

# Índice

<b>Agraïments</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>Resum</b>	<b>vii</b>
<b>Summary</b>	<b>ix</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Objeto	5
1.2 Estructura	8
<b>2 Calidad acústica</b>	<b>11</b>
2.1 El problema de la definición de calidad	11
2.2 Ámbitos de aplicación. La dificultad para una teoría general.	13
2.2.1 Medida subjetiva de la calidad sonora con encuestas psicoacústicas	13
2.2.2 Medida de la calidad de audio	14
2.2.3 Calidad del habla	18
2.2.4 Calidad sonora de salas, recintos y auditorios	23
2.2.5 Ruido y calidad	28
2.2.6 Calidad sonora de un producto	29

<b>2.3</b>	<b>Algunas consideraciones sobre la calidad</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Psicoacústica</b>	<b>32</b>
2.4.1	Una visión histórica	33
2.4.2	Un modelo para describir la experimentación psicoacústica	36
<b>3</b>	<b>Calidad en transductores</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>El concepto de calidad en los transductores acústicos</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Paradigmas de aproximación a la evaluación de la distorsión</b>	<b>41</b>
3.2.1	Medidas de distorsión	41
3.2.2	Métodos de identificación	42
3.2.3	Métodos perceptuales.	42
<b>3.3</b>	<b>Sistemas lineales</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>Sistemas no lineales</b>	<b>45</b>
<b>3.5</b>	<b>Ejemplos de distorsión lineal y no lineal</b>	<b>48</b>
3.5.1	Distorsión lineal	48
3.5.2	Distorsión no lineal asimétrica	49
3.5.3	Distorsión no lineal simétrica	51
3.5.4	Productos de intermodulación	52
<b>3.6</b>	<b>Evolución histórica de las medidas de distorsión</b>	<b>53</b>
3.6.1	Distorsión armónica total	53
3.6.2	Distorsión armónica total más ruido	55
3.6.3	Distorsión de intermodulación	55
3.6.4	Ponderación de armónicos	56
3.6.5	Excitación multitono	58
3.6.6	Umbral de audibilidad. Detectabilidad a partir de modelos	60
3.6.7	Uso de la función de coherencia	60
3.6.8	La métrica Geddes-Lee	61
3.6.9	Los modelos perceptuales	66
<b>3.7</b>	<b>Sistemas de radiación indirecta</b>	<b>67</b>
3.7.1	El motor de compresión	68
3.7.2	La bocina	69
3.7.3	Fuentes de no linealidad en el motor de compresión	70
3.7.4	El tubo de onda plana	72
<b>3.8</b>	<b>Sistemas de radiación directa</b>	<b>73</b>
3.8.1	El motor	73
3.8.2	El diafragma	75
3.8.3	La suspensión	75

3.8.4	Fuentes de no linealidad en un transductor de radiación directa _____	76
<b>4</b>	<b><i>Calidad en salas</i></b> _____	<b>79</b>
<b>4.1</b>	<b>La acústica de salas como objeto de estudio</b> _____	<b>79</b>
<b>4.2</b>	<b>El problema de la correlación entre parámetros</b> _____	<b>82</b>
4.2.1	Una perspectiva global _____	83
4.2.2	Nuevas perspectivas de aproximación _____	85
<b>4.3</b>	<b>La respuesta al impulso</b> _____	<b>86</b>
<b>4.4</b>	<b>Parámetros temporales</b> _____	<b>90</b>
4.4.1	Tiempos de reverberación _____	90
4.4.2	Initial Time Delay Gap (ITDG) _____	94
<b>4.5</b>	<b>Parámetros energéticos</b> _____	<b>94</b>
4.5.1	Definición _____	94
4.5.2	Claridad $C_{80}$ _____	94
4.5.3	Claridad $C_{50}$ _____	95
4.5.4	Tiempo central $T_s$ _____	95
4.5.5	Fuerza sonora $G$ _____	96
4.5.6	Curvas de energía reflejada acumulada _____	96
<b>4.6</b>	<b>Parámetros espaciales</b> _____	<b>97</b>
4.6.1	Fracción de energía lateral _____	97
4.6.2	Eficiencia lateral _____	98
4.6.3	Nivel sonoro lateral final _____	98
4.6.4	Correlación cruzada interaural _____	99
<b>4.7</b>	<b>El caso de la evaluación de la palabra</b> _____	<b>100</b>
4.7.1	Parámetros temporales _____	101
4.7.2	Parámetros energéticos _____	101
4.7.3	Medidas de inteligibilidad _____	101
<b>5</b>	<b><i>Percepción auditiva</i></b> _____	<b>107</b>
<b>5.1</b>	<b>El sistema auditivo humano</b> _____	<b>107</b>
5.1.1	Oído externo _____	108
5.1.2	Oído medio _____	109
5.1.3	Oído interno _____	111
<b>5.2</b>	<b>Umbral de audición absolutos</b> _____	<b>118</b>
<b>5.3</b>	<b>Enmascaramiento y banda crítica</b> _____	<b>119</b>
<b>5.4</b>	<b>Estimaciones de la forma de los filtros auditivos</b> _____	<b>124</b>

<b>5.5</b>	<b>Modelado de los filtros auditivos</b>	<b>128</b>
5.5.1	Filtros roex	128
5.5.2	Filtros gammatono	130
<b>6</b>	<b><i>Un modelo perceptual</i></b>	<b>133</b>
<b>6.1</b>	<b>La métrica <math>R_{\text{nonlin}}</math></b>	<b>133</b>
<b>6.2</b>	<b>El modelo</b>	<b>134</b>
<b>6.3</b>	<b>Alineado de señales</b>	<b>137</b>
<b>6.4</b>	<b>Emulación del oído externo y medio</b>	<b>139</b>
<b>6.5</b>	<b>Simulación de los filtros auditivos. Frecuencias centrales, ERB y factor de solapamiento</b>	<b>139</b>
<b>6.6</b>	<b>Simulación de los filtros auditivos. Implementación de los filtros gammatono</b>	<b>143</b>
<b>6.7</b>	<b>Correlación cruzada normalizada</b>	<b>149</b>
<b>6.8</b>	<b>Matriz de ponderación</b>	<b>150</b>
<b>6.9</b>	<b>Predicción</b>	<b>152</b>
<b>6.10</b>	<b>Desarrollo del software</b>	<b>153</b>
<b>7</b>	<b><i>Evaluación en transductores</i></b>	<b>157</b>
<b>7.1</b>	<b>Evaluación en transductores de radiación indirecta</b>	<b>157</b>
7.1.1	Procedimiento	157
7.1.2	Resultados	163
7.1.3	Análisis	167
<b>7.2</b>	<b>Evaluación en transductores de radiación directa</b>	<b>171</b>
7.2.1	Procedimiento	171
7.2.2	Resultados	173
7.2.3	Análisis	178
<b>8</b>	<b><i>Evaluación en salas</i></b>	<b>183</b>
<b>8.1</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>184</b>
<b>8.2</b>	<b>Señales utilizadas</b>	<b>185</b>
8.2.1	Señales musicales	185
8.2.2	Señales para palabra	188
<b>8.3</b>	<b>Elección del transductor</b>	<b>190</b>

<b>8.4</b>	<b>Salas</b>	<b>194</b>
8.4.1	Sala 1. Cámara Reverberante Campus de Gandia UPV	194
8.4.2	Sala 2. Aula Docente Campus de Gandia	196
8.4.3	Sala 3. Sala de actos Casa de la Cultura de L'Alqueria de la Comtessa	197
8.4.4	Sala 4. Aula Magna Campus de Gandia UPV	198
8.4.5	Sala 5. Sala de Conferencias Campus de Gandia	200
8.4.6	Sala 6. Locutorio Estudio de radio EPSG	201
8.4.7	Sala 7. Locutorio de doblaje EPSG	202
<b>8.5</b>	<b>Resultados</b>	<b>203</b>
8.5.1	Señales musicales	203
8.5.2	Señales de voz	225
<b>9</b>	<b>Conclusiones y futuras líneas de trabajo</b>	<b>241</b>
9.1	Implementación de la métrica	243
9.2	Resultados en transductores	243
9.3	Resultados en recintos	245
9.4	Futuras líneas de trabajo	248
<b>10</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>251</b>
<b>Anexo I</b>		<b><i>i</i></b>
<b>Anexo II</b>		<b><i>xi</i></b>
<b>Anexo III</b>		<b><i>xv</i></b>