de sus consecuencias sobre la calidad de vida, y por ende en la salud física y mental de las personas afectadas. (p. 1)

#### **4.1.5 Estado de relajación**

El estado de relajación es de considerarse el estado natural del ser humano en donde existe un equilibrio en el ritmo cardíaco y la respiración. Se define como la acción y efecto de la disminución de la tensión.

(Reynoso Erazo & Seligson Nisenbaum, 2005) plantean que:

La relajación es la principal estrategia de intervención que se utiliza en el campo de la psicología clínica de la salud; si hace una revisión de la literatura existente, en la mayoría de los problemas a tratar se utiliza el entrenamiento relajación, por ejemplo en cáncer, hipertensión, manejo de dolor, manejo de estrés, etc.. (p.57)

#### **4.1.6 Sistema parasimpático**

Es el sistema nervioso encargado de provocar o mantener el cuerpo en un estado de relajación, cuando empieza a funcionar se evidencia una disminución en el ritmo cardíaco así como en la respiración (Moss, 2000). Cuando el sistema nervioso parasimpático entra en funcionamiento el organismo humano entra en un estado de relajación se puede

evidenciar por medio de varios órganos que se encuentran conectados al sistema como la dilatación de pupila, disminución de la frecuencia cardíaca y de la velocidad de conducción auriculo-ventricular (Costa Gomez, 2006).

Los estímulos que aumentan el funcionamiento del sistema nervioso parasimpático son controlados por el nervio vago el cual conduce la información hasta dicho sistema haciéndolo aumentar su funcionamiento o disminuir por medio de estímulos ya sean sonoros, audiovisuales, sensoriales, etc (Gutierrez & Garcia, 2011).

#### **4.1.7 Actividad galvánica de la piel (GSR)**

De acuerdo a los fundamentos de la neurociencia los pensamientos emocionales y las experiencias se relacionan con el incremento de la propiedad de la piel para conducir electricidad debido a la sudoración. Para la medición de esta se colocan unos detectores en los dedos de las manos. Entre más sudoración, más conductancia y así menos resistencia galvánica de la piel. (Soriano Mas, Gillazo Blanch, Redolar, Torras, & Martinez, 2007, pág. 29).

Los tipos de respuesta que se pueden obtener se dividen en dos: específicas e inespecíficas. Las específicas son provocadas por la exposición a estímulos identificables y las inespecíficas provocadas por estímulos no identificables. Los parámetros que se evalúan de la GSR son niveles y respuestas. En los niveles se mide la resistencia o conductancia en diferentes momentos dejando de lado los cambios de fase instantáneos. Las respuestas son cambios rápidos en los niveles de resistencia (Velasco Vivas & Reyes Rivera, 2014).

#### **4.1.8 Actividad cardiovascular**

La actividad cardiovascular, desde el punto de vista de la psicofisiología, se relaciona con el estudio de la motivación, emociones y procesamiento de la información; la motivación



hace referencia al estrés y los niveles de activación; las emociones como el miedo y la ira; y el procesamiento de la información a la atención, memoria y procesos de aprendizaje. Está sujeta a mecanismos extrínsecos relacionados con el sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático y por el sistema nervioso central. La activación del sistema nervioso simpático produce un incremento en la frecuencia y en la fuerza de las contracciones del corazón y la velocidad de conducción del impulso nervioso. El parasimpático produce disminución de la frecuencia, la fuerza, las contracciones del corazón y una disminución de la velocidad de conducción del impulso nervioso (Vila Castillar & Guerra Muñoz, 2009).

Para la medición de actividad cardiovascular: La tasa cardíaca, presión arterial y volumen sanguíneo (Soriano Mas, Gillazo Blanch, Redolar, Torras, & Martinez, 2007).

#### **4.1.9 Frecuencia respiratoria (RSA o SINUS)**

La respiración consta de dos fases, la fase activa y la fase pasiva; la fase activa se da con la contracción del diafragma y los músculos intercostales, hace referencia a inhalar el aire y la fase pasiva depende de la elasticidad pulmonar de cada individuo, hace referencia a la acción exhalar.

La frecuencia respiratoria es el número respiraciones en un tiempo específico de tiempo usualmente se expresa en respiraciones por minuto, a frecuencia respiratoria normal en una persona adulta que se encuentre en reposo varía entre 15 y 20 respiraciones por minuto (Aguayo P. & Lagos T). En situaciones de estrés la frecuencia respiratoria tiende a aumentar y se empieza a tornar mas profunda llevando así mayor cantidad de oxígeno a los músculos (Mendez Tejeda, 2008, pág. 12).

#### **4.1.10 Frecuencia cardíaca (HR)**

La frecuencia cardíaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto. Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero además lo debe hacer a una determinada

presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia (Lopez, 2014), la frecuencia cardíaca de un adulto oscila de 60 a 80 latidos por minuto (Aguayo P. & Lagos T). El aumento de la frecuencia cardíaca es un cambio fisiológico que puede ser generado por estrés (Mendez Tejeda, 2008).

#### **4.1.11 Variabilidad del ritmo cardíaco (HRV)**

El análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco está basado en la frecuencia del ritmo cardíaco, dicha frecuencia no es uniforme, son los componentes periódicos de tal variabilidad del ritmo están compuestos por el influjo de las dos ramas del sistema nervioso, la rama parasimpática y la simpática, la parasimpática produce variaciones de los latidos del corazón que van al compas con la respiración (Martinez Lavine, 2008).

La variabilidad del ritmo cardíaco mide el número de pulsos por unidad de tiempo lo cual se toma en beats por minuto. La variabilidad depende del estado físico así como las actividades que esté realizando. Un estudio demostró como un estímulo sonoro puede alterar dicha variabilidad generando un estado de relajación en las personas es decir disminuyendo el ritmo cardíaco (Ziya Tan, Ozdemir, Temiz , & Celik, 2015).

#### **4.1.12 Método científico experimental**

Este proyecto de grado consta de un método científico experimental, debido a que se cuenta con algunas variables independientes las cuales afectan las variables dependientes del estudio. El método experimental se usa para determinar la causa entre fenómenos, de esta manera conocer si una variable influye sobre otra, por medio de las variables dependientes (respuesta respiratoria, respuesta galvánica, ritmo cardíaco y variabilidad del ritmo cardíaco) sobre las variables independientes (rango de frecuencias).

Hay que tener en cuenta la necesidad de controlar las variables extrañas que puedan afectar las condiciones del estudio (Relación señal a ruido, Nivel SPL), asegurando que los resultados de la investigación no se vean afectados por irregularidades en estas. Este tipo de

método científico experimental se caracteriza por tener como fin ser exacto y objetivo siendo importante un gran control sobre cada una de las variables. Por lo general se hace uso de uno o más grupos experimentales con sujetos participantes y un grupo de control.

Para este trabajo de grado se realiza un experimento con grupos equivalentes, lo cual es consecuente con el tipo de proyecto de investigación que se quiere realizar. Se lleva a cabo la medición a 60 personas, divididas en 4 grupos ya que existen 3 rangos de frecuencia y un grupo de control, cada grupo consta de 15 personas, esto permite tener un mayor control sobre las variables independientes que puedan aparecer a lo largo del desarrollo de la investigación. En el tipo de experimento de grupos equivalentes es necesario seleccionar la muestra de forma aleatoria asegurando que el experimento se lleva a cabo bajo los parámetros reglamentarios,

#### **4.1.13 Desarrollo de la prueba psicológica**

Para la prueba psicológica del siguiente proyecto es necesario realizar un ejercicio que funcione como estresor de esta manera inducir a la persona en un estado de estrés antes de exponerla a los estímulos sonoros que pueden llegar a generar relajación. La prueba primary mental abilities (P.M.A). La cual es abalada por la asociación mundial de psicólogos y probada en distintos sujetos con el fin de reconocer su validez a nivel internacional, se utiliza el factor N de dicha prueba la cual proporciona un pensamiento lógico matemático. (Thurstone, 1938).

#### **4.1.14 Mediciones Fisiológicas**

Medición de parámetros físicos que se representan en el ser humano debido a un determinado estímulo. Para el caso del presente estudio se realiza la medición de cuatro variables fisiológicas específicas: Respuesta Galvánica de la piel (GSR), Variabilidad del ritmo cardíaco (HRV) y la respuesta respiratoria. estas se medirán de forma objetiva y exacta por medio del sistema de poligrafía de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá en la facultad de Psicología (Velasco Vivas & Reyes Rivera, 2014).

#### **4.1.15 Mediciones Psicométricas**

Partiendo de que la psicometría es la disciplina que trata los procedimientos de medición referentes al comportamiento humano (Tornimbeni, Perez, & Fabian, 2008) en psicología. La psicometría busca asignar valores numéricos a particularidades intra e interpersonales, siendo un área fundamental dentro de la psicología.

En este proyecto se realiza una prueba donde la persona puede describir su grado de comodidad en una escala de 1 a 5 donde 1 es su mayor desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, con un total de 3 preguntas donde a la persona se le pregunta cómo se siente en la prueba y así mismo su nivel de relajación. (Tornimbeni, Perez, & Fabian, 2008)

Los resultados psicométricos ayudan a darle un significado a las variaciones de los parámetros fisiológicos y permiten realizar la comparación entre lo que reflejan sus mediciones con lo que las personas creen sentir.

#### **4.2 Marco Normativo**

Los documentos que a continuación se detallan son normativas relevantes para el desarrollo presente estudio y que, por supuesto, se tienen en cuenta en sus correspondientes etapas.

##### **4.2.1 Lineamientos para el Ruido Comunitario, recomendación de la Organización Mundial de la Salud:**

Según los lineamientos para el ruido comunitario presentados por la Organización Mundial de la Salud, el nivel adecuado de exposición a música con audífonos no debe de superar 70dBA durante un periodo de 24 horas o de 85dBA durante un periodo de una hora y en todo caso no debería superar un nivel de 110dBA (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999).

##### **4.2.2 Nivel de sonoridad de acuerdo a la norma ISO 226-2003:**

La normativa ISO 226-2003 “Curvas normalizados de igual sonoridad” empleada en la

post-producción del audio, se aplica para garantizar condiciones uniformes en la percepción de los rangos de frecuencia por parte de los sujetos de experimentación, es necesario ajustar cada uno de los pulsos a una curva de igual sonoridad y realizar la compensación indicada para cada uno de los grupos de estudio.

La norma establece que el rango de edad en el que se presentan estas variaciones estándar, es de 18 a 25 años, debido a que se tienen menos pérdidas auditivas y el sistema auditivo está totalmente desarrollado (Velasco Vivas & Reyes Rivera, 2014).

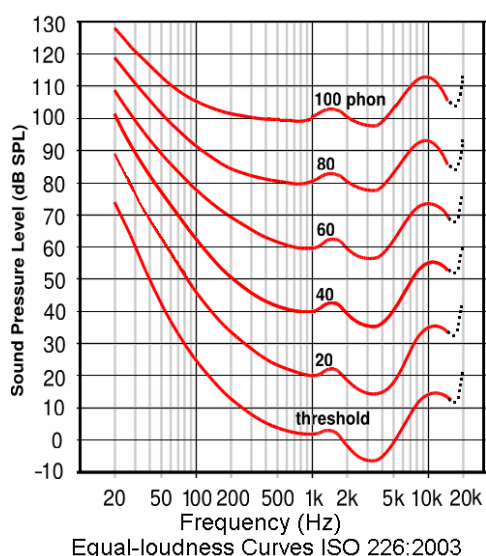


Figura 10. Curvas isofónicas extraídas de la norma ISO 226-2003.

Fuente: Norma ISO 226-20013

**RESOLUCIÓN 6918 DE 2010:** En dicha resolución se explica el procedimiento técnico y metodológico para la medición de recepción de un ruido externo a edificaciones de uso institucional, indicando los parámetros de medición, tiempo de la medición y ubicación del punto de medición.

Así mismo en dicha normativa se explica el cálculo correspondiente la inmisión de ruido o

aporte de la fuente generadora, planteando que los resultados de las mediciones de ruido en aquellos sitios para los cuales el nivel sonoro trasciende al interior de las edificaciones (ruido de inmisión), proveniente de fuentes fijas externas y que no presentan afectaciones por otras fuentes, se tomará como referencia el nivel de ruido de inmisión que es el LAeq, T.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 Enfoque De Investigación**

El enfoque de la investigación es mixto ya que se busca dar resultados numéricos, a través de estadística dando solución a la pregunta problema verificando la hipótesis a partir de la rama de la psicoacústica donde se realiza un estudio interdisciplinario entre la ingeniería de sonido y la psicología y se desea tener un análisis subjetivo donde la persona dará su punto de vista sobre su estado de ánimo. Se evalúa el efecto en los seres humanos al escuchar tres tipos de sonidos haciendo uso de pruebas fisiológicas y psicométricas con el propósito de obtener resultados lo más objetivos posibles.

En el siguiente proyecto de grado se plantea una investigación interdisciplinar el cual consiste en un intercambio recíproco de resultados científicos y el desarrollo de diversas disciplinas. En este caso se realiza un desarrollo científico en cuanto al área de psicología así como a la ingeniería de sonido, además del avance que se puede tener en el área de neurología debido al comportamiento físico a los estímulos sonoros.

Durante el desarrollo de esta investigación los métodos empleados fueron:

- Método científico experimental.
- Producción de la propuesta audiovisual.
- Desarrollo de la prueba psicológica.
- Medición de ruido de fondo.
- Medición de exposición al ruido con audífonos.

- Mediciones fisiológicas.
- Mediciones psicométricas.

## **5.2 Línea de investigación**

El presente proyecto de investigación corresponde a una línea institucional de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, una sub línea de la facultad de Ingeniería y a un campo de investigación específico de la Ingeniería de Sonido.

Línea institucional: Ingeniería

Sub-línea de la facultad: Análisis y procesamiento de señales (APS).

Campo de investigación: acústica y audio

Área de investigación: acústica y psicoacústica.

## **5.3 Técnicas de recolección de información**

Para poder medir si el experimento audiovisual genera un cambio significativo en la relajación de una persona se debe inducir un estado de tensión, para esto se utiliza una serie de operaciones matemáticas planteadas con base a las pruebas PANAS, en primer lugar se le presenta a la persona operaciones de ejemplo para que sepa como responderlas, luego la persona deben responder 20 operaciones matemáticas muy sencillas en un lapso de tiempo muy corto, haciendo que sea humanamente imposible responder correctamente cualquiera de las operaciones y provoque incremento en el estado de tensión.

Los instrumentos utilizados en la recolección de información fueron, medidor de la respuesta galvánica de la piel, frecuencia cardíaca y respuesta respiratoria.

#### **5.4 Población y muestra**

El universo de referencia esta conformado por jóvenes entre 18 y 25 años de edad no fumadores debido a la afectación que esto podría tener en la obtención de resultados en la medición de la frecuencia cardíaca y la muestra son 60 estudiantes de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá, la elección del rango de 18 a 25 años se debe a la norma ISO 226-2003 *Equal-loudness level contours* “Las curvas de igual sonoridad representan el promedio de personas sin problemas otológicos dentro de los límites de edad de 18 a 25 años”, por lo cual este proyecto de grado utiliza el mismo rango de edad. Se mantiene la curva isofónica 80 debido a los niveles de presión sonora utilizados en el análisis de la investigación. La muestra se encuentra dividida en 4 grupos de 15 personas debido a que el número mínimo para un proyecto de investigación de este tipo es de 10 personas y se necesitaba 1 grupo de control, y un grupo correspondiente a cada rango de frecuencias (Frecuencias altas, medias y bajas).

Para la valoración de los resultados se utiliza el método estadístico ANOVA el cual permite evaluar los resultados de dos o más variables permitiendo un análisis de varianza en donde se conocen las diferencias con respecto a cada una de las variables dependientes.

#### **5.5 Hipótesis**

H 1: Cuando el ser humano escucha sonidos de la naturaleza sin filtrado incrementa el estado de relajación.

H 2: Los sonidos de la naturaleza con contenido en frecuencias medias generan mayor incremento en el estado de relajación con respecto a los sonidos de la naturaleza con contenido en baja y alta frecuencia.



## **5.6 Variables**

La proyecto investigación a realizar esta enfocado a un análisis explicativo o causal, donde los estímulos sonoros son las variables independientes del proyecto están relacionadas con las variables dependientes debido a que mediante estímulos sonoros se desea generar relajación, se procede a medir los niveles de relajación por medio de respuesta electro galvánica de la piel, el ritmo cardíaco, la variabilidad del ritmo cardíaco y la respuesta respiratoria a parte de una prueba subjetiva.

### **Variable Independientes**

- Estímulos sonoros

### **Variables dependientes**

- Respuesta fisiológica.
- Respuesta electro galvánica de la piel
- Ritmo cardíaco
- Variabilidad del ritmo cardíaco

## **6 DESARROLLO INGENIERIL**

El proyecto se ha concebido como un trabajo interdisciplinar por abordar diferentes campos de la ingeniería de sonido. Da inició con la planeación del experimento, dicha planeación estuvo guiada por el psicólogo de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá Carlos Gantiva, posteriormente se realizó toda la pre-producción del recurso audiovisual, en donde se grabó el video y el audio de sonidos de la naturaleza en el parque natural Chicaque ubicado en el suroccidente de la sabana de Bogotá, Colombia, se editó tanto el video como el audio para que concordara con los requisitos del experimento, se realizó el filtrado del audio y la edición de video, se caracterizaron los audios finales por medio de espectrogramas y un análisis de frecuencia.

Se realizó el experimento a 60 estudiantes de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá divididos en 4 grupos, los resultados fueron evaluados mediante un programa en MATLAB, el cual era el encargado de analizar cada una de las señales de las respuestas fisiológicas. Posteriormente se le realizó un análisis estadístico ANOVA a los resultados para identificar cambios relevantes o factores que pudieran afectar las conclusión del experimento.

Cabe resaltar que para asegurar que el experimento se realizara en condiciones ideales se efectuaron mediciones de ruido de fondo en la sala, se calibró el nivel de acuerdo a las curvas isofónicas.

A continuación se presenta un diagrama de bloques del desarrollo ingenieril:

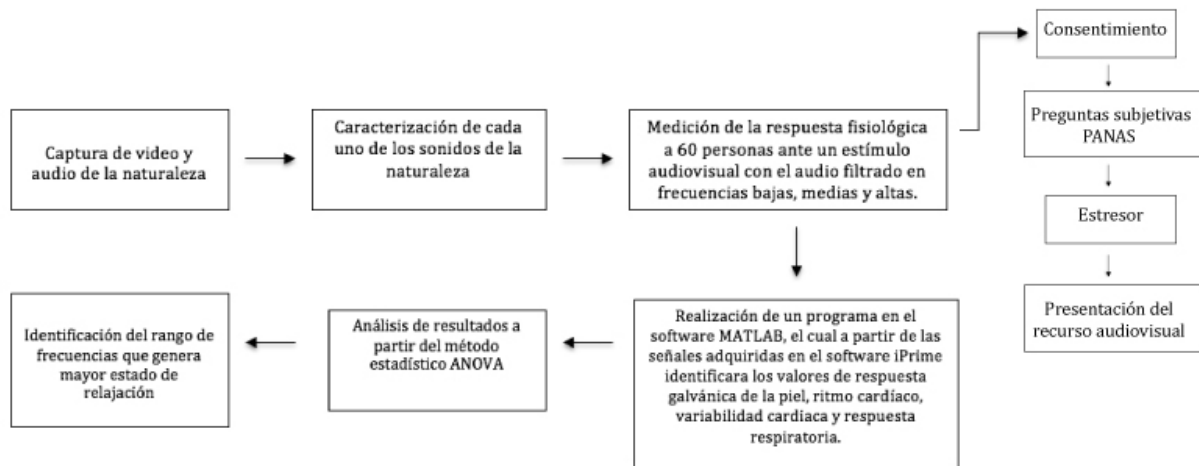


Figura 11. Diagrama de bloques del desarrollo ingenieril

Fuente: Propia

De acuerdo al desarrollo del proyecto de grado *Análisis psicoacústico de la respuesta de ser humano a sonidos de la naturaleza con respecto a los rangos de frecuencia*, se procede a explicar minuciosamente todo el proceso ingenieril acorde con los objetivos específicos planteados. Antes que nada, se presenta a continuación la validez interna del experimento.

## 6.1 Validez Interna del experimento

La validez interna de un experimento se describe como qué tan fiable puede ser la relación causa y efecto de un estudio. Para contar con dicha validez interna se deben controlar determinadas variables que puedan interferir en la obtención de resultados del experimento. Para contar con dicha validez interna y verificar que las mediciones no se vean afectadas, el experimento se realiza bajo las siguientes condiciones:

- El estudio se realiza a 4 grupos, 3 pertenecientes al experimento y un grupo de control en el cual se encuentra el audio base sin ningún tipo de filtrado en frecuencias.
- Equivalencia en los grupos del experimento, control de variables interdependientes como sexo, edad y factores como que ninguna de las personas sometidas al experimento sean fumadores.

*Tabla 1. Descripción de grupo, rango de frecuencias, número de personas, cantidad de hombres y mujeres del experimento.*

Grupo	Rango	Nº Personas	Nº Mujeres	Nº Hombres
Grupo 1	Frecuencias Bajas	15	7	8
Grupo 2	Frecuencias Medias	15	7	8
Grupo 3	Frecuencias Altas	15	8	7
Grupo 4 (Grupo de Control)	Todo el espectro	15	8	7

Fuente: Propia

- Total sujetos del experimento: 60 personas, 30 hombres y 30 mujeres.  
El estudio fue aprobado por el Comité de ética de la Universidad de San Buenaventura, Sede Bogotá y todos los participantes firmaron el consentimiento informado como requisito para participar en la investigación. El estímulo sonoro utilizado no genera ningún daño físico o psicológico (Blumenthal et al., 2005) y toda la información recolectada se

almacenó de forma anónima y confidencial (Gantiva , Guerra, & Vila, 2014).

## **6.2 Producción del recurso audiovisual y su correspondiente caracterización**

El desarrollo de esta sección da cuenta del cumplimiento del primer objetivo específico planteado, tomando una señal acústica conformada por sonidos de la naturaleza que presenten las condiciones similares a la señal de ruido blanco, es decir, poseer igual energía acústica en todo el rango de frecuencias audible por el ser humano. La razón por la cual es necesario obtener una señal de estas características es poder filtrarla en rangos de frecuencias bajas, medias y altas de tal forma que estas señales tengan energía acústica igual y estable, aspecto importante para desarrollar el experimento auditivo con la muestra de estudio.

Para la realización del experimento psicoacústico era necesario la realización de un video con un paisaje de naturaleza que diera la sensación de inmersión al paciente a un ambiente natural con sonidos de la naturaleza. El video se realizó en el parque natural Chicaque ubicado en el suroccidente de la sabana de Bogotá, Colombia, la captura llevada a cabo con una cámara de referencia Canon T3i, la edición del video se realizó en el software Adobe Premier Pro CC, el video tiene una duración de 10 minutos donde se muestra un ambiente de naturaleza desde diferentes planos, un sendero que lleva a una cascada de agua todo el tiempo rodeado de arboles y diversas plantas.

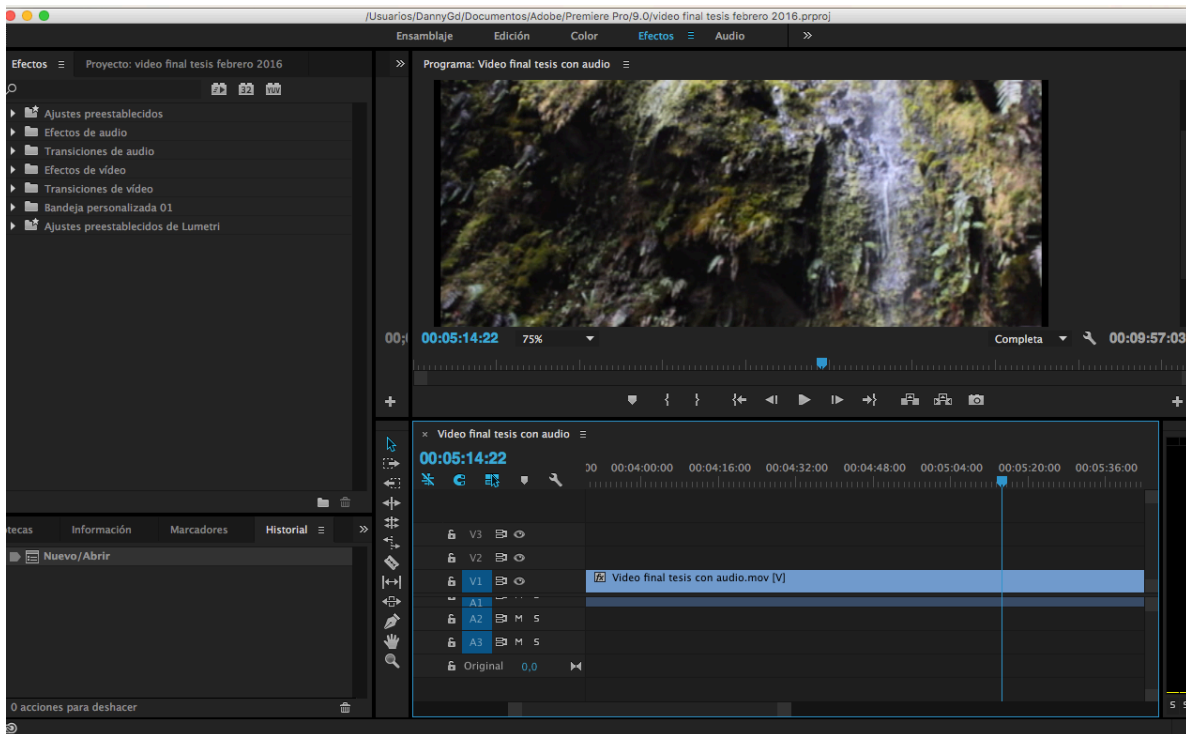


Figura 12. Captura de pantalla de la edición de video en el Software Adobe Premier Pro CC

Fuente: Propia

El audio se adquirió de la librería de audio gratuito freesound, audios WAV a una frecuencia de muestreo de 44100 Hz, era necesario corroborar que los sonidos que se le fueran a aplicar al video no estuvieran filtrados previamente mediante el uso de un analizador de espectro, en este caso se utilizó el plugin de waves Paz frequency. Cabe resaltar que el audio también fue capturado en la grabación del video con una grabadora Zoom H6 , pero debido a que el parque natural Chicaque es un lugar muy concurrido fue imposible utilizar un audio limpio donde no se escucharan las voces del público asistente.

Para el filtrado del audio se utilizó el software Protools 10 HD, en donde por medio de la herramienta de ecualización EQ3 de 7 bandas que incluye el protools se realizó el filtrado correspondiente teniendo como frecuencias de corte 250Hz, 250 a 2KHz y 2KHz. dividiendo el espectro audible en tres rangos correspondientes a frecuencias bajas, medias y altas (Beranek, 1969). El filtrado se configuró con una pendiente de 24 dB por octava

evitando en la menor medida posible que las frecuencias que no correspondían al rango afectaran el audio final.

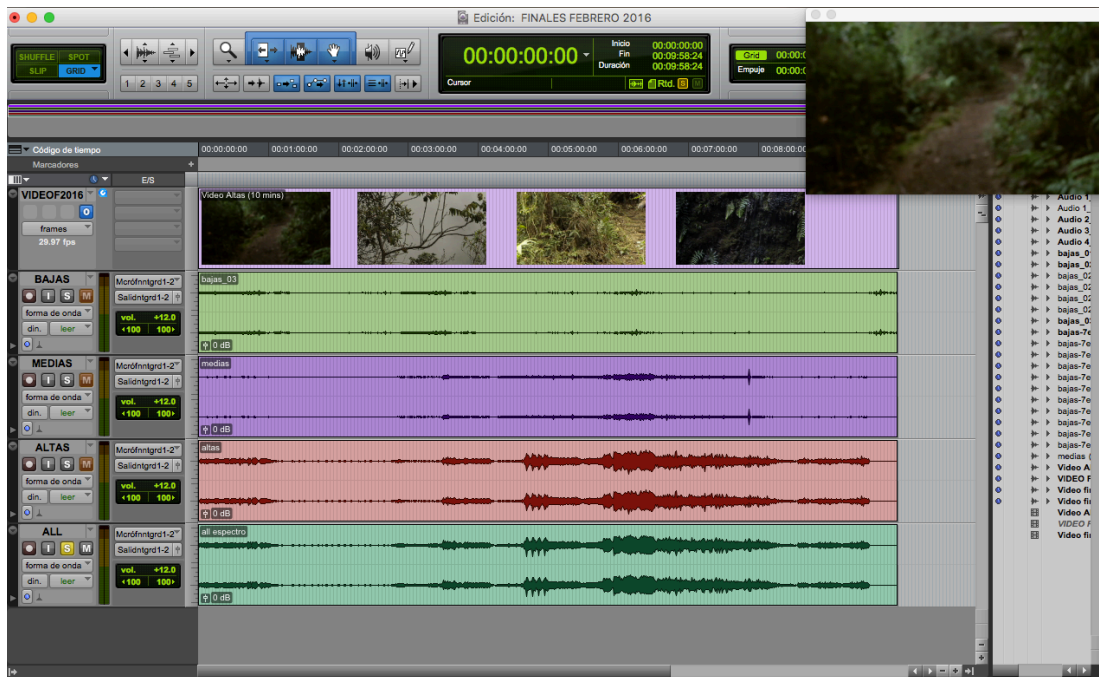


Figura 13. Captura de pantalla de los 4 audios utilizados en el experimento editados en Protools 10 HD

Fuente: Propia

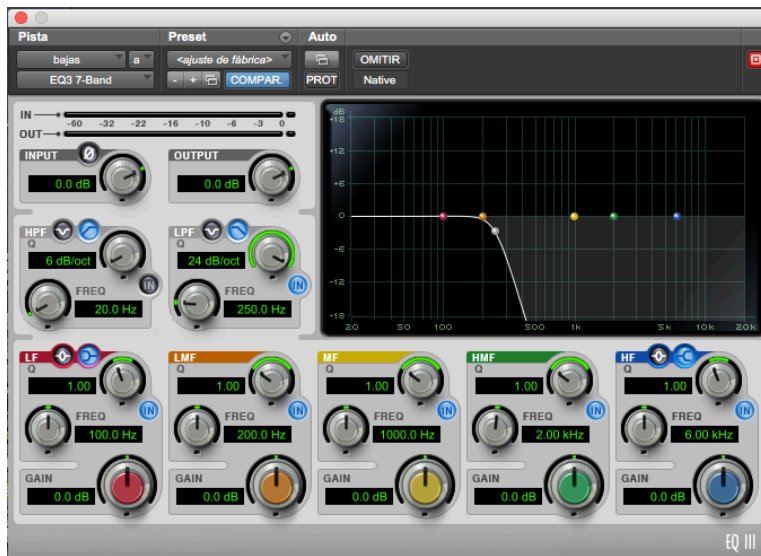


Figura 14. Captura de pantalla de la configuración del ecualizador encargado de filtrar en frecuencias altas

Fuente: Propia

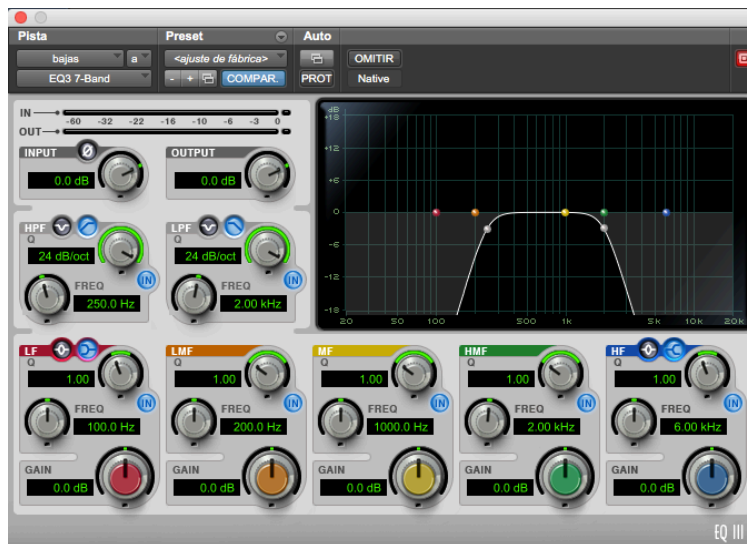


Figura 15. Captura de pantalla de la configuración del ecualizador encargado de filtrar en frecuencias medias

Fuente: Propia

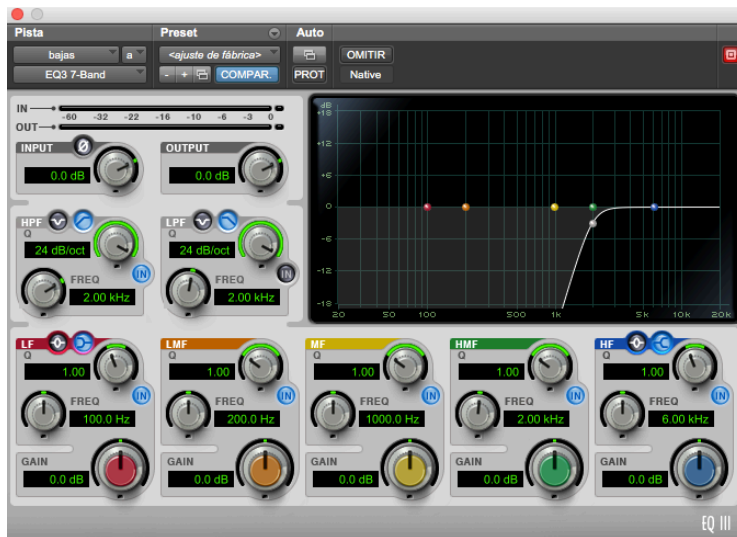


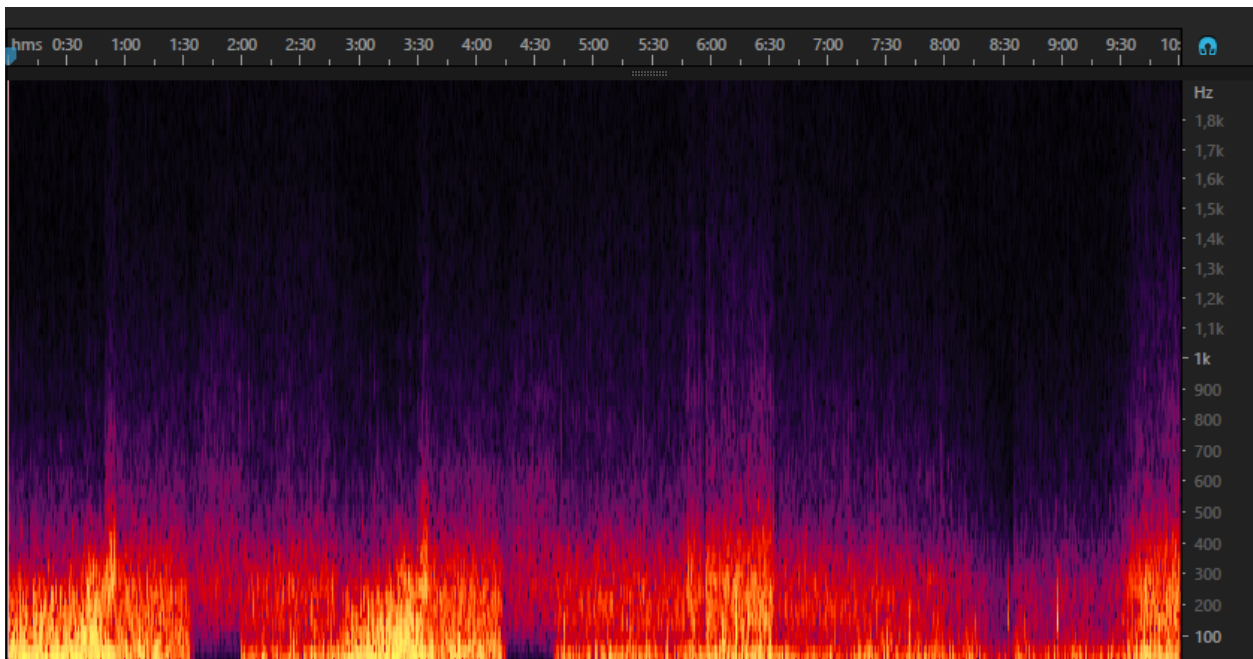
Figura 16. Captura de pantalla de la configuración del ecualizador encargado de filtrar en frecuencias bajas

Fuente: Propia

De acuerdo al primer objetivo específico se presenta a continuación la vista en un espectrograma del programa Sonic Visualiser de cada uno de los audios filtrados, donde además de visualizar el contenido en frecuencias se puede ver la cantidad de energía en el rango frecuencial.

En las siguientes figuras se encuentra frecuencia (eje y) vs tiempo (eje x), la máxima concentración de energía es representada por el color amarillo, la ausencia de energía por el color negro viendo en la transición de de rojo a negro la cantidad de energía en cada uno de los audios.





*Figura 17. Captura de pantalla espectrograma Sonic visualiser del audio filtrado en frecuencias bajas*

Fuente: Propia

Como se puede ver en la Figura 17 a lo largo de los 10 minutos se tiene un contenido en frecuencias por debajo de los 500 Hz, debido al filtrado realizado en la señal de audio hay mayor nivel de frecuencias bajas en los minutos 0:00 a 1:20 y 2:00 y 4:00 minutos de frecuencias entre 20 y 400 Hz mientras que en la parte final resaltan las frecuencias por debajo de los 100Hz.

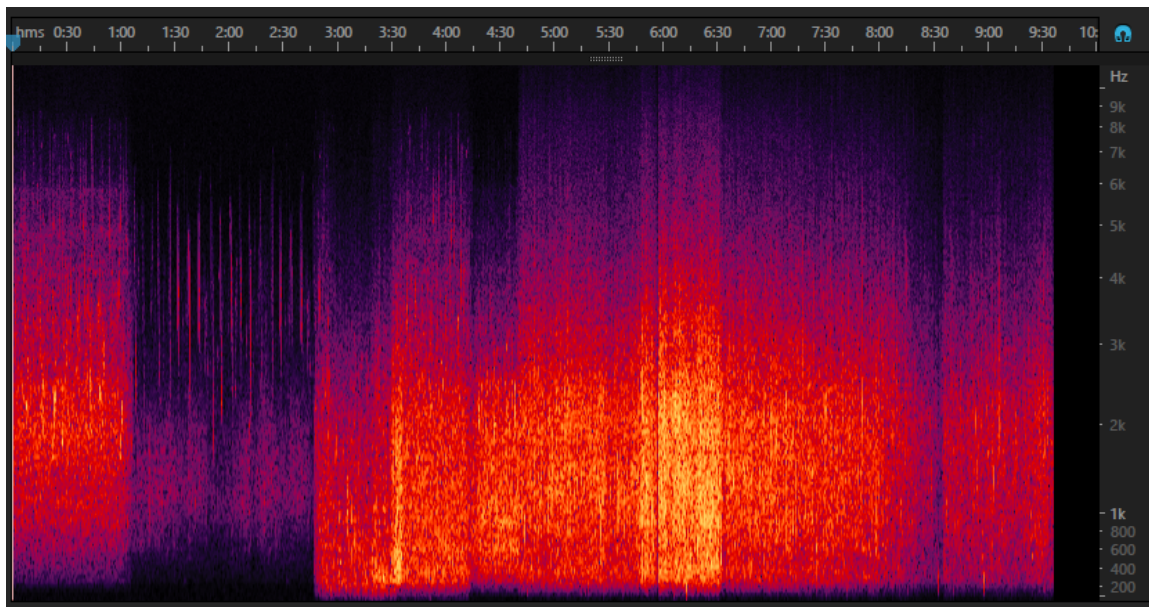
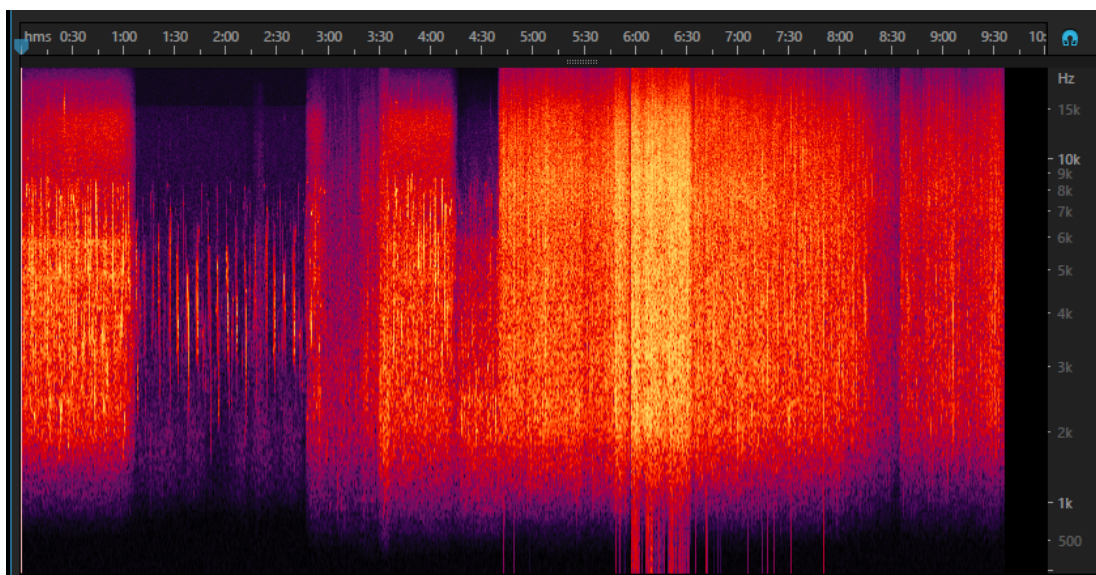


Figura 18. Captura de pantalla espectrograma Sonic visualiser del audio filtrado en frecuencias medias

Fuente: Propia

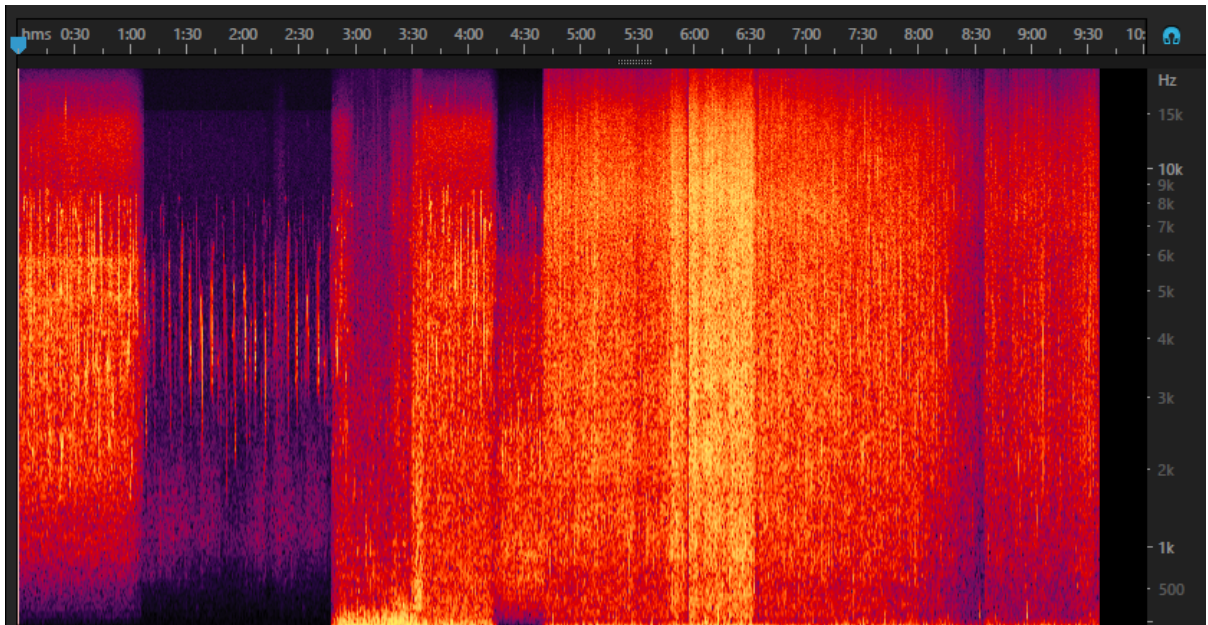
Como se puede ver en la Figura 18 solo se muestran frecuencias entre los 500 y 4k Hz con un contenido del minuto 3 al minuto 8 de frecuencias entre 600Hz y 3K Hz debido al filtrado realizado se nota ausencia de frecuencias medias entre el minuto 1 y el minuto 3.



*Figura 19. Captura de pantalla espectrograma Sonic visualiser del audio filtrado en frecuencias altas*

Fuente: Propia

Como se puede evidenciar en la Figura 19 hay niveles altos en casi todo el tiempo con excepción de fragmento del minuto 1 al minuto 3 con mayor intensidad en el minuto 6 a 6:30 con un rango de frecuencias entre 1k y 20k Hz.



*Figura 20. Captura de pantalla espectrograma Sonic visualiser del audio sin filtrado*

Fuente: Propia

Como es evidente hay un contenido de frecuencias en todo el espectro en especial en el minuto 6 a 6:30 donde se encuentra el sonido de la cascada como era de esperarse en el minuto 1 al minuto 3 mayor concentración de energía en frecuencias medias por esta razón se puede realizar el filtrado para el posterior análisis de frecuencias de los estímulos sonoros

Adicionalmente se muestran cada uno de los audios en un analizador de espectro llamado PAZ- Analizar Stereo del paquete de plug.ins de Waves:



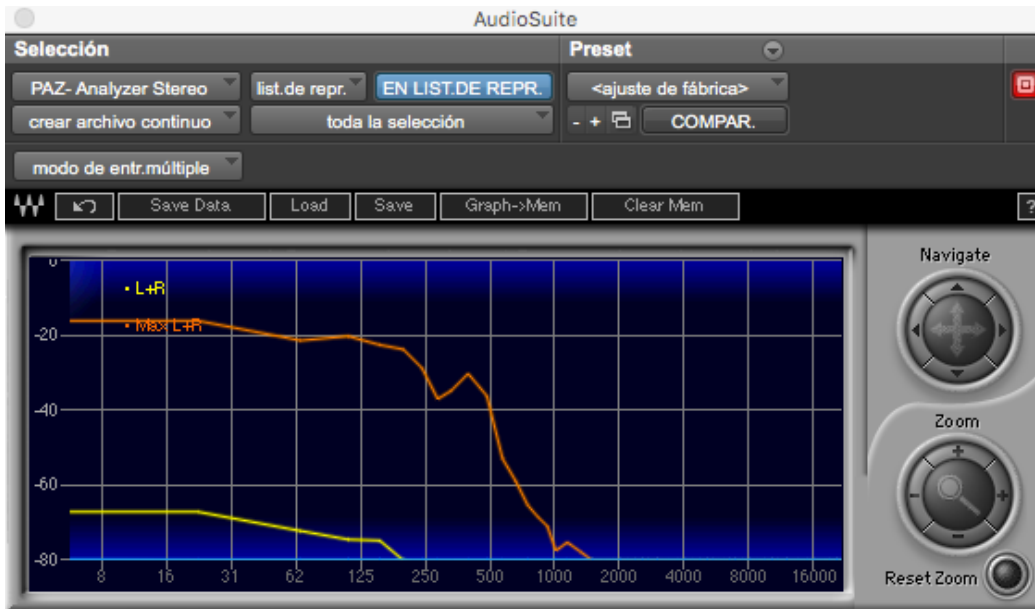


Figura 21. Captura de pantalla Paz-Analyzer Stereo del audio filtrado en frecuencias bajas

Fuente: Propia

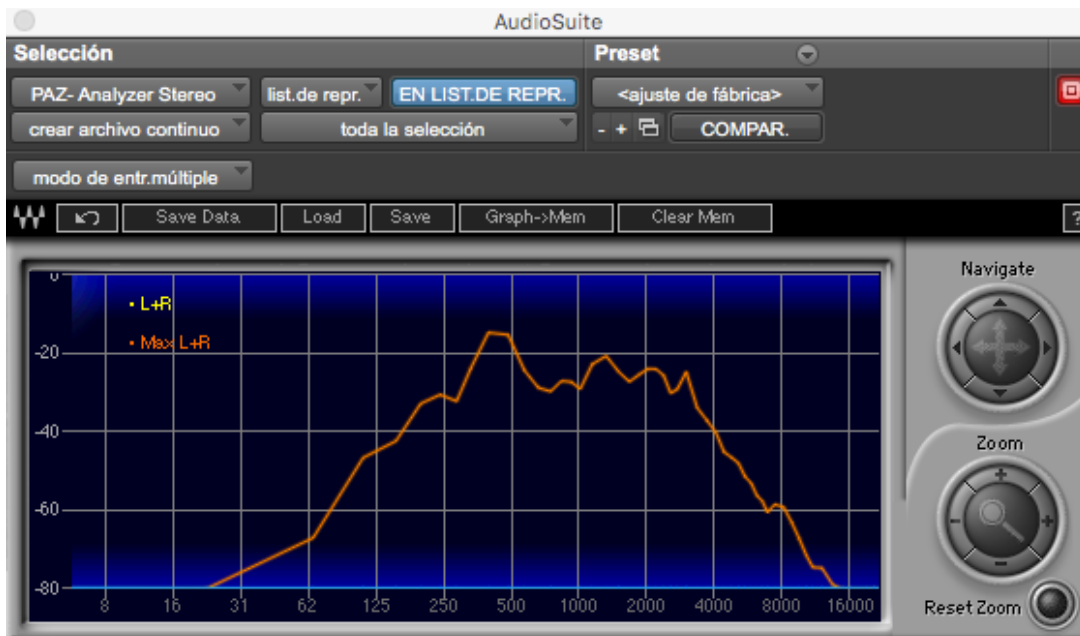


Figura 22. Captura de pantalla Paz-Analyzer Stereo del audio filtrado en frecuencias medias

Fuente: Propia

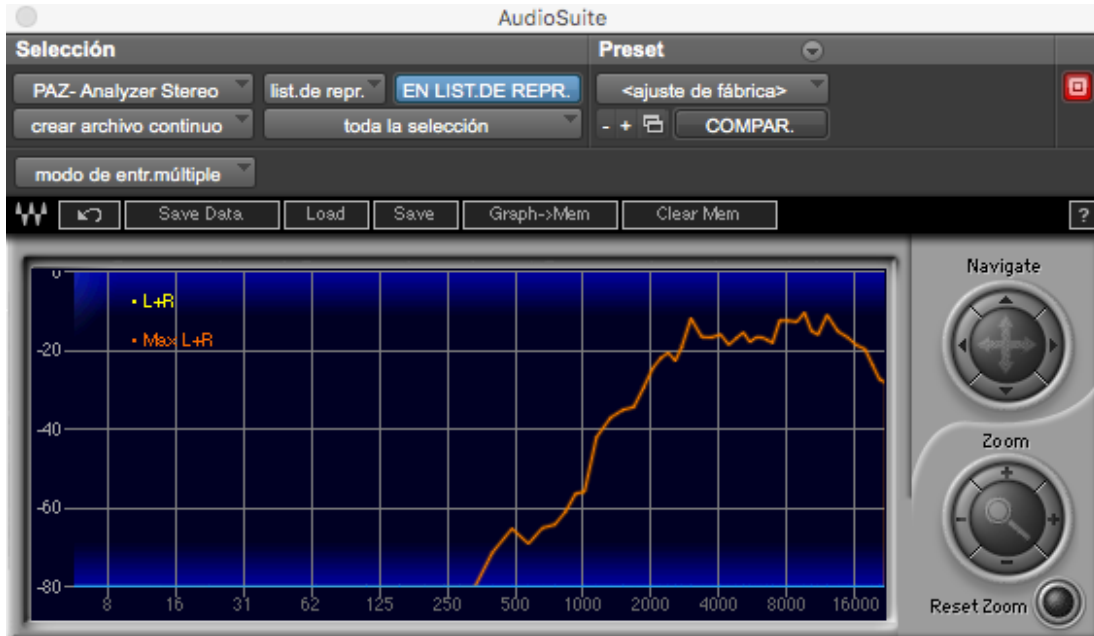


Figura 23. Captura de pantalla Paz-Analyzer Stereo del audio filtrado en frecuencias altas

Fuente: Propia

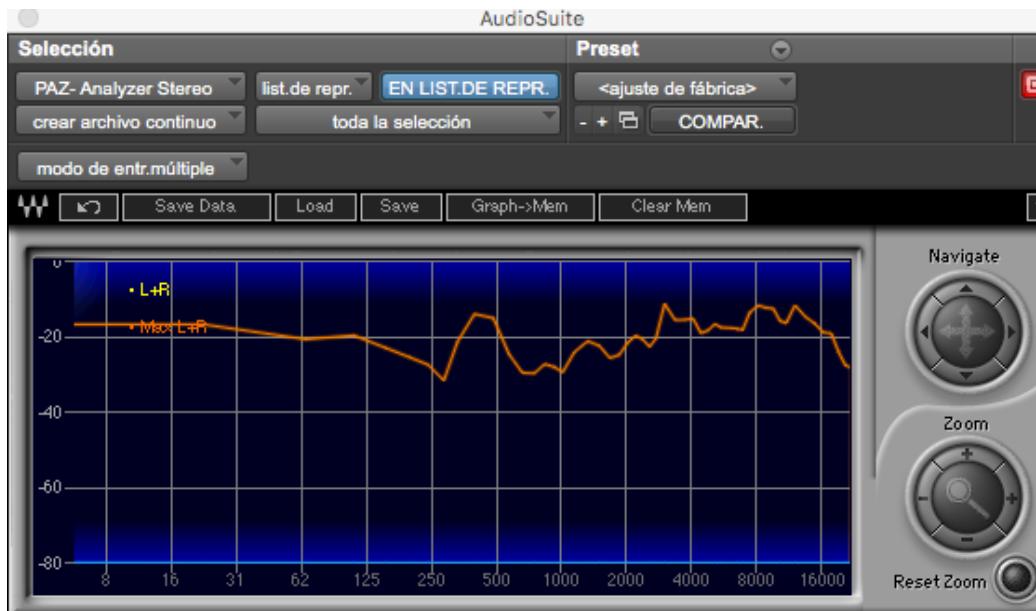


Figura 24. Captura de pantalla Paz-Analyzer Stereo del audio sin filtrado

Fuente: Propia

Es importante resaltar que la división de frecuencias no se encuentra estandarizada, por tanto la elección de los rangos con corte en 250 Hz y 2 KHz se realizó con base a los conocimientos adquiridos en la carrera y a valores comúnmente encontrados en bibliografía (Beranek, 1969).

### 6.3 Mediciones normativas de equipos y recursos físicos usados en el proyecto

Para el presente proyecto es relevante acatar las normativas vigentes concernientes a la exposición de señales acústicas por medio de audífonos, así como también las características en cuanto a ruido de fondo que presentó la sala donde se realizó el experimento. A continuación se detallan los procedimientos de: medición de ruido de fondo, medición de nivel máximo de exposición al ruido con audífonos, medición de sensibilidad de los audífonos y medición de parámetros psicofisiológicos.

### **6.3.1 Mediciones de ruido de fondo**

Para tener un control de las variables en el estudio es necesario tener control del ruido de fondo, por esta razón es necesario realizar una medición acústica la cual garantice una relación señal ruido de al menos 20dB. Se opta por respetar los niveles máximos de la resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en la cual especifica que en la zona de Colegio, Universidades y Centros de estudio e investigación es de 65 dBA. Debido a que esta normativa es colombiana.

#### **6.3.1.1 Protocolo de medición de ruido de fondo**

A continuación se presenta el protocolo utilizado para la medición de ruido de fondo en la sala del experimento junto con los resultados obtenidos de dicha medición.

**Medición de ruido de fondo:** Se realiza la medición de ruido de fondo, como lo plantea la resolución 6918 del 2010 utilizada en Colombia.

#### **Materiales**

- Computador Sony VAIO Intel Core i5
- Sonómetro Svantek SVAN 943B
- Pistófono SV30A
- Trípode
- Cinta métrica

#### **Medición**

1. El sonómetro se ubica en el centro de la sala teniendo una distancia mínima de 0.7 metros de distancia con respecto a todas las superficies reflejantes evitando que las reflexiones tempranas puedan interferir en los datos de la medición.
2. Se configura el sonómetro de acuerdo a lo planteado en la resolución 6918 de 2019.

- Filtro de ponderación frecuencial (A)
- Filtro de ponderación temporal rápida (Fast)
- Nivel de presión sonora equivalente ponderado A – Leq dB(A).
- Tiempo unitario de medida: 15 minutos



*Figura 25. Evidencia fotográfica de la realización de la medición de ruido de fondo de la sala*

Fuente: Propia



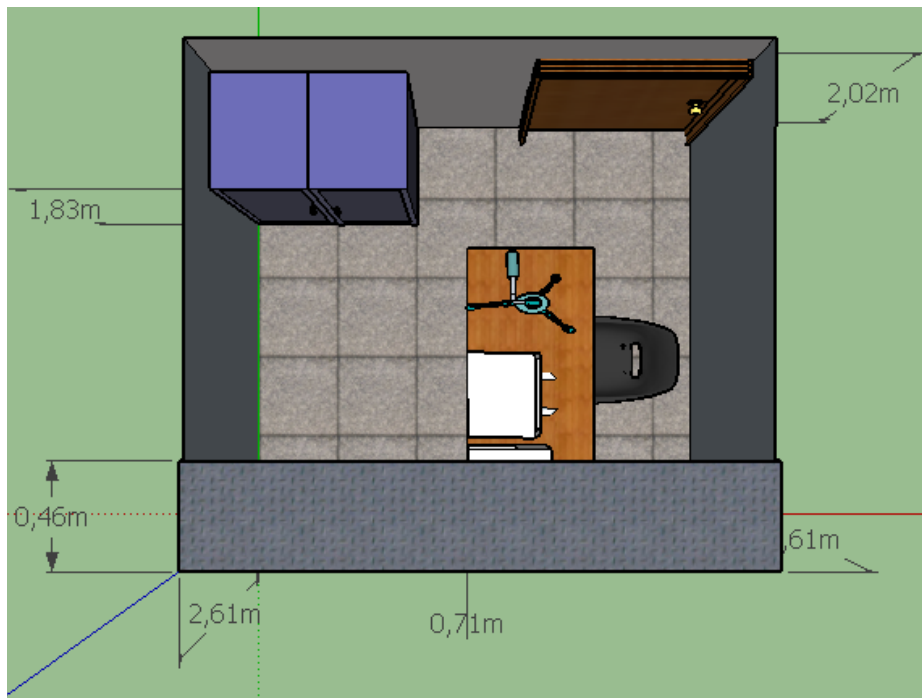


Figura 26. Vista superior de la sala donde se realizó el experimento

Fuente: Propia

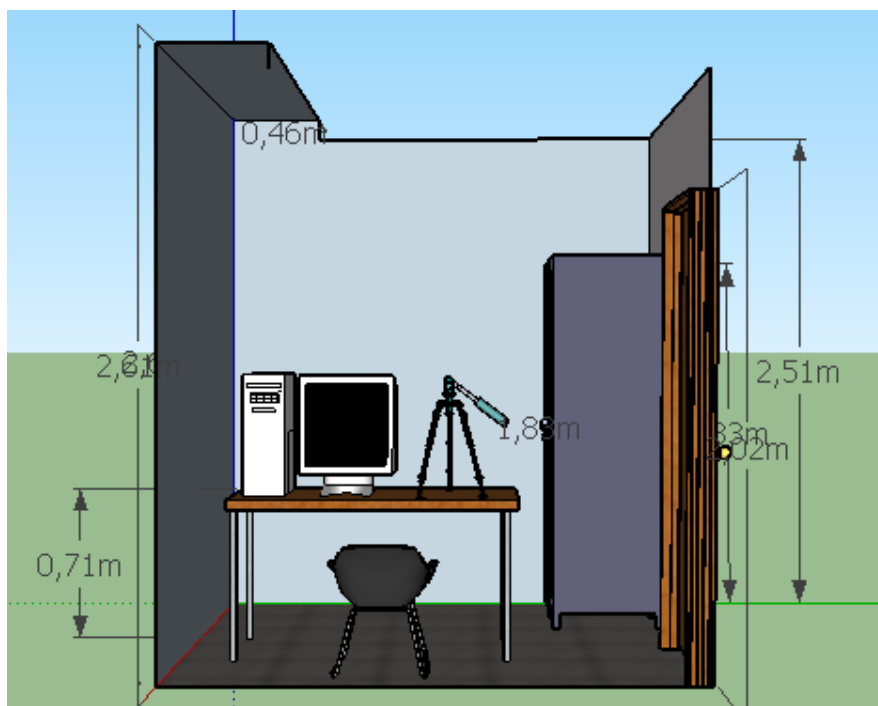


Figura 27. Vista frontal de la sala donde se realizó el experimento

Fuente: Propia

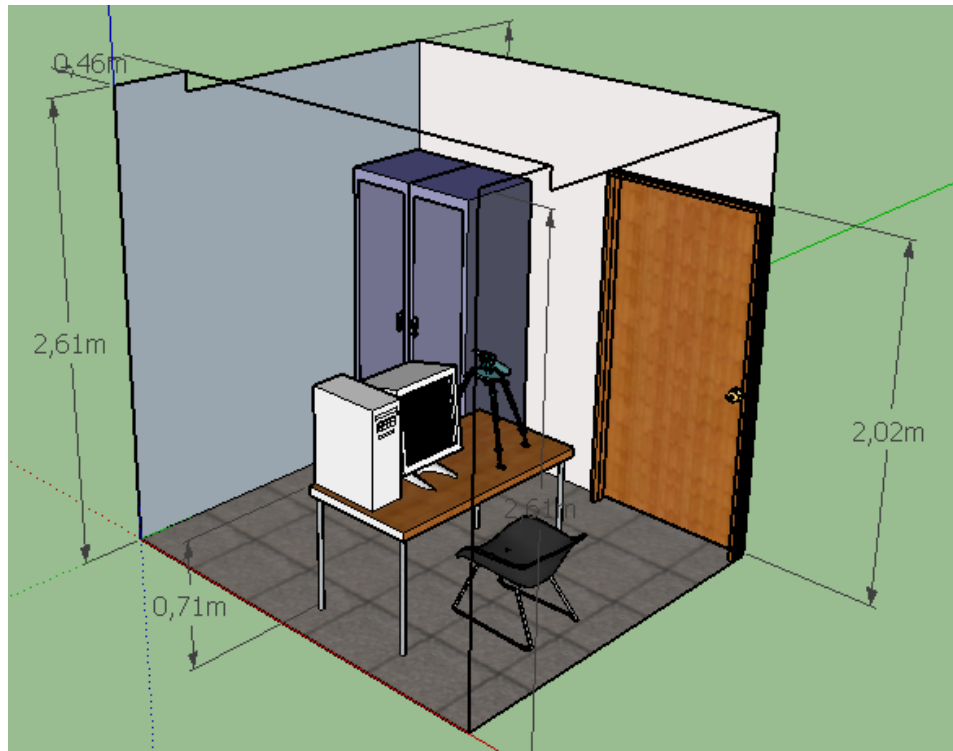


Figura 28. Vista isométrica de la sala donde se realizó el experimento

Fuente: Propia

### 6.3.1.2 Resultados de la medición de ruido de fondo

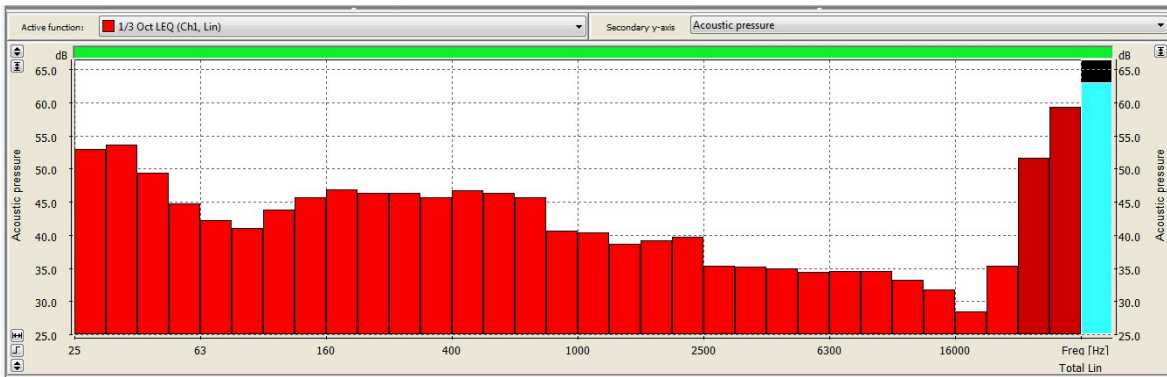


Figura 29. Nivel de SPL por banda de tercio de octava- SVAN

Fuente: Propia

Tabla 2. Niveles de medición de ruido de fondo por tercio de octava

Frequency [Hz]	1/3 Oct LEQ [dB]
25	53
31.5	53,6
40	49,4
50	44,8
63	42,2
80	41
100	43,8
125	45,7
160	46,9
200	46,4
250	46,3
315	45,7
400	46,8
500	46,4
630	45,7
800	40,6

1000	40,4
1250	38,7
1600	39,2
2000	39,7
2500	35,3
3150	35,2
4000	35
5000	34,4
6300	34,5
8000	34,6
10000	33,2
12500	31,8
16000	28,4
20000	35,3
Total A	51,7

Fuente: Propia

Según la medición de ruido de fondo se obtuvo un nivel continuo equivalente de 51,7dB, es decir que el nivel de ruido de fondo es normal sin alteraciones de ruidos externos, los cuales puedan afectar el experimento, y que el nivel al cual estaban sometidas las personas estaba 30 dB por encima de dicho ruido de fondo cumpliendo así con la curva isofónica de 70 Fones.

### **6.3.2 Mediciones de nivel máximo de exposición al ruido con audífonos**

Para el proyecto es revelante saber que el nivel de ruido al que se va a exponer a cada una de las personas no puede superar las recomendaciones de la OMS (Organización mundial de la salud), el cual sugiere no superar 85 dBA durante un periodo máximo de una hora con

audífonos. (OMS, 1997) Se tiene en cuenta que el nivel de ruido de fondo de la sala debería estar al menos 20 dBA por debajo de los 85 dBA a los que se calibra el sistema de reproducción.

#### **6.3.2.1 Protocolo de medición de nivel de presión sonora emitida por los audífonos a partir de su sensibilidad**

##### **Materiales**

- Computador Mac Book Pro
- Cabeza Binaural Dummy Head
- Interfaz
- Audífonos Sony MDR 1RCN

##### **Medición**

Se le colocaron los audífonos a la cabeza binaural, se calibró el nivel de acuerdo a las curvas isofónicas ubicando el nivel lo más cercano por debajo de dicha curva.



*Figura 30. Evidencia fotográfica de la realización de la medición de nivel de presión sonora emitida por los audífonos*

Fuente: Propia

### **6.3.2.2 Procedimiento para la medición de sensibilidad de los audífonos**

1. Conectar el cable auxiliar al computador.
2. Conectar mediante el uso de cables caimán – caimán los audífonos y el cable de línea.
3. Conectar las sondas en los puntos de medición.
4. Reproducir un tono de 1kHz desde el computador.
5. Mediante el uso del osciloscopio medir el voltaje RMS de salida de los audífonos.

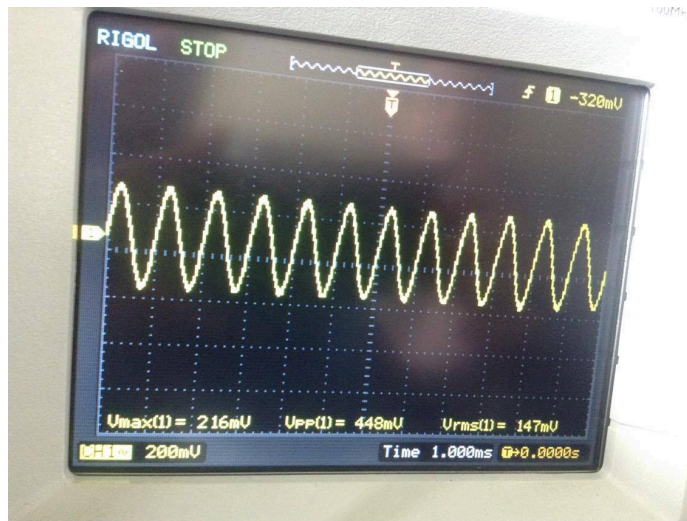


Figura 31. Fotografía medición de sensibilidad – Osciloscopio.

Fuente: Propia

### 6.3.2.3 Resultados de medición de nivel de presión sonora por medio de la sensibilidad del sistema de reproducción

Para el cálculo de la presión sonora por medio de la medición de sensibilidad de los audífonos utilizados en el experimento se utiliza la ecuación de nivel de presión sonora cuya presión de referencia es:  $20 \mu P$ .

$$SPL = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_{ref}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Los cálculos correspondientes son:

1. Hallar la presión correspondiente al nivel de presión sonora haciendo uso del despeje de presión en la ecuación 1.

$$P = \left(10^{SPL/20}\right) 20\mu P \quad \text{Ecuación 3}$$

2. Medir el voltaje en los audífonos.

$$V_{medido} = 147mV$$

3. Se calcula la presión sonora mediante una regla de tres entre la presión según la referencia de los audífonos a 1 voltio y la presión obtenida con el voltaje medido.

Sensibilidad de referencia= 103dB

Presión= 2.825 Pa

Presión a 147 mV= 0.41 Pa

4. Calcular el nivel de presión sonora con la presión obtenida en el paso 3.

$$SPL = 20 \text{ Log } \frac{0.41}{P_{ref}} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$SPL = 86.34 \text{ dB} \quad \text{Ecuación 5}$$

Esta medición se realizó para conocer los niveles de presión sonora expuestos en los audífonos, con lo cual se realizó el mismo procedimiento con el estímulo audiovisual para verificar que los niveles de presión sonora no superen los niveles recomendados en la OMS y así no generar ningún daño auditivo en la persona.

### **6.3.3 Medición de parámetros fisiológicos**

Con razón de cumplir el segundo objetivo específico se procede a explicar el protocolo de la medición de cada uno de los parámetros fisiológicos, el diagrama de conexión y el método estadístico ANOVA para la evaluación de los resultados:



## Diagrama general de conexión del sistema de reproducción

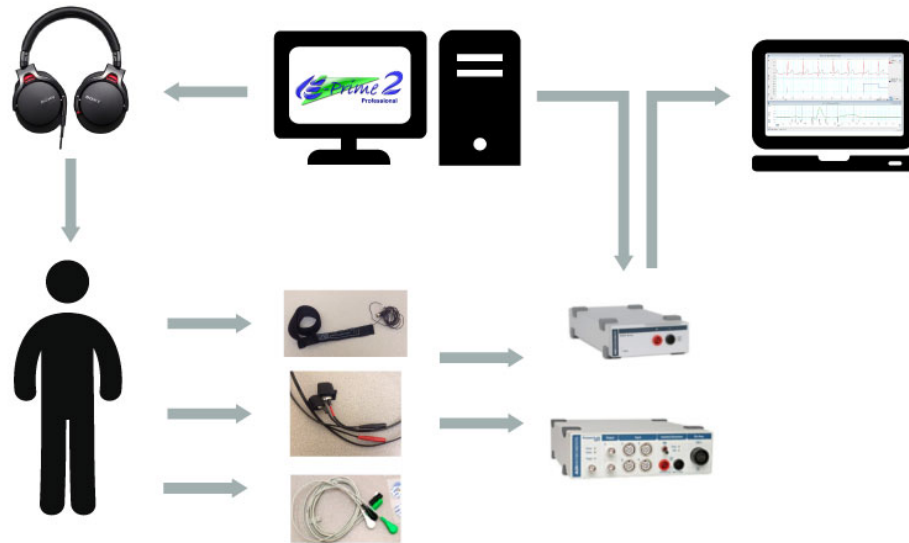


Figura 32. Diagrama general de la conexión utilizada en el experimento.

Fuente: Propia

### 6.3.3.1 Protocolos mediciones parámetros psicofisiológicos

En este proyecto se llevaron a cabo dos mediciones psicofisiológicas: GSR (Galvanic Skin Response) Y ECG (Electrocardiography). El procedimiento efectuado para la medición de estos parámetros fue el siguiente:

1. Se realiza una convocatoria de personas a quienes se les explica de forma superficial el experimento, su duración y en qué consiste.
2. Se ubica a la persona de pie en la sala de medición.
3. Se coloca la banda que mide la frecuencia respiratoria ubicada abajo del pecho de forma que no quede ni tan justa ni tan suelta para la correcta medición.
4. Se le pide a la persona que se retire todos los elementos metálicos que puedan actuar como objetos conductores y así afectar la medición.

5. Se limpia con alcohol la muñeca izquierda y los tobillos internos donde ira conectado el ECG.
6. Se limpia con agua destilada los dedos índice y anular donde será conectada la GSR.
7. Se le pide a la persona que se retire zapatos y medias descubriendo así sus tobillos internos.
8. Se atenúa la luz de la sala y se deja a la persona en la sala, donde posteriormente lee un consentimiento informado y afirma que esta de acuerdo en participar en el experimento.



*Figura 33. Fotografía de la ubicación del sujeto en la sala de medición junto con todo el conexionado correspondiente*

Fuente: Propia

### **6.3.3.2 Protocolo de medición de electrocardiograma ECG**

Para la medición de ECG es necesario llevar a cabo el siguiente procedimiento, el cual garantice la toma de datos correcta.

- Se le pide a la persona dejar expuestos sus tobillos internos y su muñeca izquierda.

- Mediante el uso de una gaza con alcohol se procede a limpiar los lugares donde irán ubicados los electrodos, es decir, la muñeca izquierda y los dos tobillos internos.



*Figura 34. Fotografía de donde se debe limpiar y conectar el GSR (muñeca izquierda y tobillos internos)*

Fuente: Propia

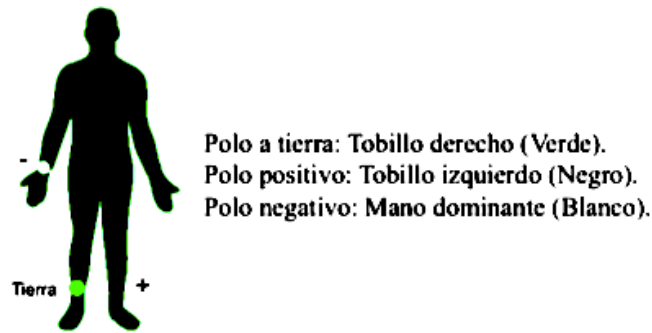


*Figura 35. Fotografía de donde se debe limpiar y conectar el GSR (muñeca izquierda y tobillos internos)*

Fuente: Propia

- Se ubican los 3 electrodos correspondientes de acuerdo a cada uno de los canales , polo positivo, negativo y tierra.

La ubicación de los electrodos se realiza de acuerdo a la Figura 26:



*Figura 36. Ubicación de los electrodos en el sujeto*

Fuente: departamento ciencias fisiológicas.

- Se verifica que la señal este llegando de forma correcta, es decir que la señal se encuentre limpia sin ruidos.
- Se da inicio al programa introduciendo edad, sexo y grupo al que pertenece cada sujeto.
- Inicio del experimento.
- Finalización del experimento y retiro de los electrodos.

### **6.3.3.3 Protocolo de medición de la respuesta galvánica de la piel –GSR**

Para llevar a cabo la medición de la respuesta galvánica se debe contar con los siguientes materiales y llevar a cabo el procedimiento explicado minuciosamente a continuación:

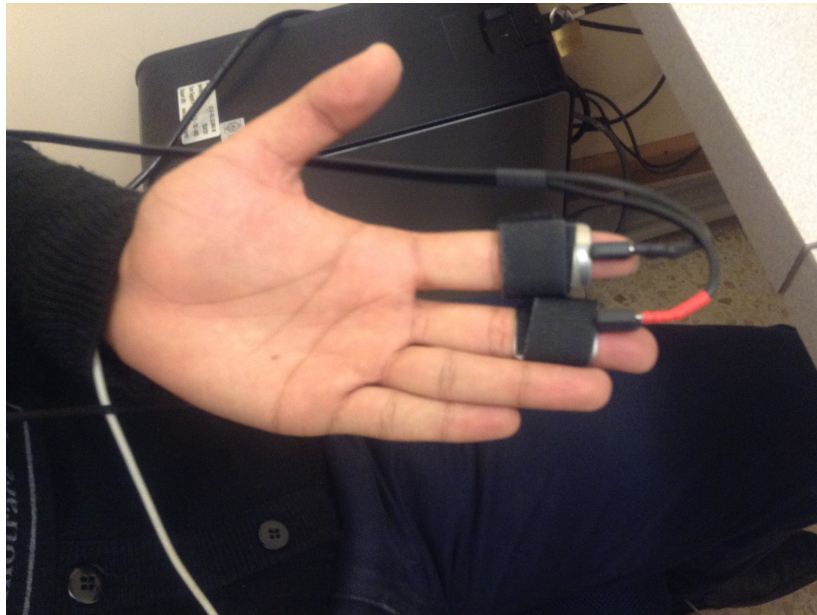
#### **Materiales**

- Sistema de poligrafía de ADinstruments compuesto por Data Recording Unit + Dual BioAmp Powerlab 26T, conectado a un computador con el software Iprime.
- Electrodo
- Agua destilada

- Gaza

### **Procedimiento para la medición de GSR**

- Se realiza la medición de línea de base del GSR sin conectar al sujeto
- Se pide a la persona dejar descubierta su palma izquierda.
- Se humedece la gaza con agua destilada.
- Se limpia la zona del dedo índice y anular donde ira ubicado el medidor de GSR.
- Se colocan los medidores de GSR en los dedos índice y anular.



*Figura 37. Ubicación de los medidores de GSR en los dedos índice y anular de la mano izquierda.*

Fuente: Propia

- Se verifica la entrada de la señal, que esta no contenga ruidos y se presente una señal limpia y clara.

#### **6.3.3.4 Procedimiento frecuencia respiratoria**

- Se ubica a la persona de pie y se le pide que levante los brazos.



- Se ubica la banda medidora de frecuencia respiratoria justo abajo del pecho de forma que no quede ni muy justa ni muy suelta.



*Figura 38. Ubicación de la banda medidora de frecuencia respiratoria.*

Fuente: Propia

- Se verifica el estado de la señal confirmando que se encuentre bien conectado y que la señal no se va a ver afectada por ningún movimiento brusco.

#### **6.3.4 Método estadístico**

Para el análisis de resultados de las mediciones del experimento se utiliza el método estadístico ANOVA como fue planteado en el segundo objetivo de este proyecto de grado. La técnica del Análisis de la Varianza (ANOVA o AVAR) es una de las técnicas más utilizadas en los análisis de los datos de los diseños experimentales. Se utiliza cuando se quiere contrastar más de dos medias (Tamayo, 2013).

El ANOVA es un método muy flexible que permite construir modelos estadísticos para el análisis de los datos experimentales cuyo valor ha sido constatado en muy diversas

circunstancias. Básicamente es un procedimiento que permite dividir la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes, cada uno de los cuales puede ser atribuido a una fuente (variable o factor) identificable (Tamayo, 2013).

Para la evaluación de los resultados se opta por un ANOVA mixto para medidas repetidas 4x4x2 teniendo en cuentas las variables del experimento más la variable por sexo.

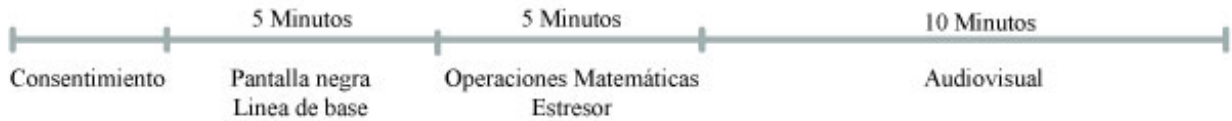
**Variabes independientes o intersujeto:** 4 grupos de estudio.

**Variabes dependientes o intrasujeto:** 4 Métodos de medición objetiva, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, respuesta galvánica de la piel y variabilidad del ritmo cardíaco.

#### **6.4 Evaluación de los resultados en la medición de parámetros fisiológicos**

De acuerdo al segundo objetivo se presentan los resultados de las mediciones de frecuencia cardíaca, respuesta galvánica de la piel, frecuencia respiratoria y variabilidad de la frecuencia cardíaca.

En la siguiente línea de tiempo se explican los tiempos y el procedimiento llevado a cabo en la prueba, la cual consta primeramente del consentimiento informado, la persona no tiene un tiempo limite para responder a dicho consentimiento, posteriormente se muestra en la pantalla una pantalla negra durante 5 minutos, la cual mide la línea de base en la que se encuentra la persona, los siguientes 5 minutos se le presentan a la persona 20 operaciones matemáticas las cuales debe resolver en un tiempo determinado, estas operaciones se realizan con base al PANAS, pruebas utilizadas como estresor para así reproducir el recurso audiovisual respectivo de cada grupo, el cual tiene una duración de 10 minutos debido a que tanto el estresor (Pantalla negra y operaciones matemáticas) como el recurso audiovisual que tiene como objetivo relajar deben tener la misma duración.



*Figura 39. Línea de tiempo del experimento realizado.*

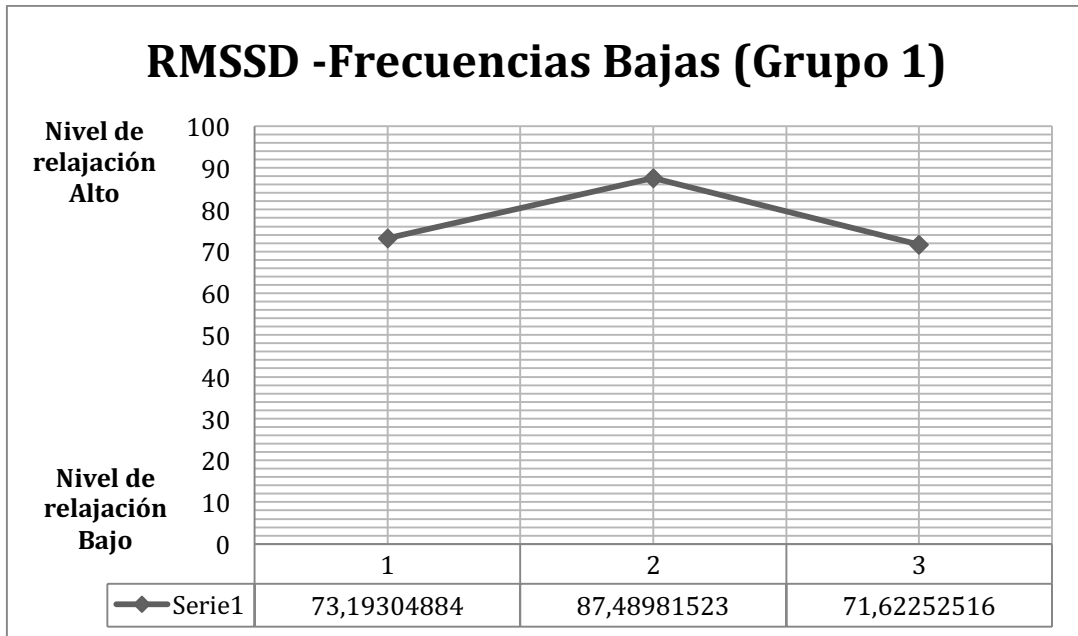
Fuente: Propia

En la siguientes Figuras se muestran las mediciones de RMSSD, SDNN, HR, GSR y SINUS en tres momentos siendo 1- Línea de base, 2 - Estresor, 3 – Audiovisual de los 4 grupos respectivamente.

Cabe resaltar que los resultados presentados a continuación se encuentran sin las correcciones de estadística, aun así dan una idea general de los resultados del experimento.

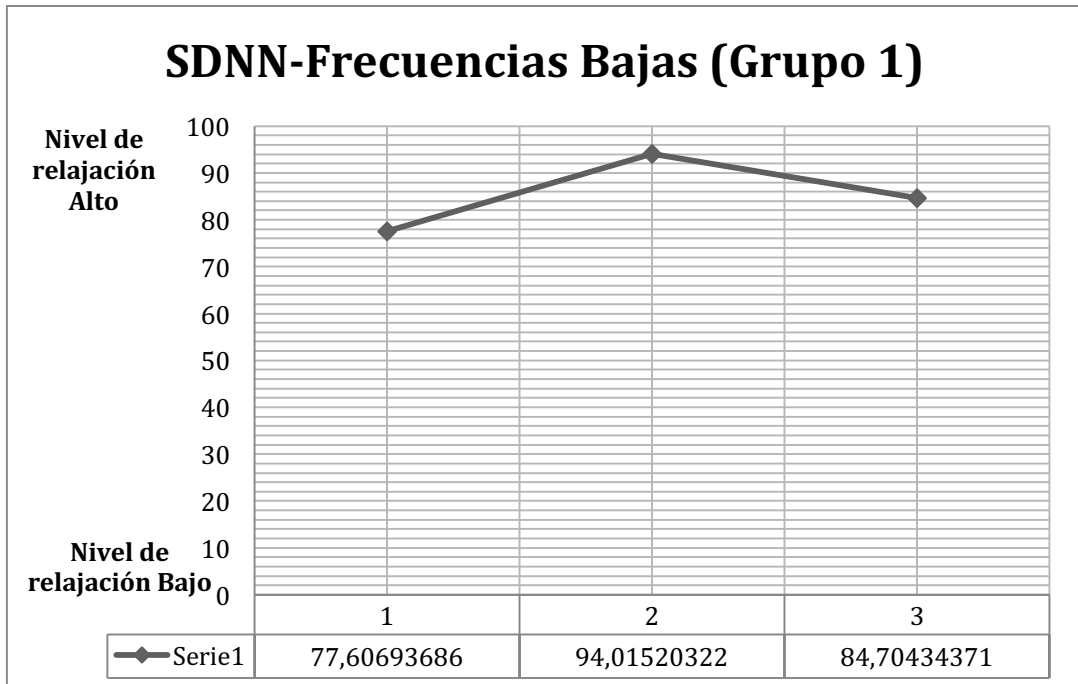
#### **6.4.1 Frecuencias Bajas – Grupo 1**





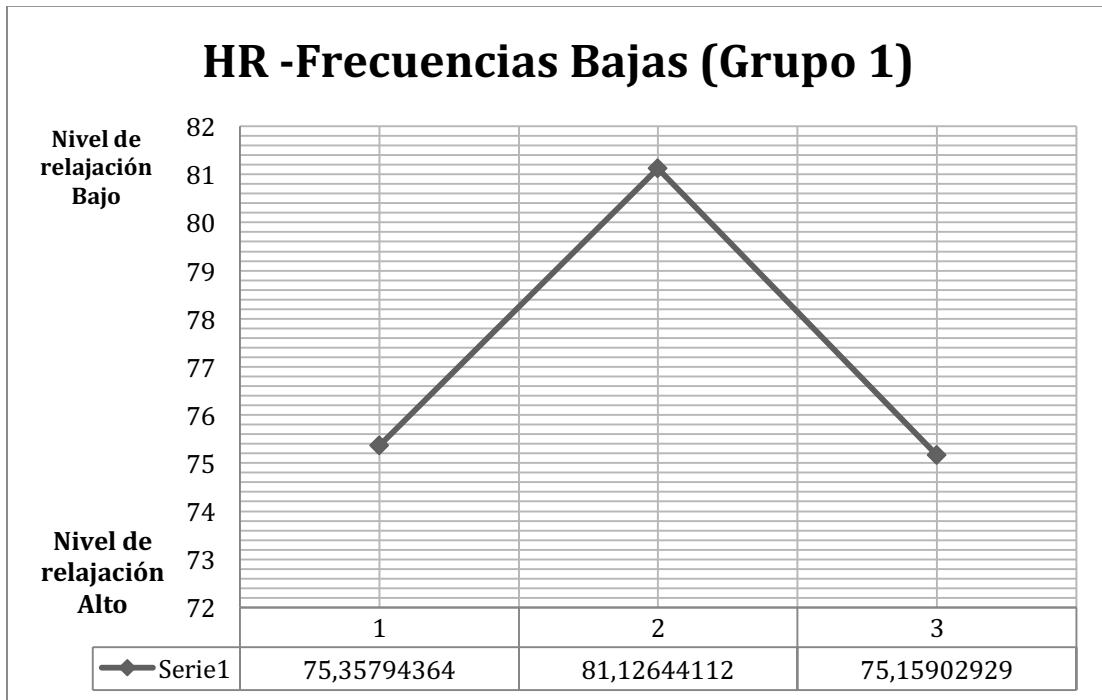
*Figura 40. Nivel RMSSD – frecuencias bajas*

Fuente: Propia



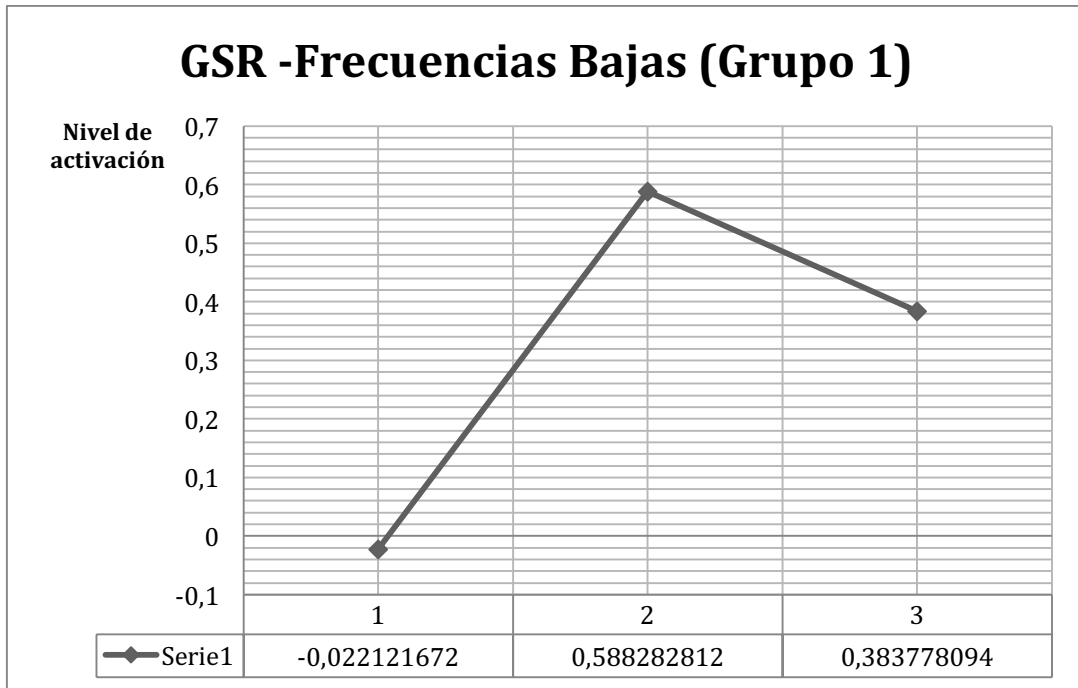
*Figura 41. Nivel SDNN – frecuencias bajas*

Fuente: Propia



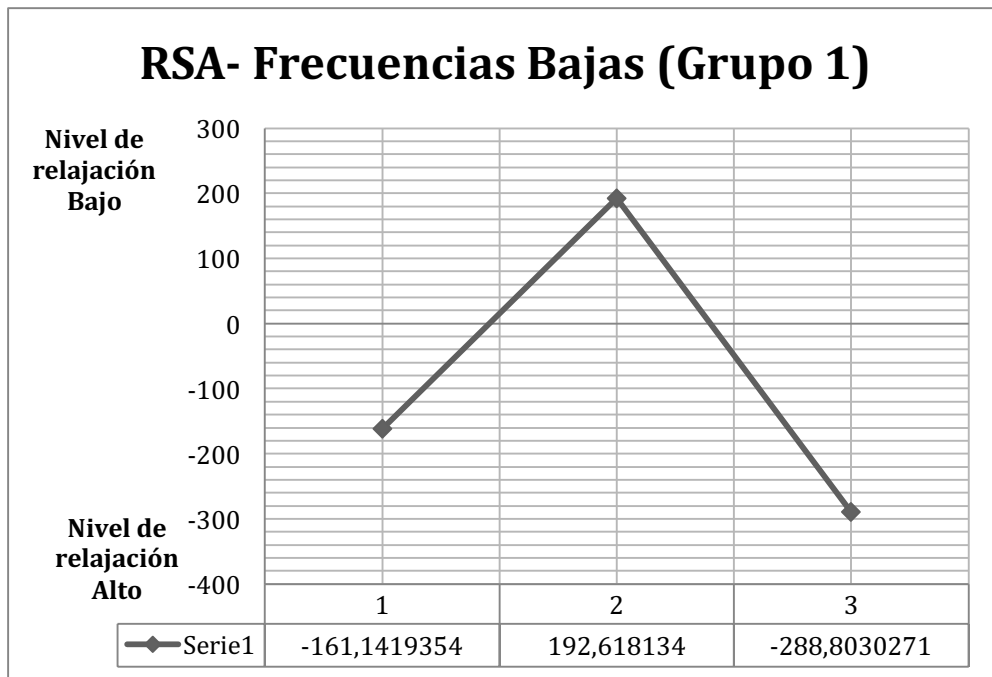
*Figura 42. Nivel HR – frecuencias bajas*

Fuente: Propia



*Figura 43. Nivel GSR – frecuencias bajas*

Fuente: Propia



*Figura 44. Nivel Respuesta respiratoria – frecuencias bajas*

Fuente: Propia

Con respecto a los resultados de RMSSD mostrados en la Figura 40 se puede identificar que la variabilidad del ritmo cardíaco tiene un aumento en las fases de línea de base y en la presentación del audiovisual con respecto a la fase de estrés donde dicha variabilidad disminuyó. Esto se debe al promedio de los resultados donde las personas con mayor nivel de tensión afectaron los resultados con menor nivel, en la SDNN la cual es una medida de variabilidad de ritmo cardíaco más precisa que la de RMSSD se puede notar que la variabilidad del ritmo cardíaco fue mayor en la fase de línea de base disminuyó en la fase de estrés y aumento pero en menor medida con respecto a la RMSSD en la fase del audiovisual.

En la respuesta del ritmo cardíaco ubicado en la Figura 42 se muestra un aumento en la fase de estrés como era de esperarse (Bernston, Quigley, & Lozano, 2010), la tensión disminuye con respecto a la línea de base de la fase 1.

Ya que la GSR es una medida de activación, en la fase 2 y fase 3 se presenta activación en el sujeto con respecto a la línea de base, es decir, que la persona varía su reacción a los dos estímulos, estresor y audiovisual.

La RSA muestra una variación entre el estrés y el estímulo audiovisual mostrando un mayor nivel de relajación en la línea de base y el estímulo audiovisual con respecto a la fase de estrés.

#### **6.4.2 Frecuencias Medias – Grupo 2**

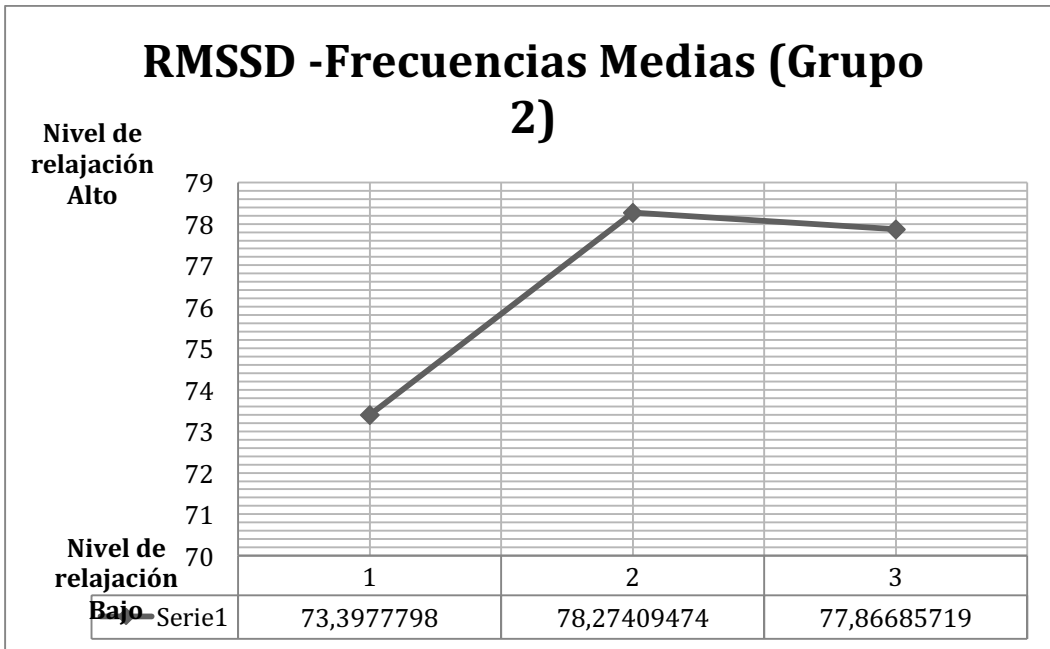


Figura 45. Nivel RMSSD – frecuencias medias

Fuente: Propia

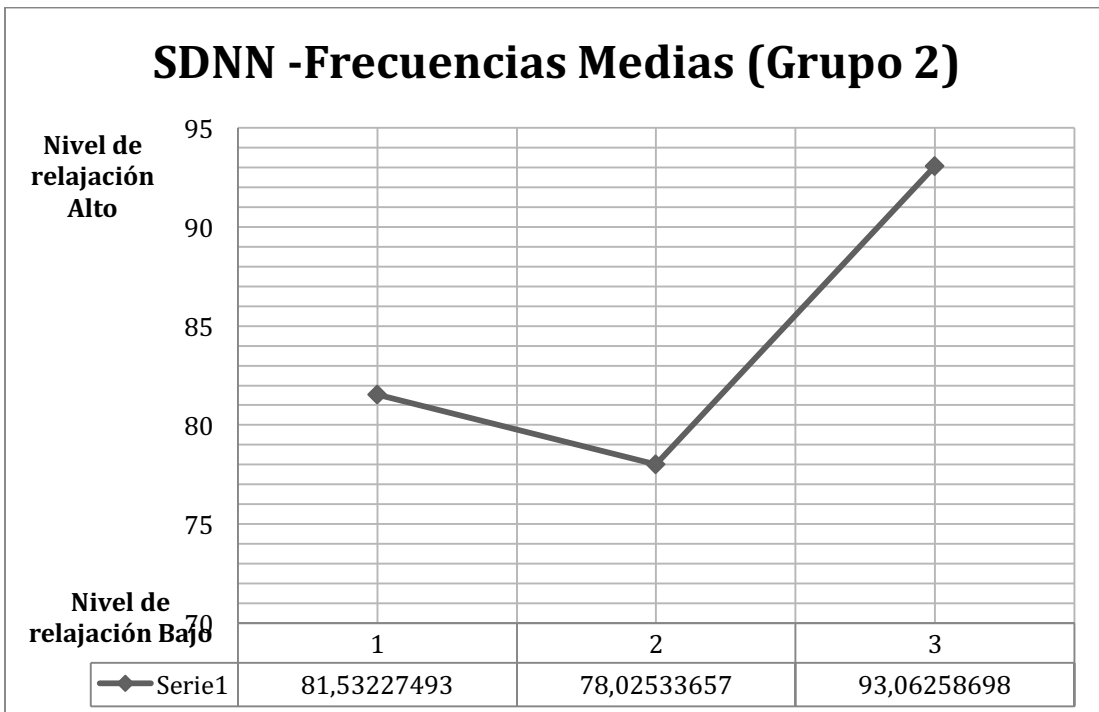
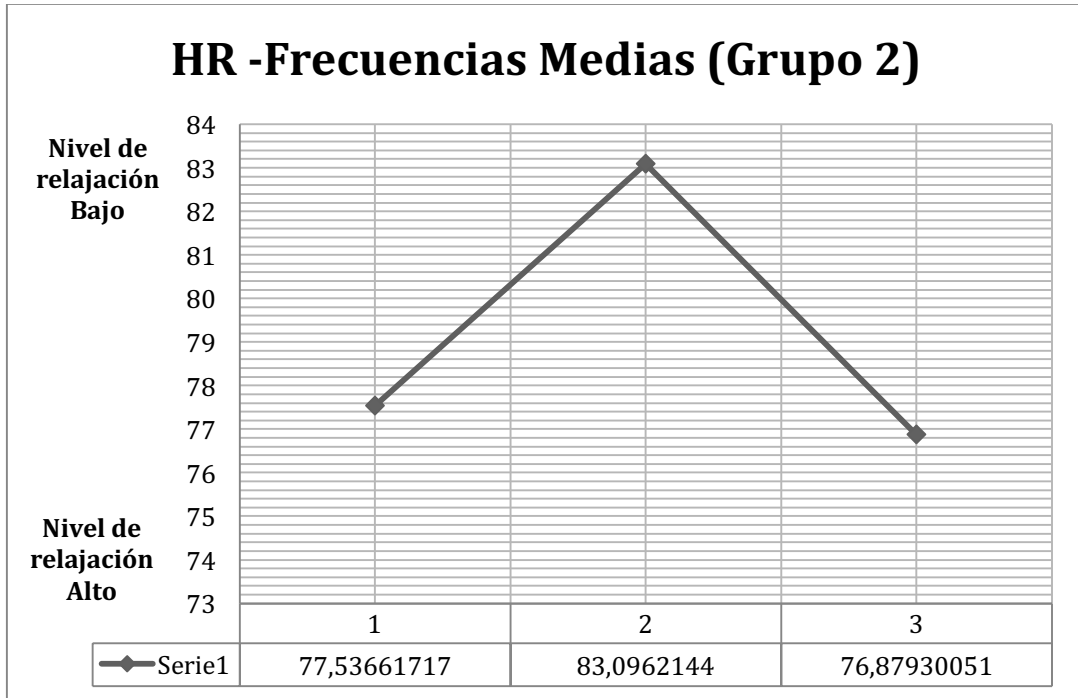


Figura 46. Nivel SDNN – frecuencias medias

Fuente: Propia



*Figura 47. Nivel HR – frecuencias medias*

Fuente: Propia

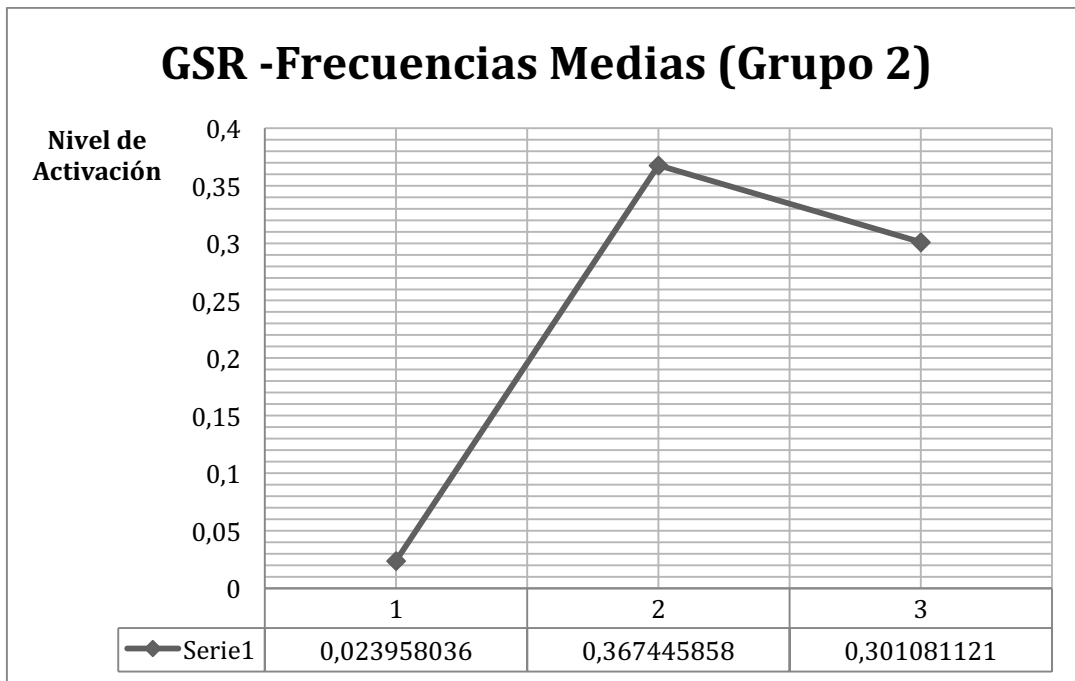


Figura 48. Nivel GSR – frecuencias medias

Fuente: Propia

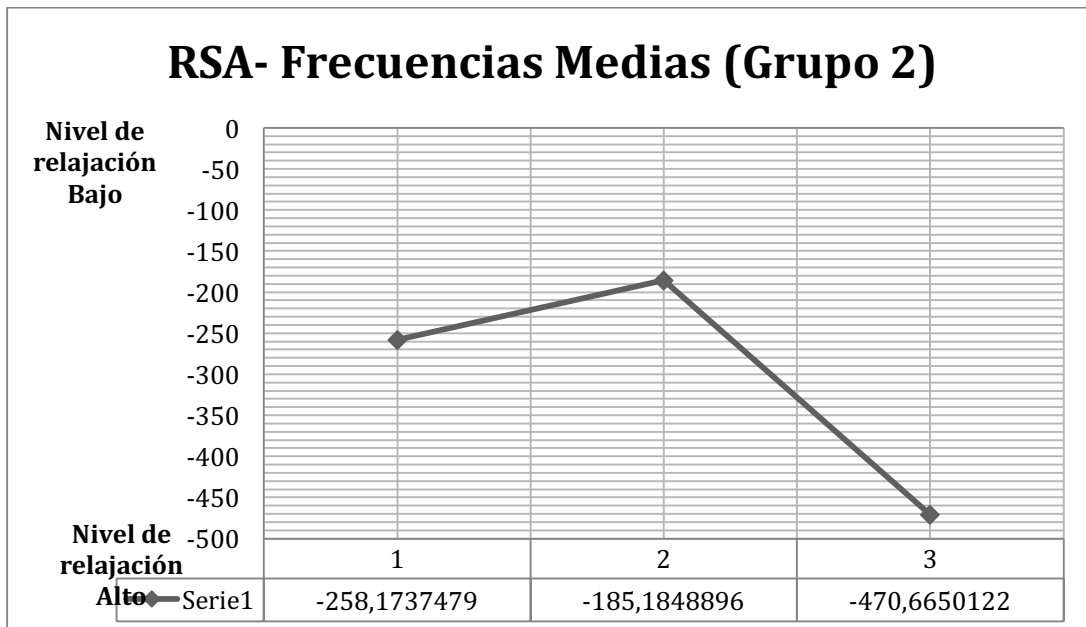


Figura 49. Nivel SINUS – frecuencias medias

Fuente: Propia

En las frecuencias medias los resultados de la RMSSD mostrados en la Figura 45 no muestran cambios considerables en las tres fases. En la respuesta SDNN, Figura 46, los resultados arrojan que en la fase del audiovisual los sujetos presentaron un nivel de relajación considerable con respecto a los dos fases restantes.

La Figura 47, la cual muestra los resultados del ritmo cardíaco muestra como los sujetos mostraron nivel de relajación mayor en la fase del audiovisual con respecto a la fase de línea de base y de estrés.

El GSR mayormente en la fase de estrés como es de esperarse, así mismo el sujeto muestra activación en la fase del audiovisual con respecto a la línea de base al principio del experimento.

Es evidente que la RSA muestra mayores niveles de relajación en la fase del audiovisual tal como se muestra en la Figura 49.

### 6.4.3 Frecuencias Altas – Grupo 3

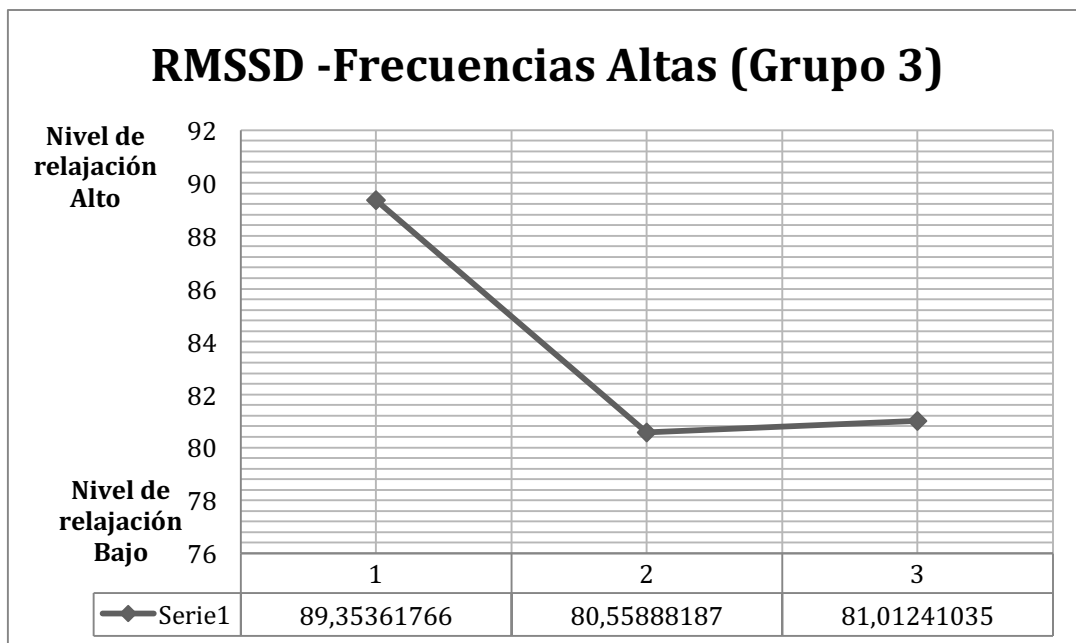


Figura 50. Nivel RMSSD – frecuencias Altas



Fuente: Propia

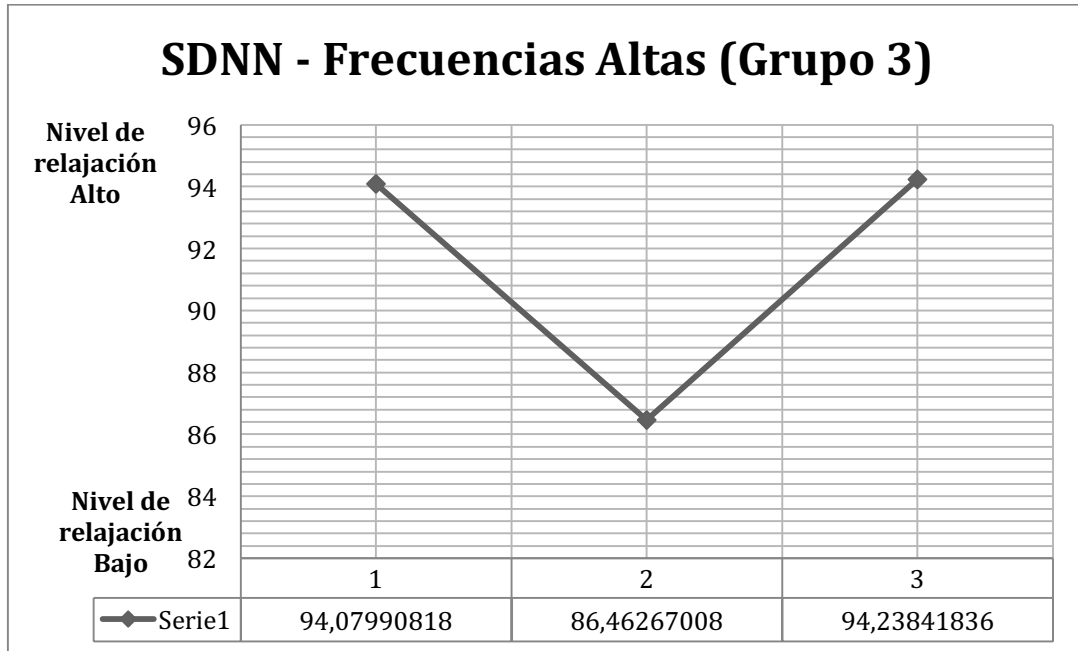
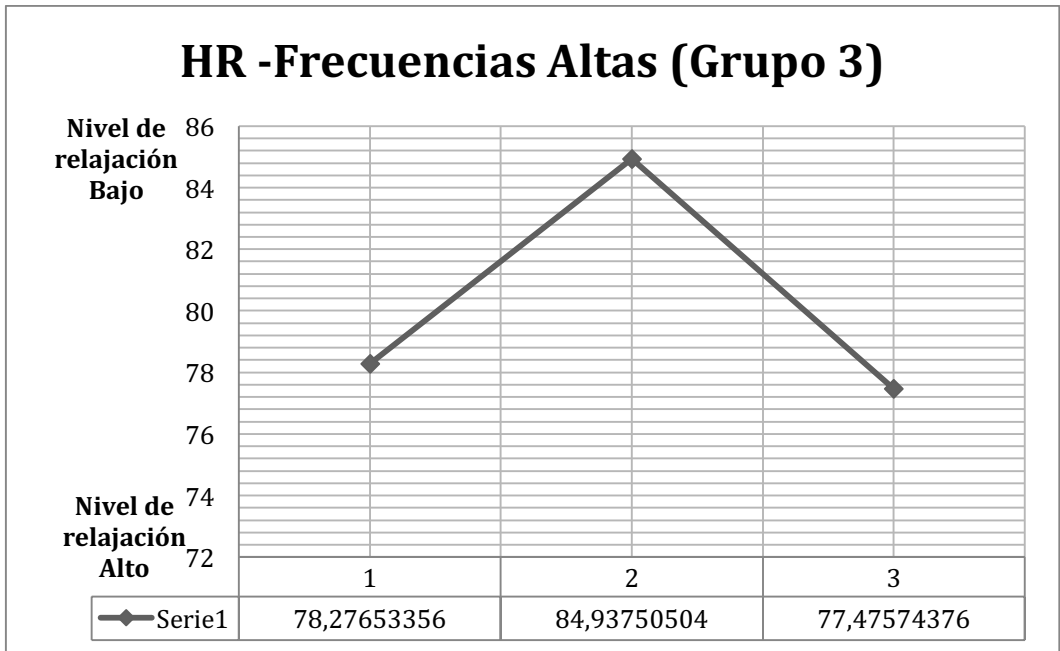


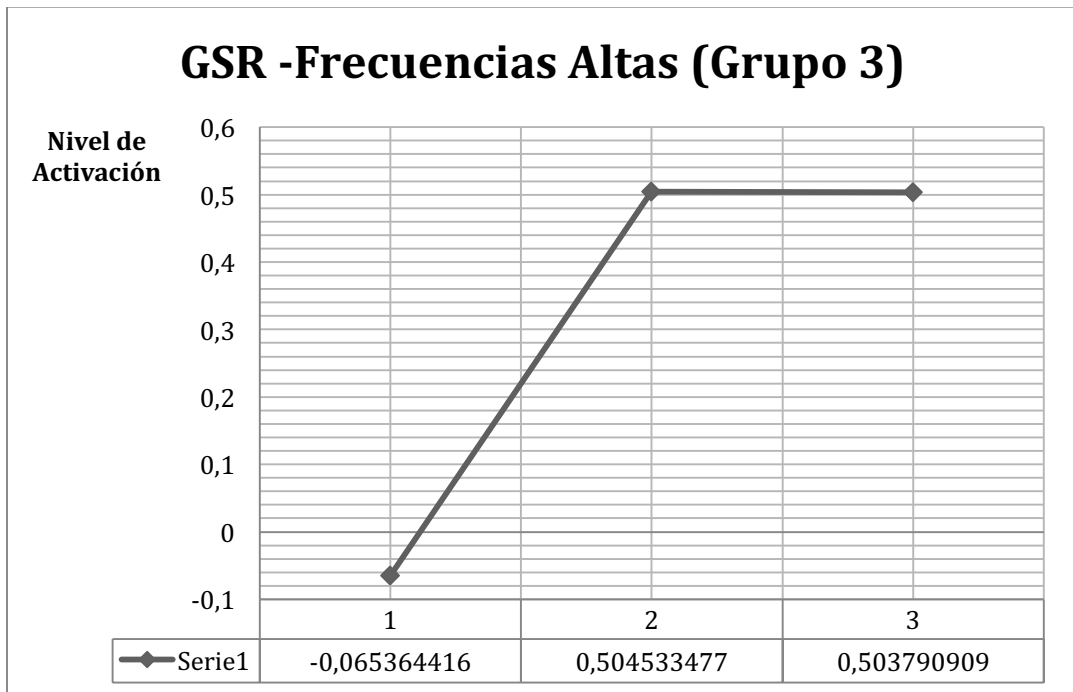
Figura 51. Nivel SDNN – frecuencias Altas

Fuente: Propia



*Figura 52. Nivel HR – frecuencias altas*

Fuente: Propia



*Figura 53. Nivel GSR – frecuencias altas*

Fuente: Propia

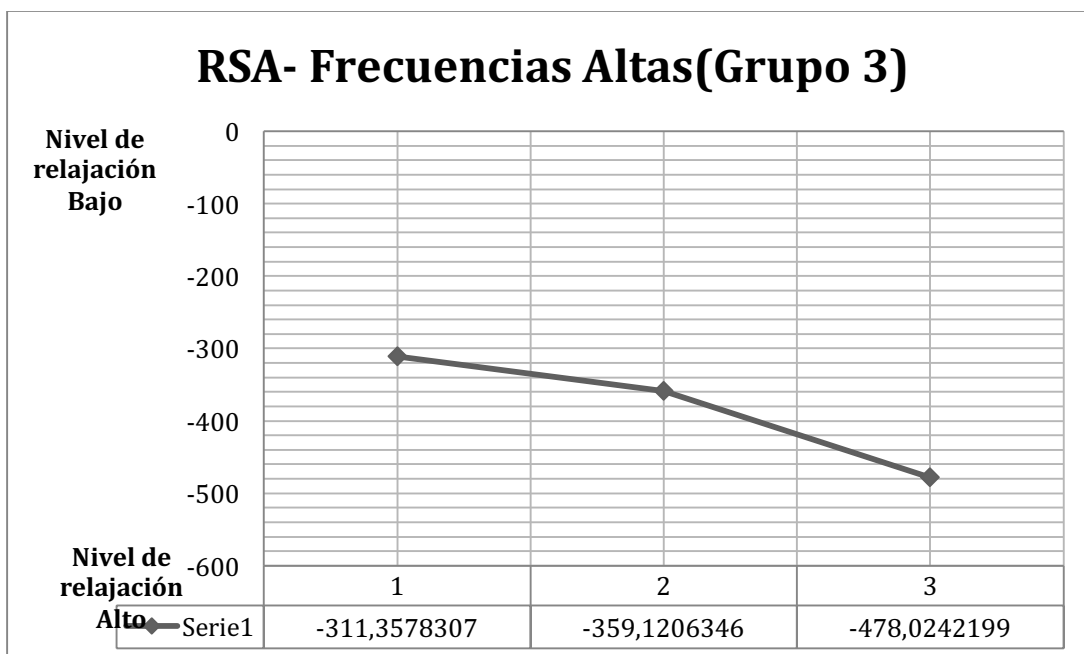
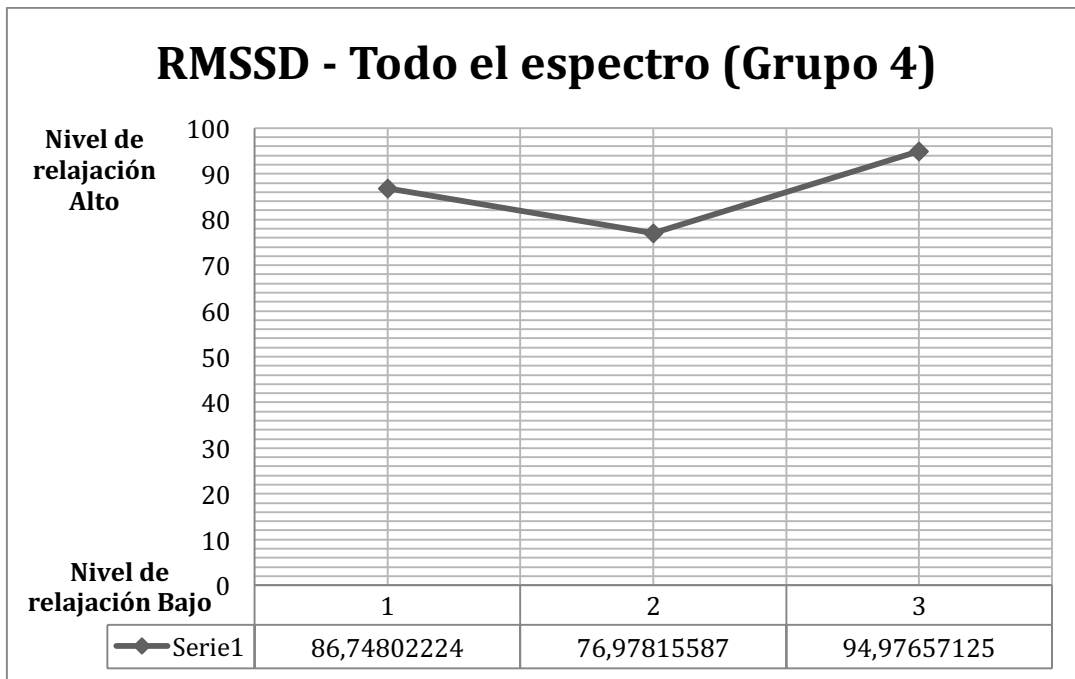


Figura 54. Nivel SINUS – frecuencias altas

Fuente: Propia

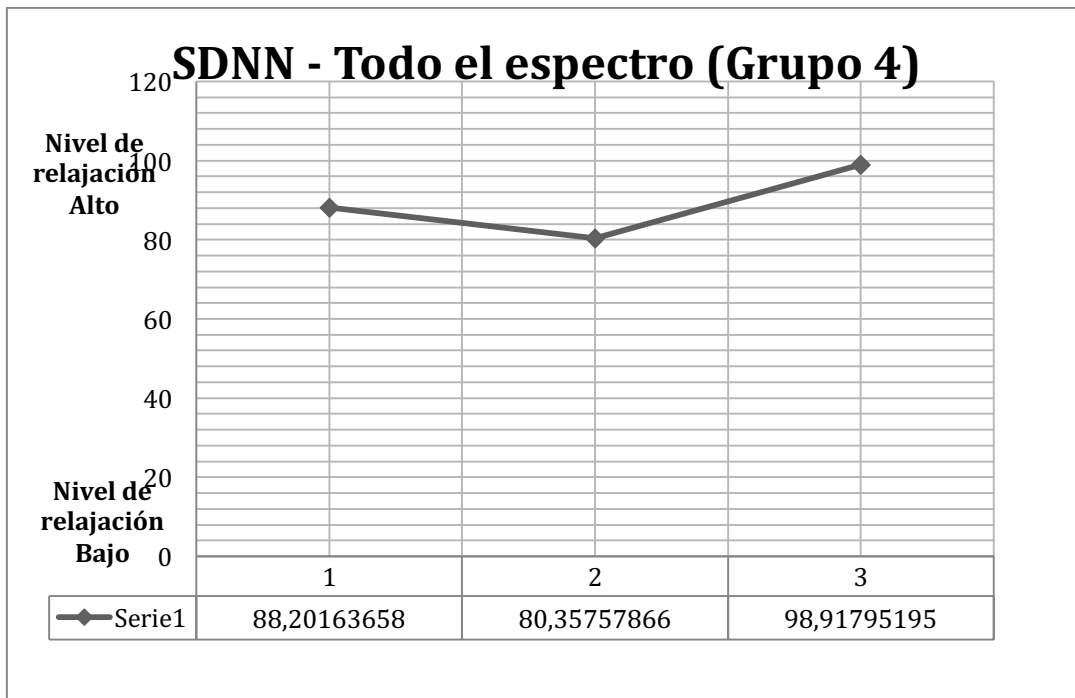
En las frecuencias altas las mediciones de RMSSD mostrados en las Figura 50, no muestran resultados relevantes mientras que en la SDNN que se presenta en la Figura 51, se percibe un aumento en la variabilidad del ritmo cardíaco en la fase del audiovisual con respecto a la fase de estrés. En cuanto al ritmo cardíaco, Figura 52 el aumento se presentó en la fase de estrés, los cuales concuerdan con los resultados de SDNN. En la Figura 53 se muestra que la activación de la GSR fue muy similar en la fase de estrés y audiovisual por lo que no muestra un cambio significativo con respecto a la línea de base. La RSA en el grupo 3 tal y como se muestra en la figura 54 tiene un comportamiento poco inusual pues en la línea de base presenta mayor estrés que en la fase de estrés pero la diferencia entre estas dos fases con la fase audiovisual es notoria.

#### 6.4.4 Todo el espectro – Grupo 4



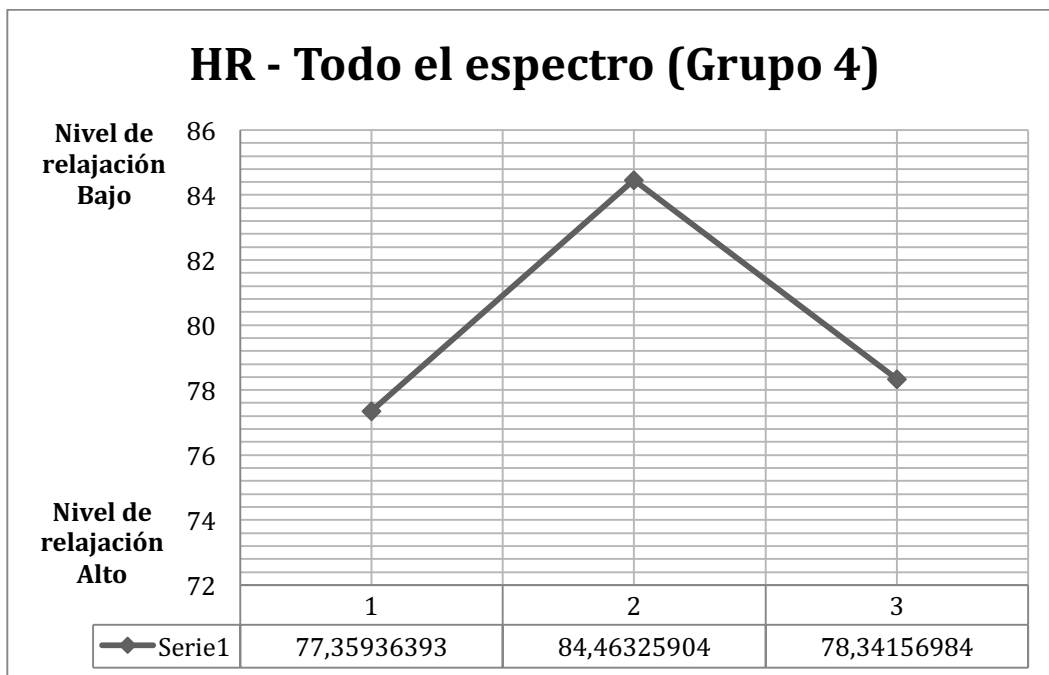
*Figura 55. Nivel RMSSD – Todo el espectro*

Fuente: Propia



*Figura 56. Nivel SDNN – Todo el espectro*

Fuente: Propia



*Figura 57. Nivel HR – Todo el espectro*

Fuente: Propia

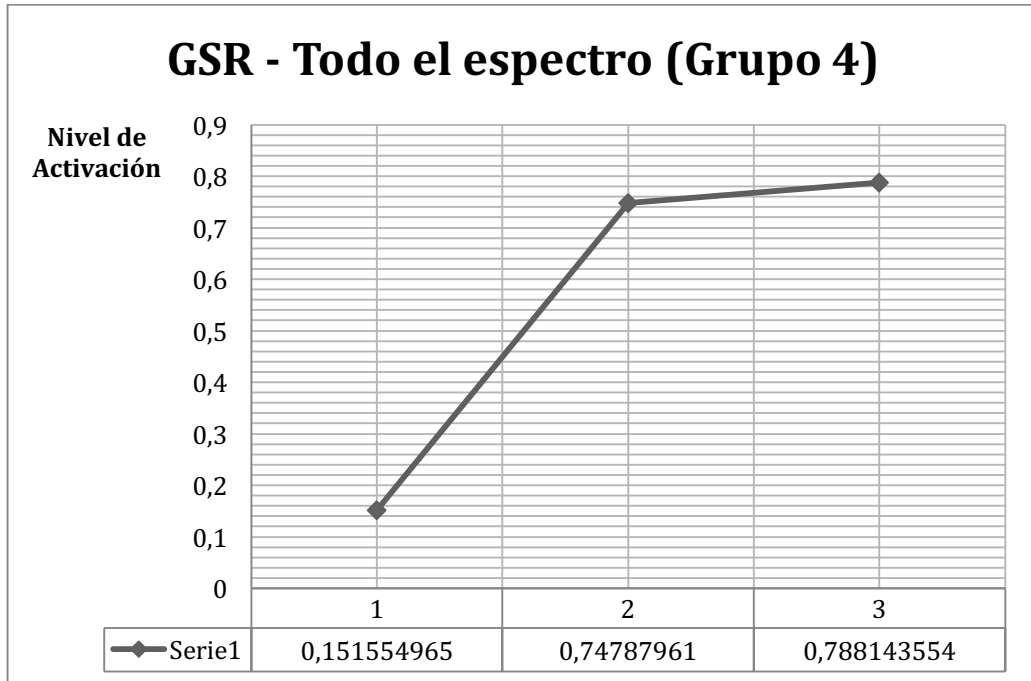
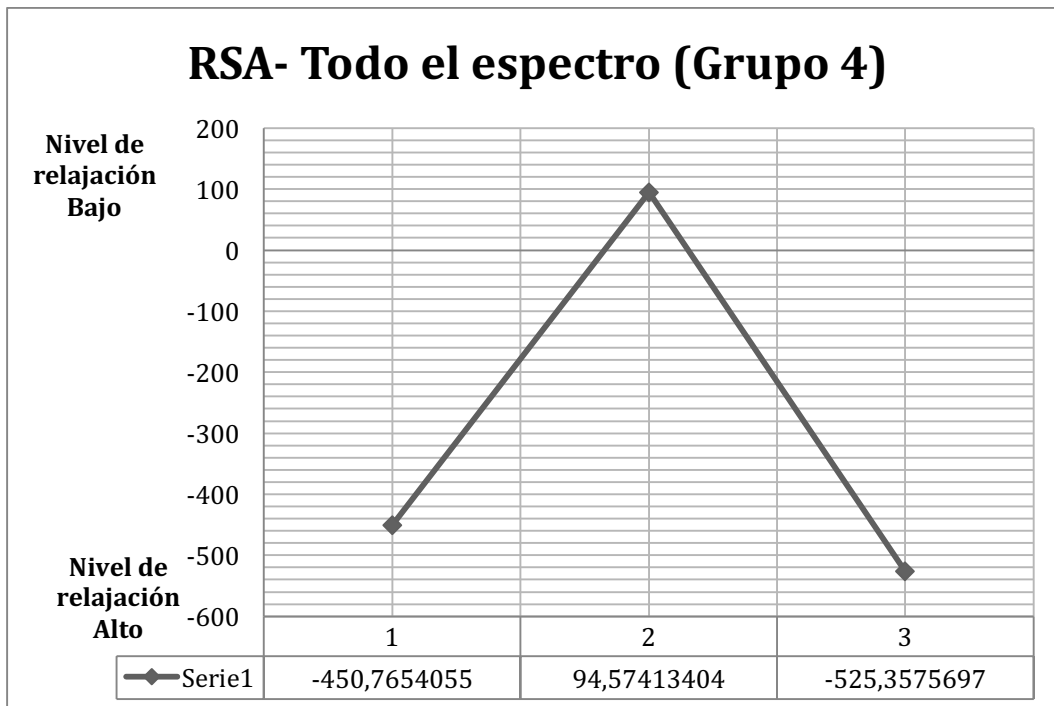


Figura 58. Nivel GSR – Todo el espectro

Fuente: Propia



*Figura 59. Nivel SINUS – Todo el espectro*

Fuente: propia

Es importante resaltar que en este grupo las variaciones entre las fases presentan la mayor variación significativa mostrando una RMSSD, Figura 55, se incrementa en la fase del audiovisual con respecto a las dos primeras fases, coincidiendo con la medición de SDNN, HR, RSA y GSR.

El ritmo cardíaco es una medida que puede variar por factores externos al experimento en sí, es por esa razón que la variabilidad del ritmo cardíaco es una medida más precisa, esto, sin desmeritar la influencia del ritmo cardíaco en este estudio. De las cuatro mediciones del experimento es la SDNN la medida mas precisa debido a que relaciona la activación del sistema simpático y parasimpático los cuales se relacionan con el índice de relajación (Bernston, Quigley, & Lozano, 2010).

Por ahora los resultados sin la corrección estadística muestran que el mayor nivel de relajación de los sujetos con respecto a la línea de base se presenta cuando se somete al sujeto a escuchar todo el espectro de frecuencias, mientras que en las frecuencias bajas por el contrario los sujetos muestran mayor nivel de tensión cuando se les presenta el audiovisual, efecto contrario a lo que se quiere lograr. En frecuencias medias y altas los resultados muestran una variación favorable de relajación pero en menor medida que con todo el espectro.

#### **6.4.5 Resultados análisis estadístico**

Para la realización de un análisis riguroso del experimento es de vital importancia realizar las correcciones correspondientes estadísticamente, a continuación se utiliza un ANOVA utilizando el método Greenhouse-Geisser, un método estadístico estricto en donde se corrigen los errores tipo 1.

El factor de corrección Greenhouse-Geisser se utilizó para corregir cualquier violación de la esfericidad en el factor de medidas repetidas. Los análisis *post hoc* de los valores de las medias se llevaron a cabo a través de la comparación de pares con el factor de corrección Bonferroni. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de correlación entre los grupos y el tiempo. El nivel de significancia para todos los análisis fue 0.05. (Gantiva , Guerra, & Vila, 2014).

Inicialmente, se analizaron las variables sociodemográficas de los participantes a través de las pruebas *t* de Student para muestras independientes y ANOVA. Para evaluar el efecto de los sonidos de la naturaleza sobre el estado de relajación de la persona, así como las posibles diferencias entre hombres y mujeres, se utilizó un ANOVA mixta  $2 \times 3$  de medidas repetidas, como factor intersujeto el tiempo y como factor intrasujeto orden (bajas, medias, altas y todo el espectro). Como variable dependiente el cambio en el estado de relajación.

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de hombres y mujeres respectivamente por grupo (orden), siendo 0- Sexo masculino y 1- sexo femenino.



Tabla 3. Análisis estadístico incluyendo género

		Orden				Total
		1	2	3	4	
Sexo	0	6	7	8	8	29
	1	8	7	7	7	29
Total		14	14	15	15	58

Fuente: Propia

#### 6.4.5.1 Variable sociodemográficas

inicialmente se analizaron las variables sociodemográficas de los participantes; no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables ni entre los grupos.

En las tablas 4, 5, 6, 7 y 8 se muestra el análisis ANOVA realizado, donde se relacionan las variables intrasujeto e intersujeto. Los valores numéricos por sujeto, se encuentran en la tabla del Anexo 5, donde se muestran los datos obtenidos en cada una de las medidas fisiológicas así como en cada uno de los momentos del experimento (línea de base, estrés y recurso audiovisual). En la columna de orden podemos observar la variable intrasujeto, el orden representado por 1- frecuencias bajas, 2 - frecuencias medias, 3 - frecuencias altas y 4 - todo el espectro, en la segunda columna se tienen la variable intersujeto que representa cada uno de los momentos en el tiempo siendo 1- Línea de base, 2 - Estresor y 3 - Audiovisual. Por último se puede observar en la última columna de orden la variación que existe entre las variables intersujeto, es decir la variación que existe entre la línea de base con respecto a el estresor y el recurso audiovisual.

En las siguientes dos columnas se puede evidenciar la media (Mean Difference) y la desviación estándar (Std. Error) en cada una de las interacciones entre las variables intrasujeto e intersujeto. La columna (Sig) muestra la diferencia significativa entre medias, si la diferencia significativa es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ) existe una diferencia significativa entre medias, es decir que se evidencia un cambio de activación en el sistema

parasimpático. Si en esta columna (Sig) se evidencia un valor menor o igual a 0.05 ( $p < 0.05$ ) se evidencia un mayor o menor funcionamiento del sistema parasimpático lo que es igual a un mayor o menor estado de relajación.

En la ultima columna (95% Confidence Interval for Difference) se muestran los límites inferiores y superiores del intervalo de confianza de la media, es decir si la media se encuentra en este rango tiene una confiabilidad de 95%.

### 6.4.5.2 RMSSD

Tabla 4. Análisis estadístico RMSSD grupo por tiempo

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-14,297	8,261	,268	-34,710	6,116
		3	1,571	9,818	1,000	-22,687	25,828
	2	1	14,297	8,261	,268	-6,116	34,710
		3	15,867	8,799	,231	-5,875	37,609
	3	1	-1,571	9,818	1,000	-25,828	22,687
		2	-15,867	8,799	,231	-37,609	5,875
2	1	2	-4,876	8,261	1,000	-25,289	15,536
		3	-4,469	9,818	1,000	-28,727	19,789
	2	1	4,876	8,261	1,000	-15,536	25,289
		3	,407	8,799	1,000	-21,335	22,149
	3	1	4,469	9,818	1,000	-19,789	28,727
		2	-,407	8,799	1,000	-22,149	21,335
3	1	2	8,795	7,981	,826	-10,926	28,515
		3	8,341	9,485	1,000	-15,094	31,777
	2	1	-8,795	7,981	,826	-28,515	10,926
		3	-,454	8,501	1,000	-21,458	20,551
	3	1	-8,341	9,485	1,000	-31,777	15,094
		2	,454	8,501	1,000	-20,551	21,458
4	1	2	9,770	7,981	,679	-9,951	29,490
		3	-8,229	9,485	1,000	-31,664	15,207
	2	1	-9,770	7,981	,679	-29,490	9,951
		3	-17,998	8,501	,117	-39,003	3,006

	3	1	8,229	9,485	1,000	-15,207	31,664
		2	17,998	8,501	,117	-3,006	39,003

Fuente: Propia

En la Tabla 4. De RMSSD no se evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en cada uno de los grupos aunque se evidencian variaciones entre cada una de las fases en especial en el grupo 4 todo el espectro, no hubo un cambio en el funcionamiento del sistema parasimpático lo que evidencia que no se presente un cambio en el estado de los sujetos se evidencia por las medias que no hubo cambios en el grupo 1 de la fase de estrés a la fase de relajación es decir que la persona mantuvo el mismo estado que se observó en la línea de base, en el grupo 2 frecuencias medias se observa que se mantiene la misma activación del sistema parasimpático en el estresor así como en el Audiovisual.

Las medias que se pueden observar en la Tabla 4, del grupo 3 evidencia un aumento en el nivel de estrés de los sujetos en la fase estresor con respecto a la línea de base pero la propuesta audiovisual no muestra un cambio en su estado. El grupo 4 fue el que se comportó como se esperaba pero sin mostrar una diferencia significativa en la activación del sistema parasimpático muestra un leve incremento del funcionamiento del mismo en la fase audiovisual.

### 6.4.5.3 SDNN

Tabla 5. Análisis estadístico SDNN grupo por tiempo

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
						1	1
		3	-7,097	7,650	1,000	-25,999	11,804
	2	1	16,408	6,785	,057	-,356	33,172
		3	9,311	6,926	,553	-7,801	26,423
	3	1	7,097	7,650	1,000	-11,804	25,999

		2	-9,311	6,926	,553	-26,423	7,801
2	1	2	3,507	6,785	1,000	-13,257	20,271
		3	-11,530	7,650	,413	-30,432	7,372
	2	1	-3,507	6,785	1,000	-20,271	13,257
		3	-15,037	6,926	,103	-32,149	2,075
	3	1	11,530	7,650	,413	-7,372	30,432
		2	15,037	6,926	,103	-2,075	32,149
3	1	2	7,617	6,555	,751	-8,579	23,813
		3	-,159	7,391	1,000	-18,419	18,102
	2	1	-7,617	6,555	,751	-23,813	8,579
		3	-7,776	6,691	,751	-24,308	8,756
	3	1	,159	7,391	1,000	-18,102	18,419
		2	7,776	6,691	,751	-8,756	24,308
4	1	2	7,844	6,555	,710	-8,352	24,040
		3	-10,716	7,391	,459	-28,977	7,545
	2	1	-7,844	6,555	,710	-24,040	8,352
		3	-18,560*	6,691	,023	-35,092	-2,029
	3	1	10,716	7,391	,459	-7,545	28,977
		2	18,560*	6,691	,023	2,029	35,092

Fuente: Propia

En la SDNN se puede apreciar una diferencia significativa en el grupo 1 ( $p= 0.057$ ) tabla5. Pero los resultados no se presentan como se esperaba debido a que se muestra un mayor estado de relajación en la fase de estrés con respecto a las otras dos, el grupo 2 muestra un cambio de estado entre las fases de estrés y relajación pero dicho cambio no es significativo lo que muestra un claro aumento en el nivel de relajación en la fase audiovisual aunque la persona no se sienta totalmente relajado. En el grupo 3 se evidencia que en la fase audiovisual los sujetos vuelven a su estado de línea de base pero no es significativo, no hay una activación del sistema parasimpático.

El grupo 4 muestra que hay mayor activación en el sistema parasimpático lo que produce un mayor estado de relajación en la fase audiovisual con respecto a la línea de base y el estresor ( $p=0.023$ ), es decir que el grupo que generó un estado de relajación según el indicador SDNN fue el grupo 4 de espectro completo. Es importante resaltar que la

respuesta que mayor índice de activación del sistema parasimpatico representa es la SDNN debido a que evidencia la variabilidad del ritmo cardíaco un indicador de activación del sistema parasimpatico (Costa Gomez, 2006).

#### 6.4.5.4 HR

Tabla 6. Análisis estadístico HR grupo por tiempo

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-5,768*	1,441	,001	-9,329	-2,208
		3	,199	1,143	1,000	-2,625	3,023
	2	1	5,768*	1,441	,001	2,208	9,329
		3	5,967*	1,356	,000	2,617	9,318
	3	1	-,199	1,143	1,000	-3,023	2,625
		2	-5,967*	1,356	,000	-9,318	-2,617
2	1	2	-5,560*	1,441	,001	-9,120	-1,999
		3	,657	1,143	1,000	-2,167	3,481
	2	1	5,560*	1,441	,001	1,999	9,120
		3	6,217*	1,356	,000	2,867	9,567
	3	1	-,657	1,143	1,000	-3,481	2,167
		2	-6,217*	1,356	,000	-9,567	-2,867
3	1	2	-6,661*	1,392	,000	-10,101	-3,221
		3	,801	1,104	1,000	-1,927	3,529
	2	1	6,661*	1,392	,000	3,221	10,101
		3	7,462*	1,310	,000	4,225	10,699
	3	1	-,801	1,104	1,000	-3,529	1,927
		2	-7,462*	1,310	,000	-10,699	-4,225
4	1	2	-7,104*	1,392	,000	-10,544	-3,664
		3	-,982	1,104	1,000	-3,710	1,746
	2	1	7,104*	1,392	,000	3,664	10,544
		3	6,122*	1,310	,000	2,885	9,358
	3	1	,982	1,104	1,000	-1,746	3,710
		2	-6,122*	1,310	,000	-9,358	-2,885

Fuente: Propia

El HR Tabla 6 muestra el comportamiento esperado en todos los grupos con cambios significativos en cada uno de ellos, el grupo 1 presenta un cambio significativo con una disminución significativa en la activación del sistema parasimpático en el estresor con respecto a al línea de base y un aumento con respecto a el estímulo audiovisual. De igual manera se comporta el grupo 2 mostrando los resultados deseados con cambios significativos en la audiovisual con respecto al estresor ( $p=0$ ), así mismo se presenta una variación en el sistema parasimpático de el estrés con respecto a la línea de base y al estímulo audiovisual ( $p=0$ ).

Es importante mencionar que aunque el ritmo cardíaco varía dependiendo de si la persona se encuentra estresada o relajada también pueden influir otros factores en el cambio de este (Contreras, 2007). Por lo tanto el ritmo cardíaco no es la respuesta fisiológica más adecuada para el análisis de los resultados.

#### 6.4.5.5 GSR

El análisis GSR se realiza diferente con respecto a los demás ya que el GSR mide la activación de ser humano con respecto a algún estímulo, por tanto se muestra una diferencia a la respuesta de la persona al audiovisual con respecto a la línea de base y la respuesta al estresor con respecto a la línea de base.

Tabla 7. Análisis estadístico GSR grupo por tiempo

Orden			Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	,205*	,065	,003	,075	,334
	2	1	-,205*	,065	,003	-,334	-,075
2	1	2	,066	,065	,309	-,063	,196
	2	1	-,066	,065	,309	-,196	,063
3	1	2	,001	,062	,991	-,124	,126
	2	1	-,001	,062	,991	-,126	,124
4	1	2	-,040	,062	,522	-,165	,085

	2	1	,040	,062	,522	-,085	,165
--	---	---	------	------	------	-------	------

Fuente: Propia

La respuesta galvánica de la piel muestra una activación en el grupo 1 entre las fases de estrés a relajación ( $p=0.03$ ), tabla 7. A pesar de esto también se encuentran cambios significativos en los otros grupos ( $p= 0.062$ ) es decir hay un cambio en la activación del sistema parasimpático y un mayor nivel de activación de la respuesta galvanica en la fase de estrés.

#### 6.4.5.6 RSA

Tabla 8. Análisis estadístico GSR grupo por tiempo

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-1,408 <sup>*</sup>	1,285	,003	-3,171	2,208
		3	,097 <sup>*</sup>	1,293	,051	-24,912	3,023
	2	1	1,408 <sup>*</sup>	1,305	,003	-,156	9,329
		3	9,411 <sup>*</sup>	1,271	,023	-2,156	9,318
	3	1	-,097 <sup>*</sup>	1,425	,051	-2,153	2,625
		2	-9,411 <sup>*</sup>	1,285	,023	-55,423	-2,617
2	1	2	,551 <sup>*</sup>	1,293	,050	-23,452	-1,999
		3	-1,030 <sup>*</sup>	1,356	,005	-30,361	3,481
	2	1	-,551 <sup>*</sup>	1,878	,050	-21,423	9,120
		3	-12,025 <sup>*</sup>	1,299	,004	-5,115	9,567
	3	1	1,030 <sup>*</sup>	1,254	,005	-7,372	2,167
		2	12,025 <sup>*</sup>	1,255	,004	-13,257	-2,867
3	1	2	5,257 <sup>*</sup>	1,285	,001	-30,432	-3,221
		3	-,159	7,391	1,000	-20,271	3,529
	2	1	-5,257 <sup>*</sup>	1,365	,000	-32,149	10,101
		3	-7,586 <sup>*</sup>	1,285	,034	-7,372	8,756
	3	1	,159 <sup>*</sup>	1,299	1,000	-2,075	18,419
		2	7,586 <sup>*</sup>	1,285	,000	-8,756	24,308
4	1	2	7,844 <sup>*</sup>	1,254	,057	-8,352	24,040

		3	-1,225*	1,285	,020	-28,977	7,545
2	1		-7,844*	1,285	,057	-24,040	8,352
	3		-6,230*	1,285	,001	-35,092	-2,029
3	1		1,225*	1,299	,020	-7,545	28,977
	2		6,230*	1,285	,001	2,029	35,092

Fuente: propia

En la tabla 8 se muestra los resultados del análisis estadístico para la RSA, el sinus muestra cambios significativos en todos los grupos mostrando un cambio en la activación del sistema parasimpático ( $0 < p < 0.053$ ) como se puede observar en la tabla. Se muestra mayor media en los grupos 4 y 3 mientras que la activación es menor en el grupo 1. El sinus es un indicativo bastante acertado de las variaciones del funcionamiento del sistema parasimpático por lo cual es un buen registro fisiológico para conocer el estado de relajación de una persona (Taylor & Grossman, 2006).

Con el análisis estadístico realizado se identificaron cambios en todas las mediciones, RMSSD, SDNN, HR, RSA y GSR, en todos los grupos. Los cambios más significativos se presentan en el grupo 2 y grupo 4, es decir en frecuencias medias y en todo el espectro. Los mayores cambios se presentan notoriamente en todo el espectro.

En el grupo 1, frecuencias bajas el grupo no presentó niveles de relajación por el contrario no mostró cambios de niveles de importancia.

El ritmo cardíaco varió significativamente pero como se ha explicado anteriormente es una medida general la cual puede complementar la SDNN.

#### 6.4.6 Análisis cuestionario – Datos Subjetivos

El formato PANAS plantea una serie de preguntas de cómo se siente la persona al iniciar el experimento, preguntando a la persona como se siente de 1 a 4 siendo 1- Poco o nada, 2 – Mas o menos, 3 - Algunas veces y 4 - Mucho. A diferentes emociones que pregunta el programa al principio del experimento.



Tabla 9. Respuesta subjetiva de las personas a preguntas en formato PANAS

Sujeto	Sexo	Edad	Orden	molesto	enojado	asustado	irritable	nervioso	intranquilo
3	1	21	1	2	2	1	2	1	1
4	1	20	1	2	2	2	2	2	2
5	0	24	1	1	1	1	4	2	4
8	0	21	1	1	1	2	2	2	1
9	0	21	1	1	1	1	1	1	1
10	0	23	1	2	3	2	2	3	2
11	0	20	1	1	1	2	1	3	2
12	1	22	1	1	1	1	1	1	1
13	1	20	1	2	2	2	4	2	4
14	1	21	1	1	1	2	2	2	1
15	0	23	1	1	1	2	1	2	1
16	1	22	1	3	1	2	1	3	1
17	0	24	2	1	1	1	1	2	1
18	0	21	2	1	1	2	1	2	2
19	1	25	1	1	2	2	1	2	2
20	0	22	2	2	2	4	3	2	3
21	1	20	1	1	1	1	1	2	2
22	0	23	2	1	1	1	1	2	2
23	0	18	2	1	1	2	1	2	2
24	1	20	2	2	3	3	3	3	2
26	0	22	2	1	1	1	1	1	1
27	0	22	2	3	3	2	3	2	3
28	0	22	3	1	1	2	1	2	2
29	0	22	3	2	2	2	3	1	2
30	0	21	3	1	1	2	1	1	3
31	0	23	3	1	1	1	1	2	1
32	1	22	2	2	1	3	4	2	1
33	1	22	2	1	1	2	3	3	1
34	1	21	2	3	3	4	3	3	2
35	1	19	2	1	1	2	2	2	1
36	1	21	2	1	1	2	2	2	1
37	0	22	3	1	1	1	2	1	2
38	0	22	3	1	1	1	1	1	1
39	0	22	3	1	1	1	1	1	1
40	1	21	2	2	1	2	1	2	2

41	1	19	3	1	1	2	1	2	2
42	1	18	3	1	1	1	1	2	2
43	0	22	3	1	1	1	1	1	1
44	1	22	3	1	1	1	1	2	3
45	1	23	3	1	1	1	2	1	1
46	0	23	4	1	1	2	2	1	1
47	0	22	4	1	1	1	2	3	2
48	0	24	4	1	1	1	1	2	1
49	0	20	4	1	2	2	1	2	4
50	1	18	3	1	1	1	1	2	1
51	0	18	4	1	1	3	1	3	3
52	0	21	4	1	1	2	1	1	1
53	0	22	4	1	1	1	1	1	1
54	1	18	3	4	3	1	1	2	1
55	1	18	3	2	1	1	1	2	1
56	1	18	4	1	1	1	1	2	1
57	1	18	4	2	1	3	3	3	1
58	0	23	4	2	2	1	1	3	1
59	1	18	4	1	1	1	3	2	1
60	1	18	4	1	2	1	2	2	2
61	1	20	4	1	1	2	2	2	1
62	1	20	4	1	1	2	1	2	1
63	1	18	4	1	1	2	1	1	1
Prom.				1,362	1,327	1,689	1,655	1,913	1,637

Fuente: Propia

De los resultados expresados en la Tabla 9. Se puede identificar que en promedio las personas que asistieron al experimento se encontraban en un estado tranquilo. Es decir que antes de someterse a la fase de estrés las personas no mostraban estados de humor alterados o con tensión, lo cual coincide con los resultados obtenidos en las graficas de la 1 a la 16.

### 6.5 Análisis de resultados y discusión

El proyecto de grado *Análisis psicoacústico de la respuesta del estado de relajación del ser humano a rangos de frecuencia* va orientado a estudiar el comportamiento de la respuesta

fisiológica ante la exposición a un estímulo audiovisual con sonidos de la naturaleza dividió en tres rangos de frecuencia, teniendo como objetivo generar relajación en las personas. Las variables independiente son los 4 grupos de estudio, es decir, la división en rangos de frecuencia baja, media, alta y todo el espectro, basándonos en los datos estadísticos presentados anteriormente, se evidencia que los mayores niveles de significancia están en el grupo 4, es decir el grupo en el que el audiovisual contenía el audio con el espectro completo ( $p=0,023$ ) en la variable dependiente SDNN.

En la variable dependiente del ritmo cardíaco se encontraron cambios significativos en todos los grupos, teniendo en los grupos de frecuencias bajas y medias ( $p=0,001$ ) y en los grupos de frecuencias altas y todo el espectro ( $p=0,000$ ).

En la GSR, la cual es otra de las variables dependientes se encontraron resultados significantes, en el grupo 1 (frecuencias bajas) se presenta mayor activación en la fase de línea de base a estrés y de línea de base a la fase del audiovisual ( $p=0,003$ ), cabe resaltar que esta variable nos da el índice de activación del sujeto.

La variable RSA nos muestra cambios significativos en todos los grupos con excepción del grupo 3 frecuencias altas mientras que en el resto de grupos se muestre un cambio en la fase de estrés a la audiovisual significativo tabla 8 ( $p=0.001$ ) hasta ( $p=0.057$ ).

En los análisis estadísticos de la prueba PANAS, no se encontraron cambios significativos, ya que en promedio las personas llegaron en un estado de animo normal, sin índices que afectaran la medición.

## 7 CONCLUSIONES

Después de haber realizado el análisis psicoacústico y estadístico se puede concluir que:

1. El filtrado realizado en el audio del recurso audiovisual permitió tener un control de las variables ya que con una pendiente de 24dB/octava se restringe el paso de las frecuencias no deseadas en la mayor medida posible.
2. El estímulo audiovisual disminuyó el ritmo cardíaco con respecto al estrés en los 4 grupos de estudio ( $p < 0.001$ ) como se ve en la Tabla 6.
3. El nivel de confiabilidad fue de 95 % Tabla 10, gracias a un correcto control de las variables y una selección adecuada de la muestra .
4. En la sala donde se llevo a cabo el experimento no cuenta con fuentes externas de ruido y parámetros externos que puedan interferir con los resultados como se evidencia en la medición de ruido de fondo en la Tabla 2.
5. La resultados de las mediciones se pueden ver afectados debido al cálculo del promedio de los niveles de HR, RMSSD, SDNN, RSA Y GSR debido a la existencia de amplias diferencias en los resultados entre sujetos.
6. Teniendo en cuenta solo los grupos donde se encuentra filtrado el espectro, es el grupo del rango de frecuencias medias el que mayor relajación genera como se evidencia en las Tablas 4, 5, 6 y 7.
7. El grupo 1 correspondiente a las frecuencias bajas no genera ningún tipo de relajación, de hecho tuvo el efecto contrario, los sujetos mostraron aumento de tensión con respecto a su línea de base como se nota en las Tablas 4, 5, 6 y 7.
8. Teniendo en cuenta los resultados en cada uno de los grupos de frecuencia, se asegura que

la manipulación de la variable independiente sí produce un efecto sobre las variables dependientes como se evidencia en las Tablas 4, 5, 6 y 7.

9. La GSR es una medida de activación, el sujeto muestra diferencias considerables en la fase de estrés y en la fase del audiovisual como se puede notar en la Tabla 7.
10. El grupo que presenta mayor cambio en la respuesta fisiológica RMSSD fue el grupo 4 con respecto a los demás grupos Tabla 4.
11. El grupo que presenta mayor cambio en la respuesta fisiológica GSR fue el grupo 1 ( $P=0.003$ ) Tabla 7.
12. Todos los grupos del experimento presentan cambios significativos de HR ( $p<0.001$ ) Tabla 6.
13. Los grupos 1, 2 y 4 mostraron cambios significativos en la RSA ( $p<0,05$ ) Tabla 8.
14. De acuerdo a los resultados de las pruebas PANAS no se encontraron niveles de tensión significativos que afectaran la línea de base del experimento como se ve en la Tabla 8.
15. El espectro completo de frecuencias fue el grupo que generó mayor cambio en el estado de tensión de los sujetos, generando mayor relajación con respecto a los demás grupos, la diferencia de este grupo con los demás es muy notoria ( $p=0,023$ ) como se ve en las Tablas 4, 5, 6 y 7.

## 8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar este estudio por medio de la medición de parámetros que reflejen la actividad del sistema nervioso central (EEG), y del sistema nervioso autonómico.
2. Se propone realizar el mismo análisis pero con otras características del sonido diferentes a la frecuencia.
3. Se sugiere dividir el espectro de frecuencias en rangos de banda de octava con la finalidad obtener un estudio mas conciso.
4. Se recomienda para toda investigación experimental, controlar la mayor cantidad posible de variables, esto se refleja en muestras experimentales pequeñas y mayores niveles de confiabilidad.
5. Se propone ampliar la investigación con estímulos auditivos de diferentes tipos: música, composiciones sonoras.
6. Se sugiere a partir de este estudio abrir una línea de investigación que estudie a profundidad la psicoacústica.

## 9 Bibliografía

- Annerstedt, M., Jönsson, P., Wallergård, M., Johansson, G., Karlson, B., Grahn, P., y otros. (2013). Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest. *Physiology & Behavior*.
- Mittelman, J. (1963). Understanding audio analgesia. *AES*.
- Rohaly, D., & Johnston. (1997). An introduction to music therapy: helping the oncology patient in the ICU.
- Baracskaï, Z., & Finn, S. (2013). Relaxation effects of binaural phenomena. *AES*.
- Koylu Ilkkaya, N., Emre Ustun, F., Bengi Sener, E., Kaya, C., Burcu Ustun, Y., Koksall, E., y otros. (2014). *The Effects of Music, White Noise, and Ambient Noise on Sedation and Anxiety in Patients Under Spinal Anesthesia During Surgery*. American Society of PeriAnesthesia Nurses.
- Hill, A. (2013). Music to Our Ears: The Effect of Background Music in Higher Education Learning Environments.
- Velasco Vivas, J. S., & Reyes Rivera, M. F. (2014). Análisis Psicoacústico a Partir de Estímulos Auditivos Generados por Medio de Pulsos Binaurales en Relación al Rango de Frecuencia en una Composición Sonora.
- Beranek, L. (1969). *Acustica*.
- Giancoli, D. (2006). *Física principios con aplicaciones*. Pearson - Prentice Hall.
- Jaramillo Jaramillo, A. M. (2007). *Acústica, la ciencia del sonido*.
- Arqueros, R. (2013). Los sonidos de la naturaleza. (R. UNIQUE, Entrevistador)
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (2002). *Stress, appraisal and coping*. New York.
- Martinez, & Díaz. (2007).
- Soriano Mas, C., Gillazo Blanch, G., Redolar, D. A., Torras, M., & Martinez, A. V. (2007). *Fundamentos de Neurociencia*. UOC.
- Martinez Lavine, M. (2008). *Fibromialgia, el dolor incomprendido*.
- Ziya Tan, Y., Ozdemir, S., Temiz, A., & Celik, F. (2015). *Auricular therapy for chronic pain management in adults: A synthesis of evidence*.

Vila Castillar, J., & Guerra Muñoz, P. (2009). *Introducción a la psicofisiología Clínica*.

Reynoso Erazo, L., & Seligson Nisenbaum, I. (2005). *psicología clínica de la salud: un enfoque conductual*.

Mendez Tejeda, M. (2008). *El estres y sus efectos en el sistema inmunologico*. Xalapa.

Aguayo P., A., & Lagos T, A. (s.f.). *Guía clinica de control de signos vitales*. Recuperado el 2016, de <http://academico.upv.cl/doctos/KINE-4068/%7B328B1B37-2C2A-4747-8B38-169806A27753%7D/2012/S1/GUIA%20TECNICA%20DE%20CONTROL%20DE%20SIGNOS%20VITALES%20KINE.pdf>

Yuni, & Urbano. (2006). LA TRIANGULACIÓN DE DATOS COMO ESTRATEGIA EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA.

Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. (1999). *Guidelines for community noise*.

Thurstone, L. L. (1938). Obtenido de <http://global.britannica.com/topic/Primary-Mental-Abilities-Test>

Tornimbeni, Perez, & Fabian. (2008).

Tamayo, I. (2013). Obtenido de [http://www.ugr.es/~imartin/TEMA5\\_ANOVA.pdf](http://www.ugr.es/~imartin/TEMA5_ANOVA.pdf)

Bernston, Quigley, & Lozano. (2010). *Cardiovascular Psychophysiology*.

Gantiva, C., Guerra, P., & Vila, J. (2014). *Modulación del reflejo de sobresalto en población colombiana: evidencia de la interacción entre emoción y motivación*.

Perez, C. (2015). *La mente es maravillosa*. Obtenido de <https://lamenteesmaravillosa.com/que-nos-causa-estres-analizamos-los-7-motivos-principales-de-estres/>

Lopez, E. (2014). *Fundación española del corazón*. Recuperado el 2016, de <http://www.fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/frecuencia-cardíaca.html>

Costa Gomez, T. (2006). *Sistema nervioso*.

Contreras, J. G. (2007). *la variacion del ritmo cardíaco. cinvestav*.



- Taylor, E., & Grossman, P. (2006). Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: Relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *biological psychology* , 263-258.
- Moss, j. (2000). The autonomic nervous system.
- Gutierrez, C., & Garcia, S. (2011). Patología de los pares craneales.
- Gustems, J. (2014). *Música y sonido en los audiovisuales*. Barcelona.
- Wills, P., & Peter, M. (1996). *Música para todos*. Madrid.
- Barti Domingo, R. (2010). *Acústica medioambiental*.
- Colona, C. (2005). *El deficit de atención con hiperactividad en el aula preescolar*. Perú.
- Maville, J., & Huerta, C. (2013). *Health promotion in nursing*.
- Smith, J. (2005). *Relaxation, meditation & mindfulness*.
- CREENA. (2001). *Centro de Recursos de Educación Especial de Navarra*. Pamplona.
- Toro Egea, O. (2013). *1 LA ESTIMULACIÓN SONORA EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE EXPRESIÓN MUSICAL EN EL NIÑO/A DE 3 A 6 AÑOS* .
- Romero, C. (2011). Estrés y cortisol: implicaciones en la memoria y sueño.
- Belendez, A. (1992). *Acustica fluidos y termodinamica*. Alicante.
- Barron, R. (2001). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York: Marcel Deker.
- Birgitta Berglund, B. (1996). Sources and effects of low-frequency noise.
- broner. (1978). THE EFFECTS OF LOW FREQUENCY NOISE ON PEOPLEA. *Journal of Sound and Vibration* , 483-500.
- Reinhold, Kalle, & Paju. (2014). Exposure to high or low frequency noise at workplaces:.
- Izhaky, R. (2008). *Mixing audio concepts, practice and tools*. Gran Bretaña.

## **10 ANEXOS**

### **10.1 ANEXOS 1**

El presente estudio tiene por objetivo evaluar el efecto de un video sobre el estado de ánimo de las personas. Los datos obtenidos son confidenciales y anónimos y solo se utilizarán con fines investigativos. Ninguna respuesta traerá para usted consecuencias negativas personales, académicas o laborales.

El experimento esta dividió en tres partes:

1. En la primera parte Usted debe permanecer sentado y lo más relajado posible mientras observa durante 5 minutos la pantalla en negro.
2. En la segunda parte usted realizará una serie de operaciones matemáticas lo más rápido posible.
3. Finalmente, Usted visualizará un video durante 10 minutos.

"SI ACEPTA PARTICIPAR OPRIMA BARRA ESPACIADORA"

## 10.2 ANEXOS 2

### Datasheet audífonos Sony MDR 1RCN



---

#### Características generales

**TIPO CERRADO**  
Sí

**TIPO DINÁMICO**  
Sí

**UNIDAD DE DIAFRAGMA**  
Dinámico de 40 mm – Tipo cúpula

**RESPUESTA EN FRECUENCIA (HZ)**  
5-40.000 Hz

**SENSIBILIDADES (DB/MW)**  
100 dB/mW

**IMÁN**  
Neodimio

**IMPEDANCIA (OHMIOS)**  
40 ohmios a 1 kHz

**TIPO DE CABLE**  
Cable de conexión, cable de mando a distancia y micrófono integrado

**LONGITUD DEL CABLE**  
1,2 m

**ENCHUFE**  
Miniestéreo en forma de L bañado en oro

---

*Figura 60. Datasheet audifonos*

Fuente: Sony MDR 1RCN

---

Funciones de sonido y  
diseño

**CONTROL DE RESPUESTA DE RITMO**  
Cascos, Supra aurál

---

Colores disponibles



---

Qué incluye la caja

Funda de transporte  
Cable de conexión - 1,2 m

Cable de micrófono y mando integrado  
- 1,2 m  
Tarjeta de garantía

---

*Figura 61. Datasheet audifonos*

Fuente: Sony MDR 1RCN

### 10.3 ANEXO 3

#### Características de la sala

Características de la sala: Ancho: 2,24m.

Alto: 2,51m. Alto con rejilla: 2,62m. Largo: 2,50m.

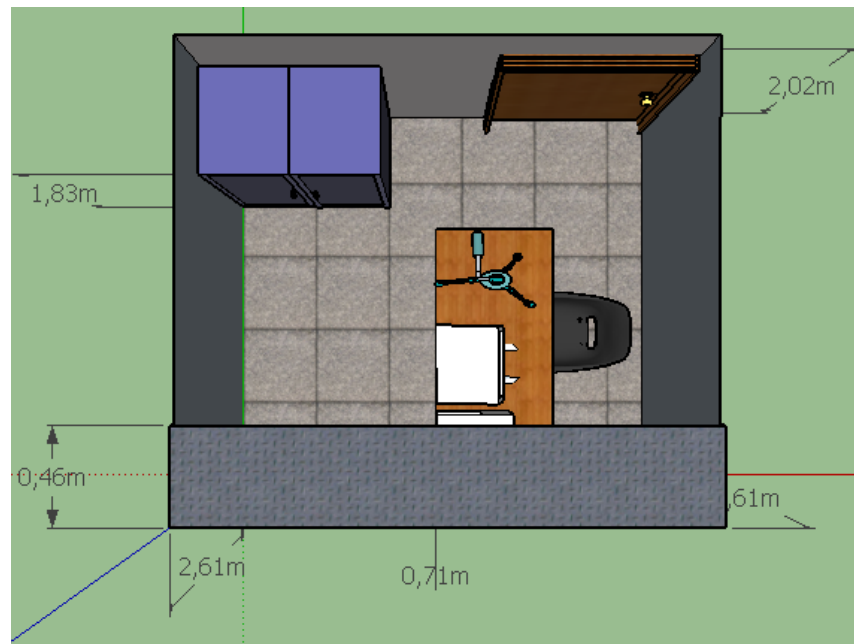
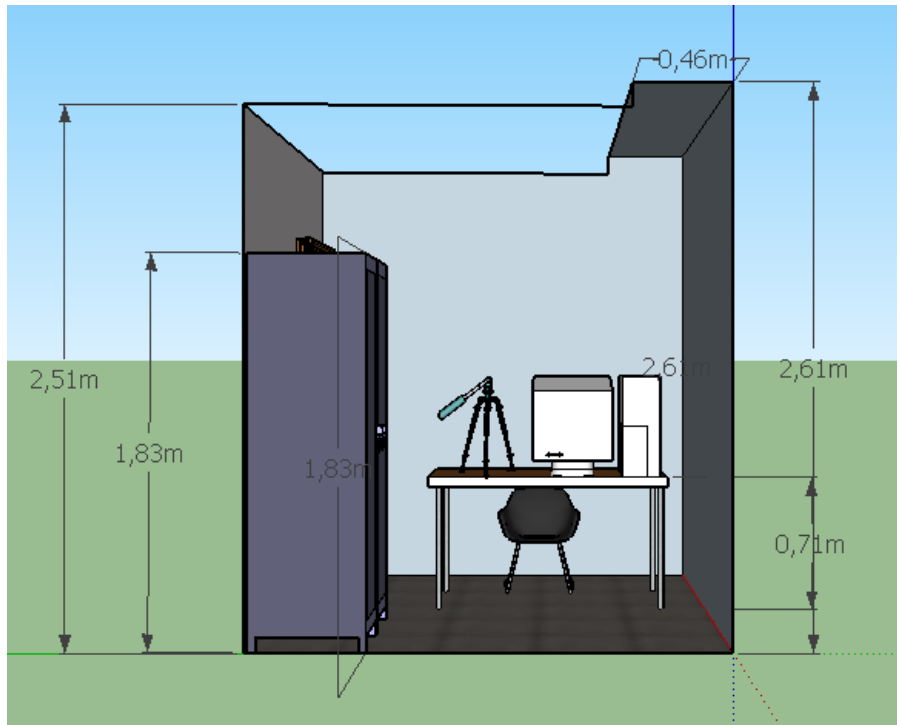


Figura 62. Vista superior de la sala

Fuente: propia



*Figura 63. Vista lateral de la sala*

Fuente: propia

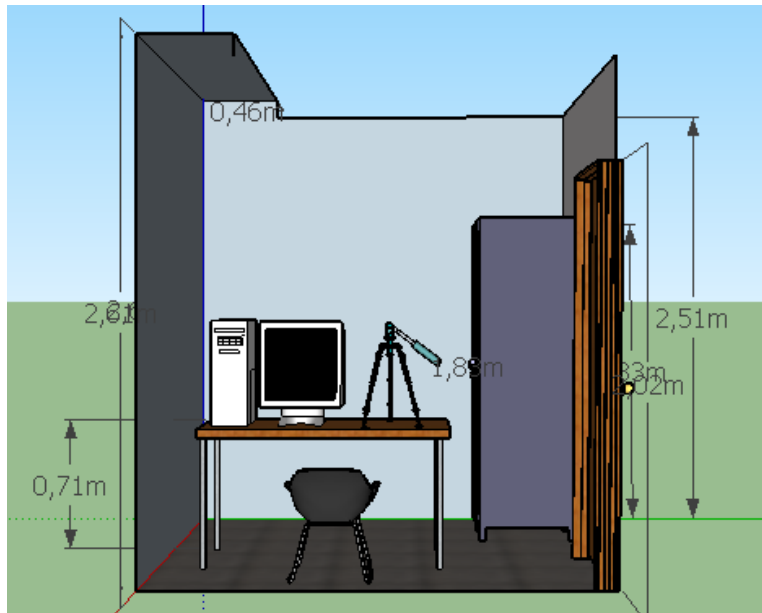


Figura 64. Vista lateral derecha de la sala

Fuente: propia

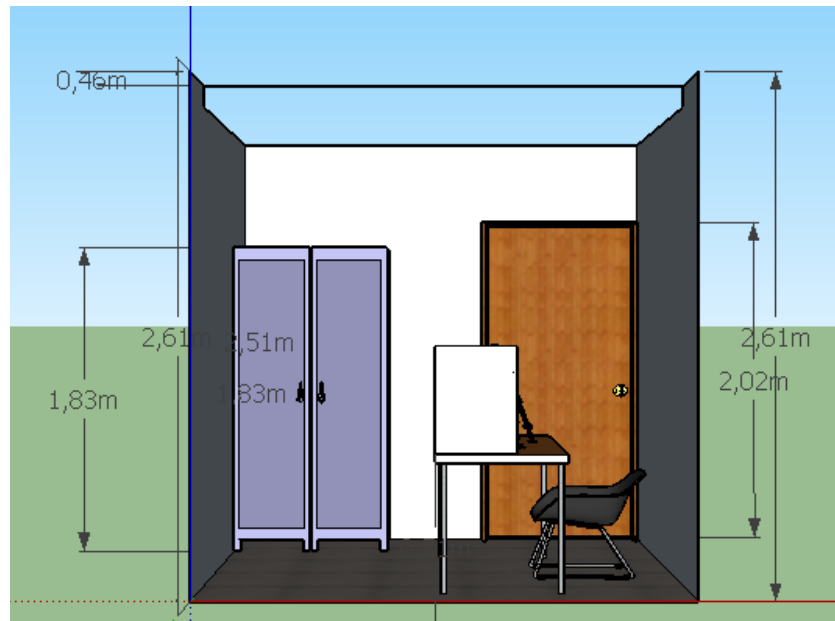


Figura 65. Vista frontal de la sala

Fuente: propia

## 10.4 ANEXO 4

### Análisis estadístico ANOVA de los resultados de las mediciones

Tabla 10 Analisis demografico

Sexo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Edad	1	29	20,10	1,858	,345
	0	29	21,83	1,490	,277

Fuente: propia

Tabla 11 diferencias entre análisis demográfico.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Edad	Equal variances assumed	2,537	,117	-3,898	56	,000	-1,724	,442	-2,610	-,838
	Equal variances not assumed			-3,898	53,470	,000	-1,724	,442	-2,611	-,837

Fuente: propia

Tabla 12 analisis de sexo grupo 1.

Sexo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Edad	1	8	21,38	1,685	,596
	0	6	22,00	1,549	,632



Fuente: propia

Tabla 13 diferencias análisis de sexo grupo 1.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
									Lower	Upper	
Edad	Equal variances assumed	,058	,814		-710	12	,491	-,625	,880	-2,543	1,293
	Equal variances not assumed				-719	11,399	,486	-,625	,869	-2,529	1,279

Fuente: propia

Tabla 14 análisis sexo grupo 2.

Sexo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Edad	1	7	20,86	1,069	,404
	0	7	21,71	1,890	,714

Fuente: propia

Tabla 15 diferencia análisis sexo grupo 2.

		Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means						
--	--	---	------------------------------	--	--	--	--	--	--

		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Edad	Equal variances assumed	,783	,394	-1,044	12	,317	-,857	,821	-2,645	,931
	Equal variances not assumed			-1,044	9,483	,322	-,857	,821	-2,699	,985

Fuente: propia

Tabla 16 analisis sexo grupo 3.

Sexo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Edad	1	7	19,43	2,149	,812
	0	8	22,00	,535	,189

Fuente: propia

Tabla 17 diferencia analisis sexo grupo 3.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Edad	Equal variances assumed	14,369	,002	-3,286	13	,006	-2,571	,782	-4,262	-,8
	Equal variances not assumed			-3,083	6,650	,019	-2,571	,834	-4,565	-,5

Fuente: propia

Tabla 18 analisis sexo grupo 4.

Sexo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Edad	1	7	18,57	,976	,369
	0	8	21,63	1,923	,680

Fuente: propia

Tabla 19 diferencia análisis sexo grupo 4.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Edad	Equal variances assumed	2,137	,168	-3,785	13	,002	-3,054	,807	-4,796	-1,311
	Equal variances not assumed			-3,948	10,652	,002	-3,054	,773	-4,763	-1,345

Fuente: propia

Tabla 20 analisis estadístico sexo\* orden.

		Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent

Sexo * Orden	58	100,0%	0	0,0%	58	100,0%
--------------	----	--------	---	------	----	--------

Fuente: propia

Tabla 21 equovalencia entre grupos sexo\*orden.

		Orden				Total
		1	2	3	4	
Sexo	0	6	7	8	8	29
	1	8	7	7	7	29
Total		14	14	15	15	58

Fuente: propia

Tabla 22 valides sexo\*orden.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	,419 <sup>a</sup>	3	,936
Likelihood Ratio	,420	3	,936
Linear-by-Linear Association	,339	1	,560
N of Valid Cases	58		

Fuente: propia

## RMSSD

Tabla 23 valores RMSSD orden.

Orden		Mean	Std. Deviation	N
RMSSD_LB	1	73,1930	79,32421	14
	2	73,3978	45,26170	14
	3	89,3536	81,04232	15

	4	86,7480	66,37118	15
	Total	80,9275	68,21775	58
RMSSD_Estres	1	87,4898	82,62196	14
	2	78,2741	38,18512	14
	3	80,5589	64,29533	15
	4	76,9782	44,08466	15
	Total	80,7543	58,29703	58
RMSSD_Relaj	1	71,6225	82,47779	14
	2	77,8669	45,67206	14
	3	81,0124	50,45533	15
	4	94,9766	57,27844	15
	Total	81,5980	59,44194	58

Fuente: propia

Tabla 24 analisis RMSSD tiempo y tiempo\*orden

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>d</sup>
Tiempo	Pillai's Trace	,000	,011 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,989	,000	,023	,052
	Wilks' Lambda	1,000	,011 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,989	,000	,023	,052
	Hotelling's Trace	,000	,011 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,989	,000	,023	,052
	Roy's Largest Root	,000	,011 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,989	,000	,023	,052
Tiempo * Orden	Pillai's Trace	,178	1,761	6,000	108,000	,114	,089	10,567	,643
	Wilks' Lambda	,826	1,773 <sup>b</sup>	6,000	106,000	,112	,091	10,635	,645
	Hotelling's Trace	,206	1,782	6,000	104,000	,110	,093	10,694	,648
	Roy's Largest Root	,177	3,186 <sup>c</sup>	3,000	54,000	,031	,150	9,557	,705

Fuente: propia

Tabla 25 analisis error en tabla tiempo.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Tiempo	Sphericity Assumed	15,536	2	7,768	,014	,986	,000	,028	,05
	Greenhouse-Geisser	15,536	1,919	8,095	,014	,984	,000	,026	,05
	Huynh-Feldt	15,536	2,000	7,768	,014	,986	,000	,028	,05
	Lower-bound	15,536	1,000	15,536	,014	,907	,000	,014	,05
Tiempo * Orden	Sphericity Assumed	5493,363	6	915,560	1,621	,148	,083	9,726	,60
	Greenhouse-Geisser	5493,363	5,757	954,160	1,621	,152	,083	9,332	,58
	Huynh-Feldt	5493,363	6,000	915,560	1,621	,148	,083	9,726	,60
	Lower-bound	5493,363	3,000	1831,121	1,621	,195	,083	4,863	,40
Error(Tiempo)	Sphericity Assumed	61001,060	108	564,825					
	Greenhouse-Geisser	61001,060	103,631	588,637					
	Huynh-Feldt	61001,060	108,000	564,825					
	Lower-bound	61001,060	54,000	1129,649					

Fuente: propia

Tabla 26 analisis erro tiempo\*orden.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Tiempo	Linear	14,050	1	14,050	,021	,886	,000	,021	,052
	Quadratic	1,485	1	1,485	,003	,955	,000	,003	,050
Tiempo * Orden	Linear	1173,672	3	391,224	,580	,631	,031	1,740	,162
	Quadratic	4319,691	3	1439,897	3,165	,032	,150	9,495	,702
Error(Tiempo)	Linear	36434,151	54	674,706					
	Quadratic	24566,909	54	454,943					

Fuente: propia

Tabla 27 analisis estadístico RMSSD orden.

(I) Orden		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	,922	22,828	1,000	-61,603	63,447
	3	-6,207	22,444	1,000	-67,681	55,268
	4	-8,799	22,444	1,000	-70,273	52,675
2	1	-,922	22,828	1,000	-63,447	61,603
	3	-7,129	22,444	1,000	-68,603	54,345
	4	-9,721	22,444	1,000	-71,195	51,753
3	1	6,207	22,444	1,000	-55,268	67,681
	2	7,129	22,444	1,000	-54,345	68,603
	4	-2,593	22,054	1,000	-62,997	57,812
4	1	8,799	22,444	1,000	-52,675	70,273
	2	9,721	22,444	1,000	-51,753	71,195
	3	2,593	22,054	1,000	-57,812	62,997

Fuente: propia

Tabla 28 analisis estadístico RMSSD promedio error orden.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter
Contrast	974,921	3	324,974	,089	,966	,005	,267
Error	196985,693	54	3647,883				

Fuente: propia

Tabla 29 analisis estadístico RMSSD tiempo.

Tiempo	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	80,673	9,153	62,323	99,023
2	80,825	7,850	65,087	96,564

3	81,370	7,938	65,455	97,284
---	--------	-------	--------	--------

Fuente: propia

Tabla 30 analisis estadístico RMSSD tiempo.

(I) Tiempo		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-,152	4,061	1,000	-10,187	9,883
	3	-,696	4,826	1,000	-12,622	11,229
2	1	,152	4,061	1,000	-9,883	10,187
	3	-,544	4,326	1,000	-11,233	10,144
3	1	,696	4,826	1,000	-11,229	12,622
	2	,544	4,326	1,000	-10,144	11,233

Fuente: propia

Tabla 31 analisis estadístico RMSSorden.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	73,193	18,618	35,866	110,520
	2	87,490	15,969	55,474	119,505
	3	71,623	16,148	39,249	103,996
2	1	73,398	18,618	36,071	110,725
	2	78,274	15,969	46,259	110,290
	3	77,867	16,148	45,493	110,241
3	1	89,354	17,987	53,292	125,415
	2	80,559	15,427	49,629	111,489
	3	81,012	15,600	49,736	112,289
4	1	86,748	17,987	50,687	122,809
	2	76,978	15,427	46,048	107,908
	3	94,977	15,600	63,700	126,253

Fuente: propia



Tabla 32 analisis estadístico RMSSD tiempo.

Tiempo			Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-,205	26,330	1,000	-72,321	71,91
		3	-16,161	25,887	1,000	-87,064	54,74
		4	-13,555	25,887	1,000	-84,459	57,34
	2	1	,205	26,330	1,000	-71,911	72,32
		3	-15,956	25,887	1,000	-86,860	54,94
		4	-13,350	25,887	1,000	-84,254	57,55
	3	1	16,161	25,887	1,000	-54,743	87,06
		2	15,956	25,887	1,000	-54,948	86,86
		4	2,606	25,437	1,000	-67,065	72,27
	4	1	13,555	25,887	1,000	-57,349	84,45
		2	13,350	25,887	1,000	-57,554	84,25
		3	-2,606	25,437	1,000	-72,276	67,06
2	1	2	9,216	22,583	1,000	-52,638	71,07
		3	6,931	22,204	1,000	-53,884	67,74
		4	10,512	22,204	1,000	-50,303	71,32
	2	1	-9,216	22,583	1,000	-71,070	52,63
		3	-2,285	22,204	1,000	-63,099	58,53
		4	1,296	22,204	1,000	-59,519	62,11
	3	1	-6,931	22,204	1,000	-67,745	53,88
		2	2,285	22,204	1,000	-58,530	63,09
		4	3,581	21,817	1,000	-56,176	63,33
	4	1	-10,512	22,204	1,000	-71,326	50,30
		2	-1,296	22,204	1,000	-62,110	59,51
		3	-3,581	21,817	1,000	-63,337	56,17
3	1	2	-6,244	22,836	1,000	-68,791	56,30
		3	-9,390	22,452	1,000	-70,885	52,10
		4	-23,354	22,452	1,000	-84,849	38,14
	2	1	6,244	22,836	1,000	-56,302	68,79
		3	-3,146	22,452	1,000	-64,641	58,35
		4	-17,110	22,452	1,000	-78,605	44,38
	3	1	9,390	22,452	1,000	-52,106	70,88
		2	3,146	22,452	1,000	-58,350	64,64
		4	-13,964	22,062	1,000	-74,390	46,46
	4	1	23,354	22,452	1,000	-38,141	84,84

		2	17,110	22,452	1,000	-44,386	78,60
		3	13,964	22,062	1,000	-46,462	74,39

Fuente: propia

Tabla 33 analisis estadístico RMSSD promedio error tiempo.

Tiempo		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
1	Contrast	3204,427	3	1068,142	,220	,882	,01
	Error	262054,252	54	4852,857			
2	Contrast	935,722	3	311,907	,087	,967	,00
	Error	192781,243	54	3570,023			
3	Contrast	4277,978	3	1425,993	,391	,760	,02
	Error	197122,644	54	3650,419			

Fuente: propia.

Tabla 34 analisis estadístico RMSSDroden.

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-14,297	8,261	,268	-34,710	6,11
		3	1,571	9,818	1,000	-22,687	25,82
	2	1	14,297	8,261	,268	-6,116	34,71
		3	15,867	8,799	,231	-5,875	37,60
	3	1	-1,571	9,818	1,000	-25,828	22,68
		2	-15,867	8,799	,231	-37,609	5,87
2	1	2	-4,876	8,261	1,000	-25,289	15,53
		3	-4,469	9,818	1,000	-28,727	19,78
	2	1	4,876	8,261	1,000	-15,536	25,28
		3	,407	8,799	1,000	-21,335	22,14
	3	1	4,469	9,818	1,000	-19,789	28,72
		2	-,407	8,799	1,000	-22,149	21,33
3	1	2	8,795	7,981	,826	-10,926	28,51
		3	8,341	9,485	1,000	-15,094	31,77

	2	1	-8,795	7,981	,826	-28,515	10,92
		3	-,454	8,501	1,000	-21,458	20,55
	3	1	-8,341	9,485	1,000	-31,777	15,09
		2	,454	8,501	1,000	-20,551	21,45
4	1	2	9,770	7,981	,679	-9,951	29,49
		3	-8,229	9,485	1,000	-31,664	15,20
	2	1	-9,770	7,981	,679	-29,490	9,95
		3	-17,998	8,501	,117	-39,003	3,00
	3	1	8,229	9,485	1,000	-15,207	31,66
		2	17,998	8,501	,117	-3,006	39,00

Fuente: propia.

## SDNN

Tabla 35 analisis estadístico SDNN orden.

Orden		Mean	Std. Deviation	N
SDNN_LB	1	77,606937	69,3259266	14
	2	81,532275	42,2158134	14
	3	94,079908	64,0472694	15
	4	88,201637	50,9218062	15
	Total	85,554692	56,4575088	58
SDNN_Estres	1	94,015203	62,8984358	14
	2	78,025337	31,1089508	14
	3	86,462670	57,8672530	15
	4	80,357579	38,5136110	15
	Total	84,670195	48,4544500	58
SDNN_Relaj	1	84,704344	74,1051550	14
	2	93,062587	43,2016848	14
	3	94,238418	45,6591185	15
	4	98,917952	42,7451480	15
	Total	92,863493	51,6280346	58

Fuente: propia.

Tabla 36 analisis estadístico SDNN tiempo\*orden.

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Tiempo	Pillai's Trace	,102	2,998 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,058	,10
	Wilks' Lambda	,898	2,998 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,058	,10
	Hotelling's Trace	,113	2,998 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,058	,10
	Roy's Largest Root	,113	2,998 <sup>b</sup>	2,000	53,000	,058	,10
Tiempo * Orden	Pillai's Trace	,218	2,202	6,000	108,000	,048	,10
	Wilks' Lambda	,787	2,249 <sup>b</sup>	6,000	106,000	,044	,11
	Hotelling's Trace	,265	2,293	6,000	104,000	,040	,11
	Roy's Largest Root	,238	4,292 <sup>c</sup>	3,000	54,000	,009	,19

Fuente: propia.

Tabla 37 analisis estadístico SDNN promedio tiempo.

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Tiempo	,977	1,250	2	,535	,977	1,000	,50

Fuente: propia.

Tabla 38 analisis estadístico SDNN error tiempo.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Tiempo	Sphericity Assumed	2299,088	2	1149,544	3,230	,043	,05
	Greenhouse-Geisser	2299,088	1,954	1176,344	3,230	,045	,05

	Huynh-Feldt	2299,088	2,000	1149,544	3,230	,043	,05
	Lower-bound	2299,088	1,000	2299,088	3,230	,078	,05
Tiempo * Orden	Sphericity Assumed	4480,185	6	746,698	2,098	,059	,10
	Greenhouse- Geisser	4480,185	5,863	764,106	2,098	,061	,10
	Huynh-Feldt	4480,185	6,000	746,698	2,098	,059	,10
	Lower-bound	4480,185	3,000	1493,395	2,098	,111	,10
Error(Tiempo)	Sphericity Assumed	38434,792	108	355,878			
	Greenhouse- Geisser	38434,792	105,540	364,174			
	Huynh-Feldt	38434,792	108,000	355,878			
	Lower-bound	38434,792	54,000	711,755			

Fuente: propia.

Tabla 39 analisis estadístico SDNN orden.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Tiempo	Linear	1575,724	1	1575,724	3,846	,055	,06
	Quadratic	723,363	1	723,363	2,394	,128	,04
Tiempo * Orden	Linear	595,594	3	198,531	,485	,694	,02
	Quadratic	3884,591	3	1294,864	4,286	,009	,19
Error(Tiempo)	Linear	22121,260	54	409,653			
	Quadratic	16313,532	54	302,102			

Fuente: propia.

Tabla 40 analisis estadístico SDNNvariable dependiente.

Dependent Variable		B	Std. Error	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
SDNN_LB	Intercept	88,202	14,881	5,927	,000	58,366	118,03
	[Orden=1]	-10,595	21,418	-,495	,623	-53,535	32,34
	[Orden=2]	-6,669	21,418	-,311	,757	-49,610	36,27

	[Orden=3]	5,878	21,045	,279	,781	-36,315	48,07
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>					
SDNN_Estres	Intercept	80,358	12,749	6,303	,000	54,797	105,91
	[Orden=1]	13,658	18,349	,744	,460	-23,130	50,44
	[Orden=2]	-2,332	18,349	-,127	,899	-39,120	34,45
	[Orden=3]	6,105	18,030	,339	,736	-30,043	42,25
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>					
SDNN_Relaj	Intercept	98,918	13,627	7,259	,000	71,597	126,23
	[Orden=1]	-14,214	19,613	-,725	,472	-53,535	25,10
	[Orden=2]	-5,855	19,613	-,299	,766	-45,177	33,46
	[Orden=3]	-4,680	19,272	-,243	,809	-43,317	33,95
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>					

Fuente: propia.

Tabla 41 analisis estadístico SDNN orden promedio por grupo.

Orden	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	85,442	13,657	58,061	112,823
2	84,207	13,657	56,826	111,588
3	91,594	13,194	65,141	118,046
4	89,159	13,194	62,707	115,612

Fuente: propia.

Tabla 42 analisis estadístico SDNN orden.

(I) Orden	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
				Lower Bound	Upper Bound
1	2	1,235	19,314	1,000	-51,665 54,136
	3	-6,152	18,990	1,000	-58,163 45,860
	4	-3,717	18,990	1,000	-55,728 48,294
2	1	-1,235	19,314	1,000	-54,136 51,665
	3	-7,387	18,990	1,000	-59,398 44,624
	4	-4,952	18,990	1,000	-56,963 47,059
3	1	6,152	18,990	1,000	-45,860 58,163
	2	7,387	18,990	1,000	-44,624 59,398

	4	2,435	18,659	1,000	-48,672	53,541
4	1	3,717	18,990	1,000	-48,294	55,728
	2	4,952	18,990	1,000	-47,059	56,963
	3	-2,435	18,659	1,000	-53,541	48,672

Fuente: propia.

Tabla 43 analisis estadístico SDNN tiempo promedio por etapas.

Tiempo	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	85,355	7,572	70,173	100,537
2	84,715	6,487	71,709	97,722
3	92,731	6,934	78,828	106,633

Fuente: propia.

Tabla 44 analisis estadístico SDNN tiempo por grupos.

(I) Tiempo		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	,640	3,335	1,000	-7,601	8,881
	3	-7,376	3,761	,165	-16,668	1,916
2	1	-,640	3,335	1,000	-8,881	7,601
	3	-8,016	3,405	,067	-16,428	,397
3	1	7,376	3,761	,165	-1,916	16,668
	2	8,016	3,405	,067	-,397	16,428

Fuente: propia.

Tabla 45 analisis estadístico SDNN orden.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	77,607	15,404	46,724	108,489
	2	94,015	13,197	67,558	120,473

	3	84,704	14,106	56,424	112,984
2	1	81,532	15,404	50,650	112,415
	2	78,025	13,197	51,568	104,483
	3	93,063	14,106	64,783	121,343
3	1	94,080	14,881	64,245	123,915
	2	86,463	12,749	60,902	112,023
	3	94,238	13,627	66,917	121,560
4	1	88,202	14,881	58,366	118,037
	2	80,358	12,749	54,797	105,918
	3	98,918	13,627	71,597	126,239

Fuente: propia.

Tabla 46 analisis estadístico SDNN tiempo por grupos.

Tiempo			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-3,925	21,784	1,000	-63,591	55,74
		3	-16,473	21,418	1,000	-75,135	42,18
		4	-10,595	21,418	1,000	-69,257	48,06
	2	1	3,925	21,784	1,000	-55,740	63,59
		3	-12,548	21,418	1,000	-71,210	46,11
		4	-6,669	21,418	1,000	-65,332	51,99
	3	1	16,473	21,418	1,000	-42,189	75,13
		2	12,548	21,418	1,000	-46,115	71,21
		4	5,878	21,045	1,000	-51,764	63,52
	4	1	10,595	21,418	1,000	-48,068	69,25
		2	6,669	21,418	1,000	-51,993	65,33
		3	-5,878	21,045	1,000	-63,520	51,76
2	1	2	15,990	18,663	1,000	-35,127	67,10
		3	7,553	18,349	1,000	-42,705	57,81
		4	13,658	18,349	1,000	-36,600	63,91
	2	1	-15,990	18,663	1,000	-67,106	35,12
		3	-8,437	18,349	1,000	-58,695	41,82
		4	-2,332	18,349	1,000	-52,590	47,92
	3	1	-7,553	18,349	1,000	-57,810	42,70
		2	8,437	18,349	1,000	-41,820	58,69



		4	6,105	18,030	1,000	-43,278	55,48
	4	1	-13,658	18,349	1,000	-63,915	36,60
		2	2,332	18,349	1,000	-47,925	52,59
		3	-6,105	18,030	1,000	-55,488	43,27
3	1	2	-8,358	19,948	1,000	-62,996	46,27
		3	-9,534	19,613	1,000	-63,253	44,18
		4	-14,214	19,613	1,000	-67,933	39,50
	2	1	8,358	19,948	1,000	-46,279	62,99
		3	-1,176	19,613	1,000	-54,895	52,54
		4	-5,855	19,613	1,000	-59,574	47,86
	3	1	9,534	19,613	1,000	-44,185	63,25
		2	1,176	19,613	1,000	-52,543	54,89
		4	-4,680	19,272	1,000	-57,464	48,10
	4	1	14,214	19,613	1,000	-39,505	67,93
		2	5,855	19,613	1,000	-47,864	59,57
		3	4,680	19,272	1,000	-48,105	57,46

Fuente: propia.

Tabla 47 analisis estadístico SDNN orden.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	77,607	15,404	46,724	108,489
	2	94,015	13,197	67,558	120,473
	3	84,704	14,106	56,424	112,984
2	1	81,532	15,404	50,650	112,415
	2	78,025	13,197	51,568	104,483
	3	93,063	14,106	64,783	121,343
3	1	94,080	14,881	64,245	123,915
	2	86,463	12,749	60,902	112,023
	3	94,238	13,627	66,917	121,560
4	1	88,202	14,881	58,366	118,037
	2	80,358	12,749	54,797	105,918
	3	98,918	13,627	71,597	126,239

Fuente: propia.

Tabla 48 analisis estadístico SDNN orden por etapas del experimento.

Orden			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-16,408	6,785	,057	-33,172	,35
		3	-7,097	7,650	1,000	-25,999	11,80
	2	1	16,408	6,785	,057	-,356	33,17
		3	9,311	6,926	,553	-7,801	26,42
	3	1	7,097	7,650	1,000	-11,804	25,99
		2	-9,311	6,926	,553	-26,423	7,80
2	1	2	3,507	6,785	1,000	-13,257	20,27
		3	-11,530	7,650	,413	-30,432	7,37
	2	1	-3,507	6,785	1,000	-20,271	13,25
		3	-15,037	6,926	,103	-32,149	2,07
	3	1	11,530	7,650	,413	-7,372	30,43
		2	15,037	6,926	,103	-2,075	32,14
3	1	2	7,617	6,555	,751	-8,579	23,81
		3	-,159	7,391	1,000	-18,419	18,10
	2	1	-7,617	6,555	,751	-23,813	8,57
		3	-7,776	6,691	,751	-24,308	8,75
	3	1	,159	7,391	1,000	-18,102	18,41
		2	7,776	6,691	,751	-8,756	24,30
4	1	2	7,844	6,555	,710	-8,352	24,04
		3	-10,716	7,391	,459	-28,977	7,54
	2	1	-7,844	6,555	,710	-24,040	8,35
		3	-18,560	6,691	,023	-35,092	-2,02
	3	1	10,716	7,391	,459	-7,545	28,97
		2	18,560	6,691	,023	2,029	35,09

Fuente: propia.

Tabla 49. analisis estadístico SDNN orden.

(I) Orden		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1,235428	19,3141310	1,000	-51,664782	54,135639

	3	-6,151504	18,9895006	1,000	-58,162572	45,859564
	4	-3,716894	18,9895006	1,000	-55,727963	48,294174
2	1	-1,235428	19,3141310	1,000	-54,135639	51,664782
	3	-7,386933	18,9895006	1,000	-59,398001	44,624135
	4	-4,952323	18,9895006	1,000	-56,963391	47,058745
3	1	6,151504	18,9895006	1,000	-45,859564	58,162572
	2	7,386933	18,9895006	1,000	-44,624135	59,398001
	4	2,434610	18,6592232	1,000	-48,671849	53,541069
4	1	3,716894	18,9895006	1,000	-48,294174	55,727963
	2	4,952323	18,9895006	1,000	-47,058745	56,963391
	3	-2,434610	18,6592232	1,000	-53,541069	48,671849

Fuente: propia.

Tabla 50 analisis estadístico HR orden.

Orden		Mean	Std. Deviation	N
HR_LB	1	75,357944	7,6110335	14
	2	77,536617	10,2500454	14
	3	78,276534	8,9244960	15
	4	77,359364	12,0250675	15
	Total	77,156247	9,6655612	58
HR_Estres	1	81,126441	7,0861397	14
	2	83,096214	11,0218138	14
	3	84,937505	10,1016065	15
	4	84,463259	10,2384547	15
	Total	83,450494	9,6008993	58
HR_Relaj	1	75,159029	7,7797691	14
	2	76,879301	10,8706942	14
	3	77,475744	8,1979191	15
	4	78,341570	10,9197690	15
	Total	76,996488	9,3764949	58

Fuente: propia.

Tabla 51 analisis estadístico HR error tiempo.

Source	Type III Sum of	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>

		Squares					Squared		
Tiempo	Linear	,824	1	,824	,090	,765	,002	,090	,060
	Quadratic	1561,009	1	1561,009	102,534	,000	,655	102,534	1,000
Tiempo *	Linear	14,606	3	4,869	,533	,662	,029	1,598	,152
	Quadratic	9,887	3	3,296	,216	,885	,012	,649	,088
Error(Tiempo)	Linear	493,723	54	9,143					
	Quadratic	822,109	54	15,224					

Fuente: propia.

Tabla 52 analisis estadístico HR error orden..

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	1089245,971	1	1089245,971	4200,167	,000	,987	4200,167	1,000
Orden	246,223	3	82,074	,316	,813	,017	,949	,107
Error	14004,035	54	259,334					

Fuente: propia.

Tabla 53 analisis estadístico HR tiempo.

Dependent Variable		B	Std. Error	t	Sig.	95% Confidence Interval		Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>b</sup>
						Lower Bound	Upper Bound			
HR_LB	Intercept	77,359	2,548	30,362	,000	72,251	82,468	,945	30,362	1,000
	[Orden=1]	-2,001	3,667	-,546	,587	-9,353	5,351	,005	,546	,084
	[Orden=2]	,177	3,667	,048	,962	-7,175	7,529	,000	,048	,050
	[Orden=3]	,917	3,603	,255	,800	-6,307	8,141	,001	,255	,057
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								
HR_Estres	Intercept	84,463	2,516	33,568	,000	79,419	89,508	,954	33,568	1,000
	[Orden=1]	-3,337	3,621	-,921	,361	-10,597	3,924	,015	,921	,148
	[Orden=2]	-1,367	3,621	-,377	,707	-8,627	5,893	,003	,377	,066
	[Orden=3]	,474	3,558	,133	,894	-6,660	7,608	,000	,133	,052

	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								
HR_Relaj	Intercept	78,342	2,468	31,744	,000	73,394	83,289	,949	31,744	1,000
	[Orden=1]	-3,183	3,552	-,896	,374	-10,304	3,939	,015	,896	,142
	[Orden=2]	-1,462	3,552	-,412	,682	-8,583	5,659	,003	,412	,069
	[Orden=3]	-,866	3,490	-,248	,805	-7,863	6,131	,001	,248	,057
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								

Fuente: propia.

Tabla 54 analisis estadístico HR orden.

(I) Orden		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1,956	3,514	1,000	-11,581	7,669
	3	-3,015	3,455	1,000	-12,479	6,448
	4	-2,840	3,455	1,000	-12,304	6,623
2	1	1,956	3,514	1,000	-7,669	11,581
	3	-1,059	3,455	1,000	-10,522	8,404
	4	-,884	3,455	1,000	-10,347	8,579
3	1	3,015	3,455	1,000	-6,448	12,479
	2	1,059	3,455	1,000	-8,404	10,522
	4	,175	3,395	1,000	-9,123	9,474
4	1	2,840	3,455	1,000	-6,623	12,304
	2	,884	3,455	1,000	-8,579	10,347
	3	-,175	3,395	1,000	-9,474	9,123

Fuente: propia.

Tabla 55 analisis estadístico HR error orden.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Contrast	82,074	3	27,358	,316	,813	,017	,949	,107
Error	4668,012	54	86,445					

Fuente: propia.

Tabla 56 analisis estadístico HR tiempo.

Tiempo	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	77,133	1,297	74,533	79,732
2	83,406	1,280	80,839	85,973
3	76,964	1,256	74,446	79,482

Fuente: propia.

Tabla 57 analisis estadístico HR tiempo.

(I) Tiempo		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-6,273	,708	,000	-8,024	-4,523
	3	,169	,562	1,000	-1,219	1,557
2	1	6,273	,708	,000	4,523	8,024
	3	6,442	,667	,000	4,795	8,089
3	1	-,169	,562	1,000	-1,557	1,219
	2	-6,442	,667	,000	-8,089	-4,795

Fuente: propia.

Tabla 58 analisis estadístico HR orden fases del experimento.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	75,358	2,637	70,070	80,645
	2	81,126	2,604	75,905	86,348
	3	75,159	2,555	70,038	80,281
2	1	77,537	2,637	72,249	82,824
	2	83,096	2,604	77,875	88,318
	3	76,879	2,555	71,758	82,001
3	1	78,277	2,548	73,168	83,385
	2	84,938	2,516	79,893	89,982

	3	77,476	2,468	72,528	82,424
4	1	77,359	2,548	72,251	82,468
	2	84,463	2,516	79,419	89,508
	3	78,342	2,468	73,394	83,289

Fuente: propia.

Tabla 59 analisis estadístico HR tiempo por grupos.

Tiempo			Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>	
						Lower Bound	Upper Bound
1	1	2	-2,179	3,730	1,000	-12,394	8,037
		3	-2,919	3,667	1,000	-12,962	7,115
		4	-2,001	3,667	1,000	-12,045	8,037
	2	1	2,179	3,730	1,000	-8,037	12,394
		3	-,740	3,667	1,000	-10,784	9,304
		4	,177	3,667	1,000	-9,867	10,221
	3	1	2,919	3,667	1,000	-7,125	12,962
		2	,740	3,667	1,000	-9,304	10,784
		4	,917	3,603	1,000	-8,952	10,778
	4	1	2,001	3,667	1,000	-8,042	12,045
		2	-,177	3,667	1,000	-10,221	9,867
		3	-,917	3,603	1,000	-10,786	8,952
2	1	2	-1,970	3,683	1,000	-12,058	8,118
		3	-3,811	3,621	1,000	-13,730	6,108
		4	-3,337	3,621	1,000	-13,256	6,582
	2	1	1,970	3,683	1,000	-8,119	12,058
		3	-1,841	3,621	1,000	-11,760	8,072
		4	-1,367	3,621	1,000	-11,286	8,548
	3	1	3,811	3,621	1,000	-6,108	13,730
		2	1,841	3,621	1,000	-8,077	11,760
		4	,474	3,558	1,000	-9,272	10,220
	4	1	3,337	3,621	1,000	-6,582	13,256
		2	1,367	3,621	1,000	-8,552	11,286
		3	-,474	3,558	1,000	-10,220	9,272
3	1	2	-1,720	3,613	1,000	-11,615	8,173
		3	-2,317	3,552	1,000	-12,045	7,411
		4	-3,183	3,552	1,000	-12,911	6,547

	2	1	1,720	3,613	1,000	-8,175	11,67
		3	-,596	3,552	1,000	-10,325	9,13
		4	-1,462	3,552	1,000	-11,191	8,26
	3	1	2,317	3,552	1,000	-7,412	12,04
		2	,596	3,552	1,000	-9,132	10,32
		4	-,866	3,490	1,000	-10,425	8,66
	4	1	3,183	3,552	1,000	-6,546	12,97
		2	1,462	3,552	1,000	-8,266	11,19
		3	,866	3,490	1,000	-8,693	10,42

Fuente: propia.

Tabla 60 analisis estadístico HR error tiempo por grupos.

Tiempo		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
1	Contrast	66,745	3	22,248	,228	,876	,013	,685	,090
	Error	5258,371	54	97,377					
2	Contrast	125,928	3	41,976	,442	,724	,024	1,326	,133
	Error	5128,177	54	94,966					
3	Contrast	78,044	3	26,015	,285	,836	,016	,854	,101
	Error	4933,320	54	91,358					

Fuente: propia.

Tabla 61 analisis estadístico HR error orden por grupos.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	75,358	2,637	70,070	80,645
	2	81,126	2,604	75,905	86,348
	3	75,159	2,555	70,038	80,281
2	1	77,537	2,637	72,249	82,824
	2	83,096	2,604	77,875	88,318
	3	76,879	2,555	71,758	82,001
3	1	78,277	2,548	73,168	83,385
	2	84,938	2,516	79,893	89,982



	3	77,476	2,468	72,528	82,424
4	1	77,359	2,548	72,251	82,468
	2	84,463	2,516	79,419	89,508
	3	78,342	2,468	73,394	83,289

Fuente: propia.

Tabla 62 analisis estadístico GSR promedio.

Orden		Mean	Std. Deviation	N
GSR_LB	1	-,022122	,3017962	14
	2	,023958	,2671957	14
	3	-,065364	,2125106	15
	4	,151555	,3228683	15
	Total	,022734	,2839992	58
GSR_Estres	1	,588283	,4195702	14
	2	,367446	,3867620	14
	3	,504533	,3883717	15
	4	,747880	,7877155	15
	Total	,554593	,5320586	58
GSR_Relaj	1	,383778	,3467081	14
	2	,301081	,3928974	14
	3	,503791	,3904939	15
	4	,788144	,6177574	15
	Total	,499432	,4782218	58

Fuente: propia.

Tabla 63 analisis estadístico GSR tiempo.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Tiempo	Sphericity Assumed	9,795	2	4,897	86,246	,000	,615	172,491	1,000
	Greenhouse-Geisser	9,795	1,441	6,797	86,246	,000	,615	124,280	1,000

	Huynh-Feldt	9,795	1,552	6,311	86,246	,000	,615	133,864	1,000
	Lower-bound	9,795	1,000	9,795	86,246	,000	,615	86,246	1,000
Tiempo * Orden	Sphericity	,767	6	,128	2,252	,044	,111	13,511	,768
	Assumed								
	Greenhouse-Geisser	,767	4,323	,177	2,252	,066	,111	9,735	,657
	Huynh-Feldt	,767	4,656	,165	2,252	,061	,111	10,485	,682
	Lower-bound	,767	3,000	,256	2,252	,093	,111	6,756	,539
Error(Tiempo)	Sphericity	6,133	108	,057					
	Assumed								
	Greenhouse-Geisser	6,133	77,814	,079					
	Huynh-Feldt	6,133	83,815	,073					
	Lower-bound	6,133	54,000	,114					

Fuente: propia.

Tabla 64 analisis estadístico GSR error tiempo.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Tiempo	Linear	6,458	1	6,458	125,757	,000	,700	125,757	1,000
	Quadratic	3,337	1	3,337	53,631	,000	,498	53,631	1,000
Tiempo * Orden	Linear	,570	3	,190	3,698	,017	,170	11,094	,775
	Quadratic	,197	3	,066	1,058	,375	,056	3,174	,271
Error(Tiempo)	Linear	2,773	54	,051					
	Quadratic	3,360	54	,062					

Fuente: propia.

Tabla 65 analisis estadístico GSR orden.

Dependent Variable	B	Std. Error	t	Sig.	95% Confidence Interval	Partial Eta	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>b</sup>
--------------------	---	------------	---	------	-------------------------	-------------	--------------------	-----------------------------

						Lower Bound	Upper Bound	Squared		
GSR_LB	Intercept	,152	,072	2,104	,040	,007	,296	,076	2,104	,542
	[Orden=1]	-,174	,104	-1,675	,100	-,382	,034	,049	1,675	,377
	[Orden=2]	-,128	,104	-1,231	,224	-,335	,080	,027	1,231	,227
	[Orden=3]	-,217	,102	-2,129	,038	-,421	-,013	,077	2,129	,552
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								
GSR_Estres	Intercept	,748	,136	5,490	,000	,475	1,021	,358	5,490	1,000
	[Orden=1]	-,160	,196	-,814	,419	-,553	,233	,012	,814	,126
	[Orden=2]	-,380	,196	-1,940	,058	-,774	,013	,065	1,940	,478
	[Orden=3]	-,243	,193	-1,263	,212	-,630	,143	,029	1,263	,237
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								
GSR_Relaj	Intercept	,788	,117	6,749	,000	,554	1,022	,458	6,749	1,000
	[Orden=1]	-,404	,168	-2,406	,020	-,741	-,067	,097	2,406	,656
	[Orden=2]	-,487	,168	-2,898	,005	-,824	-,150	,135	2,898	,812
	[Orden=3]	-,284	,165	-1,722	,091	-,615	,047	,052	1,722	,394
	[Orden=4]	0 <sup>a</sup>								

Fuente: propia.

Tabla 66 analisis estadístico GSR promedio orden.

Orden	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	,317	,103	,110	,524
2	,231	,103	,024	,438
3	,314	,100	,114	,514
4	,563	,100	,363	,762

Fuente: propia.

Tabla 67 analisis estadístico GSR orden pro grupos.

(I) Orden	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>a</sup>		
				Lower Bound	Upper Bound	
1	2	,086	,146	1,000	-,314	,486
	3	,002	,143	1,000	-,391	,395
	4	-,246	,143	,554	-,639	,147

2	1	-,086	,146	1,000	-,486	,314
	3	-,083	,143	1,000	-,476	,309
	4	-,332	,143	,148	-,725	,061
3	1	-,002	,143	1,000	-,395	,391
	2	,083	,143	1,000	-,309	,476
	4	-,248	,141	,504	-,634	,138
4	1	,246	,143	,554	-,147	,639
	2	,332	,143	,148	-,061	,725
	3	,248	,141	,504	-,138	,634

Fuente: propia.

Tabla 68 analisis estadístico GSR promedio tiempo.

Tiempo	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	,022	,037	-,051	,096
2	,552	,069	,413	,691
3	,494	,059	,375	,613

Fuente: propia.

Tabla 69 analisis estadístico GSR orden por fases del experimento.

Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	-,022	,075	-,172	,127
	2	,588	,141	,306	,871
	3	,384	,121	,141	,626
2	1	,024	,075	-,126	,173
	2	,367	,141	,085	,650
	3	,301	,121	,059	,543
3	1	-,065	,072	-,210	,079
	2	,505	,136	,231	,778
	3	,504	,117	,270	,738
4	1	,152	,072	,007	,296
	2	,748	,136	,475	1,021

	3	,788	,117	,554	1,022
--	---	------	------	------	-------

Fuente: propia.

Tabla 70 analisis estadístico RSA tiempo.

Measure: RSA							
Tiempo		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>		
					Lower Bound	Upper Bound	
1	1	2	-,046	,105	1,000	-,335	,,243
		3	,043	,104	1,000	-,241	,,335
		4	-,174	,104	,598	-,458	,,243
	2	1	,046	,105	1,000	-,243	,,335
		3	,089	,104	1,000	-,195	,,335
		4	-,128	,104	1,000	-,412	,,243
	3	1	-,043	,104	1,000	-,327	,,243
		2	-,089	,104	1,000	-,373	,,243
		4	-,217	,102	,227	-,496	,,243
	4	1	,174	,104	,598	-,110	,,243
		2	,128	,104	1,000	-,156	,,243
		3	,217	,102	,227	-,062	,,243
2	1	2	,221	,199	1,000	-,325	,,335
		3	,084	,196	1,000	-,453	,,335
		4	-,160	,196	1,000	-,697	,,335
	2	1	-,221	,199	1,000	-,767	,,335
		3	-,137	,196	1,000	-,674	,,335
		4	-,380	,196	,345	-,917	,,335
	3	1	-,084	,196	1,000	-,621	,,335
		2	,137	,196	1,000	-,400	,,335
		4	-,243	,193	1,000	-,771	,,335
	4	1	,160	,196	1,000	-,377	,,335
		2	,380	,196	,345	-,157	,,335
		3	,243	,193	1,000	-,284	,,335
3	1	2	,083	,171	1,000	-,386	,,335
		3	-,120	,168	1,000	-,580	,,335
		4	-,404	,168	,118	-,865	,,335
	2	1	-,083	,171	1,000	-,551	,,335
		3	-,203	,168	1,000	-,663	,,335

	4		-,487	,168	,033	-,947	-,0
3	1		,120	,168	1,000	-,340	,0
	2		,203	,168	1,000	-,258	,0
	4		-,284	,165	,545	-,737	,0
4	1		,404	,168	,118	-,056	,0
	2		,487	,168	,033	,027	,0
	3		,284	,165	,545	-,168	,0

Fuente: propia.

Tabla 71 analisis estadístico RSA tiempo.

Estimates					
Measure: RSA					
Orden		Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
1	1	-,022	,075	-,172	,127
	2	,588	,141	,306	,871
	3	,384	,121	,141	,626
2	1	,024	,075	-,126	,173
	2	,367	,141	,085	,650
	3	,301	,121	,059	,543
3	1	-,065	,072	-,210	,079
	2	,505	,136	,231	,778
	3	,504	,117	,270	,738
4	1	,152	,072	,007	,296
	2	,748	,136	,475	1,021
	3	,788	,117	,554	1,022

Fuente: propia.

Tabla 72 analisis estadístico RSA orden fases experimento.

Measure: RSA						
Orden		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	1 2	-,610	,113	,000	-,890	-,331
	3	-,406	,086	,000	-,618	-,194

2	1		,610	,113	,000	,331	,890
		3	,205	,065	,008	,045	,364
3	1		,406	,086	,000	,194	,618
		2	-,205	,065	,008	-,364	-,045
2	1	2	-,343	,113	,011	-,623	-,064
		3	-,277	,086	,006	-,489	-,065
	2	1	,343	,113	,011	,064	,623
		3	,066	,065	,927	-,093	,226
	3	1	,277	,086	,006	,065	,489
		2	-,066	,065	,927	-,226	,093
3	1	2	-,570	,109	,000	-,840	-,300
		3	-,569	,083	,000	-,774	-,365
	2	1	,570	,109	,000	,300	,840
		3	,001	,062	1,000	-,154	,155
	3	1	,569	,083	,000	,365	,774
		2	-,001	,062	1,000	-,155	,154
4	1	2	-,596	,109	,000	-,867	-,326
		3	-,637	,083	,000	-,841	-,432
	2	1	,596	,109	,000	,326	,867
		3	-,040	,062	1,000	-,195	,114
	3	1	,637	,083	,000	,432	,841
		2	,040	,062	1,000	-,114	,195

Fuente: propia.

## 10.5 ANEXO 5

### Tablas de resultados sujetos.

Tabla 73. Datos de los sujetos en cada una de las mediciones.

Sujeto	Sexo	Edad	Orden	RSA_LB	RSA_Estres	RSA_Relajacion	RMSSD_LB	RMSSD_Estres	RMSSD_Relaj
3	1	21	1	506,88	-425,43	397,12	88,71	95,18	56,59
4	1	20	1	773,83	1204,68	-548,40	41,12	44,99	30,59
5	0	24	1	-519,44	-400,66	-520,49	88,71	95,18	75,16
8	0	21	1	-368,20	1216,04	-610,44	41,12	44,99	37,40
9	0	21	1	-555,47	578,71	273,07	28,63	136,95	28,48
10	0	23	1	-725,88	1159,66	-571,91	80,63	60,34	94,47
11	0	20	1	305,15	536,62	-568,28	60,33	79,56	82,63
12	1	22	1	-506,72	-384,09	-214,97	73,69	70,74	65,39
13	1	20	1	267,38	636,85	41,11	14,31	61,21	17,36
14	1	21	1	226,79	-523,05	-564,46	80,63	60,34	87,77
15	0	23	1	-612,59	-526,43	-578,57	60,33	79,56	87,02
16	1	22	1	-562,64	-478,63	-516,14	15,69	21,15	18,51
17	0	24	2	-693,65	316,25	-677,88	59,87	76,57	70,10
18	0	21	2	-597,74	-491,74	-602,92	41,85	34,80	55,92
19	1	25	1	191,04	594,28	41,14	337,47	364,86	345,33
20	0	22	2	306,07	-495,91	-555,12	68,33	73,30	53,94
21	1	20	1	-676,10	-491,90	-102,02	97,35	90,48	82,50
22	0	23	2	-544,53	-364,64	-443,69	85,45	71,80	83,47
23	0	18	2	27,12	-1951,83	-695,30	55,83	74,80	34,36
24	1	20	2	157,80	-390,34	-434,33	20,93	22,68	25,25
26	0	22	2	-509,71	303,52	51,27	58,23	99,30	51,61
27	0	22	2	81,50	528,14	90,53	42,54	27,10	33,01



28	0	22	3	-191,27	-178,61	-683,80	76,74	98,78	108,24
29	0	22	3	-340,02	-468,07	-368,31	11,31	37,06	31,20
30	0	21	3	-556,07	-442,71	-512,20	75,72	94,58	181,46
31	0	23	3	130,73	-561,66	-560,89	34,31	60,25	33,18
32	1	22	2	325,63	370,56	0,15	181,61	148,77	156,48
33	1	22	2	-536,00	-437,27	-475,02	67,20	83,24	86,79
34	1	21	2	395,57	-407,83	-429,35	72,10	91,70	79,11
35	1	19	2	-754,93	359,03	-492,45	75,72	94,58	141,91
36	1	21	2	-741,29	-683,43	-1423,48	52,30	31,61	45,28
37	0	22	3	292,37	-505,31	-148,76	78,39	86,67	90,28
38	0	22	3	-511,51	-382,67	-502,03	42,48	62,08	44,52
39	0	22	3	-560,88	696,50	-297,57	89,04	138,04	169,30
40	1	21	2	-530,28	752,92	-501,73	79,18	54,08	64,14
41	1	19	3	-529,55	-424,00	-492,92	41,98	71,02	83,56
42	1	18	3	-1084,25	-521,03	-553,18	253,49	225,01	157,75
43	0	22	3	108,15	-455,59	-524,29	48,60	36,43	41,85
44	1	22	3	-645,11	-450,66	-560,62	31,59	27,44	33,21
46	0	23	4	-577,97	423,24	10,86	132,76	111,07	91,48
47	0	22	4	-576,88	244,32	-457,65	41,98	71,02	72,36
48	0	24	4	-34,05	115,30	-557,17	48,30	32,46	48,45
49	0	20	4	-727,16	583,12	-581,40	48,60	36,43	39,10
50	1	18	3	-446,55	-538,80	-528,41	68,25	35,86	53,11
51	0	18	4	51,26	-471,75	-595,39	147,14	79,08	154,53
52	0	21	4	-598,41	289,56	-1302,88	71,37	77,27	61,37
53	0	22	4	-692,15	-521,77	-193,86	38,32	99,66	39,03
54	1	18	3	286,32	-435,95	-481,36	56,28	38,04	79,84
55	1	19	3	-625,67	-2895,89	-0,36	68,92	54,06	50,20
56	1	18	4	531,12	-461,54	237,40	36,69	71,47	40,47
57	1	18	4	-460,76	-510,94	-587,47	46,42	45,50	41,86
58	0	23	4	-552,17	-405,89	181,41	243,03	143,70	171,92

59	1	18	4	-624,55	532,54	-704,08	125,58	71,15	148,58
60	1	18	4	-462,24	361,55	-373,74	72,05	81,07	109,93
61	1	20	4	-575,83	-416,11	-462,32	44,12	19,53	40,51
62	1	20	4	334,03	996,79	-484,99	46,42	45,50	69,36
63	1	18	4	-523,51	-437,11	-83,68	243,03	143,70	163,36

SDNN_LB	SDNN_Estres	SDNN_Relaj	HR_LB	HR_Estres	HR_Relaj	GSR_LB	GSR_Estres	GSR_Relaj
77,62	90,24	62,22	74,64	85,58	81,31	-0,03	0,58	0,37
61,97	72,22	64,44	66,72	76,94	70,37	-0,08	0,80	0,26
77,62	90,24	86,75	74,64	85,58	81,31	-0,07	0,65	0,44
61,97	72,22	63,05	66,72	76,94	70,37	-0,22	1,02	0,47
43,24	108,89	45,43	83,56	83,96	83,45	0,22	0,15	0,15
85,21	76,60	83,65	70,96	79,82	72,61	0,00	0,75	0,54
85,22	102,54	106,45	70,83	84,92	71,72	-0,01	0,22	0,21
73,02	77,35	92,57	66,92	68,76	67,17	-0,09	0,43	0,34
39,79	59,42	37,22	80,41	90,76	74,13	0,72	1,02	0,48
85,21	76,60	84,59	70,96	79,82	72,61	0,04	0,71	0,50
85,22	102,54	94,91	70,83	84,92	71,72	-0,01	0,23	0,22
23,55	42,46	34,52	90,33	93,80	88,66	0,01	0,88	0,41
53,44	80,65	76,32	71,36	78,10	75,42	-0,68	1,02	0,73
52,64	66,60	59,66	70,09	73,52	68,03	0,17	0,37	0,46
310,64	305,38	330,77	74,26	74,01	63,00	0,24	0,48	0,23
69,31	89,79	70,21	79,28	83,22	80,04	-0,27	0,36	0,20
131,46	86,57	106,62	64,05	66,12	62,92	-0,08	0,34	0,44
100,78	80,13	90,16	78,84	83,05	72,95	-0,44	0,27	0,27
55,49	76,36	51,70	87,25	84,82	86,52	0,22	0,49	0,58
42,72	41,60	51,82	72,58	75,57	73,72	0,20	-0,09	-0,04
55,36	103,04	54,66	68,40	75,43	69,39	-0,70	0,85	0,60
43,48	44,23	57,00	83,06	95,97	87,86	0,07	0,32	0,35
94,09	113,28	161,48	59,34	67,92	58,88	-0,43	0,25	0,31

22,16	28,89	40,05	94,64	100,87	92,01	0,11	0,48	0,09
90,02	98,58	169,19	75,25	82,96	78,84	-0,41	0,34	0,26
41,29	50,91	53,26	81,89	85,35	80,14	0,02	0,48	0,37
166,87	125,14	138,31	91,17	95,84	87,62	0,77	0,40	0,48
78,24	100,62	92,12	72,10	88,23	74,07	-0,07	0,57	0,41
96,98	98,26	112,47	78,64	84,21	78,18	-0,04	1,30	1,17
90,02	98,58	138,23	75,25	82,96	78,84	-0,51	0,85	0,77
72,73	50,55	69,70	72,54	71,89	67,66	-0,11	0,07	-0,06
78,06	94,93	99,12	78,84	80,72	79,75	-0,15	0,28	0,41
43,04	56,65	62,97	83,30	91,02	83,11	0,00	0,55	0,55
98,47	122,05	150,18	83,47	91,05	89,83	0,35	0,46	0,36
84,36	62,36	69,19	62,79	68,97	60,77	0,08	0,32	0,25
49,62	80,59	105,71	88,94	86,61	79,20	-0,21	-0,11	0,25
241,33	241,98	175,12	65,98	72,67	62,61	-0,19	1,26	1,24
57,09	43,74	59,07	72,15	80,92	77,71	0,06	0,60	0,63
45,33	38,91	52,02	87,43	91,26	87,78	0,46	0,28	0,04
132,54	98,26	104,53	77,34	82,59	76,37	-0,11	0,77	0,33
49,62	80,59	85,90	88,94	86,61	79,20	-0,34	0,23	0,59
70,21	46,60	62,05	81,06	86,64	81,63	-0,39	0,61	0,45
57,09	43,74	54,43	72,15	80,92	77,71	0,08	0,53	0,55
80,13	52,79	76,52	68,80	82,35	70,88	0,23	0,32	0,27
147,59	83,13	154,58	69,64	70,98	72,31	-0,06	0,81	1,14
60,55	64,99	74,12	82,74	88,09	84,12	0,44	0,38	0,76
60,65	83,04	58,79	78,41	78,31	77,28	0,24	0,83	1,02
60,65	46,95	109,55	65,21	70,21	67,96	-0,04	-1,13	-0,16
58,95	67,69	61,06	81,77	84,56	81,84	-0,16	0,27	0,09
48,85	61,00	56,77	73,70	84,28	78,87	-0,18	0,25	0,61
58,40	67,31	58,57	73,45	82,28	73,58	0,07	0,51	0,38
202,67	148,49	173,82	64,18	80,70	69,13	-0,16	0,96	0,61
135,74	76,77	141,02	78,54	93,03	80,93	0,02	0,44	0,24

77,79	101,93	103,55	74,22	79,62	74,78	0,18	2,37	1,91
37,96	26,13	39,52	102,48	104,79	101,92	1,00	1,48	1,71
58,40	67,31	88,33	73,45	82,28	73,58	0,09	0,42	0,28
202,67	148,49	163,12	64,18	80,70	69,13	-0,34	1,30	0,95