



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Programa de Doctorado en Historia del Arte y Musicología

Área de Música

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA
COMPOSITIVA:
AIVA, AMPERSCORE, ORB COMPOSER Y GOOGLE
MAGENTA.**

Directores

Eduardo Viñuela y Edson Zampronha

Sofía Oriana Infante Souto

2022

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas aquellas personas, amigos y conocidos, que me han ayudado de cualquier forma a la elaboración de esta tesis, ya que han servido para completar muchas perspectivas y reflexiones que han acabado reflejadas de cierta manera a lo largo del trabajo.

En primer lugar, a mis tutores Eduardo y Edson, que me han aportado mucho, tanto académicamente como personalmente, y a los cuales guardo un aprecio especial por acompañarme en un largo camino académico de muchos años y por haberme visto madurar desde mis primeros años como estudiante en la universidad y en el conservatorio de Oviedo. Igualmente a Ángel Medina, que siempre me ha brindado su ayuda incluso extraoficialmente para dar respuesta a mis inquietudes sobre diversas materias.

En segundo lugar, a mis amigos y amigas, por su apoyo. Sin ellos todo hubiese sido más complicado y desalentador. Gracias especialmente a Sergio y a Laura, por valorarme como lo hacen y querer subirme la autoestima a niveles estratosféricos tratándome como si fuera una compositora de renombre y como a una *celebrity*. A Irene (y a Encarni, su alter ego), mi novia, le pido perdón por taladrarle la cabeza a diario con esta tesis y le doy las gracias por aguantarme en los momentos de estrés y preocupación, por escucharme y atenderme cuando le hablo de esta investigación.

También, esta tesis va dedicada a mis padres, que aunque no están en este mundo, me imagino lo orgullosos que podrían llegar a estar de mi por verme conseguir realizar esta investigación. Y a mi abuela Fina, que presumiría de mi con todo aquel o aquella que se pusiera en contacto con ella y dejaría de preocuparse de si como comida de buena calidad o de si me abrigo bien.

Por último, agradecer a todos aquellos profesionales del ámbito que han colaborado y cedido su tiempo para hacer que esta tesis alcanzara un nivel más profundo y fundamentado, en especial a Sam Estes, Pierre Barreau, Gaëtan Hadjeres y a G. Wiggins.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.	
1. 1. INTRODUCCIÓN.	12
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.	16
1. 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	26
1. 4. METODOLOGÍA.	27
1. 5. ESTRUCTURA DE LA TESIS.	32
2. CAPÍTULO 1: ESTADO DE LA CUESTIÓN.	
2. 1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SUS IMPLICACIONES.	34
2. 2. ¿QUÉ ES LA IA EN MÚSICA?	42
2. 3. CREATIVIDAD ARTIFICIAL E IA EN MÚSICA.	45
2. 4. ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS COMPOSITIVAS EN OTROS ESTUDIOS.	61
3. CAPÍTULO 2: INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MÚSICA.	
3. 1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MÚSICA.	70
3. 2. ÚLTIMOS AVANCES DE LA IA EN MÚSICA (2010-2020).	117
4. CAPÍTULO 3: EXPERIMENTACIÓN.	
4. 1. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LAS HERRAMIENTAS COMPOSITIVAS.	156
4.1.1. AMPERMUSIC.	157
4.1.2. AIVA.	180
4.1.3. ORB COMPOSER.	220
4.1.4. MAGENTA STUDIO.	240
5. CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN	
5.1. DISCUSIÓN	280
5.1.1. LAS HERRAMIENTAS COMO PRODUCTO HISTÓRICO.	290
5.1.2. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.	295

6. CONCLUSIONES.	315
7. BIBLIOGRAFÍA.	322
8. ANEXOS.	342
8.1. GLOSARIO.	342
8.2. CONTRIBUCIONES DE PROFESIONALES.	349
8.3. PENDRIVE:	
8.3.1. MUESTRAS AMPER SCORE.	
8.3.2. MUESTRAS AIVA.	
8.3.3. MUESTRAS ORB COMPOSER.	
8.3.4. MUESTRAS GOOGLE MAGENTA.	

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1: CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS POR IA (KAPLAN Y HAENLEIN 2019, 18).....	38
ILUSTRACIÓN 2: EVOLUCIÓN DE SIRI (KAPLAN Y HAENLEIN 2019, 18).....	39
ILUSTRACIÓN 3: PROCESO CREATIVO SEGÚN DAHSTEDT (DAHLSTEDT 2012B, 4).....	49
ILUSTRACIÓN 4: PROCESO CREATIVO SEGÚN JESÚS L. ALVARO, EDUARDO R. MIRANDA Y BEATRIZ BARROS, (ALVARO, MIRANDA Y BARROS 2005, 2).....	49
ILUSTRACIÓN 5: EQUIVALENCIA COMPUTACIONAL DEL PROCESO COMPOSITIVO. (DAHLSTEDT 2012B, 5)	55
ILUSTRACIÓN 6: DEFINICIÓN DE CONCEPTOS (WIGGINS 2001, 6).....	59
ILUSTRACIÓN 7: EJEMPLO DE CATALOGACIÓN (FERNÁNDEZ Y VICO 2013, 535).....	64
ILUSTRACIÓN 8 : REDUCCIÓN GTTM DE LA APERTURA DE "O HAUPT VOLL BLUT UND WUNDEN" (CLARKE 2017,EJ. 8.31)	71
ILUSTRACIÓN 9: J. S. BACH "O HAUPT VOLL BLUT UND WUNDEN", BWV 244, ANALIZADO EN GTTM. (CLARKE 2017, EJ. 6.25)	72
ILUSTRACIÓN 10: CORAL Nº 128 (EBCIOĞLU 1990 , 175 - 176)	76
ILUSTRACIÓN 11: VERSIONES DE LAS FIRMAS DE MOZART (COPE 1998, 131)	83
ILUSTRACIÓN 12: EJEMPLOS DE ENTRENAMIENTO CON BACH (MOZER 1994, 23)	87
ILUSTRACIÓN 13: ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CANCIÓN TRADICIONAL ALEMANA "HÄNSCHEN KLEIN" (HÖRNEL Y RAGG 1997, FIG. 1)	92
ILUSTRACIÓN 14: ESTRUCTURA SIMPLIFICADA DE MELONET II (HÖRNEL Y RAGG 1997, FIG. 2).....	93
ILUSTRACIÓN 15: CODIFICACIÓN INTERVÁLICA (HÖRNEL 1997, 152)	95
ILUSTRACIÓN 16: RELACIÓN ENTRE LA CODIFICACIÓN INTERVÁLICA Y EL CAMPO ARMÓNICO. (HÖRNEL 1997, 153)	96
ILUSTRACIÓN 17: ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA PARA COMPONER NUEVAS VARIACIONES CORALES. (HÖRNEL 1997, 146).....	96
ILUSTRACIÓN 18: PARÁMETROS DE RESTRICCIÓN (HENZ, LAUER Y ZIMMERMANN 1996, 5).....	98
ILUSTRACIÓN 19: ÁRBOL DE MOVIMIENTOS EXPONENCIALES EN EL AJEDREZ (NEWBORN 1996, 8). ...	99
ILUSTRACIÓN 20: PATCH (ASSAYAG 1998, 12).....	101
ILUSTRACIÓN 21: EJEMPLO DE OUTPUT (ASSAYAG 1998, 13)	101
ILUSTRACIÓN 22: MAQUETA (ASSAYAG 1998, 14)	102
ILUSTRACIÓN 23: EQUIVALENTE MUSICAL A LA MAQUETA ANTERIOR (ASSAYAG 1998, 17)	102
ILUSTRACIÓN 24: PATCH DE OSTINATO (ASSAYAG 1998, 16).	103
ILUSTRACIÓN 25: DIAGRAMA DE MÓDULOS GENERADORES (WIGGINS <i>ET AL</i> 1998, 8).....	105
ILUSTRACIÓN 26: ARQUITECTURA DE MUZACAZUZA (RIBEIRO <i>ET AL</i> 2002, 2).....	107
ILUSTRACIÓN 27: ACORDES PARA DATOS DE ENTRENAMIENTO (TRANSPORTADOS UNA OCTAVA) (ECK Y SCHMIDHUBER 2002, 3).....	110

ILUSTRACIÓN 28: SONOGRAMA (DAHLSTED Y MCBURNEY 2006, 460)	111
ILUSTRACIÓN 29: DIAGRAMAS DEL ALGORITMO DE EMI (IZQ.) Y DEL DE ACSSM II (DER.) (CHAN <i>ET AL</i> 2006, 1849).	113
ILUSTRACIÓN 30: AGRUPACIÓN DE SEGMENTOS (CHAN <i>ET AL</i> 2006, 1851)	114
ILUSTRACIÓN 31: EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL CROSSOVER OPERATOR EN DOS SECUENCIAS (CHAN <i>ET AL</i> 2006, 1852).	114
ILUSTRACIÓN 32: TABLA RESUMEN DE ESTADÍSTICAS DE PUNTUACIÓN (CHAN <i>ET AL</i> 2006, 1853). ..	115
ILUSTRACIÓN 33: SISTEMAS E IA (FERNANDEZ Y VICO 2013, 519)	116
ILUSTRACIÓN 34: MUSIC PROB 1.0. VARIACIONES DE UN MOTIVO (PADILLA MARTÍN-CARO 2012, 81 – 82).	119
ILUSTRACIÓN 35: MUSIC NEURAL: VARIACIONES DE UN TEMA (PADILLA MARTÍN-CARO 2012, 169).	121
ILUSTRACIÓN 36: ALGUNOS SISTEMAS ANTERIORES AL CMAAS (ALVARO Y BARROS 2013, 430).....	123
ILUSTRACIÓN 37: ARQUITECTURA DE COMPUTACIÓN EN LA NUBE PROPUESTA PARA LA NUBE DE MÚSICA POR ORDENADOR (ALVARO Y BARROS 2013, 432).	124
ILUSTRACIÓN 38: ASPECTO DE DIATONIC COMPOSER (ALVARO Y BARROS 2013, 439)	125
ILUSTRACIÓN 39: CSOUND MEETS THE CLOUD (ALVARO Y BARROS 2013, 441)	127
ILUSTRACIÓN 40: REPRESENTACIÓN DE EQUIVALENCIAS (NAUSHAD Y MUHAMMAD 2013, 8).	128
ILUSTRACIÓN 41: DIAGRAMA DE LA GENERACIÓN DE LA MÚSICA ADAPTADA (NAUSHAD Y MUHAMMAD 2013, 8).	129
ILUSTRACIÓN 42: DISEÑO DEL SOFTWARE DE AUD.JS. 1: EL BUSCADOR WEB EN EL QUE SE EJECUTA AUD.JS. 2. EL SINTETIZADOR DE AUDIO. 3. EL MÓDULO AUD EN SÍ MISMO, EL CUAL CONTIENE EL CÓDIGO DE GENERACIÓN Y LA API (ADAM 2014, 10).	131
ILUSTRACIÓN 43: AUD.JS (ADAM 2014, 16).	131
ILUSTRACIÓN 44: TABLA DE ELIMINACIÓN (ADAM 2014, 24).	132
ILUSTRACIÓN 45: LECTURA DE INSTRUMENTACIÓN (ADAM 2014, 17).	133
ILUSTRACIÓN 46: MATRIZ DE TRANSICIÓN (PRECHTL 2015, 28)	135
ILUSTRACIÓN 47: GUI DEL GENERADOR MUSICAL (PRECHTL 2015, 37).	135
ILUSTRACIÓN 48: PARÁMETROS ASOCIADOS A EMOCIONES (PRECHTL 2015, 29)	136
ILUSTRACIÓN 49: PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN ESCAPE POINT PARA EL GENERADOR MUSICAL (PRECHTL 2015, 57).	137
ILUSTRACIÓN 50: ESTADÍSTICAS DE ADHERENCIA A LAS REGLAS DE LA TEORÍA MUSICAL BASADAS EN 100.000 COMPOSICIONES INICIADAS ALEATORIAMENTE, GENERADAS POR CADA MODELO. (JAQUES <i>ET AL</i> 2016, 7).	138
ILUSTRACIÓN 51: ESQUEMA QUE REPRESENTA CÓMO LOS ROLES SON IMPLEMENTADOS POR VARIOS AGENTES (NAVARRO, CORCHADO Y DEMAZEAU 2016, 351).	140

ILUSTRACIÓN 52: VISIÓN GLOBAL DE LAS INTERACCIONES DEL SISTEMA MULTIAGENTE ENTRE LOS AGENTES DEL CLIENTE ÚNICAMENTE (NAVARRO, CORCHADO Y DEMAZEAU 2016, 351).....	141
ILUSTRACIÓN 53: MEJORA DE RESULTADOS TRAS UN MAYOR NÚMERO DE INTERACCIONES.	141
ILUSTRACIÓN 54: EJEMPLO DE BAJO ARMONIZADO CON ERRORES Y ALGUNAS SOLUCIONES DEL EMC (EVOLUTIONARY MUSIC COMPOSER) (MUÑOZ <i>ET AL</i> 2016, 11).....	143
ILUSTRACIÓN 55: SOLUCIÓN DE MMC (MEMETIC MUSIC COMPOSER) (MUÑOZ <i>ET AL</i> 2016, 13).....	144
ILUSTRACIÓN 56: CÓDIGO EN 6 LISTAS (HADJERES Y PACHET 2016, 5).....	147
ILUSTRACIÓN 57: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DE LA SOPRANO (HADJERES Y PACHET 2016, 6).....	148
ILUSTRACIÓN 58: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO "BACH U ORDENADOR". LA FIGURA MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS VOTOS ENTRE EL ORDENADOR (BARRAS AZULES) Y BACH (ROJAS) PARA CADA MODELO Y NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LOS VOTANTES (DEL 1 AL 3) (HADJERES Y PACHET 2016, 11).....	149
ILUSTRACIÓN 59: PROCESO DE CODIFICACIÓN Y DESCODIFICACIÓN EN JUKEBOX (OPENAI 2020).....	151
ILUSTRACIÓN 60: PÁGINA WEB DE AMPER (AMPERSCORE 2019)	157
ILUSTRACIÓN 61: PLANES DE PRECIO DE AMPER (AMPERSCORE 2019)	158
ILUSTRACIÓN 62: SELECCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA PISTA (AMPERSCORE 2019).....	160
ILUSTRACIÓN 63: AJUSTE DE ESTRUCTURA (AMPERSCORE 2019).....	160
ILUSTRACIÓN 64: ETIQUETAS DE ESTILO (AMPERSCORE 2019).....	163
ILUSTRACIÓN 65: VISTA DEL PROGRAMA (AMPERSCORE 2019)	164
ILUSTRACIÓN 66: PLANTILLA DE AIVA (AIVA 2019).....	180
ILUSTRACIÓN 67: PARÁMETROS PARA GENERAR UNA PIEZA CON AIVA.....	182
ILUSTRACIÓN 68: ASPECTO DE AIVA	183
ILUSTRACIÓN 69: OPCIONES DE DESCARGA EN AIVA.....	183
ILUSTRACIÓN 70: OPCIONES DE COMPRA EN AIVA	184
ILUSTRACIÓN 71: FRAGMENTO DE OSTINATO DE LOS CELLOS EN A ₁	187
ILUSTRACIÓN 72: TEMA A.....	188
ILUSTRACIÓN 73: CAMBIO DE DINÁMICAS CON LA ENTRADA DE LA SECCIÓN B EN EL ACOMPAÑAMIENTO (IZQ.) Y EN LA MELODÍA (DER.).....	188
ILUSTRACIÓN 74: TEMA B, INTERPRETADO POR LOS VIOLINES Y EL PIANO.	188
ILUSTRACIÓN 75: ARMONÍAS INTERPRETADAS POR LOS VIOLONCELLOS.....	189
ILUSTRACIÓN 76: TEMA PRINCIPAL.	190
ILUSTRACIÓN 77: ACOMPAÑAMIENTO EN A.....	191
ILUSTRACIÓN 78: TEMAS DE LAS SECCIONES A, B Y B'.....	192
ILUSTRACIÓN 79: ACOMPAÑAMIENTO EN B.....	192
ILUSTRACIÓN 80: ACOMPAÑAMIENTO EN LA CODA.	192

ILUSTRACIÓN 81: TEMA A (OBOE).....	193
ILUSTRACIÓN 82: SECCIÓN B.....	193
ILUSTRACIÓN 83: COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA SECCIÓN B.....	194
ILUSTRACIÓN 84: INTRODUCCIÓN.	194
ILUSTRACIÓN 85: TEMA A (VIOLAS Y TROMPAS).....	195
ILUSTRACIÓN 86: SECCIÓN B Y ANÁLISIS ARMÓNICO.....	195
ILUSTRACIÓN 87: TEMAS A, A' Y B INTERPRETADOS POR LOS VIOLINES Y C POR LOS VIOLONCELLOS.	196
ILUSTRACIÓN 88: FÓRMULAS DE ACOMPAÑAMIENTO EN CADA SECCIÓN.....	197
ILUSTRACIÓN 89: ACOMPAÑAMIENTO ACORDAL EN LA INTRODUCCIÓN Y LA SECCIÓN A.....	199
ILUSTRACIÓN 90: TEMAS A Y B.....	200
ILUSTRACIÓN 91: ACOMPAÑAMIENTO EN B.	200
ILUSTRACIÓN 92: OSTINATO (A) INTERPRETADO POR TROMBONES, FAGOTES, TIMBALES, VIOLAS Y VIOLONCELLOS.....	201
ILUSTRACIÓN 93: ESTRUCTURA DE LOS TEMAS A Y B.	201
ILUSTRACIÓN 94: CÉLULA RÍTMICA (A) INTERPRETADA POR LAS TROMPAS, TROMBONES, VIOLAS, VIOLONCELLOS, FAGOTES Y TIMBALES.	203
ILUSTRACIÓN 95: ACOMPAÑAMIENTO EN C.	203
ILUSTRACIÓN 96: TEMAS A, B Y C.....	203
ILUSTRACIÓN 97: TEMA A.....	204
ILUSTRACIÓN 98: FÓRMULA DE ACOMPAÑAMIENTO EN A.....	204
ILUSTRACIÓN 99: FÓRMULA DE ACOMPAÑAMIENTO EN B.....	205
ILUSTRACIÓN 100: TEMA B.....	205
ILUSTRACIÓN 101: TEMA C.	205
ILUSTRACIÓN 102: TEMAS A Y A'.....	206
ILUSTRACIÓN 103: EJEMPLOS DE ACOMPAÑAMIENTOS.	207
ILUSTRACIÓN 104: TEMA B.....	207
ILUSTRACIÓN 105: PUENTE.....	207
ILUSTRACIÓN 106: B'.....	207
ILUSTRACIÓN 107: TEMA A.....	208
ILUSTRACIÓN 108: A1 Y ACOMPAÑAMIENTO DE A1'.....	208
ILUSTRACIÓN 109: TEMPO IRREGULAR EN LA MUESTRA B – ‘CINEMATOGRÁFICO MODERNO: RE MAYOR, 4/4, ORQUESTA SINFÓNICA 2’.....	211
ILUSTRACIÓN 110: CAMBIO DE DINÁMICAS ENTRE DISTINTOS TEMAS (MUESTRA A. CINEMATOGRÁFICO MODERNO: RE MAYOR, 4/4, ORQUESTA SINFÓNICA 1).....	211
ILUSTRACIÓN 111: TIPOS DE USUARIO DE AIVA.....	217
ILUSTRACIÓN 112: PÁGINA WEB DE HEXACHORDS.....	220

ILUSTRACIÓN 113: BLOQUES ESTRUCTURALES DE ORB COMPOSER.	221
ILUSTRACIÓN 114: BANDEJA PRINCIPAL DE ORB.	222
ILUSTRACIÓN 115: ESTRUCTURAS DE FRASE.	223
ILUSTRACIÓN 116: ESTILOS Y CADENCIAS DISPONIBLES.....	224
ILUSTRACIÓN 117: RESELECCIÓN DE ACORDES	225
ILUSTRACIÓN 118: VISTA MIDI	226
ILUSTRACIÓN 119: FRAGMENTO DE FÓRMULA DE ACOMPAÑAMIENTO EN EL ARPA Y TEMA COMPLETO EN LA VIOLA.	228
ILUSTRACIÓN 120: THEME VAR 2.....	229
ILUSTRACIÓN 121: EXTRACTO DE MELODÍA, FRAGMENTO DEL ACOMPAÑAMIENTO Y BAJO DE THEME 3.	231
ILUSTRACIÓN 122: EXTRACTO DE MELODÍA, FRAGMENTO DEL ACOMPAÑAMIENTO Y BAJO DE THEME 4.	233
ILUSTRACIÓN 123: THEME VAR 5.....	234
ILUSTRACIÓN 124: MELODÍA Y ACOMPAÑAMIENTO.	235
ILUSTRACIÓN 125: ASPECTO DE MAGENTA STUDIO INTEGRADO EN ABLETON (GPVILLAMIL 2019). 240	
ILUSTRACIÓN 126: ASPECTO DE MAGENTA STUDIO.....	241
ILUSTRACIÓN 127: ASPECTO DE <i>CONTINUE</i> , <i>DRUMIFY</i> , <i>GENERATE</i> E <i>INTERPOLATE</i>	242
ILUSTRACIÓN 128: ASPECTO DE <i>GROOVE</i>	243
ILUSTRACIÓN 129: PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL PLUGIN <i>GENERATE</i> : 6 VARIACIONES Y UNA TEMPERATURA MEDIA.....	244
ILUSTRACIÓN 130: MELODÍAS CREADAS POR <i>GENERATE</i>	245
ILUSTRACIÓN 131: <i>CONTINUE</i> M1.	247
ILUSTRACIÓN 132: SIMILITUDES ENCONTRADAS CON EL TEMA ORIGINAL.....	247
ILUSTRACIÓN 133: <i>CONTINUE</i> M2.	248
ILUSTRACIÓN 134: <i>CONTINUE</i> M3	249
ILUSTRACIÓN 135: <i>CONTINUE</i> M4.	250
ILUSTRACIÓN 136: <i>CONTINUE</i> M5.	251
ILUSTRACIÓN 137: SIMILITUDES CON <i>GENERATE</i> M5.....	252
ILUSTRACIÓN 138: <i>CONTINUE</i> M6.	253
ILUSTRACIÓN 139: ELEMENTO MOTÍVICO PRINCIPAL REPETIDO.	253
ILUSTRACIÓN 140: MOTIVO VARIADO Y POR MOVIMIENTO CONTRARIO.	253
ILUSTRACIÓN 141: RITMOS CREADOS POR <i>GENERATE</i>	254
ILUSTRACIÓN 142: <i>CONTINUE</i> R1.	255
ILUSTRACIÓN 143: SIMILITUDES ENTRE <i>GENERATE</i> R1 Y <i>CONTINUE</i> R1.....	256
ILUSTRACIÓN 144: <i>CONTINUE</i> R2.	256

ILUSTRACIÓN 145: CÉLULA RÍTMICA PRINCIPAL	256
ILUSTRACIÓN 146: <i>CONTINUE</i> R3.	257
ILUSTRACIÓN 147: <i>CONTINUE</i> R4.	258
ILUSTRACIÓN 148: <i>CONTINUE</i> R5.	259
ILUSTRACIÓN 149: <i>CONTINUE</i> R6.	260
ILUSTRACIÓN 150: <i>DRUMIFY</i> R1.	261
ILUSTRACIÓN 151: <i>DRUMIFY</i> R2.	262
ILUSTRACIÓN 152: <i>DRUMIFY</i> R3.	262
ILUSTRACIÓN 153: <i>DRUMIFY</i> R4.	263
ILUSTRACIÓN 154: <i>DRUMIFY</i> R5.	263
ILUSTRACIÓN 155: <i>DRUMIFY</i> R6.	264
ILUSTRACIÓN 156: <i>GROOVE</i> R1.	265
ILUSTRACIÓN 157: <i>GROOVE</i> R2.	265
ILUSTRACIÓN 158: <i>GROOVE</i> R3.	266
ILUSTRACIÓN 159: <i>GROOVE</i> R4.	266
ILUSTRACIÓN 160: <i>GROOVE</i> R5.	267
ILUSTRACIÓN 161: <i>GROOVE</i> R6.	267
ILUSTRACIÓN 162: <i>GENERATE</i> M1 + M2.....	268
ILUSTRACIÓN 163: <i>GENERATE</i> M3 + M4.....	269
ILUSTRACIÓN 164: <i>GENERATE</i> M5 + M6.....	270
ILUSTRACIÓN 165: <i>GENERATE</i> R1 + R2.....	271
ILUSTRACIÓN 166: <i>GENERATE</i> R3 + R4.....	272
ILUSTRACIÓN 167: <i>GENERATE</i> R5 + R6.....	273
ILUSTRACIÓN 168: CADENAS MARKOV	344
ILUSTRACIÓN 169: RED NEURONAL (ARTFROMCODE).....	344
ILUSTRACIÓN 170. CUADRO RESUMEN DE REDES NEURONALES (ALVY 2016).....	345
ILUSTRACIÓN 171: EJEMPLO DE RNN (GRUPO.US).....	347
TABLA 1: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA A (AMPER)	165
TABLA 2: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA B (AMPER)	166
TABLA 3: ESTRUCTURA DE MUESTRA C (AMPER)	167
TABLA 4: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA D (AMPER)	168
TABLA 5: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA E (AMPER).....	168
TABLA 6: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA F (AMPER).....	169
TABLA 7: RESUMEN DE MUESTRAS DE AMPER.....	170
TABLA 8: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA G (AMPER)	172

TABLA 9: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA H (AMPER)	172
TABLA 10: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA I (AMPER)	173
TABLA 11: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA J (AMPER)	174
TABLA 12: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA K (AMPER)	174
TABLA 13: ESTRUCTURA DE LA MUESTRA L (AMPER)	175
TABLA 14: RESUMEN ESTRUCTURAL (2) (AMPER)	176
TABLA 15: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA A (AIVA)	187
TABLA 16: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA B (AIVA)	189
TABLA 17: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA C (AIVA)	191
TABLA 18: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA D (AIVA)	193
TABLA 19: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA E (AIVA)	194
TABLA 20: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA F (AIVA)	196
TABLA 21: TABLA RESUMEN DE LAS 6 PRIMERAS MUESTRAS. (AIVA)	197
TABLA 22: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA G (AIVA)	199
TABLA 23: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA H (AIVA)	201
TABLA 24: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA I (AIVA)	202
TABLA 25: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA J (AIVA)	204
TABLA 26: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA K (AIVA)	206
TABLA 27: ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ARMÓNICO DE LA MUESTRA L (AIVA)	208
TABLA 28: RESUMEN ESTRUCTURAL AIVA (2)	209
TABLA 29: ARMONÍAS "CINEMATOGRAFICO MODERNO" (AIVA)	212
TABLA 30: ARMONÍAS "FANTASÍA" (AIVA)	212
TABLA 31: ANÁLISIS DE LA MUESTRA A (ORB)	228
TABLA 32: ANÁLISIS DE LA MUESTRA B (ORB)	229
TABLA 33: ANÁLISIS DE LA MUESTRA C (ORB)	231
TABLA 34: ANÁLISIS DE LA MUESTRA D (ORB)	232
TABLA 35: ANÁLISIS DE LA MUESTRA E (ORB)	234
TABLA 36: ANÁLISIS DE LA MUESTRA F (ORB)	235
TABLA 37: RESUMEN DE RESULTADOS (ORB)	236
TABLA 38: MUESTRAS DE MAGENTA STUDIO	244
TABLA 39: RESUMEN MUESTRAS MELÓDICAS Y RÍTMICAS DE MAGENTA STUDIO	276

INTRODUCCIÓN

1. 1. Introducción.

Identidad, compromiso estilístico, tecnología, originalidad, innovación, mercado... Estas palabras formarían parte del discurso protagonizado por aquellos compositores o compositoras que deseen reflexionar sobre el proceso creativo en la actualidad, definiéndose artísticamente según su posición con respecto a estos conceptos. Al mismo tiempo, se encuentran en un contexto donde una sociedad diversa, rápida y cambiante, "líquida" (en términos de Bauman, 2003), se ve afectada por los diferentes avances tecnológicos, como pueden ser las redes sociales y la inteligencia artificial, con sus diferentes aplicaciones tanto en la realidad tangible como en la virtual. En este contexto *transmoderno* (Rodríguez, 2008)¹, como síntesis hegeliana de la tesis (modernidad) y la antítesis (posmodernidad), tanto la globalización como el capitalismo juegan un papel fundamental como cambio de paradigma en el arte y su industria. Estas ideas acompañarán el transcurso de nuestra investigación, alcanzando una comprensión global y transversal de los distintos efectos tecnológicos que se producen en el mundo de la composición.

En este marco surge, como núcleo investigativo, el objetivo principal de conocer cómo las siguientes herramientas compositivas, que funcionan por Inteligencia Artificial (IA en adelante), alteran el proceso compositivo y qué resultados ofrecen. Se estudian los programas AIVA (2016), AmperScore (2014), OrbComposer (2015) y Google Magenta Studio. Hemos escogido este tipo de software debido a que la IA es la responsable de un cambio que, hasta ahora, no se había observado con demasiado éxito en el ámbito musical: la automatización de procesos creativos. Nuestra finalidad es estudiar cómo funcionan estas herramientas y cuáles son sus usos y aplicaciones, con el objetivo de conocer de qué manera modifican el proceso creativo, así como las características de sus producciones musicales. De esta manera también podremos contribuir a la definición de lo que podría considerarse como un nuevo paradigma artístico que creemos se está formando en el mundo de la composición musical, afectada por el marco previamente descrito.

¹ Existen otros conceptos relacionados "como puedan ser 'el capitalismo tardío' de Jameson, 'la Modernidad líquida' de Bauman, o 'el desierto de lo real' de Žižek" (Rodríguez 2010).

Es importante remarcar que se aplica una metodología donde el análisis de los programas mencionados trasciende del material puramente musical creado por el mismo, para valorar además el contexto que le rodea. Para ello analizamos los aspectos publicitarios, la accesibilidad o, por ejemplo, la intencionalidad de su propia creación, ya que también contamos con el contacto de sus desarrolladores. Así, podremos vincular los resultados de la investigación con su contexto, con el objetivo de comprender las relaciones de causa y efecto. Posteriormente, en base a los aportes de distintos teóricos y contando con los resultados de la investigación, se considerarán las hipótesis que podrán dar lugar a nuevas investigaciones, por lo que creemos que esta investigación posee un carácter ampliable en el futuro.

La IA es un campo vasto y complejo, entendida como “la habilidad de un sistema para interpretar correctamente información externa, aprender de esa información y usar ese aprendizaje para alcanzar metas y tareas específicas a través de la adaptación flexible” (Kaplan y Haenlein 2019, 15). Este es un concepto dinámico que ha evolucionado en el tiempo, resultado del reflejo de las ideas y de la genialidad humana llevada a un formato simbólico artificial, capacitándola para perdurar y compensar nuestras deficiencias naturales en términos productivos como el cansancio, la lentitud o la falta de precisión (Universidad de Alcalá 2020).

Desde su origen, las aplicaciones de la IA se fueron extendiendo desde la lingüística computacional a todos los formatos imaginables, como el reconocimiento facial, la robótica, la medicina, el lenguaje, la realidad virtual, los videojuegos... ampliando sistemáticamente las posibilidades potenciales de desarrollo. Sin embargo, como ya hemos ido perfilando, la reproducción y el automatismo de los procesos creativos resultó ser uno de los hándicaps de la informática aplicada a la composición musical, hasta la actualidad. La naturaleza compleja de la creatividad y la falta de conocimiento sobre su funcionamiento y sobre sus estructuras intrínsecas la convirtieron en un gran reto científico.

Por esta razón, los intentos de automatizar la creación musical no conseguían resultados musicales demasiado realistas y convincentes. La mencionada complejidad natural de la creación musical se da en su propia organización y sentido a distintos niveles estructurales (melodía, armonía, fraseo, dinámica, etc.), por no referirnos a las implicaciones emocionales y simbólicas que contiene. Esto,

en su conjunto, convierte a la música en algo difícilmente reproducible artificialmente. El estudio progresivo de los fenómenos implicados en la composición musical y la aparición de sistemas artificiales cada vez más complejos y sofisticados permitieron grandes avances para la consecución de un resultado más realista y convincente, pudiendo hasta considerarse como indiferenciable de un resultado humano.

Cabe decir que no se deben confundir las características de la IA con el uso generalizado del ordenador en la composición. No es materia de este trabajo analizar el ordenador como herramienta, sino que se trata de estudiar los software mencionados que componen mediante procesos automatizados. Es importante remarcar esta diferencia entre el uso del ordenador como un instrumento más (síntesis, grabación y manipulación del sonido) y la IA en el ordenador para generar música automáticamente a través de, por ejemplo, clics de ratón.

Antes de concretar el núcleo investigativo de esta tesis consideramos y reflexionamos sobre la hipótesis de que la IA reemplazaría ciertos ámbitos profesionales del compositor, como por ejemplo donde la música adquiere un funcionalismo codificado, como en algunos formatos audiovisuales y comerciales (videojuegos, anuncios o películas). Por tanto, esta premisa constituyó el motor inicial en un estadio primitivo de la investigación, iniciando un proyecto de experimentación con las herramientas compositivas más novedosas donde la IA juega un papel fundamental.

Otra apreciación que promovió el nacimiento de este trabajo fue la consciencia de cambio en las funciones actuales del compositor por el curso natural y artificial de la sociedad. En términos generales, el sustento del compositor actual no depende de una figura política, de la aristocracia ni de llenar el aforo de los auditorios (en la mayoría de los casos) como sucedía en siglos pasados. Si nos servimos del ejemplo de la mutación de la dependencia de la corte a la dependencia social en el siglo XIX, “donde ya no eran las composiciones cortesanas que ordenara la realeza, sino las que debían deleitar a la sociedad según sus gustos” (Villa *et al* 2006, 185), ahora afirmaríamos que sería fundamental servirse de plataformas virtuales como Spotify, Netflix, etc., para generar ingresos y llegar al público mayoritario, incluso siendo desplazadas las salas de cines como

auditorios del compositor audiovisual del s. XX. Además, diríamos que actualmente la composición es una tarea mucho más realizable para el ciudadano del primer mundo, aún no poseyendo una formación académica específica sobre la materia, como también podrá comprobarse en este trabajo.

Estos, en resumen, podrían ser algunos de los aspectos característicos de nuestro tiempo, donde el gusto social y la demanda musical se representa en *likes*, suscripciones, visualizaciones y, en definitiva, del *big data*. Además, estos aspectos contribuyen al reconocimiento público y sirven de consideración previa para disfrutar de las ventajas de monetización o verificación de una cuenta de artista en redes sociales, lo que acaba afectando a la valoración del producto en nuestra sociedad. Este cambio, históricamente progresivo, se considera un aspecto contextual importante a considerar para obtener una valoración completa sobre los resultados de la tesis.

Se puede pensar que realizar una investigación sobre estas premisas es una tarea ambiciosa y quizás problemática por la cercanía con el objeto de estudio, no habiendo un extenso marco teórico que sí habría dándose cierta brecha temporal. Sin embargo, el objetivo principal de este trabajo se centra en el estudio de las herramientas inteligentes mencionadas para comprobar cómo modifican el proceso compositivo y qué partes se ven sustituidas o modificadas, relacionando los hallazgos con su contexto histórico-cultural para encontrar las posibles causas y relaciones entre los mismos. Es decir, esta es una investigación cuyo núcleo es una experimentación metódica, el cual se ve completado por un estudio de accesibilidad, publicidad, usos profesionales y todo aquello que en un principio pueda explicar la aparición de una herramienta de inteligencia artificial en el mundo de la composición musical, por lo que la cercanía con el objeto de estudio resulta realmente una ventaja, ya que se convive directamente dentro del mismo contexto.

Para poder dar una explicación fundamentada a estas cuestiones es necesario tratar conceptos quizás más filosóficos y controvertidos como el de creatividad artificial, la idea de originalidad y la propia definición de Inteligencia Artificial. Como sí existe una amplia bibliografía a este respecto, la expondremos de forma sintetizada y ordenada en sus puntos clave más representativos en el apartado

correspondiente, contribuyendo al alcance de una comprensión lo más completa posible de los aspectos implicados en esta investigación.

Por último, debemos destacar que la tesis se desarrolla bajo un enfoque musical y no informático donde predomine un lenguaje de programación. Su principal aportación está en descubrir los efectos de la IA en el proceso compositivo y en indagar en las posibilidades que ofertan estas nuevas herramientas tecnológicas para el compositor.

1.2. Preguntas de investigación y justificación.

A la hora de realizar una investigación como la que aquí procede, surge la necesidad de dar respuesta a nuestra pregunta central: ¿cómo afecta la IA al proceso creativo? Por supuesto, de aquí emanan otras preguntas relacionadas, como ¿qué partes concretas del proceso compositivo se ven alteradas y por qué? ¿los resultados son diferenciables de la música no automatizada? ¿cuáles son las ventajas y los inconvenientes de la introducción de la IA en la composición musical? Si la IA modifica las funciones del usuario dentro del proceso compositivo, ¿también cambiaría los parámetros definitorios del concepto de compositor?

Si el compositor adopta la IA para componer y además su actividad puede interferir con otras profesiones, como la del programador, cabe analizar dónde se encuentran los límites entre uno y otro y, conocer, por ejemplo, cuánto hay que saber de programación o de música para usar estas herramientas. ¿Encajan por igual en la definición de compositor aquellos que se sirven de procesos automatizados que aquellos que no?

Como señalan Eweardo y Aguilera “La CAC [Computer-aided Composition] ha adoptado un papel muy importante en la composición y en la producción musical, desde piezas musicales que han sido creadas por instrumentos sintetizados (síntesis sonora) [...] hasta la composición automática de partituras.” (Eweardo y Aguilera 2011, 80). Añaden además que “Una de las dificultades de la CAC es cuando se le da por completo el poder de componer una pieza completa a la herramienta, dos casos pueden ocurrir [...] Crear o imitar.” (Eweardo y Aguilera 2011, 80).

Con nuestro estudio de AIVA, AmperScore, OrbComposer y Google Magenta Studio sabremos si es necesario poseer conocimientos de programación para la utilización de este software y a qué nivel, pudiendo hacer una valoración en términos de accesibilidad y usabilidad. Además, en el apartado de conclusiones, consideraremos las afirmaciones de Eiveardo y Aguilera sobre la creación y la imitación.

Por otro lado, todas estas cuestiones deben valorarse dentro de un contexto transmoderno, término usado en esta tesis para describir el momento histórico actual, que engloba lo siguiente, según Rosa M. Rodríguez:

La Transmodernidad no es una meta, sino la descripción de la situación en que nos hallamos, un punto de no retorno ante nuestras antiguas certezas, pero también una asfixia que pugna por salir de la banalidad. Tiene pues una vertiente descriptiva, cuya constatación no hemos elegido, de análisis de los fenómenos sociales, gnoseológicos, vivenciales; una exigencia de conocimiento y un anhelo de ir más allá en la superación de los límites que hoy nos atrapan.

La eclosión de lo virtual nos sitúa, tras la muerte de la antigua metafísica, en los retos de una nueva ciberontología, de la hegemonía de la razón digital. Pero no se trata de la celebración eufórica, sin compromiso ético y político, de una supuesta muerte de la realidad, sino de la necesaria consideración de cómo la realidad material ha sido amplificada y modificada por la realidad virtual. Ello no puede recluarnos en el reino de los signos; tras las aportaciones de la semiótica, que leía la realidad como conjunto de significantes, debe abrirse todo un campo a la "semiurgia" o análisis de cómo los signos generan realidad, desarrollando igualmente una "simulocracia", esto es, el estudio de cómo los simulacros producen espacios y efectos de poder.

El prefijo trans connota no sólo los aspectos de transformación, sino también la necesaria transcendencia de la crisis de la Modernidad, retomando sus retos pendientes éticos y políticos (igualdad, justicia, libertad...), pero asumiendo las críticas postmodernas. (Rodríguez 2008)

A esta idea de transmodernidad le sumamos el concepto de *big data*, que está absolutamente extendido en el mundo del análisis de mercado. Resulta fundamental para el empresario reunir cierta información sobre los perfiles e intereses del consumidor, ya que el *big data* se basa en una clasificación y etiquetación, en este caso concreto, sobre las preferencias del cliente en materia de consumo musical.

El origen del *big data* y su propia definición no está exenta de problemas. Como señalan Mayer-Schönberger y Cukier:

No existe una definición rigurosa de big data. Inicialmente la idea fue que el volumen de información había crecido tanto que la cantidad a examinar no tenía lugar en la memoria que los ordenadores usan para procesar, así que los ingenieros necesitaron modernizar las herramientas que utilizaban para analizarla por completo. (Mayer-Schönberger y Cukier 2013, 6)

Respecto a el desarrollo del *big data*, Bughin, Chul y Manyika exponen que “el avance de la tecnología y su pronta adopción está cambiando radicalmente los modelos empresariales tradicionales. Los altos ejecutivos tienen que pensar estratégicamente sobre cómo preparar a sus organizaciones para el nuevo entorno desafiante.” (Bughin, Chul y Manyika 2010)

Debido a que, en la actualidad, y cada vez más, las personas realizan las actividades de consumo en línea, los modelos de negocio amplían sus efectos a la red:

El modelo "freemium" es un ejemplo de ello: un grupo de clientes recibe servicios gratuitos apoyados por aquellos que pagan por un uso especial. Flickr (almacenamiento en línea de fotos), Pandora (música en línea) y Skype (comunicación en línea) no sólo utilizan este tipo de subvenciones cruzadas sino que también demuestran el efecto multiplicador de las redes: cuanto mayor es el número de usuarios libres (sin pagar), más valioso se vuelve el servicio para todos los clientes. (Bughin, Chul y Manyika 2010)

Naturalmente no resulta siendo del todo gratuito ya que, por ejemplo, Pandora utiliza los datos de los usuarios libres “para refinar sus recomendaciones musicales” (Bughin, Chul y Manyika 2010).

En un artículo titulado “Informe sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en la música”, publicado por la revista online promocionmusical.es Geoff Taylor, el presidente ejecutivo de la British Phonographic Industry (BPI), expone lo siguiente:

La IA está permitiendo la creación de listas de reproducción hiper-personalizadas utilizando datos contextuales y un análisis profundo de la relación entre las canciones, mientras que los artistas y los sellos utilizan ahora chatbots para participar con sus fan-bases en las campañas. Los algoritmos también están comenzando a influir en la composición de música en la medida que los artistas abrazan la tecnología para mejorar su propia creatividad. Esto plantea profundas cuestiones sobre la naturaleza de la música y la conexión de los seres humanos a la misma. (Record of the day 2016)

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede comprender la ya ineludible interrelación entre este contexto transmoderno y la aparición de herramientas como las que hemos escogido para esta investigación. Naturalmente, las informaciones recabadas de la interacción de los usuarios que tributan a este *big data* puede servir de alimento al software musical por IA.

Continuando con estas afirmaciones, también comprobamos que, poco a poco, parecía inevitable esta inmersión de la IA en la composición musical. El mundo se está digitalizando en todos sus aspectos y la idea de que la IA nunca podrá competir con las características consideradas como las más humanas, como por ejemplo la creatividad, parece perder cada vez más fuerza. Si se llega a la conclusión de que las experiencias humanas no pueden ser transmitidas por un sistema de IA a la música que componga, ¿qué pasaría si el banco mundial del *big data* interaccionase con los datos que posee sobre todos nuestros hábitos? ¿Podría elaborar temas personalizados para cada usuario basados en las escuchas previas y en las recomendaciones, en los *likes*, comentarios y demás interacciones en la red, transmitiendo algunas de nuestras experiencias a la música?

Otras cuestiones que hemos tratado en la introducción versaban sobre la estimación de las ventajas e inconvenientes de esta inmersión de lo automático en la creación musical. Podemos ahora, por tanto, reflexionar sobre algunas aportaciones teóricas como las de Passman, acerca de los beneficios de la tecnología en la música:

Los avances en los ordenadores y en la tecnología han sido increíblemente positivos para los creadores de música en todo el mundo. Puedes aprender cómo producir música en YouTube, comprar las mismas bibliotecas de muestras que sus compositores favoritos y crear partituras épicas desde el portátil en cualquier parte del mundo. Como resultado, hay más productores musicales que nunca. Los ordenadores ayudando a los humanos a crear música original se han convertido en un estándar, pero hay varias compañías que buscan cambiar el rumbo de este proceso.

Las canciones generadas por ordenador son un sector de rápido crecimiento en la industria, buscando interrumpir la creación, dando igual acceso y licencia a músicos y no músicos por igual. Amper Music, Jukedeck, el Laboratorio de Ciencias de la Computación de Sony y Magenta de Google son cuatro compañías al frente de la composición musical a través de la inteligencia artificial. De hecho Amper Music, establecida en Nueva York, anunció una inversión fundacional de 4 millones de dólares esta semana, que se dedicará a un mayor

desarrollo de la creación musical por AI. Estas compañías de música impulsadas por la tecnología tienen un enorme potencial de éxito. (Passman 2017)

Aquí, sin embargo, los límites de los “ordenadores ayudando a los humanos a crear música original” parecen ser sobrepasados, ya que este concepto de ayuda da lugar a un reemplazamiento de funciones, automatizando procesos, de los cuales se derivan las consecuencias que queremos estudiar. Ciertas empresas podrían escudarse bajo el argumento de que la IA acerca la música a los que carecen de conocimientos para componer, así que cualquier persona podría adoptar el papel de compositor a través de unos pocos clics de ratón. Pero, entonces ¿realmente cualquier persona puede componer música?, ¿es este un nuevo concepto de la profesión y del compositor? y ¿se puede rebatir este argumento de la accesibilidad universal de alguna forma?

Podemos ir anunciando ciertas contribuciones a este respecto: Fiammetta Ghendini, científica, piensa que la revolución de la IA está muy próxima y que muchas actividades humanas se verán absorbidas por la misma, por lo que hay que tratar de aumentar las posibilidades creativas que ofrece sin dejar que nuestra propia creatividad o nuestras ideas se vean reemplazadas (Needham 2017).

Por otro lado, Chris Cook, editor y periodista, destaca los beneficios que puede aportar el aprendizaje automático potenciando la creatividad de más personas, significando esto que algunos métodos compositivos se verían reemplazados. De hecho, añade lo siguiente con respecto a esta última afirmación: “para ser honesto, este ha sido el caso desde hace años, y puedes argumentar fácilmente que el papel del compositor, en muchas áreas de la música, no es tan importante como se podría pensar, y quizás nunca lo fue” (Cooke 2017). Cooke, además, señala que “estas nuevas tecnologías se convertirán generalmente en herramientas para humanos creativos, en vez de reemplazarlos. Las máquinas hacen sólo lo que los humanos les dicen. Nada más. Sin gente controlando y dirigiendo el proceso, no consigues nada.” (Cooke 2017). Considerando estas contribuciones podemos ver resumidas las distintas posiciones que pueden adoptarse a este respecto. Es evidente que, mediante un ejemplo manido, el uso de las máquinas reemplazando humanos ya es observable hoy en día en muchos ámbitos cotidianos, como en los cajeros de cualquier supermercado o en los peajes,

es decir, en actividades no creativas y monótonas. Es igualmente evidente que los humanos son necesarios para controlar y revisar el procedimiento, pero no para realizar la tarea en sí misma ¿se estaría considerando a la composición como un trabajo mecánico y repetitivo? ¿se espera, por tanto, que en estos casos el papel del compositor se relegue a controlar y revisar el procedimiento compositivo?

Respecto a las opiniones de Ghendini y Cooke, cabe destacar que efectivamente esta problemática pueda estar relacionada con el capital simbólico atribuido a la creación artística. Realmente el papel del compositor ha mutado en las últimas décadas debido a la variedad de gustos y estilos de cada época, produciéndose una casuística muy variada de profesiones en la composición y, por supuesto, con sus distintas consideraciones sociales sobre cada perfil. Por ello, algunas de estas especializaciones no requieren el mismo entrenamiento ni los mismos conocimientos musicales, pudiendo estar más expuestas a ser reemplazables por la IA que otras, al menos de momento. También ha de considerarse la posibilidad de que la presencia humana para estas tareas no sea totalmente necesaria.

Cooke (2017) afirmaba que “estas nuevas tecnologías se convertirán generalmente en herramientas para humanos creativos, en vez de reemplazarlos”, pero realmente las herramientas podrían tener otras utilidades añadidas e incontrolables, sobre todo en términos de producción, que acabarían desmintiendo este pensamiento. Estas herramientas pueden ser utilizadas con intención creativa o no, ya que no se puede establecer control sobre ello.

Como vemos, existen muchas cuestiones en torno al objetivo principal de esta tesis que deben ser resueltas. Por otro lado, contextualmente se dan otro grupo de interrogantes de carácter más conceptual que pueden dar lugar a nuevas hipótesis de investigación y, por lo tanto, contribuir al ya mencionado carácter ampliable de esta tesis y a la definición de un nuevo posible paradigma artístico. Nosotros también las consideraremos en el apartado de discusión.

- ¿Este tipo de software puede ser considerado como creativo?

Para dar respuesta a esta pregunta es necesario, en primer lugar, buscar una definición del concepto de creatividad y describir los componentes que darían lugar a un comportamiento creativo. A continuación, cabe valorar si estos comportamientos creativos podrían ser reproducidos en un sistema artificial y de qué manera.

Son muchas las posiciones y aportaciones a esta cuestión, por lo que en realidad esta pregunta genera más preguntas. En el caso de que se comprobase que es posible que un sistema artificial demuestre creatividad, ¿qué diferencias existirían entre la creatividad humana y la artificial, si es que existen? ¿cualquier persona podría apreciar las supuestas diferencias? ¿qué implicaciones tendría para el arte? ¿habría que redefinir el concepto de arte actual acotado sólo al ser humano?

Romero Cardalda anunciaba, ya hace una década, la posibilidad de que los conceptos implicados en el ámbito artístico pudieran mutar debido a las innovaciones tecnológicas del momento, especialmente con las aportaciones de la IA:

El desarrollo de sistemas cibernéticos de creación artística puede cambiar la concepción del arte que tenemos en la actualidad, incluyendo por primera vez un ente artificial como creador. También puede cambiar la experiencia vital del receptor de este arte al poder adaptar la obra a cada persona independientemente, creando "arte a medida" y estableciendo una relación muy especial entre el creador cibernético y el usuario que interactúa con él. (Romero 2001, 115-116)

Nos posicionaremos a este respecto y valoraremos la necesidad de considerar o no estas mutaciones conceptuales basándonos en aportaciones como la de Romero Cardalda.

- ¿Qué razón de ser tiene este uso de la IA en la composición? ¿Por qué las empresas desarrollan software inteligente para componer?

Naturalmente, además de existir la intención de ampliar conocimiento sobre los procesos creativos musicales en el ser humano mediante la IA, también debería existir un beneficio para el compositor que le anime a utilizar este tipo de herramientas, como por ejemplo para ahorrar tiempo y esfuerzo en sus

producciones. Lejos de hacer suposiciones, exponemos las siguientes afirmaciones extraídas de la bibliografía más reciente a este respecto para justificar la necesidad de considerar algunas de las ideas perfiladas hasta aquí:

El resultado de este trabajo es una herramienta que puede producir música original en tiempo real, en el estilo de una pieza de entrenamiento. Puede cambiar estilos de una región del juego a otra y presenta poca carga adicional en el procesador [...] El resultado es una herramienta que permite a los estudios de videojuegos contar con música original para sus juegos, mientras se minimiza el tiempo, la memoria o el coste financiero de requerir a compositores humanos. (Engels *et al.* 2015, 221)

Encontrar este tipo de argumentaciones en artículos de investigación causa cierto impacto y parece confirmar aquellas premisas iniciales que motivaron el nacimiento de nuestra investigación: la IA reemplazará a compositores con cierto tipo de funciones específicas. La relevancia de estas afirmaciones recae también en el interés puramente productivo de las empresas para incorporar estos sistemas a sus procesos de desarrollo, en este caso de videojuegos. Evidentemente un ser humano no puede competir contra la productividad de un software, ¿puede la IA competir con la habilidad compositiva de un ser humano y reemplazar sus funciones en la industria?

– ¿Puede un sistema de IA tomar decisiones estéticas?

Sobre esta cuestión C. Dobrian formula además las siguientes preguntas:

¿Cómo puede un ordenador tomar decisiones estéticas? ¿Cómo puede un ordenador ayudar a los humanos a tomar decisiones estéticas? ¿Cómo cambia la experiencia de usar un ordenador la forma en la que los humanos toman decisiones estéticas? Esto nos lleva a unas preguntas un poco más ambiguas: ¿por qué usar un ordenador para componer? ¿Por qué enseñarle a un ordenador a tomar decisiones estéticas? ¿Deberían cambiar nuestros criterios estéticos al considerar música compuesta por un ordenador? ¿Cómo cambia la responsabilidad (y el sentido de responsabilidad) cuando se usa un ordenador?. (Dobrian 1993)

Como podemos apreciar, Dobrian reflexiona de un modo muy similar a lo que exponemos en este apartado de “preguntas de investigación”, formulando preguntas que consideramos muy interesantes y que trataremos de responder. En este caso, las propias respuestas del autor son las siguientes:

Por ahora no conocemos una forma en la que un ordenador pueda ejercer un gusto o una intuición (estos asuntos se discuten más adelante), pero la aleatoriedad no resulta un problema, en absoluto, para un ordenador. De hecho, casi todos los programas que toman decisiones estéticas emplean la aleatoriedad en algún nivel. La aleatoriedad total, también conocida como "ruido blanco", raramente resulta de interés estético para la mayoría de nosotros. Tendemos a desear alguna manifestación de una fuerza de orden que altere la naturaleza previsiblemente impredecible del ruido blanco. Para producir algo que no sea ruido blanco, un programa debe contener algunas elecciones no arbitrarias hechas por el programador para la toma de decisiones estéticas. Por lo tanto, ningún programa de toma de decisiones puede estar libre del gusto y la intuición del programador. (Dobrian 1993)

Aunque, como se puede observar, han pasado casi 20 años desde estas aportaciones, parece que todavía un ordenador no puede presentar gusto o intuición. Sin embargo, cabría preguntarse, ¿puede el ser humano valorar estas diferencias a través de la escucha de una pieza o es un problema puramente metodológico? ¿importa realmente si un ordenador puede tomar decisiones estéticas a la hora de valorar los resultados? ¿es el ser humano consciente y responsable de todas sus decisiones compositivas?

Tras presentar las distintas posturas con respecto a la pregunta principal formulada sobre los efectos de la IA en el proceso creativo, pensamos que sólo una experimentación metódica, directamente con las herramientas, nos proporcionará respuestas justificadas a dicha cuestión. También creemos fundamental encontrar las respuestas al resto de preguntas formuladas durante este apartado, ya que forman parte del marco contextual de nuestro objetivo principal.

En los apartados anteriores hemos comentado ciertos rasgos de la situación actual en el mundo de la composición musical automatizada y hemos formulado preguntas que se generan en torno a la misma. Esta tesis realizará una serie de aportaciones relevantes acerca de dicha situación presentando respuestas a las preguntas formuladas, fundamentadas en experimentos directos con programas de composición que utilizan inteligencia artificial. No sólo queremos justificar nuestras observaciones sobre los cambios en el proceso compositivo, sino que deseamos descubrir las respuestas a todas estas preguntas y contribuir a la definición de una situación actual, mejorando la comprensión de nuestra realidad.

Hemos escogido estas cuatro herramientas, AIVA, AmperScore, OrbComposer y Google Magenta Studio por ser las que más resonancia han tenido en los últimos años en el mundo de la composición artificial, tal y como se comentará en la descripción de cada una de ellas durante el capítulo cuatro. Por otro lado, no hemos encontrado ninguna evidencia con respecto a la existencia de otros estudios que examinen este tipo de herramientas considerando además sus consecuencias a nivel teórico y artístico – conceptual, por lo tanto creemos necesario considerarlo en esta investigación.

Además, la IA es un campo científico con la antigüedad suficiente como para que sea posible una investigación con perspectiva sobre el impacto que está teniendo en el campo musical en la actualidad. El tratado de Curtis Roads *Research in Music and Artificial Intelligence* (1985) debe ser sin duda uno de los escritos más famosos acerca de este tema. Trata la relación entre la IA y la música como una necesidad, aunque Roads explica que, por aquel entonces, “todavía es difícil componer música por ordenador [...] Los músicos deben aprender un protocolo arcaico de escritura para la síntesis del sonido y la entrada de partituras” (Roads 1985, p. 167).

Roads cree que la IA resulta una herramienta útil y necesaria para facilitar ciertos procesos computacionales para crear sonido. Sin embargo, parece que, comenzado el siglo XXI, las aplicaciones de la IA trascienden este uso adentrándose en procesos que no tienen relación con la computación, mecanizando e informatizando la propia creatividad musical. Cabría discutir qué es lo que podríamos entender hoy en día por un proceso mecanizado en la composición para que resultase comprensible la necesidad de la IA en el proceso creativo. Por ejemplo, escribir un ostinato, buscar opciones de armonización o variar un tema melódico podrían considerarse procesos mecanizados, sin embargo, en estos procedimientos se permeabiliza igualmente el estilo del compositor (su técnica personal) y no resulta un protocolo externo al acto creativo como pudiera ser en el caso de la informática u otros procesos considerados como costosos. Si la IA se integra en el proceso compositivo para suprimir el esfuerzo y el tiempo en pensar cómo desarrollar un material, para obtener temas, armonizar, etc., se están reemplazando pasos donde la firma del compositor deja sus residuos. Por ello,

consideramos que esta investigación es también necesaria para aportar nuevas reflexiones y renovar la imagen de las funciones de la IA en el mundo artístico.

Por otro lado, existen ejemplos actuales de compositores que admiten abiertamente el uso de la IA en su ejercicio productivo. Es el caso de Taryn Southern, quien ha compuesto su álbum enteramente con IA, en concreto con una de las herramientas aquí estudiadas: 'AmperMusic'. La autora afirma que para ella fue un "desafío creativo" (Plaugic 2017) usar una herramienta como esta para producir un álbum por completo. O, por ejemplo, el caso de Brian Eno con su proyecto audiovisual, en colaboración con la IA, 'The Ship' donde se "toman imágenes e historias de Internet para crear una experiencia audiovisual diferente cada vez que sea vista" (Beer 2016). Otro ejemplo es el de Björk, quien "recientemente colaboró con Microsoft y el hotel Sister City en Nueva York para crear música generada por IA que cambia según el tiempo atmosférico" (Stein 2020). Estos datos justifican la necesidad de plasmar una realidad práctica en un plano teórico, apreciando los cambios de nuestra sociedad y debatiendo las consecuencias en el proceso compositivo.

1. 3. Hipótesis y objetivos.

Hipótesis Principal:

La hipótesis principal de la tesis doctoral es: La introducción de la IA en la composición altera aspectos determinantes del proceso creativo posibilitando la automatización de funciones profesionales del compositor en la industria musical.

Esta hipótesis encierra una cadena de consecuencias de las que emergen nuevas hipótesis secundarias:

En primer lugar, la inteligencia artificial contribuye a un replanteamiento de lo artístico. La tecnología adquiere un protagonismo renovado en el proceso creativo y esto sugiere una reconsideración de los elementos definitorios del concepto de compositor.

En segundo lugar, la IA ofrece una productividad con la que el ser humano no puede competir. Esto ocurre especialmente en la industria audiovisual, como por ejemplo en los videojuegos, ya que exigen condiciones que el ser humano no puede alcanzar, como la composición en vivo.

Respecto a los objetivos de esta investigación, señalamos los siguientes:

- Conocer el funcionamiento y evaluar los resultados de cuatro herramientas que componen con IA.
- Averiguar las consecuencias de la introducción de la IA como herramienta compositiva durante el proceso creativo del compositor.
- Valorar la interdependencia de la IA y las necesidades de la industria musical en las funciones de la profesión del compositor.
- Analizar la intencionalidad publicitada de las herramientas y relacionarla con los aspectos reales de su funcionamiento.
- Reconsiderar el concepto de compositor influenciado por las posibilidades de la Inteligencia Artificial.

1. 4. Metodología.

Esta tesis se fundamenta metodológicamente en la interdisciplinariedad, ya que la naturaleza del objeto de estudio y los objetivos propuestos implican varios campos del conocimiento, así como un uso de distintas estrategias de investigación. Por esta razón, se manejan y se relacionan conceptos de diferentes disciplinas, algunos han sido desarrollados en el marco de los estudios computacionales, otros pertenecen al campo de los estudios sobre creatividad artística y, en especial, musical. De esta manera, el estudio de las herramientas que funcionan por IA aplicadas a la composición musical se plantea desde un marco pluridisciplinar, pero que pone énfasis en el ámbito de la humanidades y profundiza en las implicaciones estéticas de su uso, analizando el impacto que estos programas pueden tener en las prácticas de composición musical en la actualidad.

Desde esta perspectiva, se incorporan postulados de los estudios culturales, ya que estos software pueden cambiar la concepción que tenemos de los creadores en la sociedad y pueden transformar el propio concepto de creación artística, resultando en los valores y los significados que otorgamos como sociedad a una obra musical. Utilizaremos, por tanto, conceptos desarrollados en investigaciones con perspectiva sociológica, filosófica, lingüística o retórica, empleándolos de

manera interdisciplinaria para abordar desde distintos enfoques nuestro objeto de estudio: la composición artificial o automática.

Respecto al uso de conceptos provenientes del campo computacional, hemos creído conveniente anexar un glosario de términos que ayude a la comprensión de los mismos, ya que es necesario tratarlos junto a los avances de las herramientas. Insistimos en que este trabajo está dirigido al músico y a los investigadores sobre música, no al programador, por lo que la profundización y el uso de estos conceptos se limita a facilitar la comprensión global de los procesos informáticos que marcan una evolución en la composición automática.

Por otro lado, mencionábamos también las distintas estrategias de investigación utilizadas a lo largo del estudio. Naturalmente, la revisión crítica de la bibliografía en este campo ha sido fundamental. Nos ha servido para la elaboración del marco teórico, para estudiar los precedentes históricos de las herramientas y configurar un estado de la cuestión. En primer lugar, analizamos funcionalmente la bibliografía recopilada valorando las aportaciones a nivel teórico sobre el concepto de la inteligencia y la creatividad artificial, así como todos los aspectos relacionados con estos términos. Tratar ideas y conceptos provenientes de distintos campos teóricos resulta fundamental para comprender la inteligencia artificial y sus implicaciones, ya que tratamos de evidenciar las relaciones de causa y efecto entre los diferentes aportes. Aportaciones de la sociología, la filosofía o la programación, confluyen en este marco teórico para describir un concepto tan complejo como es la inteligencia artificial, al igual que sucede con el concepto de creatividad artificial.

En cuanto a los precedentes de las herramientas estudiadas en el capítulo 3, la revisión bibliográfica y la consulta de otras fuentes ha sido fundamental para poder realizar un recorrido histórico por la relación entre inteligencia artificial y música que nos acerca a las herramientas que son objeto de análisis en esta investigación. Resulta obligado el conocimiento de estos precedentes para comprender qué motivaciones y qué inquietudes han llevado a que en la última década se haya producido un auge en el lanzamiento comercial de herramientas de estas características y permite situar el contexto en el que se desarrolla comprender la evolución que ha experimentado este campo desde sus inicios.

Por otra parte, el análisis de los resultados obtenidos con las herramientas estudiadas tiene por fundamento un método experimental. Consideramos fundamental realizar este estudio analítico a partir de la experimentación directa de las herramientas que utilizan inteligencia artificial para la composición musical, lo que nos permite un acercamiento empírico a las mismas. Hemos considerado que la forma más adecuada para llevar a cabo la experimentación es diseñar un proceso sistemático que es aplicado de la misma manera a todos los programas. Así, hemos establecido una serie de pasos para obtener la información necesaria de cada programa con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en la tesis y dar respuesta a las preguntas de investigación.

En primer lugar, realizamos una descripción del programa analizando cómo se presentan las herramientas en las páginas web oficiales de cada software, atendiendo al precio (la accesibilidad) del producto, las características generales, a qué tipo de usuarios se dirige (target) y la intencionalidad inicial en la comercialización del producto. Consideramos relevante esta primera aproximación para establecer cuáles son los usos a los que el programa informático está destinado (profesional, amateur...), así como los argumentos de venta que destacan determinadas funciones de la herramienta con respecto a sus competidores o a programas anteriores de inteligencia artificial empleados en la composición musical.

El segundo paso consiste en una experimentación con las funciones del software, generando muestras para realizar el posterior análisis de los resultados. Estudiamos cómo está construida la herramienta, es decir, si la arquitectura del programa requiere conocimientos de programación o no, y lo mismo con respecto a nociones de índole musical. También describimos con detalle el proceso necesario para obtener resultados musicales analizando, por ejemplo, qué tipo de información (elecciones del usuario) necesita el programa para generar música. Así definiremos los pasos del proceso creativo en la composición automática. Hemos creído conveniente fijar un número específico de muestras para todas las herramientas bajo los mismos parámetros de estilo, sirviendo este método para conocer la capacidad de variación del programa y si existen componentes repetidos que actúan como marca de estilo.

En esta experimentación, aplicamos los procesos propios de la metodología del *testing* compartiendo, además, directamente un software como objeto de estudio. El *testing* "es el proceso de evaluación de un sistema o componente para verificar que satisface los requisitos especificados, o identificar diferencias entre lo esperado y los resultados obtenidos" (Franco 2010, 14), por lo que creemos que este concepto se ajusta al enfoque general de nuestro método, no entendiéndolo como una prueba del correcto funcionamiento del software a nivel informático, sino como una prueba de usuario, comprobando que realmente los pasos analíticos anteriores al análisis de resultados corresponden con las funciones y resultados que ofrece el programa.

En tercer lugar, se analizan los resultados desde el punto de vista musical como si de una composición humana se tratase, es decir, aplicando el análisis funcional armónico, estructural, textural, motivico, etc. Para ello, nos hemos servido de tablas que facilitan la agrupación y el resumen de todos los aspectos relevantes y parámetros de cada pieza generada artificialmente.

Respecto al método de análisis aplicado en los resultados, combinamos aspectos de distintos enfoques analíticos. De las ideas de Ian Bent (Bent 1980) aplicamos el enfoque estructuralista, que se comprende como la resolución de una estructura musical en elementos constitutivos relativamente más sencillos y la búsqueda de las funciones de estos elementos en el interior de esa estructura. En este proceso, la "estructura" puede ser una parte de una obra, una obra entera, un grupo o incluso un repertorio de obras, procedentes de una tradición escrita u oral (Bent en Nagore 2005, 1). Cabe mencionar que hemos podido contar con partitura de los resultados gracias a la traducción realizada desde los archivos MIDI en todos los casos salvo en AmperScore, en el cual nos hemos servido del análisis auditivo. En todos los casos se presentan los audios en el dispositivo anexo para la corroboración de los resultados y en los casos de AIVA, OrbComposer y Google Magenta, las partituras se irán mostrando en ilustraciones a lo largo del texto para mejorar y facilitar el seguimiento del análisis.

Naturalmente, si nos ciñéramos únicamente a estos aspectos estaríamos adoptando un enfoque limitado, ya que el estructuralismo deja a un lado lo que otras corrientes analíticas abordan. Nosotros trascendemos del resultado musical,

como hemos comentado en los párrafos anteriores, a cómo se produce la música, cómo se vende la herramienta que la produce y valorando cuáles podrían ser sus usos y destinos.

Por último, se establecen una serie de conclusiones obtenidas de la interacción con cada herramienta. En este punto relacionamos todas las aportaciones de la experimentación para tratar de llegar a conclusiones basadas en las respuestas a las preguntas de investigación, planteadas en una discusión articulada en base al estudio teórico y a la experimentación directa con las herramientas. Más allá de este proceso de experimentación con los programas, hemos recabado información a través de diferentes métodos. Especialmente relevante ha sido la realización de entrevistas. Hemos logrado entrevistar a dos desarrolladores, Sam Estes de AmperScore y Pierre Barreau de AIVA, lo que nos permite contrastar nuestras conclusiones con las aportaciones directas de los creadores; si bien, no ha sido posible contactar con otros agentes que participan en el desarrollo de los programas analizados, a pesar de haberlo intentado en numerosas ocasiones y a través de distintos medios. Por otro lado, hemos analizado y participado activamente en foros de usuarios de estos programas realizando consultas sobre procedimientos y funcionalidades de los programas, así como creando y alimentando debates relacionados con las preguntas de investigación de esta tesis. En este sentido, destacamos las aportaciones que se realizaron en los debates impulsados con usuarios del foro de AIVA. Otra fuente importante de información han sido los videotutoriales de los programas, una herramienta muy consultada por los usuarios de estos software que permite saber cuáles son las principales demandas de los usuarios de estas herramientas informáticas, así como los procedimientos más extendidos en su uso.

1. 5. Estructura de la tesis.

Se procede ahora a la especificación de contenidos tratados en cada capítulo.

En el capítulo 1 se construye el estado de la cuestión, donde se estudia el concepto de la Inteligencia Artificial, la relación entre la IA y la música, y la creatividad artificial, y donde se desarrollan las ideas de creatividad y creatividad artificial partiendo de un mayor nivel de abstracción conceptual hasta llegar al mayor grado de concreción posible que resulta en la propia herramienta creativa. Propondremos, finalmente, una definición de la creatividad que nos servirá para valorar si las herramientas se ajustan a tal definición. También se analizarán las aportaciones realizadas por otros investigadores con objetivos similares a los aquí propuestos.

En el capítulo 2 se presentan las revisiones de las herramientas históricas que actúan como precedentes más cercanos al cuerpo de la tesis. La intención es describir el funcionamiento de las mismas, así como lo que hace posible que se obtengan resultados musicales artificiales. Se toma como punto de referencia el sistema experto de Kemal Ebcioglu "CHORAL", de 1990, capaz de componer corales al estilo de J. S. Bach.

El capítulo 3 conforma el núcleo de la investigación, donde se realiza la experimentación con las cuatro herramientas y donde analizamos las muestras obtenidas. Descubrimos las posibilidades que ofrecen estos programas, así como las implicaciones del uso de la IA en la composición y durante el proceso creativo.

Finalmente, en el capítulo 4, se presenta una discusión y las respuestas a las preguntas de investigación derivadas de la hipótesis principal, dando por alcanzados los objetivos en relación a las conclusiones establecidas desde la experimentación con las herramientas y el estudio teórico.

CAPÍTULO 1
ESTADO DE LA CUESTIÓN

A lo largo de este capítulo se expondrá, en cuatro apartados, la distinta coyuntura en la que se encuentran las materias que fundamentan esta tesis. En el primer apartado, “la Inteligencia Artificial y sus implicaciones”, se tratará el carácter dinámico del concepto de Inteligencia Artificial y las diversas corrientes de pensamiento que han afectado a su definición durante el transcurso de su breve historia. En el segundo apartado, “¿qué es la IA en música?”, se especifican las aplicaciones de esta ciencia en el mundo de la música y la relación práctica que mantienen. En el tercer apartado, “Creatividad artificial”, se expone el surgimiento de un debate causado por la aparición de las nuevas posibilidades tecnológicas en la creación musical, que provocan la redefinición de términos como la creatividad. Y, por último, en el apartado final, “Análisis de herramientas compositivas en otros estudios”, se describen las aportaciones halladas en otros trabajos académicos sobre la hipótesis principal de esta tesis.

A este estado de la cuestión, por tanto, se le aplica una perspectiva crítica y multifactorial, siendo un estudio necesario para la comprensión de los aspectos abordados durante el análisis de las herramientas compositivas.

2.1. La Inteligencia Artificial y sus implicaciones.

En primer lugar, conviene considerar una serie de disputas que se han ido produciendo en torno al surgimiento de la Inteligencia Artificial y que acaban por determinar los aspectos más significativos para su propia evolución y concepción. Una de las controversias más reveladoras versa sobre la diferenciación a nivel teórico – conceptual entre cerebro (como hecho biológico) y mente (como resultado de un contexto cultural y sociológico). Hemos observado esta distinción en distintas aportaciones teóricas; por un lado “hay neurobiólogos que argumentan la existencia de un ‘cerebro social’, en el sentido de que muchas actividades estudiadas por los sociólogos, como la creencia religiosa, pueden ser explicadas por puros funcionamientos neurológicos” (Wolfe 1991, 1077). Por otra parte, otros teóricos distinguen esta división cerebro-mente de un modo más independiente. Reconstruir un cerebro humano supondría una cuestión de ingeniería, pero la posibilidad de reproducir la mente humana hace emerger un conjunto de problemas mayor:

El cerebro biológico y la mente social trabajan de manera radicalmente distinta: uno busca información tan completa y precisa como sea posible, el otro no necesita instrucciones programadas, o incluso aprendizaje de ensayo-error a través de las redes neuronales, porque puede dar sentido a la ambigüedad y el contexto. [...] La confirmación de la noción neurológica de que el cerebro humano procesa información pero necesita a la mente para suministrar el contexto, es proporcionada por la tradición etnometodológica en sociología. (Wolfe 1991, 1078)

Para los primeros, habría que escapar de esta posición dualista de miles de años de tradición, ya que la “conciencia es un fenómeno biológico como otro cualquiera” (Searle en Goldberg 1994, 163). Ciertamente es que el proceso de evolución tecnológica y científica conlleva desvelar incógnitas que, con anterioridad, no se podía por la falta de recursos solventes, por lo que cabe considerar la posibilidad de que fenómenos como la conciencia, o todos aquellos procesos de abstracción simbólica implicados en el pensamiento, que son objetos de estudio todavía inimitables, puedan ser reproducidos artificialmente en el futuro si se desarrollan los recursos que lo permitan. Esto quiere decir que, al igual que con la invención de, por ejemplo, microscopios cada vez más eficientes que permitieron un estudio biológico más preciso, dando lugar a un mayor campo de posibilidades de descubrimiento, podría suceder de la misma manera al desarrollar formatos y lenguajes artificiales que permitieran alcanzar nuevos objetivos sobre la mente.

Sin embargo, Searle es uno de los teóricos asentados en la postura opuesta, ya que afirmaba que “cualquier intento de crear literalmente la intencionalidad artificialmente (IA fuerte) no será exitoso sólo a través del diseño de programas, sino que tendrá que duplicar los poderes del cerebro humano que la causan” (Searle 1980, 417). Este debate tiene sus consecuencias en la representación del paradigma cognitivo humano, dando lugar a dos vertientes principales: la computación simbólica y la computación subsimbólica. En general, la diferencia reside precisamente en si cualquier nivel de abstracción estructural puede traducirse computacionalmente o no; la computación simbólica mantiene que el “nivel correcto para modelar la mente es el del símbolo, entendido como una entidad en un programa de ordenador que se usa para referirse a una entidad del mundo real” (Chalmers 1992, 2), mientras que la computación subsimbólica cree que el símbolo está alejado del modelo de representación de la mente. “Hay que ir más abajo [...] el nivel correcto es a veces el nivel de la neurona, ya que la unidad

básica de muchos modelos conexionistas (subsimbólicos) tiene una estructura causal que recuerda a la neurona.” “Se espera que, como consecuencia de seguir las normas a este bajo nivel, surjan propiedades semánticas; es decir, que se manifiesten en el procesamiento y comportamiento del programa sin haber sido programadas explícitamente” (Chalmers 1992, 2).

Consecuentemente, también observamos diferencias a la hora de definir lo que es la IA. Estos intentos de definirla, cuanto más distan en el tiempo, más difieren, revelando el carácter dinámico del concepto. Staffan Persson la definía en 1964 como “el determinado comportamiento que una máquina de diseño adopta en una situación y el cual sería denominado como inteligente si se observarse en una actividad humana” (Persson 1964, 88). En la misma línea, Marvin Minsky en 1968 la define como “la ciencia de provocar que las máquinas hagan cosas que requerirían inteligencia si fueran hechas por el ser humano” (Bolter 1984, 1). De aquí emanaría otra de las controversias sobre lo que se considera inteligente en un ser humano y lo que no. Gardner, por ejemplo, define la inteligencia como un “potencial biopsicológico para procesar información, resolver problemas y crear productos que son valiosos en una cultura” (Gardner en Kaplan y Haenlein 2019, 17), por lo que la IA, como no se trata de un potencial biopsicológico, podría ser considerada como la reproducción artificial de esta idea de inteligencia.

Por otro lado, Patrick Winston define la IA en 1988 como “el estudio de las ideas que permite a los ordenadores ser inteligentes”, teniendo como meta “hacer a los ordenadores más útiles” y “entender los principios que hacen la inteligencia posible” (Reeke y Edelman 1988, 146). También Steven Goldberg expresa que “para los investigadores de IA los ordenadores no son sólo megacalculadoras, son máquinas que pueden imitar el comportamiento humano en áreas que implican desde una conversación hasta una partida de ajedrez” (Goldberg 1994, 152). Además, mantiene la diferencia entre los dos tipos de enfoques dentro de la IA: la IA simbólica y las redes neuronales, compartiendo las dos objetivos comunes: construir máquinas que puedan pensar y aprender como un humano.

Es precisamente en un libro de Steven Goldberg, *Culture Clash: Law and Science in America* de 1994, donde se hace mención al aspecto dinámico de la Inteligencia Artificial. Él describe un cambio conceptual que rivaliza con el tradicional, refiriéndose al mismo como “the artificial life movement”. Explica que este movimiento “está más implicado en los programas que imitan el vuelo de un pájaro que los que juegan ajedrez” (Goldberg 1994, 153), plasmando las diferencias con los aportes anteriores en tan sólo unas décadas y ampliando el concepto a muchos más parámetros a imitar y no sólo al comportamiento inteligente, ya que se “busca replicar los organismos biológicos de abajo a arriba a través de la evolución” (Goldberg 1994, 153).

En el horizonte de cambio de siglo, puede encontrarse el artículo de William F. Clocksin “Artificial Intelligence and the future” (Clocksin 2003), donde contrapone a la idea prevaiente de entender la mente inteligente como un procesador de información simbólica y de resolución de problemas la nueva perspectiva de valorarla como un conjunto de interacciones emocionales en sociedad. De nuevo queda evidenciada la dinamización del concepto de IA a lo largo del tiempo en otro de sus componentes definitorios. A medida que se van traduciendo artificialmente ciertos aspectos como la inteligencia, se revalorizan aquellos que no poseían tanta atención y que, además, las ciencias sociológicas irían despuntando a lo largo del siglo. Conceptos como el amor, la creatividad, la intencionalidad, la empatía o la socialización serán “más humanos” que la mente inteligente capaz de resolver problemas y, por lo tanto, nuevos objetivos a considerar por la IA, especialmente si estos conceptos interfieren en los procesos inteligentes.

Así, Clocksin, entiende la IA como (Clocksin 2003, 1721):

una rama de la informática con el objetivo de equipar a las máquinas con las habilidades de razonamiento y percepción. Este objetivo principal se persigue a través de dos rutas, las cuales se pueden dividir crudamente entre aplicada y teórica:

- (i) Aplicada: para diseñar sistemas capaces de realizar tareas que, si las hiciera un humano, se diría que requieren inteligencia.
- (ii) Teórica: buscar un entendimiento científico de los principios computacionales que subyacen al comportamiento inteligente, tal y como se manifiesta en los humanos y otros animales.

Andreas Kaplan y Michael Haenlein apoyan esta idea de Clocksin de la mente inteligente como un conjunto de interacciones emocionales en sociedad, y añaden que estas son habilidades que el ser humano aprende (no hereda) y que los sistemas de IA pueden mimetizar. “Mientras que las máquinas y los sistemas de IA no pueden, evidentemente, experimentar emociones, pueden ser entrenados para reconocerlas (p.ej. a través del análisis de las expresiones micro faciales) y entonces adaptar sus reacciones acordemente.” (Kaplan and Haenlein 2019, 18).

Todas estas cuestiones pueden sintetizarse de forma sencilla en la siguiente clasificación de los sistemas de IA:

	Expert Systems	Analytical AI	Human-Inspired AI	Humanized AI	Human Beings
Cognitive Intelligence	x	✓	✓	✓	✓
Emotional Intelligence	x	x	✓	✓	✓
Social Intelligence	x	x	x	✓	✓
Artistic Creativity	x	x	x	x	✓
Supervised Learning, Unsupervised Learning, Reinforcement Learning					

Ilustración 1: Clasificación de los sistemas por IA (Kaplan y Haenlein 2019, 18)

Como puede observarse en la tabla, los sistemas expertos ya no son considerados dentro del campo de la Inteligencia Artificial por no presentar un grado de autonomía y sólo responder a un lenguaje de programación con una serie de reglas programadas previamente por el ser humano. Tal y como expresan los autores, la famosa partida de ajedrez entre Deep Blue y Kasparov, considerada como un hito importantísimo en la historia de la IA por ser la primera vez que una máquina vence a un campeón mundial en un ámbito intelectual como el ajedrez. Sin embargo, se trata de un sistema experto y no IA en sí misma, ya que actúa con respecto a una base de datos con normas preestablecidas por el ser humano sin ningún grado de autonomía. No existe el aprendizaje².

² Para un mejor entendimiento del concepto de aprendizaje supervisado, no supervisado y reforzado en máquinas se remite a la consulta del Glosario que figura en los anexos (página 346).

Por lo tanto, existirían 3 clases de IA según Andreas Kaplan y Michael Haenlein: IA analítica, IA inspirada en humanos e IA humanizada. La IA analítica utiliza el aprendizaje del pasado para realizar decisiones en el futuro. Sirven para “detectar fraude en servicios financieros, reconocimiento de imagen o para coches autoguiados” (Kaplan y Haenlein 2019, 18). La IA inspirada en humanos puede, además de trabajar con elementos cognitivos, entender las emociones. “Las compañías pueden usar tales sistemas para reconocer emociones durante las interacciones con clientes o durante la contratación de nuevos empleados.” (Kaplan y Haenlein 2019, 18). La IA humanizada serían sistemas “autoconscientes de sí mismos y de sus interacciones con otros” (Kaplan y Haenlein 2019, 18), todavía por desarrollar. Por último, cabe destacar que la creatividad artística no figura como objetivo alcanzado en ninguno de los casos.

En la siguiente figura quedan ilustradas, en tres etapas evolutivas distintas, las modificaciones que la IA puede experimentar a lo largo del tiempo (tomando forma de predicción), las cuales justifican la variación en la definición y consideración del concepto en potencia según los avances que previsiblemente puede alcanzar. Estas etapas se comparan, a modo de ejemplificación, con las habilidades de Siri, el asistente artificial de Apple:

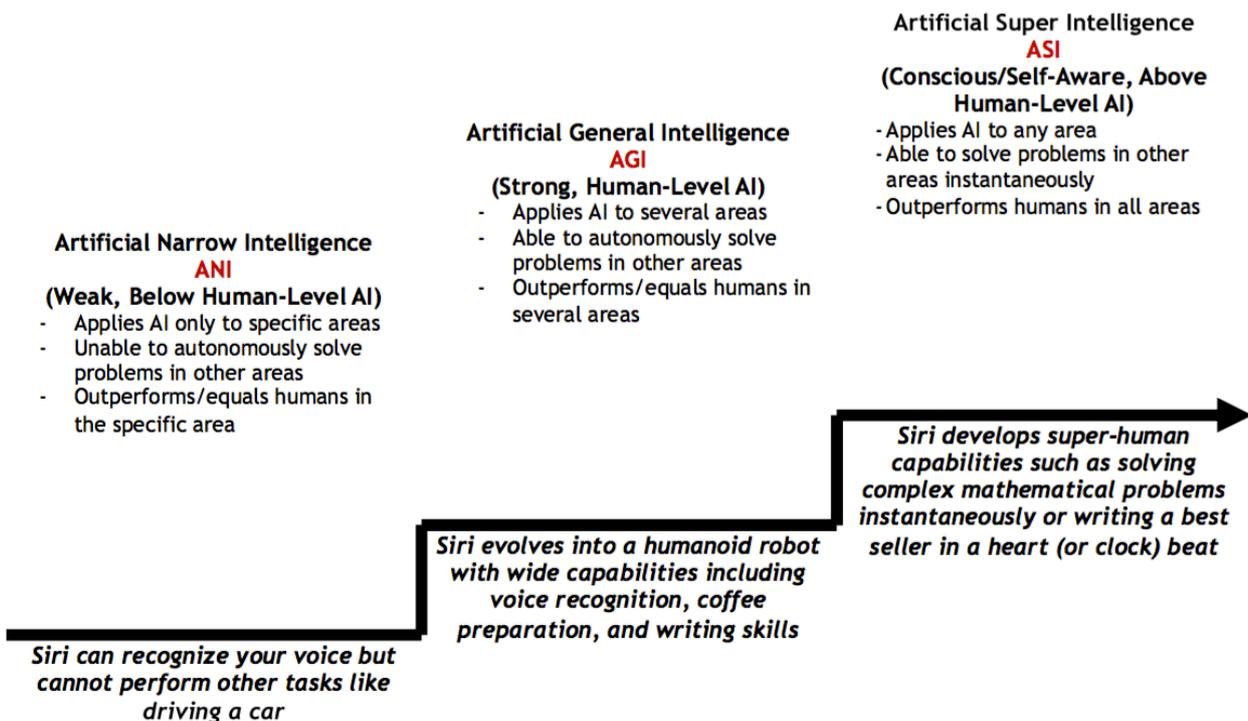


Ilustración 2: Evolución de Siri (Kaplan y Haenlein 2019, 18)

Del esquema presentado en la ilustración 2 observamos que en las tres fases la IA iguala o supera al ser humano en áreas específicas o, en proyección, en todas. Y es que la apertura de este campo computacional ha creado una importante polarización a la hora de argumentar el alcance de sus posibilidades, con una inevitable implicación en una problemática moral y social. Esta problemática, tangible en los artículos y trabajos de investigación de cualquier vertiente científica con perspectiva actual, incluye la casuística del reemplazamiento de algunas tareas llevadas a cabo por el ser humano en el ámbito laboral. En concreto, este tipo de situaciones se pueden observar actualmente en numerosos casos profesionales, sobre todo en aquellos que implican una monotonía o una mecánica repetitiva en la tarea a realizar. En estos casos, donde ciertamente no tiene cabida la creatividad, se recurre al reemplazamiento del humano por el sistema algorítmico. Resulta más barato, más eficiente y no conlleva gastos de seguridad social, salario o bajas por enfermedad.

Cierto es que las máquinas sí requieren labores de mantenimiento, ejercidas por humanos, pero la tarea de mantener no es la tarea original profesional, así que esa función específica ha sido reemplazada en su totalidad por un sistema artificial. Por ejemplo, ¿bajo qué justificación una empresa de peajes contrataría a 5 seres humanos si realmente puede servirse de 5 máquinas que realizan la misma función más eficientemente en términos productivos (no se cansan, no tienen derechos, etc.) y pagar a un único encargado de mantenimiento humano? Sólo un argumento ético se decantaría por la contratación humana, por lo que no cabe duda que, en un enfoque empresarial, lo artificial aporta beneficios.

Lejos de adentrarnos en el debate y tornarlo a una perspectiva filosófica compleja sobre la idea del progreso en el proceso de industrialización durante la premodernidad, modernidad y posmodernidad, consideramos más útil para el debate que nos ocupa comentar algunas de las aportaciones más recientes respecto al tema.

El primer ejemplo representativo serían algunas de las declaraciones realizadas por Bill Gates, quien habla de cómo cree que debería funcionar el mundo laboral cuando “los robots sean mayoría en los puestos de trabajo, un escenario que se pronostica será una realidad en la década de 2030” (Álvarez

2018)³, los cuales deberían incluso acabar pagando impuestos como lo haría una persona cualquiera. Sin embargo, realmente ya son muchos los artículos donde esta situación se toma como una realidad más inmediata y no tan futurista, aunque sea a corto plazo: “El trabajo se está reemplazando por máquinas, robots o algoritmos, que hacen algo más eficientemente y no crean nada nuevo, simplemente reemplazan la unidad básica de trabajo” (Nasanovsky 2017); “es evidente que la innovación tecnológica y el trabajo humano han evolucionado y continúan evolucionando de una forma simbiótica, definiendo un contexto en el que la intervención humana es cada vez menos necesaria” (Folgieri 2016, 77). De estos dictámenes se resaltan diversas cuestiones, como la afirmación directa de que la máquinas no crean nada nuevo o que la, cada vez menos necesaria, intervención humana en ciertas tareas y las consecuencias a nivel fiscal, e ineludiblemente también a nivel moral, son provocadas por este nuevo paradigma tecnológico.

Por otro lado, se considera más relevante aportar algunos datos concretos que ayuden a describir el camino que ha llevado a la aparición de estas afirmaciones o deducciones. Por ejemplo, en un artículo de Huang Yu, se presenta la dualidad de las posturas sobre lo que se conoce como la "fábrica sin trabajadores" o, por otro lado, sobre la creencia de que "los robots crean trabajo" posicionándose en base a las estadísticas registradas en China, uno de los países que más han despuntado en la producción tecnológica mundial. Sobre esto comenta:

Mi investigación ha encontrado que, entre las cuatro firmas que poseen datos comparativos de empleo antes y después de la automatización, la tasa de reducción de personal en la línea de producción varía entre un alarmante 67 y 85 por ciento (Huang and Sharif 2017). Además, aunque los medios y los representantes de las firmas han tratado de rebajar el impacto de la automatización en el personal, con comentarios sobre una ‘escasez de mano de obra’ en camino, es importante destacar que el plan de subsidio de Dongguan ya había echado a 190.000 trabajadores, una cifra que sobrepasa con creces la estimación de 100.000 trabajadores en 2015. (Huang and Fu 2017, 56)

³ Vídeo de la entrevista: Quartz. 2017. “Bill Gates Thinks We Should Tax The Robot That Takes Your Job”. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ncryZOcrUg>.

Aunque también aporta datos sobre Estados Unidos:

Un estudio reciente que revisa el empleo en los Estados Unidos desde 1997 a 2007 encontró que cada robot nuevo añadido al personal supuso la pérdida de entre 3 y 5.6 trabajos en el área local de transporte, sin mencionar una disminución de entre 0.25 y 0.5 por ciento en los salarios locales. Acemoglu y Restrepo en (Huang and Fu 2017, 56)

Ahora bien, se puede entender que esto suceda en trabajos repetitivos, monótonos y no creativos, especialmente en trabajos mecánicos de producción en serie. Pero ¿qué sucede en el mundo artístico? ¿Es posible que la IA tenga los mismos efectos en profesiones como la de un fotógrafo, un pintor o un compositor? Si es así, ¿qué cambios ha provocado hasta la actualidad? ¿es el arte un trabajo mecánico realizable por una IA?

2. 2. ¿Qué es la IA en música?

La IA en música es crear artificialmente resultados creativos similares o iguales a los del ser humano en la composición musical. Como se verá en los apartados correspondientes (capítulo 2 y apartado 5.1), la intencionalidad de las herramientas basadas en IA varía considerablemente a lo largo del tiempo.

Hay que considerar también que las herramientas tecnológicas surgen como solución a problemas y a procesos que resultan costosos en cuanto a tiempo y esfuerzo, buscando facilitar o mejorar la vida del ser humano. Además, en las definiciones de “tecnología” siempre se tiene en cuenta su factor sociocultural, como en los siguientes ejemplos:

El término "tecnología" se hace extensivo a los productos tecnológicos (objetos tecnológicos o situaciones tecnológicas), que son portadores de dimensiones no sólo técnicas y científicas sino también económicas, culturales y sociales, y cuyo objetivo ideal debería ser mejorar la calidad de vida. (Gay y Ferreras 2002, 85)

Aquiles Gay destaca también la definición de Samuel Bowles y Richard Edwards:

“tecnología es la relación entre los factores de la producción y los bienes producidos (la entrada y la salida) en un proceso de trabajo. Un proceso de trabajo es una transformación de nuestro entorno natural con la intención de producir algo útil (o que se piensa es útil). (Gay y Ferreras 2002, 85)

Y aclara, con respecto a la definición anterior, que “los factores de la producción son: capital, trabajo y recursos naturales” (Gay y Ferreras 2002, 85).

Es decir, detrás del trasfondo teórico originario que da lugar a la IA en música, que es emular la creatividad musical de manera artificial, también sirven sus aportes como facilitación de ciertas tareas compositivas, no sin ir acompañado de un largo debate sobre el reemplazamiento de funciones laborales del ser humano con el fin de una mayor productividad profesional.

El ordenador, hoy en día, es una herramienta que cumple con la expectativa tecnológica de ahorrar tiempo y esfuerzo ayudando a la tarea creativa, proporcionando además recursos sonoros y posibilidades que son imposibles de obtener sin su presencia. Sin embargo, no se debe confundir la IA con los usos del ordenador que no la implican, ya que no sirven de la misma manera al proceso creativo. Mientras un ordenador permite, por ejemplo, jugar sencillamente con parámetros como los armónicos, una reverb, la ecualización, la síntesis del sonido, editar partituras, probar las composiciones una y otra vez sobre instrumentos virtuales, etc., la IA automatiza ciertos procesos y deja a sus algoritmos “hacer el trabajo”, muchas veces a un nivel oculto (al menos que se posean conocimientos de programación) sobre el cual el compositor o la compositora no actúa directamente. En este caso, la herramienta sobrepasa la función básica y produce resultados automáticos.

A este respecto, cabe destacar el interés de solventar algunos problemas de índole productivo y económico de algunos investigadores en este campo, proponiendo sus herramientas como alternativa a la contratación de compositores humanos, con el fin de ahorrar tiempo y costes de producción. Las consecuencias de estos intereses se pueden observar actualmente en los resultados musicales, los cuales se presentan en el cuerpo central de esta investigación.

La preocupación por producir mucho en poco tiempo puede desplazar la importancia de otros momentos del proceso creativo, relativizando conceptos como la originalidad, la expresión personal, etc., que dependen, por supuesto, de la intencionalidad de la obra. De nuevo, la influencia del contexto condiciona la forma de creación, en este caso, la industrialización de la profesión tiene estas consecuencias a nivel creativo.

Por otro lado, comentamos en el apartado anterior el carácter dinámico de la IA, por lo que, lógicamente, el concepto de IA en música también ha ido variando a lo largo del tiempo. Curtis Roads decía: “a medida que los ordenadores asumen más y más tareas, los límites de la IA parecen retroceder. De hecho, para ciertas personas la IA representa lo que todavía no hemos alcanzado, en vez de lo que ya ha sido resuelto.” (Roads 1985, 164).

Además, la IA en música no se limita a la composición, tiene numerosas aplicaciones en la interpretación, improvisación, análisis musical o procesamiento del sonido. Según Ramón López de Mantaras y Josep Lluís Arcos, “dotar a las actuaciones con la expresividad que caracteriza a la música generada por el hombre” ha sido “uno de los aspectos más desafiantes de la música por ordenador” (López de Mantaras y Arcos 2002, 43).

Los avances en el campo puramente musical se han extrapolado a los descubrimientos de otros ámbitos, como el del cine y el videojuego. Ejemplo de esto serían los videojuegos con música adaptada, donde la aplicación de la IA serviría para generar música distinta según los parámetros de vida o energía del personaje, escenario, etc.; es decir, niveles de tensión y distensión que debieran reflejarse en la ambientación musical. Aquí la IA es capaz de crear automáticamente, en tiempo real, una banda sonora adaptada a todas esas condiciones. De esto se hablará con detenimiento también en el capítulo 3, a la hora de describir las herramientas con estas funciones específicas.

Por otro lado, otra de las aplicaciones más recientes de la Inteligencia Artificial en música es su integración dentro del mundo del Big Data. La explotación de este banco de datos es bastante reciente, pero ya se ha utilizado para campañas políticas⁴ o en la creación de bandas musicales⁵. En relación con la música:

⁴ Scola, N. 2013. *Obama, the 'big data' president*. The Washington Post. Disponible en: https://www.washingtonpost.com/opinions/obama-the-big-data-president/2013/06/14/1d71fe2e-d391-11e2-b05f-3ea3f0e7bb5a_story.html?noredirect=on&utm_term=.860a9da36ca2 Última consulta 18/06/2019

⁵ Navarro, F. 2017. *Taburete: Al Éxito Musical Por El 'Big Data'*. EL PAÍS. Disponible en: https://elpais.com/cultura/2017/03/15/actualidad/1489607603_172367.html. Última consulta 18/06/2019

Ahora existen servicios de streaming que almacenan datos de millones de personas sobre sus hábitos diarios de escucha musical; información a nivel de canción que etiqueta atributos sonoros y emocionales de millones de canciones; dispositivos portátiles (p. ej. relojes y auriculares) que capturan medidas fisiológicas como el ritmo cardíaco y respuesta galvánica de la piel; [...]. (Greenberg y Rentfrow 2017, 50)

Como se verá en la descripción de los distintos sistemas de redes neuronales, utilizados para la creación del material compositivo, todos disponen de una base de datos sobre la cual extraen la información y sobre la cual aplican leyes de restricción para generar uno u otro estilo. Si esta base de datos es prácticamente infinita, el Big Data, y además posee información sobre los efectos psicofísicos y comerciales, las implicaciones serían apabullantes.

2. 3. Creatividad artificial e IA en música.

Este capítulo se redacta desde un nivel elevado de abstracción conceptual hasta una aplicación práctica de los aspectos que se investigan. Para comenzar en esta línea, parece interesante leer la siguiente valoración, donde se expone lo que sería el objetivo final de la Inteligencia Artificial:

La posibilidad de crear máquinas que realicen procesos creativos que superen los límites de la comprensión humana resulta a la vez interesante e inquietante y constituye un paso necesario para alcanzar un estado de verdadera IA y aportar soluciones a problemas de naturaleza creativa. (Romero 2001, 10)

Se entiende por tanto que una aspiración importante de la inteligencia artificial sería la reproducción del atributo natural creativo de un modo computacional para completar un vacío científico en el conocimiento acerca de la naturaleza del propio ser humano. El uso consciente de la palabra “aspiración” pretende destacar una parte ideal, sintetizando la controversia existente con respecto a los logros del campo sobre esta materia. A partir de aquí, comentamos las últimas contribuciones teórico-prácticas que han ido emergiendo como soluciones en el camino a la consecución de la creatividad artificial, así como sus implicaciones filosóficas y científicas.

En primer lugar, la creatividad natural está presente en el día a día del ser humano y no resulta una habilidad extraordinaria o elitista (Boden 1998, 347). Además, existe un debate abierto en torno a la relación entre inteligencia y

creatividad (Chadabe *et al* 1988), donde se encuentran posibles interdependencias en la capacidad de resolución de problemas o en la proposición de nuevas ideas, constituyendo la inteligencia una propiedad en sí misma del comportamiento creativo humano.

Sobre este debate, existe una publicación del *Computer Music Journal* donde tres desarrolladores de software de composición algorítmica, presentados por el editor Curtis Roads, defendieron sus posturas ante varias cuestiones planteadas por Erick Belgun: ¿existe tal cosa como “inteligencia musical”? y ¿cómo se puede medir la inteligencia artificial musical? El propio Erik Belgum ve una mera intención comercial en el uso del término “Inteligencia Artificial”.

Laurie Spiegel responde a las preguntas formuladas con otra pregunta: “¿Qué propósito se satisfaría creando criterios cualitativos o medidas cuantitativas para la inteligencia artificial musical dada la falta de criterios similares para la inteligencia musical natural, la musicalidad, o incluso sobre la música de por sí?” (Chadabe *et al* 1988, 9). Destaca, además, que algunas máquinas ya pueden ser más inteligentes musicalmente que muchos humanos. Para Chadabe, “un instrumento musical inteligente es un dispositivo que produce sonidos y responde a los controles de un intérprete” (Chadabe *et al* 1988, 8), “pudiendo simular los resultados de la intuición de las decisiones musicales”. Por último, Emile Tobenfeld confirma el “atractivo comercial” de los instrumentos inteligentes, pero que “si se considera que tales programas puedan poseer inteligencia es porque las decisiones musicales que realizan son resultado de un algoritmo programado en ellos” (Chadabe *et al* 1988, 9).

De estas argumentaciones comprobamos que realmente no se considera que los programas imiten ni realicen los mismos procesos compositivos de un compositor humano, sino que los algoritmos programados les llevan a producir unos resultados que son evaluados como inteligentes musicalmente, pero ¿podemos igualmente utilizar estos argumentos con el aspecto creativo? ¿cómo demuestra creatividad? ¿qué es la creatividad exactamente?

Existen numerosas definiciones del concepto, pero, ya que no es objetivo aquí estudiarlas todas en profundidad, se destacan las siguientes, las que consideramos más significativas y relevantes para los objetivos que persigue esta investigación

(Huidobro 2004, 100 – 112):

“una síntesis innovadora de influencias captadas de distintas fuentes y/o modelos”
(Bandura, 1987b)

“Habilidad para responder de forma adaptativa a la necesidad de nuevos enfoques y productos. Lo nuevo es un producto, resultante de un proceso, iniciado por una persona. Tanto el producto, como el proceso como la persona se caracterizan por su originalidad, utilidad, validez y adecuación. Muchos productos son procesos y muchos procesos son productos, y la persona es tanto un producto como un proceso” (Barron, 1988).

“La creatividad se considera como el producto de dos series de influencias: una de ellas incluye la motivación intrínseca y la otra las condiciones ambientales extrínsecas. El individuo creativo es un punto focal en un espacio ecológico más amplio... la conducta creativa, desde una perspectiva evolutiva, es el producto momentáneo de fuerzas históricas y contemporáneas, de motivaciones situadas socialmente, pero sentidas individualmente. Desde una perspectiva cultural, el individuo, independientemente de su evidente talento, es sólo una parte de la matriz de cambio e innovación, y es, en parte, producto de ella” (Runco y Albert, 1990).⁶

“Es una característica fundamental de la inteligencia humana en general. Está fundada por las capacidades cotidianas como la asociación de ideas, el recuerdo, la percepción, el pensamiento analógico, la búsqueda de un espacio – problema estructurado y la autocrítica reflexiva. Implica no sólo una dimensión cognitiva (la generación de nuevas ideas) sino también motivación y emoción, y está íntimamente vinculada al contexto cultural y factores de la personalidad. (Boden 1998, 347)

De las definiciones anteriores extraemos la conclusión de que la novedad es un ingrediente fundamental en el concepto de creatividad, así como que lo creativo es resultado de una síntesis de influencias colectivas contextuales, culturales e históricas, donde además se vuelcan aspectos como las emociones y rasgos personales individuales. Podríamos definir la creatividad, por tanto, como la habilidad, cotidiana en el ser humano, para producir nuevos resultados, con cierto componente de imprevisibilidad, obtenidos de la combinación, exploración y transformación de influencias tanto personales como sociales (culturales e históricas).

⁶Las definiciones de Bandura, Barron y Albert están extraídas de (Huidobro 2004).

Esta definición se ve enriquecida por los conceptos de Margaret A. Boden, ya que distingue tres tipos de creatividad según la manera de generar nuevas ideas: por combinación, exploración y transformación. La primera generaría un componente novedoso combinando ideas a través de algún tipo de analogía. La creatividad por exploración crea nuevas ideas “a través de la exploración de espacios conceptuales⁷ estructurados.” Y aclara; “sin embargo, uno puede ver inmediatamente que se satisfacen los cánones del pensamiento estilístico tratado” (Boden 1998, 348). El último implicaría “la transformación de alguna (una o varias) dimensión del espacio, para que las nuevas estructuras puedan ser generadas de una manera que no pudieran haber surgido antes” (Boden 1998, 348).

En su artículo explica que el modelo computacional predominante hasta entonces se basaba en la creatividad por exploración con espacios conceptuales predefinidos. La razón, dice Boden, es que “si el espacio es transformado entonces las estructuras resultantes pueden no tener valor o interés. Son ideas nuevas, ciertamente, pero no creativas. [...] Creatividad implica una evaluación positiva” (Boden 1998, 354). Según ella, el sistema debe poseer un mecanismo de evaluación para detectar los resultados indeseables y corregirlos, ya apuntando al respecto que los algoritmos genéticos⁸, con la *fitness function*⁹, pueden conseguirlo. A esto añade Palle Dahlstedt en 2012 que la exploración se da en una representación tanto material como conceptual, donde el proceso creativo consiste en un cambio constante entre las dos formas, necesitando mecanismos de traducción para pasar de una a otra (de la idea a la música), llamándolos implementación y reconceptualización. “Las discrepancias entre las dos, y la imprecisión en la traducción en ambas direcciones estimula la exploración creativa, incrusta cualidades de la expresión humana en él y deja huellas de su propio proceso creativo” (Dahlstedt 2012a, 5).

⁷ Espacio conceptual: concepto introducido por Peter Gärdenfors para referirse a la cualidad de los objetos en relación a las nociones innatas y aprendidas sobre los mismos, es decir, aplicando un enfoque cognitivo (Peredo 2005).

⁸ Glosario p. 342.

⁹ Evalúa cuánto de cerca está una solución dada a la solución óptima del problema deseado. Determina cuán adecuada es una solución (Mallawaarachchi 2017).

Otra forma de esquematizar el proceso compositivo es la propuesta por Jesús L. Alvaro, Eduardo R. Miranda y Beatriz Barros, donde entienden la tarea compositiva como un proceso cíclico y diferencian varias fases que se dan a un nivel de abstracción del compositor. Veremos estas distintas concepciones del proceso creativo en las figuras presentadas a continuación:

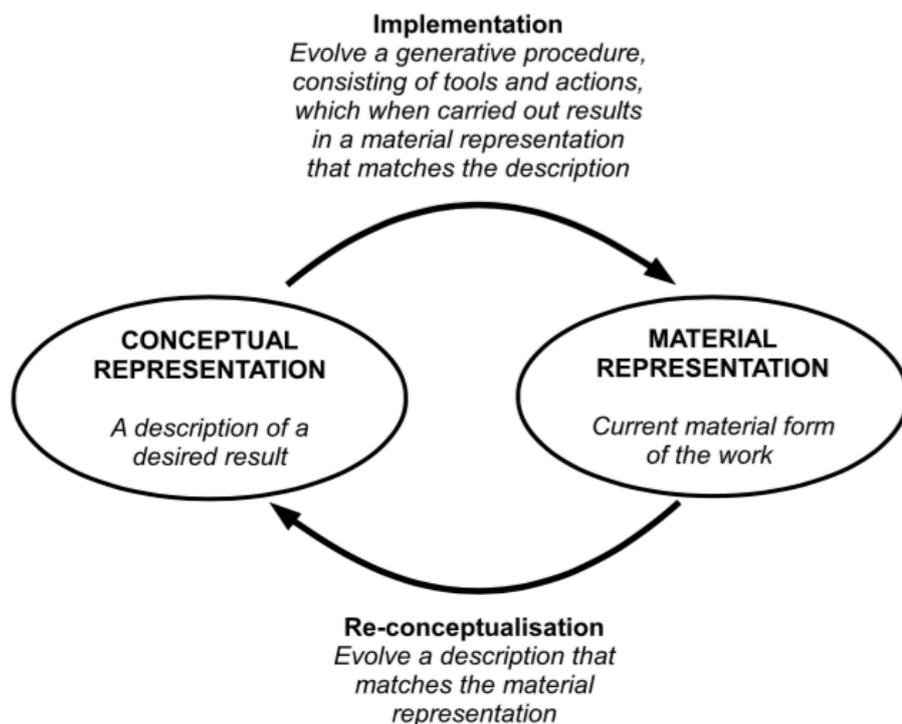


Ilustración 3: Proceso creativo según Dahstedt (Dahlstedt 2012b, 4).

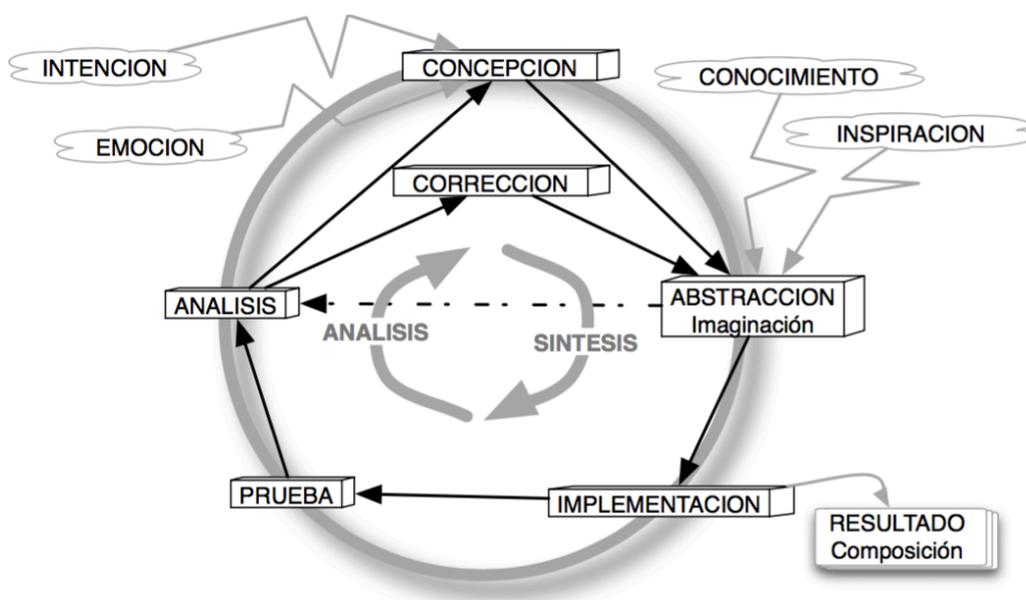


Ilustración 4: Proceso creativo según Jesús L. Alvaro, Eduardo R. Miranda y Beatriz Barros, (Alvaro, Miranda y Barros 2005, 2).

Al estudiar la creatividad, los autores también se han remitido a las fuerzas de la naturaleza para encontrar una fundamentación algorítmica, tratando de buscar la forma de reproducirla artificialmente. Los comportamientos basados en la combinación de patrones geométricos, por un lado, y las propiedades espontáneas emergentes por el otro, ejemplifican esa relación de determinismo y aleatoriedad, presentes en los ámbitos naturales. Por tanto, lo aleatorio también es considerado un componente de la creatividad.

En consecuencia, nos parece relevante resaltar esta relación entre determinismo y aleatoriedad para comprender el proceso creativo de un modo más completo, ya que la novedad que resulta de algo imprevisible reside en el tratamiento de lo aleatorio: “la imprevisibilidad es una parte importante en la toma de decisiones, ya que la previsibilidad completa no implica ningún proceso de razonamiento” (Chadabe *et al* 1988, 8).

Entra en debate, además, la posibilidad fundamental, imposible de pasar por alto, de reproducir los aspectos emocionales y expresivos en la música creada por IA. Para Kemal Ebcioğlu, autor mencionado en gran parte de nuestra bibliografía (Assayag 1998, Dahlstedt 2012a, Hadjeres y Pachet 2016, Romero 2001, Wiggins 1999, etc.) y referente en esta tesis por haber creado CHORAL (un sistema experto creador de corales al estilo de J. S. Bach, que le hizo recibir el *Outstanding Technical Achievement Awards* de IBM (Global-computing.com), un programador sólo ha de codificar algorítmicamente los parámetros asociados a cada atributo humano, lo cual es igualmente extrapolable a la idea, por ejemplo, de inteligencia musical. “Se desconoce en qué medida se puede replicar algorítmicamente la habilidad compositiva humana. Sin embargo, no hay obstáculos para establecer estándares cada vez más altos en la composición algorítmica” (Ebcioğlu 1990, 173).

De las palabras de Ebcioğlu entendemos que la composición algorítmica sigue avanzando independientemente del grado de consecución en la replicación de la habilidad compositiva humana. Sin embargo, los significantes emocionales utilizados en la composición para transmitir significados concretos ya han sido muy explotados y estudiados a lo largo de la historia de la música y abarcados por la rama de la semiótica musical (Freedman 2018, Tarasti 2008, López 2007, López 2002), por lo que la decodificación de estos términos es una tarea que sólo puede

ser mejorada progresivamente en el futuro de la composición artificial.

Por otro lado, consideramos también necesario estudiar qué supone realmente componer y qué aportaciones han hecho los académicos para el entendimiento de este proceso creativo. Naturalmente, resulta fundamental fragmentar cada concepto para poder ser conscientes realmente de las complejidades de este estudio.

Para Peter Beyls componer significa “escanear un espacio buscando una estructura musical que satisfaga las restricciones. Esto supone crear una lista, priorizando las opciones disponibles desde la más deseable hasta la menos deseable” (Beyls 1991, 34). Por otro lado, Matthew Elton añadía, coincidiendo con Boden: “el trabajador creativo no está atrapado en una fórmula rígida con un número limitado de decisiones. ¿Por qué no? Porque lo que evalúa como interesante está también bajo constante revisión” (Elton 1995, 209). En este proceso de evaluación entran en juego diversos aspectos como la cultura, la sociedad, el gusto, el conocimiento sobre la materia, experiencias personales... se entiende, pues, que cuando el ordenador pueda hacer uso del contexto se acercará más a ser considerado como creativo. Sin embargo, divagar sobre estas consideraciones resultaría irrelevante si a la escucha provoca un resultado indiferente con respecto a una composición humana.

Precisamente, con respecto a esta última afirmación, en una interesante ponencia de Papadopoulos y Wiggins en 1999 donde los autores revisan los distintos métodos de composición algorítmica hasta el momento y debaten ciertos aspectos a mejorar en el futuro de la composición artificial, preguntan: “¿queremos simular la creatividad humana en sí misma o sus resultados? (Papadopoulos y Wiggins 1999, 6).

Una de las diferencias principales entre una pieza creada por un sistema computacional y otra elaborada por un compositor humano es la voluntad de expresión. Esto se desglosa en la falta de sentimientos y significados simbólicos o descriptivos de un concepto o experiencia humana en un sistema artificial. Papadopoulos y Wiggins proponen una serie de puntos para incorporar conceptos tales como el “significado musical” en los sistemas. Destacan los siguientes (Papadopoulos y Wiggins 1999, 7):

- Proponemos que los sistemas futuros deberían referirse explícitamente y evaluar factores como tensión musical, intensidad, expectación y cadencia melódica.
- La representación de la pieza es otro factor importante que no debiera considerarse como irrelevante en el contexto de la composición algorítmica. Especialmente en casos de música improvisada donde las fluctuaciones rítmicas y “los gestos” son responsables del significado.

Respecto a la voluntad y a la conciencia, en un trabajo de M. Espinoza y R. Torreti, donde analizan la obra y pensamiento de Roger Penrose, se presentan las siguientes “tesis incompatibles” (Espinoza y Torretti 2004, 1):

- 1) Todo pensamiento, toda conciencia es computacional, puede resultar de actos computacionales adecuados.
- 2) El darse cuenta de algo es una característica de la acción física del cerebro, y mientras que toda acción física puede ser representada de manera computacional, la computación es incapaz de producir la conciencia.
- 3) La actividad física apropiada del cerebro puede producir la conciencia, pero tal actividad no puede ser representada computacionalmente.
- 4) La conciencia no puede ser explicada ni en términos de la física, ni en términos de la informática, ni en términos de ninguna ciencia.

Con estas tesis incompatibles se evidencia el debate fundamental, mencionado justo al principio de este apartado y, como en todo debate, resulta imprescindible considerar las distintas perspectivas. En el caso de Penrose, este asegura que además no se han considerado dos de los logros más importantes del pasado siglo, que son, el teorema de Gödel y la mecánica cuántica:

Los procesos cuánticos pertinentes a la aparición de la conciencia estarían localizados precisamente en algunas partes específicas y estratégicas de las neuronas, tal vez en los microtúbulos, estructuras tubulares situadas cerca de la extremidad de las neuronas y responsables de la fuerza de las sinapsis, la región de contacto entre dos neuronas. (Penrose en Espinoza y Torretti 2004, 4)

De la misma manera, se acaba derivando hacia el mismo problema tanto en el estudio del concepto de la IA como en el de la creatividad. Como se había comentado en el apartado 2.1, "Inteligencia Artificial y sus implicaciones", la conciencia es el paradigma representativo del vacío en el conocimiento en la IA, el objetivo por cumplir. Aquí, en términos del estudio de la creatividad, se estanca el devenir argumentativo teórico en la imposibilidad de demostrar físicamente lo que la conciencia de los actos creativos realmente es.

Habiendo llegado a este punto, tras una reflexión teórica sobre los conceptos más abstractos implicados en la definición de creatividad, pasamos a un ámbito más práctico tratando de enlazar los debates precedentes con su posible concreción en la composición musical.

Para empezar, la propia elección de una herramienta compositiva ya asume limitaciones y predeterminaciones técnicas en la composición musical. Una herramienta compositiva es todo aquello que sirve durante el proceso creativo para generar un resultado musical, desde un software como Logic o un “instrumento hasta un principio organizativo (armonía espectral), una forma dada (fuga), [...] procesos generativos (sistemas gramaticales, algoritmos evolutivos, cadenas Markov) o un sistema representacional (Notación musical Occidental)” (Dahlstedt 2012a, 2).

El propio desarrollo tecnológico que genera nuevas herramientas también proporciona, por tanto, nuevas ideas y horizontes a explotar, creando sonidos originales y manipulables en el mundo de la síntesis sonora. Sirven como canales de exploración a nuevos estilos, volviéndose marcas de identidad estilística y creando modas (p. ej. Autotune¹⁰), (FMFMstaff 2015), (Sancho 2020), o ayudan a terminar procesos compositivos más tradicionales y tediosos en cuestión de segundos (una simple acción de copiar y pegar).

Por otro lado, aquellos compositores o compositoras que se ciñan al uso de ciertas herramientas explotándolas sin ampliar el marco de recursos pueden caer en un encasillamiento técnico y, por lo tanto, estético, ya que la obtención de resultados estaría determinada por las posibilidades ofrecidas por la herramienta. Por ejemplo, si un compositor asume un arpegiador como recurso fundamental en su proceso compositivo, su estilo adquirirá una monotonía en técnicas de variación de material aún incluso ignorando la posible combinatoria que ofrezca en cuanto a intervalos y rítmica. Sería lo mismo que un compositor que únicamente se dedique a componer a base de ostinatos.

Teniendo en cuenta esta situación:

¹⁰ Autotune: plugin que corrige la afinación a tiempo real.

Al usar una nueva herramienta, formo progresivamente un modelo cognitivo de la misma. En mi mente se abren espacios de resultados potenciales que se expanden a medida que el modelo cognitivo se vuelve más elaborado y preciso. Si es razonablemente adecuado, me da una capacidad de predicción en relación a esa herramienta específica. Pero las predicciones no son siempre correctas, debido a nuestra cognición limitada o por los errores o fallos de la herramienta, que introducen lo irregular e inesperado en el material. (Dahlstedt 2012a, 3)

El compositor podrá manipular las herramientas con cierta consciencia del proceso y del resultado, evitando composiciones inesperadamente indeseables. “Y si queremos emular el comportamiento creativo humano, implementar las herramientas no es suficiente. También tendremos que emular la aplicación estructurada de estas herramientas por un artista humano” (Dahlstedt 2012a, 3). En el capítulo 4 se analizarán las posibilidades que ofrece el software estudiado, así como sus resultados en base a este criterio.

Dahlstedt propone la implementación de las partes del proceso creativo, tal y como lo entiende en la ilustración 3, presentada con anterioridad, a través de algoritmos genéticos. Para ello, elabora una tabla, recogida en la ilustración 5 (siguiente página), donde podemos observar, en la primera columna, las partes del proceso creativo junto a su definición en la segunda columna y su implementación informática en la tercera. En la última columna se encuentra el aspecto musical equivalente a lo anterior.

El autor también expone que ciertamente los sistemas evolutivos son capaces de generar ese componente novedoso, ya estudiado como necesario, para que algo se considere creativo. Sin embargo, el tipo de variación que genera se basa en una representación genética, lo cual no sucede de la misma manera en la creatividad humana, ya que lógicamente el compositor no utiliza sistemas evolutivos para crear novedad; “para entender la creatividad humana quizás necesitemos basar nuestras implementaciones en un modelo de creatividad humana y no en la evolución natural” (Dahlstedt 2012a, 14).

		Proposed implementation details	Real world meaning	Example 2: Creating compositions
Conceptual representation	A description of a configuration of a set of basic concepts	DESCRIPT : a GP tree of basic concepts and operators, evaluating into a material representation	Idea, vision of the final results	Concepts: <i>note</i> (onset,duration,pitch) <i>phrase</i> (startnote,endnote) <i>chord</i> (bottomnote,topnote)
Material representation		A low-level data structure representing the chosen medium	Current sketch or material form	grid of notes (piano roll)
Implementation	Genetic algorithm, evolving a material representation	Run until a matching individual has been found	Carry out the idea	Evolve a musical sequence that resembles the configuration described by DESCRIPT
	Genetic representation	INSTRUCT : a GP tree of basic actions and operators, evaluating into a material representation	A set of tools, and a sequence of actions	Actions: <i>playnote</i> (duration, pitch) Operators: <i>join notes as sequence</i> (n1,n2) <i>join notes as chord</i> (n1,n2)
	Fitness function	Similarity between <i>eval</i> (INSTRUCT) and <i>eval</i> (DESCRIPT)		
Re-conceptualization	Genetic algorithm, evolving a conceptual representation	Run until a matching individual has been found	Re-interpretation of the current sketch, possibly finding some unexpected features to elaborate upon	Evolve a new DESCRIPT that accurately describes the current music
	Genetic representation	DESCRIPT (<i>same as above</i>)	New, revised concept/idea/vision	DESCRIPT (<i>same as above</i>)
	Fitness criterion	Similarity between <i>eval</i> (DESCRIPT) and <i>eval</i> (INSTRUCT)		

Ilustración 5: Equivalencia computacional del proceso compositivo. (Dahlstedt 2012b, 5)

Con esto comprendemos la posibilidad de obtener aspectos determinantes de la creatividad natural a través de procesos computacionales, aunque Dahlstedt sugiere que para comprender la creatividad humana completamente el modelo evolutivo quizás no sea el adecuado.

En 2001 Juan Jesús Romero Cardalda elaboró una tesis en la Universidad de Coruña titulada “Metodología evolutiva para la construcción de modelos cognitivos complejos. Exploración de la ‘creatividad artificial’ en composición musical”, donde propone una “metodología de desarrollo de entes artificiales creativos” (Romero 2001, 4). Comenta que en ese momento no le constaba la existencia de otros trabajos que hubieran elaborado metodologías para la creación de herramientas computacionales incisivamente creativas, por lo que se consideraba relevante desarrollar su investigación.

Entre los objetivos de su tesis se encuentra la creación de individuos artificiales capaces de componer música, en función de los gustos del ser humano, y de valorarla. También presenta en tres puntos los requisitos para considerar un producto como creativo, resumiendo esquemáticamente las ideas expuestas hasta ahora en este apartado (Romero 2001, 11 – 12):

- Un producto debe ser “bueno” desde el punto de vista de una sociedad.
- Un producto creativo debe ser un elemento válido dentro de una cultura y estar “construido” con elementos de la misma.
- Un producto creativo debe ser original.

También, bajo un apartado titulado “Beneficios”, expone una serie de puntos donde se resumen los aspectos “científicos, técnicos, sociales y económicos” en los que la IA actúa colaborativamente junto al compositor (Romero 2001, 19):

- Exploración del espacio de composición musical, ayudando al compositor humano en la búsqueda y prueba de nuevos caminos musicales.
- Acerca el mundo de la composición musical a personas que por su limitada experiencia, formación, dedicación o capacidades se ven imposibilitados para participar directamente en la creación de temas musicales.
- Las posibilidades futuras que abre este campo son prácticamente ilimitadas. La creación de artistas artificiales dirigidos por el "gusto" estético del usuario permite la adaptación completa del artista al usuario, hasta el punto en el que cada individuo podría disponer de un artista a su medida. Este artista crecería con el usuario, aprendiendo continuamente e interaccionando con él, podría localizar fuentes estéticas agradables para su usuario e incluso podría interaccionar con otros artistas para la colaboración en la consecución de mejores y más agradables obras artísticas.

- El papel del usuario, además, pasa de ser pasivo a ser parcialmente activo. El usuario no se limita a adquirir experiencias, sino que, con sus elecciones define las futuras creaciones, así como el carácter del individuo artificial.
- Las posibilidades de este tipo de sistemas se multiplican mediante la comunicación de los distintos artistas artificiales a través de una red como Internet, de forma que puedan recoger aquellas influencias de los otros artistas que son acordes con el gusto de su "usuario".
- Por último, este tipo de sistemas pueden generalizarse a otras áreas donde el concepto de estética tenga un papel importante. Estas áreas incluyen además de todas las manifestaciones artísticas, el diseño, proceso de compra, el estudio de las relaciones humanas, etc.

Ahora bien, lo que nos resulta importante es cómo el autor desarrolla una metodología para reproducir la creatividad artificialmente. En primer lugar, aplica una técnica temporal acumulativa donde “cada capacidad humana que se pretende modelar se analiza en el eje temporal definiendo un conjunto de etapas por las que la capacidad ha pasado en un momento concreto de la humanidad, una cultura concreta, o el individuo” (Romero 2001, 39).

En esta metodología participan expertos de distintos campos (programadores, biólogos, sociólogos, filósofos y psicólogos) con roles específicos asignados en el proceso. Todos ellos implicados en la modelación de las capacidades humanas bajo la hipótesis principal de que, para conseguirlo, se han de imitar los pasos naturales por los cuales se ha desarrollado tal capacidad desde todas las perspectivas (histórica, antropológica, biológica, etc.).

Por otro lado, en 2019, Romero publica un artículo de investigación junto a Colin G. Johnson, Jon McCormack e Iria Santos, titulado “Understanding Aesthetics and Fitness Measures in Evolutionary Art Systems”. El artículo versa sobre la estética computacional (Computational Aesthetics, CA), que lógicamente trata de investigar sobre los métodos útiles para la toma de decisiones estéticas similares a la humana. Con esto puede intuirse la gran dificultad de acarrear tal tarea por la complejidad intrínseca que conlleva el concepto “estética”.

Con la ayuda de otras áreas de estudio relacionadas, como la psicología de la estética, describen algunos métodos que surgieron para comprender las decisiones estéticas basadas en la belleza, el gusto o la preferencia. Para ello describen algunos estudios que surgieron con la motivación de encontrar una base científica para la valoración estética de una obra. Por ejemplo Birkhoff, del cual presentan una fórmula matemática que mide el valor estético (Birkhoff en Romero 2019, 4):

$$M = \frac{O}{C}$$

O sería el orden y C la complejidad. Claramente este tipo de fórmulas conllevan una problemática paralela de los subconceptos utilizados como “complejidad”, para lo cual surgen otras fórmulas. Sin embargo, proponen estas ecuaciones aplicándolas a la estética visual, pero poco o nada dicen sobre la música. Tampoco consideramos que se traten los aspectos determinantes de la estética como la cultura, el ideal de belleza, etc., por lo que la fórmula no trabaja realmente el valor estético en su totalidad. Por otro lado, la estética es un concepto también dinámico en el tiempo, por lo que conlleva otros problemas definitorios.

De todas maneras, la IA se sirve de lo consonante y disonante en música para las posibles apreciaciones estéticas de una pieza, teniendo una fuerte raíz científica en las teorías compositivas y considerando los contextos estilísticos apropiados.

Por otro lado, aunque a Romero no le constaba la existencia de otras metodologías para la creación de herramientas computacionales creativas cuando publicó la tesis, Wiggins, en ese mismo año 2001, elaboró un artículo para una “más precisa caracterización de la creatividad en AI” (“Towards a more precise characterisation of creativity in AI”). Para ello analiza los conceptos de Margaret Boden sobre la creatividad, comentados ya en este apartado¹¹, y busca una formalización de los mismos. Comienza por aplicar una lógica matemática a los conceptos teóricos de Boden. Crea U , entendida como un espacio multidimensional que cumple dos axiomas (Wiggins 2001, 2):

Axioma 1 (Universalidad): todos los conceptos posibles son representados en U .

Axioma 2 (la no identidad de los conceptos): todos los conceptos representados en U son distintos.

¹¹ Creatividad por exploración, transformación y combinación. Página 48.

U no es el espacio conceptual, ya que “si el espacio conceptual fuera igual a U , cualquier punto de U podría ser alcanzado por exploración. Por lo tanto, la transformación sería innecesaria. Así que [...] todos los espacios conceptuales C , requieren ser subconjuntos de U .” Lo que nos lleva al axioma 3:

Axioma 3 (Inclusión Universal 1): Todos los miembros del tipo de espacios conceptuales son estrictamente subconjuntos de U .

Y al

Axioma 4 (Inclusión Universal 2): Todos los espacios conceptuales incluyen \perp . (Wiggins 2001, 2)

Siendo \perp un concepto vacío.

De esta manera Wiggins teoriza y completa matemáticamente los conceptos de Boden, elaborando y desarrollando fórmulas para cada uno de ellos. Añade además los parámetros modificables para según qué estilo de la historia de la música, generando así una perspectiva cada vez más global y objetiva de los procesos creativos y compositivos.

Definitions

First, we need some definitions:

- \mathcal{U} : All possible (partial) pieces of music
- \mathcal{L} : A language for defining musical constraint and construction rules
- $\llbracket \cdot \rrbracket$: An interpreter for selecting musical pieces from \mathcal{U} according to rule sets specified in \mathcal{L}
- $\langle\langle \cdot \rangle\rangle$: A search engine for traversing \mathcal{U} and its subsets according to rule sets specified in \mathcal{L}
- \mathcal{R}_S : The rules for composition of music in style S
- \mathcal{T}_C : The rules defining the technique of composer C
- \mathcal{E}_p : The rules defining the preference of person p

We can add, for convenience, the conceptual spaces \mathcal{C}_S , each of which contains all the possible (partial) pieces of music in style S , selected from \mathcal{U} by $\llbracket \mathcal{R}_S \rrbracket$. In fact, it will not be necessary to use all of these definitions in this broad-brush example, but it is nevertheless useful to understand how the whole framework is constructed.

Ilustración 6: Definición de conceptos (Wiggins 2001, 6)

El mismo Wiggins, junto a Marcus T. Pearce, propone un método práctico para la evaluación de sistemas creativos e inventan un sistema sustentado por información provista por jueces humanos que evalúan la calidad de melodías compuestas por ordenador. Pese a los resultados mejorables, sugieren este sistema como “un primer paso en el camino a los sistemas de aprendizaje automático,

introspectivo y creativo” (Wiggins y Pearce 2007, 73).

Cuando un producto se reconoce como creativo por un grupo de personas es que existe consenso en la valoración de los componentes que lo hacen ser considerado como tal. Entre estos se descubren aspectos más o menos objetivos, con cierta fundamentación teórica, que contribuyen a esa concepción pura del producto creativo. Por lo tanto, cuando ese grupo de personas familiarizadas con la materia a evaluar evalúan uno o varios productos como creativos se pueden sintetizar las características comunes y ser propuestas como posibles componentes de la creatividad.

Wiggins y Pearce presentan 5 características que deben ostentar los jueces (Wiggins y Pearce 2007, 74):

1. Tener experiencia en el dominio pertinente;
2. Hacer evaluaciones independientes;
3. Evaluar otros aspectos de los productos, como los logros técnicos, el atractivo estético o la originalidad;
4. Hacer juicios relativos de cada producto en relación con el resto de los estímulos;
5. Recibir estímulos y proporcionar calificaciones en orden aleatorio, y de manera diferente, para cada juez.

Si, como exponía Margaret Boden, el proceso de evaluación resulta imprescindible para que un producto se considere o no creativo, nos parece necesario por lo tanto definir también los requisitos que deben guardar aquellos que realizan tal evaluación, ya sean humanos o algoritmos que simulan el juicio humano, y es lo que se resume en estos 5 puntos.

Para concluir el apartado, y en relación con lo expuesto hasta ahora, se formulan las siguientes preguntas a las que se dará respuesta en el capítulo 5: ¿Realmente importa conseguir simular artificialmente las estructuras cognitivas profundas del ser humano implicadas en el proceso creativo para conseguir un resultado realista? ¿Deja de ser creativo un resultado musical computacional por no saber reproducir esa parte "mental" durante el proceso? ¿Es acaso consciente el compositor o la compositora de todo lo que ocurre cuando crea?

2. 4. Análisis de herramientas compositivas en otros estudios.

Esta tesis se centra en el estudio de una serie de herramientas novedosas que han sido diseñadas para crear música de forma automatizada o por procesos de IA. Como se ha expuesto, uno de los objetivos principales es conocer cuáles son los usos y efectos de tales herramientas durante el proceso compositivo, teniendo en cuenta además diversos factores contextuales, como por ejemplo comerciales o industriales, que puedan afectar al compositor o compositora en su faceta profesional y creativa. Sin embargo, no podemos abordar estas cuestiones sin prestar atención a las investigaciones que se han llevado a cabo para analizar las funciones y los impactos que han tenido otros programas similares desde que la IA es una realidad en la composición musical.

En 2012 Víctor Padilla Marín-Caro publica su tesis, por la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, “Probabilidad, Redes Neuronales e Inteligencia Artificial en Composición Musical. Desarrollo de los Sistemas *MusicProb* y *MusicNeural*”. Además de la descripción de las dos herramientas de software basadas en procesos algorítmicos y de redes neuronales, consideramos interesante su lectura debido a la apertura de debates y reflexiones por el uso de las mismas como herramientas compositivas.

La intencionalidad de su tesis está claramente expuesta desde un comienzo, “no estamos hablando ni de ‘la máquina de hacer composiciones automáticas’ ni de un mundo mágico en el que los ordenadores reemplazan la creatividad del hombre” (Padilla Martín-Caro 2012, 9). Se presentan herramientas que, como ya se ha visto en otras descripciones de sistemas similares, pretenden auxiliar durante el proceso creativo.

Al comienzo, se realiza un repaso histórico de aquellas técnicas compositivas que pudieran actuar como precedentes de la IA, haciendo hincapié sobre las aportaciones de la música estocástica de Xenakis. Junto a esta revisión, surgen interrogantes de carácter conceptual y filosófico en torno a la relación de las matemáticas y la música, como por ejemplo el debate resultante sobre la percepción de las leyes matemáticas en música por el oyente. Si la obra está fundamentada en una formulación matemática o algorítmica y esta no se percibe ni entiende auditivamente, el concepto se queda en el papel, como proceso de

generación de material, y la intención de usar tales procedimientos debiera entonces trascender de la técnica al resultado deseado. El problema es que las técnicas algorítmicas y matemáticas muchas veces carecen de una predicción real del resultado.

Debemos destacar, por otro lado, que el autor, con respecto a los debates en torno a la intencionalidad de las herramientas, se detiene durante unas líneas para aclarar que no deseaban una “obra al servicio de la técnica, sino a la inversa” (Padilla Martín-Caro 2012, 189). Es decir, lo entiende como un recurso más, el cual es combinable con las técnicas más o menos tradicionales de la composición. “Entendemos que esta decisión es completamente subjetiva y forma parte de la intuición compositiva del autor” (Padilla Martín-Caro 2012, 189). Para él, la composición tradicional no pierde sentido, sino que se amplían las herramientas creativas, sin tener que fijarse en los detalles. También, en un apartado de conclusiones, se expone lo siguiente:

Aunque parezca una trivialidad, el hecho de emplear herramientas matemáticas o informáticas en una composición puede afectar al propio lenguaje del compositor. Nuestro ejercicio ha sido el contrario, integrarlo sin ruptura en nuestro quehacer habitual y observar el resultado. (Padilla Martín-Caro 2012, 214)

Muchas veces ha pasado por la mente de los compositores o compositoras cuánto esfuerzo y tiempo se hubiesen ahorrado los maestros del pasado si por ejemplo, especialmente en agrupaciones orquestales, tuviesen la opción informatizada de “copiar y pegar” en sus obras: reexposiciones enteras en cuestión de segundos. Este tipo de recursos ahorran tiempo y esfuerzo sin afectar al concepto o proceso compositivo de la obra. Sin embargo, quizás no sucede de la misma manera a la hora de generar material, donde no es apreciable la autenticidad directa del artista, sino la firma del algoritmo o red neuronal.

Una de las grandes ventajas del compositor actual son las posibilidades informáticas tanto de elaboración de material como de escucha (aunque sea rudimentaria) de lo compuesto. El poder hacer y deshacer mediante ensayo y error plantea unas posibilidades compositivas únicas para el músico actual. (Padilla Martín-Caro 2012, 74)

Añade el autor como posible desventaja que “la tecnología se apodere de la iniciativa del compositor o éste se encuentre perdido en un mar de ideas” (Padilla Martín-Caro 2012, 74); sin embargo, no se detiene sobre el análisis de este punto ya que, argumenta, no es objetivo de la tesis. Sin embargo, en nuestra tesis se considera fundamental analizar ambos campos, el de las posibles ventajas y desventajas, no haciendo uso de la subjetividad sino del análisis objetivo y fundamentado.

Durante la descripción de una de las herramientas propuestas el autor hace la declaración determinante sobre el rol que ejerce con ella el compositor:

El número de parámetros que el usuario puede manejar pensamos que es el adecuado para obtener resultados interesantes sin tener que hacer un esfuerzo demasiado grande en la interpretación de cada uno de ellos. En todo momento estamos intercambiando roles (compositor – ingeniero informático – ingeniero del conocimiento) para intentar llegar a un compromiso no exento de complicaciones. (Padilla Martín-Caro 2012, 75)

Probablemente estos roles, que aparecen disociados, serán requisitos para el concepto de compositor de mediados del s. XXI.

Cabe destacar otro estudio vinculado con la Universidad de Málaga llevado a cabo por Jose David Fernández y Francisco Vico en el año 2013. Dedicar su estudio a un análisis retrospectivo de la composición algorítmica hasta aquel entonces, estructurando el cuerpo del trabajo según la metodología del sistema: “Grammars, Symbolic, Knowledge-Based Systems, Markov Chains, Artificial Neural Networks, Evolutionary and Other Population-Based Methods, Self-Similarity and Cellular Automata” (Fernández y Vico 2013, 518). Realmente este resulta un compendio actual y útil para el conocimiento histórico y evolutivo de la materia, lleno de referencias catalogadas en cada sección.

Clasifican, así, los sistemas según la metodología y presentan en cuadros la catalogación de las herramientas correspondientes:

Reference	Composition task	Comments
Haus & Sametti, 1991 (Scoresynth)	melody	Petri nets
Lyon, 1995	melody	Petri nets to encode Markov chains
Holm, 1990	melody, sound synthesis	inspired in CSP process algebra
Ross, 1995 (MWSCCS)	melody	custom process algebra
Rueda et al., 2001	general purpose	describes PiCO
Allombert et al. (2006)	interactive improvisation	uses <i>ntcc</i>
Rueda et al., 2006	interactive improvisation	uses <i>ntcc</i> and Markovian models
(Olarte et al., 2009)	general purpose, rhythms	describes <i>ntcc</i>

Ilustración 7: Ejemplo de catalogación (Fernández y Vico 2013, 535)

Esta catalogación por metodología de los sistemas es muy útil, ya que también describe las posibilidades que ofrecen al usuario de la herramienta. Por ejemplo, en la primera sección, “gramática y métodos relacionados”, la metodología del sistema consiste en un conjunto de reglas junto a una secuencia de pasos de derivación y con una estructura jerárquica. Aquí las herramientas comentadas proponen ritmos, melodías, analizan progresiones y componen solos de jazz o generan un acompañamiento a tiempo real.

También aluden en momentos específicos al servicio que prestan los sistemas al proceso compositivo, como los L-systems¹², que servirían para “implementar herramientas que asistan el proceso compositivo resolviendo una parte del mismo, por ejemplo generando arpeggios más complejos que los que ofrecen en el mercado o proporcionando la progresión de acordes base de una composición” (Fernández y Vico 2013, 524). En definitiva, el trabajo de Fernández y Vico supone una referencia importante por clasificar históricamente una gran cantidad de sistemas junto a una descripción de las metodologías aplicadas y sus posibles usos.

¹² Sistemas de Lindenmayer:

“es un modelo matemático para el desarrollo y el crecimiento de las plantas. [...] se basaba en la teoría de lenguajes formales, en particular tomaba como base los estudios de Noam Chomsky sobre gramáticas. En 1984, Alvy Ray Smith adapta el lenguaje de los L-sistemas a la tecnología PC como herramienta para la simulación del desarrollo de las plantas y estudia su relación con los fractales ampliando sus posibilidades de estudio”. (Orjuela *et al* 2011)

“Collaborative Composition with Creative Systems: Reflections on the First Musebot Ensemble” de Arne Eigenfeldt, Oliver Bown y Benjamin Carey es otro artículo donde discuten aspectos relevantes para el marco de esta tesis. En él, proponen un “musebot ensemble” y describen las experiencias colaborativas resultantes de trabajar creativamente con musebots para componer música electrónica. Un musebot es “una pieza de software que autónomamente crea música colaborando con otros musebots” (Eigenfeldt *et al* 2015, 135). Puede entenderse como una aplicación que compone música autónomamente y en colaboración con otras aplicaciones del mismo tipo.

Como se puede observar, parece que en el propio título del artículo se reafirma directamente la propiedad creativa del sistema, además de formar parte de un proceso compositivo en colaboración online con varios programadores. De esta manera, buscan materializar los principios de la Música Metacreativa en la descripción del sistema, como la importancia de la autonomía de los musebots que interactúan entre sí: “los agentes deben ser capaces de escucharse los unos a los otros y responder en consecuencia” (Eigenfeldt *et al* 2015, 135).

Cabe decir que los musebots no imitan necesariamente los procesos de la creatividad humana, sino que pueden considerarse como un nuevo formato musical creativo, siendo el objetivo principal conseguir una actuación grupal y complementar las aportaciones entre ellos dando como resultado “buena música” (Eigenfeldt *et al* 2015, 135).

El ensemble de musebots consta de un musebot director (MC, Musebot Conductor) al que le acompaña cualquier número de musebots. El director conoce la cantidad de musebots que hay y dónde se localizan; el usuario sólo tiene que descargar una carpeta, con archivos que puede controlar el MC, para ir añadiendo musebots. El MC, por ejemplo, se encarga del tempo para que los musebots “toquen” coordinadamente o de activarlos y desactivarlos.

Los musebots deben¹³ :

1. Descargarse como una carpeta comprimida, ser iniciada desde un script siguiendo las especificaciones, sin ningún requisito de instalación adicional y ejecutarlo.
2. Tener una salida de audio continua en tiempo real.

¹³ Instrucciones obtenidas del documento colaborativo en abierto: tinyurl.com/ph3p6ax

3. Registrarse por OSC (Open Sound Control) con el Musebot Conductor en el inicio, usando las configuraciones dadas en el archivo config.txt file y que responda a los comandos de volumen y apagado.
4. Responder de alguna manera a su contexto. Como mínimo, debe escuchar los mensajes entrantes del OSC.
5. No requerir ningún tipo de intervención humana entre el encendido y el apagado.

Para utilizar esta herramienta se deben tener mínimos conocimientos de programación, ya que funcionan en plataformas como MaxMSP, Pure Data, Processing y SuperCollider. En el siguiente enlace se puede ver cómo funciona el sistema¹⁴. Por ello, creemos que la idea de redefinición de conceptos, incluso el de “compositor”, han de ser considerados, ya que parece que en algunos casos poseer conocimientos de informática parece un requisito, complementando al lenguaje musical el lenguaje computacional.

Este sistema resume algunas consideraciones sobre el estado actual de la composición automatizada, por ello resulta importante abordarlo en esta sección. En primer lugar, sintetiza el paradigma actual del compositor frente al mundo de la computación, donde interesa la mínima intervención humana para intentar crear resultados musicales de la máxima calidad posible. El ordenador es el único instrumento real. En segundo lugar, se construye en una plataforma digital donde apenas son necesarios los conocimientos musicales, viéndose sustituidos por lenguaje de programación.

Los autores exponen que, como hemos visto, muchos de los aspectos humanos que se llevan a cabo durante una actuación son prácticamente imposibles de modelar computacionalmente, aunque afirman que hay ciertos límites que los ordenadores podrán superar en el futuro. Por ejemplo, “los ordenadores pueden compartir y negociar planes, y por lo tanto exhibir una serie de intenciones telepáticas colectivas” (Eigenfeldt *et al* 2015, 139). Añaden además que en el futuro podrán consultarse sobre las tendencias estilísticas y crear conjuntos entre ellos mismos.

¹⁴ G 14. 2016. “Musical Metacreation: Musebot Test (Music Generated With AI) | G14 Studios”. *YouTube*. Disponible en: <https://youtu.be/DISSxeRRkkw> Última consulta: 26/01/2022

Remarcan que el aspecto más importante sería lidiar con el concepto de expectación en los oyentes, sobre todo porque este sistema trabaja con música electrónica, donde jugar con la respuesta del público es fundamental: “ignorar abiertamente las expectativas musicales quizás no sea la mejor estrategia cuando se ofrece un nuevo paradigma en la creación musical” (Eigenfeldt *et al* 2015, 140).

Por último, concluyen con una perspectiva futura sobre este tipo de trabajos colaborativos, donde todos pueden participar en el diseño del sistema, en abierto y online, tratando de avanzar en una misma dirección en vez de que cada programador diseñe una herramienta individual que no acabe de cumplir las características de la Metacreación Musical.

Nos parece también importante remarcar, por otro lado, algunos de los últimos estudios acerca de las implicaciones de la IA en campos afectados como la ética o los derechos de autor. Nos referimos a trabajos como “Reflections on the financial and ethical implications of music generated by artificial intelligence”, una tesis elaborada por Martin Clancy y presentada en 2021, o “Artificial Authors: Copyright in Works of Machine Learning” (2020) de P. Goold; ambos trabajos demuestran el impacto de la IA en distintas áreas relacionadas con el arte y la música en este caso. Es en este último donde se menciona como caso de estudio a Taryn Southern y su álbum *I AM AI* (con música compuesta con una de las herramientas aquí estudiadas: AmperScore). Citamos estos ejemplos como muestras de resonancias actuales de lo que aquí vamos a abordar como núcleo de la investigación.

Finalmente, debemos mencionar el trabajo de Eduardo Reck Miranda, autor de varias publicaciones referenciadas en esta tesis, como editor del “Handbook of Artificial Intelligence for Music” en 2021, que incluye 34 artículos de distinta autoría sobre temáticas directamente relacionadas con los asuntos aquí estudiados. Destacamos especialmente el capítulo de Palle Dahlstedt, otro autor de referencia para nuestra investigación, donde clasifica tres tipos de uso de la herramienta compositiva que funciona por IA (Dahlstedt 2021, 877):

- Como herramienta: Puede ser usada como una sistema de caja negra operado por un artista humano, para generar un lote de resultados que pueden ser usados de distinta manera por el compositor, en distintas fases del proceso creativo, como por ejemplo, un sonido generado para incluirlo en una canción o como material para desarrollarse o editarse manualmente en una composición.
- Como parte de un sistema: puede ser parte de un sistema interactivo que consista tanto de agentes humanos como maquinarios, el cual se usa para crear arte y música.
- Como un agente autónomo: puede formar un sistema autónomo que crea arte sin ninguna interacción con agentes humanos.

Para concluir, tanto la perfilación de estas aportaciones como las estudiadas en el resto de apartados nos servirán como apoyo argumentativo en las conclusiones. Naturalmente, la descripción de las herramientas sobrepasa el nivel técnico para incluirlo en una red de causa-efecto dentro de la evolución profesional del mundo de la composición automática. Por otro lado, no se han encontrado otros estudios además de los mencionados, donde se recojan las posibilidades de las herramientas con la intención de analizar los efectos en el proceso compositivo, generando una perspectiva global de la situación y debatiendo las derivaciones futuras de la profesión. Sin duda esto genera un interés en un campo abierto a la investigación y a la exploración.

CAPÍTULO 2
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MÚSICA

3. 1. Inteligencia Artificial y Música.

No es objetivo de esta investigación realizar un análisis exhaustivo de toda la historia de la Inteligencia Artificial (IA) en la composición, ya que conllevaría una excesiva acumulación de información insustancial para el tema principal de la tesis. Sin embargo, sí consideramos necesario estudiar los precedentes más cercanos al objeto de estudio, ya que paralelamente a la evolución de estos precedentes surgen distintas problemáticas a nivel conceptual y práctico que nos hacen comprender la complejidad de la creatividad musical, los procesos implicados y si se pueden traducir computacionalmente o no. Como ya hemos dicho, tomamos como punto de partida un hecho significativo que sirve como referente a las distintas investigaciones que han hecho posible el diseño de las herramientas compositivas aquí tratadas. Dicha referencia es el sistema experto creado por Kemal Ebcioglu en 1990, descrito en su artículo "An expert system for harmonizing chorales in the style of J.S. Bach"¹⁵.

En las décadas anteriores, las investigaciones sobre los modelos de creación musical apoyados en la IA resultan insuficientes, aún incluso siendo esta una herramienta común en otros campos computacionales de la época. Al menos, así lo describe James R. Meehan en su artículo "An Artificial Intelligence Approach to Tonal Music Theory" en 1980, donde destaca además el mínimo uso de las nociones de teoría musical tonal basada en las cadenas Markov, sin un éxito aparente como resultado. "Las cadenas Markov se consideraron como una fuente de material crudo, en lugar de un método para componer música de una forma automatizada" (Fernández y Vico 2013, 537). Así que con el tiempo sus limitaciones se hicieron más evidentes y fueron poco a poco sustituidas por otros métodos.

Tal y como defiende Meehan, es también llamativo que durante estos años existiesen proyectos de innovación en la IA asociada a la lingüística, como "SHRDLU" de Terry Winograd, iniciado en 1968, y no sucediese de igual manera en música, dado que existen algunas similitudes entre ambos sistemas de lenguaje.

¹⁵ Partimos de la idea de que el concepto de IA es dinámico y que, aunque los sistemas expertos (p.ej. DeepBlue) ya no son considerados IA, sí fueron fundamentales para su desarrollo.

Resulta necesario destacar que los autores de estas décadas previas se ven fuertemente influenciados tanto por la gramática generativa de Noam Chomsky, desarrollada en los años 50, como por el método de análisis propuesto por Heinrich Schenker, ya que los debates que se han abierto en torno a los sistemas de comunicación, tanto hablado como musical, intentan solucionar los aspectos más profundos de la construcción del lenguaje. La teoría schenkeriana se verá revisada más adelante por F. Lerdahl y R. Jackendoff cuando proponen en 1982 “A Generative Theory of Tonal Music” (GTTM), aplicando las bases de la teoría gramatical de Chomsky en la teoría musical. Las ilustraciones 8 y 9 ejemplifican la aplicación del análisis de la GTTM en corales compuestos por J. S. Bach.

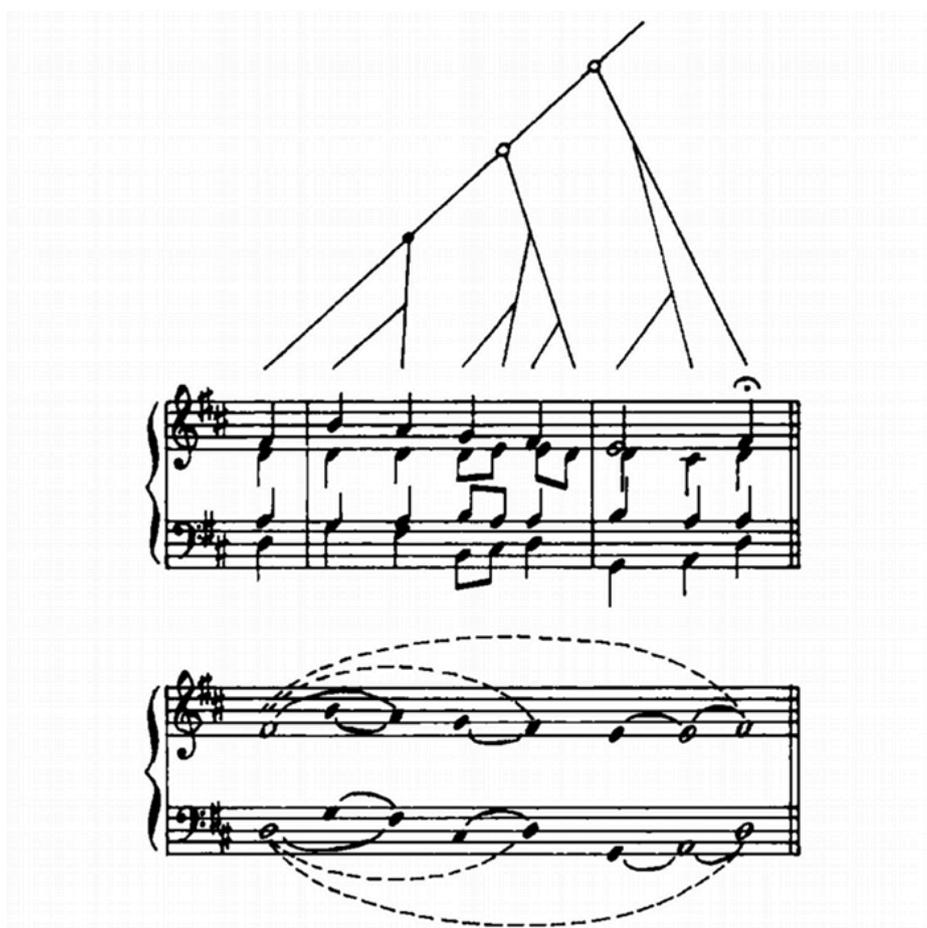


Ilustración 8 : Reducción GTTM de la apertura de "O Haupt voll Blut und Wunden" (Clarke 2017,ej. 8.31)

“en el fin de siglo, el uso de palabras y la opinión general de la gente educada se habrá alterado tanto que uno podrá hablar de máquinas que piensan sin esperar a ser rebatido” (Turing 1950, 442).

No podemos pasar por alto la aportación de Iannis Xenakis de las matemáticas en la composición musical, o la denominada música estocástica. En una concepción distinta, Xenakis aplica las leyes de la probabilidad en la composición, “asumiendo un paradigma no sintáctico de la organización musical” (Assayag 1998, 3) y basando su música en un principio de indeterminismo derivado del lenguaje matemático de las máquinas, es decir, un principio a su vez azaroso. Con estas palabras entendemos que, como la organización del material sonoro se basa en leyes de probabilidad matemática no corresponde atribuirle una sintaxis, es decir, un sentido que actúe bajo las leyes de la lingüística, difiriendo el planteamiento de Xenakis de aquellos modelos que sí se inspiraban en la lingüística, como los mencionados anteriormente (GTTM).

Por otro lado, la Suite Illiac¹⁶ para cuarteto de cuerda (1956), de Lejaren Hiller y Leonard Isaacson, es la aportación más destacable con anterioridad al trabajo de Ebcioğlu por ser la primera obra compuesta por un ordenador, que junto a la llegada de la síntesis en vivo y el control MIDI en 1982 (Rondeleux 1999) abriría un gran campo de posibilidades y herramientas al servicio de la IA.

Curtis Roads afirmaba en 1985 que, para algunos, la IA “representa lo que todavía no hemos alcanzado, a pesar de lo que ya ha solucionado” (Roads 1985, 164) resumiendo el aspecto dinámico del concepto de IA que tratamos en el capítulo 1. Por aquel entonces la investigación reciente se centraba en el modelo analítico y generativo de la música, los instrumentos interactivos, la asistencia inteligente del compositor en el proceso creativo o la notación musical de una interpretación en vivo. En sus apuntes hacia una perspectiva futura ya mencionaba el aprendizaje de la máquina como un proceso clave, donde diferenciaba entre el aprendizaje rutinario, el producido por instrucción, por analogía, por ejemplo y

¹⁶ Para ampliar información se puede recurrir a la lectura del artículo "Dreams of Computer Music: Then and Now de James Bohn". *Computer Music Journal*, Vol. 20, No. 3, pp. 4-5. The MIT Press, disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3680811>, sobre la discusión de los aportes de Hiller en la composición por ordenador.

por observación y descubrimiento (Roads 1985, 183). Dice Fernández y Vico que “en los 80, algunos enfoques propuestos estaban más en línea con la informática, abstrayendo el proceso para generar la gramática en lugar de codificarlas a mano, a pesar del coste de producir composiciones menos interesantes” (Fernández y Vico 2013, 522).

Ebcioğlu es quien desarrolla una herramienta, CHORAL, capaz de armonizar melodías al estilo de Johann Sebastian Bach. Este sistema contiene unas “350 reglas [...] que representan el conocimiento musical desde múltiples perspectivas del coral, tales como el esqueleto de acordes, las líneas melódicas de las partes individuales y la voz schenkeriana liderando junto al bajo” (Ebcioğlu 1990). Para ello, el programa se sirve de un método heurístico inteligente de retropropagación (backtracking network)¹⁷, el cual actúa bajo las imposiciones de estilo recogidas en una base de datos.

La novedad de esta herramienta es que utiliza un nuevo sistema de lenguaje de programación lógica no determinista llamado BSL (Backtracking Specification Language) que reemplaza a PROLOG. BSL era lo más eficiente en términos heurísticos para cumplir las exigencias de una composición coral. Su procedimiento trata de implementar las perspectivas mencionadas anteriormente de la siguiente manera:

El esqueleto acordal: observa el coral como una secuencia de acordes sin ritmo y fermatas, con algunos símbolos no convencionales bajo ellos, indicando la tonalidad y el grado correspondiente. En esta vista es donde se cumplen las normas que determinan las distintas formas de modulación a una nueva tonalidad, las imposiciones sobre la preparación y resolución de la séptima y la heurística que prefiere las cadencias Bach.

El relleno genera las notas del coral en forma de retardos, notas de paso y ornamentaciones similares según la estructura acordal proporcionada. Esta vista lee el output del esqueleto de acordes, analiza todas las posibilidades, elimina las combinaciones no deseadas y selecciona las aceptables, bajo una compleja lista de normas de estilo y clichés de Bach.

La perspectiva melódica observa la secuencia individual de notas en las diferentes voces donde se cuidan las alturas, las alteraciones, la interválica y la progresión lineal.

La unificación melódica es similar a la anterior, aunque observa las alturas repetidas conjuntas. Sirve para reconocer malos patrones melódicos.

¹⁷ Página 347 en el Glosario.

La perspectiva de porción-temporal observa el coral como una secuencia vertical de porciones temporales teniendo cada una de ellas un valor pequeño de tiempo (una corchea) e impone restricciones armónicas. Se trata, por ejemplo, de evitar quintas y octavas consecutivas.

El análisis schenkeriano es la base de la teoría jerárquica de las voces. Usa las reglas de reescritura para encontrar árboles de análisis independientes para las líneas de bajo del coral, empleando un método de análisis ascendente y usando muchas heurísticas para elegir (entre las posibles acciones alternativas en cada paso del analizador) la acción que con suerte conduciría al análisis musical más plausible. Esta perspectiva lee el output del relleno. Sería, por ejemplo, una restricción sobre la concordancia entre las alteraciones de la línea fundamental y la clave del coral, y una heurística para el reconocimiento apropiado del patrón final de Re Do Si Do de Schenker. (Ebcioğlu 1990, 161)

Respecto a esta última perspectiva, cabe mencionar el debate que ya había sido iniciado por Meehan en 1980, donde comentaba las aportaciones de Eugene Narmour en *Beyond Schenkerism* (1977), respecto a lo que él llamaba formas de estilo. Las formas de estilo serían los primitivos semánticos, como patrones melódico-rítmicos que poseen identidad propia y crean una unidad mínima de sentido. El debate giraba en torno al concepto de expectativa y de si es posible definir un procedimiento basado en la misma para analizar la música. Para Namour, a diferencia de los investigadores en Inteligencia Artificial, el término expectación significa predicción con absoluta seguridad (Meehan 1980, 62).

No cabe duda de que la traducción de estos conceptos al lenguaje informático sería absolutamente necesaria para obtener resultados realistas. ¿Cómo se materializa la expectativa? El compositor sabe crear significado a través de la música, pero ¿qué procesos están implicados detrás de la intuición o la predicción? ¿es la creatividad un orden natural de elementos? El mayor grado de efectividad en un sistema de composición por inteligencia artificial dependerá en gran medida del éxito alcanzado sobre cuestiones como estas.

Continuando con el sistema de Ebcioğlu, CHORAL comienza el proceso de composición planteando un esqueleto acordal para la melodía dada. A continuación, estos acordes se completarían a pulso de negra, respondiendo a las restricciones de estilo establecidas, hasta que no queden más acordes disponibles. El programa dispone de un total de aproximadamente 350 normas de producción y le cuesta normalmente de 3 a 30 minutos armonizar un coral, aunque algunos han

requerido varias horas (Ebcioğlu 1990, 163). El autor dice que los resultados alcanzan un nivel aceptable de competencia en la armonización de corales comparable al de un alumno talentoso que ha estudiado los corales de Bach. Sin embargo, especifica que la base de conocimiento de análisis de Schenker todavía refleja un difícil proyecto de investigación básico en el análisis de la música, no siendo tan poderoso como la base de conocimientos de la armonización (Ebcioğlu 1990, 163). Es decir, reconoce que todavía no se ha alcanzado una resolución natural del coral en cuanto al estilo pretendido, refiriéndose concretamente al tratamiento del contrapunto lineal, achacando la responsabilidad al sistema analítico imperfecto de Schenker que aplicó a su programa.

El artículo viene acompañado de ejemplos de los que previene que contienen errores tales como sobrepaso de registros, quintas paralelas y algunas licencias estilísticas. Del que se muestra más orgulloso, presentándolo junto al coral original, el nº 128, es el siguiente (extracto):



Ilustración 10: Coral nº 128 (Ebcioğlu 1990 , 175 - 176)

A pesar de los errores que presenta, como la síncopa armónica del compás 1 al 2 y las quintas paralelas de la primera cadencia (Fa#-Do a- Sol-Re), el resultado puede parecer sorprendente para muchos oyentes, incluso ante los entendidos en la materia. No sólo por lo alcanzado por este programa, sino también por todo el tiempo transcurrido desde entonces, anunciando que los resultados que se pueden alcanzar hoy en día serían muy avanzados. En este artículo no se adjunta un test de valoración de resultados por parte de un público experto o no experto, lo que hubiera sido de interés.

En lo que respecta a la finalidad de este programa, a su objetivo definitivo, en las conclusiones del artículo se refiere a su posible efectividad para el propósito de la generación musical por ordenador y que la técnica descrita puede ser utilizada para otros tipos de composición algorítmica no necesariamente tonal (Ebcioğlu 1990, 174).

Una fuente importante de información esencial para conocer la evolución de la IA como herramienta compositiva son los informes elaborados sobre conferencias, exposiciones, talleres y actuaciones. En el elaborado por Francesco Guiffrida y Paolo Podesta (Guiffrida y Podesta 1990) se mencionan varios sistemas de los que se pueden destacar especialmente tres: “An Expert System Prototype for the Study of Musical Segmentation” de L. Camilleri, F. Carreras y C. Duranti, un sistema experto para el análisis armónico en un contexto tonal con dos objetivos principales: la creación de un ambiente evolucionado para el análisis musical y la definición de una herramienta de test capaz de verificar estas técnicas (Guiffrida y Podesta 1990, 72); “Emerging Properties of Tonality in Self-Organizing Systems” por M. Leman, el cual presenta nuevas aportaciones a los estudios sobre las estructuras perceptivas involucradas en el procesamiento de la música tonal (Guiffrida y Podesta 1990, 73); y “Rioffrire L’offerta” de C. Canepa, el cual presentó una composición con cinta compuesta en 1986 y que estaba basada en la Ofrenda Musical de J. S. Bach, de donde extrajo normas que usó para generar nuevo material en su obra (Guiffrida y Podesta 1990, 73). Entre el resto de participantes de este taller en IA y música se encuentran otros trabajos sobre la interpretación interactiva con ordenadores, o sistemas que simulan a un intérprete humano tocando partituras.

El primero de ellos, elaborado por L. Camilleri, F. Carreras y C. Duranti también es mencionado por Eduardo Reck Miranda en su libro *Readings in Music and Artificial Intelligence* en el año 2000, sin detenerse más que unas líneas para destacar su intento de combinar la fuerza bruta del análisis numérico con tipos más inteligentes de análisis jerárquico en un solo pack de software controlado por humanos (Miranda 2000, 87). Sin embargo, no resultan sistemas que compongan música automáticamente, sino que los enfoques tocan otros aspectos de la relación entre IA y música.

Sobre el tercero, “Rioffrire L’offerta” de C. Canepa, no consta ninguna otra alusión, además de la que aparece en un catálogo alemán de obras electroacústicas llamado EMDoku¹⁸, “The International Documentation of Electroacoustic Music”.

Es notable el elemento común a estos trabajos, que es el interés por mejorar una herramienta de autoanálisis tonal y avanzar en las estructuras perceptivas de este mismo sistema en un lenguaje computacional. Esto concuerda con la preocupación de Ebcioglu en mejorar su aplicación del análisis schenkeriano en CHORAL, aunque ciertamente su trabajo ha trascendido mucho más que los previamente mencionados.

Un año más tarde, en 1991, Peter Beyls publica el artículo “Chaos and Creativity: The Dynamic Systems Approach to Musical Composition” describiendo esta misma situación y arrojando un poco de luz al debate abierto con las aportaciones de Meehan y Narmour sobre la expectativa y las formas de estilo. Según el autor, hasta ahora se ha tratado de introducir decisiones creativas independientes a través de una simulación por computadora de la creatividad humana (Beyls 1991, 31). Presenta los sistemas dinámicos complejos como una alternativa para obtener una experiencia más interactiva con la actividad interna del sistema, en vez de estar basada en una serie de restricciones teóricas que filtran el output musical, lo cual reconoce que ha sido altamente ineficiente, necesitando más control (Beyls 1991, 32).

¹⁸ Emdoku. 2020. “Internationale Dokumentation Elektroakustischer Musik”. *EMDoku.de* Disponible en: <http://www.emdoku.de/> Última consulta: 31/07/2020

Lo que Beyls busca demostrar es que en los sistemas dinámicos complejos existe un factor natural caótico, pero controlado. Este nace tras la observación de las fuerzas constructivas que existen bajo las formas de organización encontradas en la naturaleza al crear patrones estructurales. Sin embargo, para el autor es más interesante que el compositor evite estos principios de diseño estructural, introduciendo el cambio y la variación. Podría decirse, a este nivel, que las formas de estilo de Narmour crean un sentido debido a la repetición de un patrón. Es la repetición de estas fórmulas la que crea, pues, la expectativa. Beyls investiga la naturaleza que existe detrás de estos fenómenos.

Lo que se obtiene de esta observación de las formas de organización encontradas en la naturaleza es una vertiente de posturas polarizadas. Según expone el autor, una rama de pensamiento expresa fe en la informática simbólica, adhiriéndose a estrategias de resolución de problemas basadas en el conocimiento. Otra afirma que sólo un enfoque conductual que utiliza métodos de computación subsimbólica¹⁹ puede conducir a resultados exitosos cuando se modelan aspectos de la cognición musical humana (Beyls 1991, 33).

La clave, según el autor, está en esa confrontación entre determinismo y aleatoriedad, afirmando que los sistemas dinámicos complejos pueden ser vistos como creativos. Para él, la novedad y la utilidad son componentes de la creatividad “algo nuevo provoca preguntas en el oyente. [...] Si esperamos nuevas ideas, ¿un programa que funciona como una lógica consecuente de un conjunto de reglas puede considerarse creativo? (Beyls 1991, 33). El artículo no responde directamente, pero se abstrae de su lectura que se refiere a la invalidez de los sistemas expertos, que funcionan de esa manera, añadiendo que ese componente impredecible y no lineal es necesario para considerar algo como creativo, introducible a través de la aleatoriedad [“usada habitualmente para simular la intuición musical” (Beyls 1991, 33)]. Estos componentes sí se encuentran en los

¹⁹ Recordamos que la IA se divide entre dos enfoques: el simbólico y el subsimbólico. El simbólico o deductivo consiste en aplicar un “análisis estadístico formal a partir de base de conocimientos estáticas, en busca de emular el comportamiento humano para resolver problemas” (p. ej. sistemas expertos y la lógica difusa o *Fuzzy logic*). El subsimbólico o inductivo, “se caracteriza por crear sistemas con capacidad de aprendizaje [...] imitando al cerebro humano” (p. ej. Redes Neuronales y la computación evolutiva) (Iglesias y Bezaleel 2011, 34-35).

sistemas dinámicos complejos. El autor concluye con una pregunta sin cerrar: ¿tiene sentido ver el comportamiento desordenado de los sistemas complejos como una manifestación de la verdadera creatividad? (Beyls 1991, 36).

David Cope quizás sea una de las personas cuya actividad en la composición con inteligencia artificial haya resonado con más fuerza alrededor del mundo. *Experiments in Music Intelligence* (EMI) es su aportación más destacable en el campo, la cual comienza a desarrollar en 1981 sin publicar una descripción detallada del sistema hasta 1996, en su libro homónimo. Sin embargo, tales resonancias han despertado tanta admiración como crítica.

EMI funciona bajo tres principios fundamentales tratando la información proporcionada por un conjunto de obras de compositores históricos como input (Cope, sin fecha).

1. Deconstrucción (analizar y separar en partes).
2. Firmas (coincidencia- retiene lo que da significado al estilo).
3. Compatibilidad (recombinación – recombina en piezas nuevas).

Antes de la publicación de EMI, en 1991, publica *Computers and Musical Style*, donde se puede encontrar esa huella que las cuestiones emergentes durante esta década han ido dejando acerca de la sintaxis musical. Cope se basa en 5 elementos para identificar la función sintáctica y obtener nuevas piezas:

Enunciados. Consistiría en lo que normalmente se entiende como el material identificable de un tema o motivo.

Preparaciones y extensiones. Son mejoras de los enunciados.

Antecedentes y consecuentes. En este contexto, pueden ser componentes del enunciado. (Selfridge-Field 1992, 536)

Toma prestado de la IA la ATN (Augmented Transition Network²⁰), un sistema utilizado para analizar estructuras gramaticales complejas de las lenguas naturales aplicando un sistema de reglas basadas en la gramática prescriptiva. Según Selfridge-Field (1992, 537) es, de hecho, este énfasis en la gramática prescriptiva²¹ lo que marca la diferencia de EMI con el ya mencionado trabajo de

²⁰ Glosario p. 347.

²¹ o gramática normativa.

Lerdahl y Jackendoff (*A Generative Theory of Tonal Music*, 1982) y el de Ebcioğlu (CHORAL, 1990), ya que Cope considera la armonización como una pequeña parte del proceso sin predeterminedar la estructura básica de la pieza, dándole más importancia a un enfoque que parte de lo general a lo específico, invirtiendo la aproximación de Heinrich Schenker sobre el análisis musical.

El lenguaje utilizado en EMI es LISP. El sistema trabaja mediante un algoritmo de reconocimiento de patrones o, dicho de otra manera, de firmas de estilo (segundo principio). Así, identificando los rasgos propios de cada compositor por repeticiones motívicas (interválica, células rítmicas, etc.), el sistema es capaz de recomponer piezas nuevas en estilos diferentes (tercer principio).

Sólo se requieren dos o más ejemplos musicales del mismo compositor, donde se introduce la voz del tiple para separar los datos en alturas y duraciones. “Las obras se transportan a Do, con las alteraciones cromáticas eliminadas” (Brush *et al* 1993, 80). Luego las alturas se convierten en secuencias interválicas, ya dentro del proceso de reconocimiento de patrones, para romperlas en subsecuencias de una determinada longitud (motivos) y elaborar una lista de aquellos que se repiten al menos dos veces. Durante el proceso compositivo, el programa elabora las distintas voces de la pieza basándose en el “diccionario motívico” formado previamente y en las 5 reglas gramaticales que dan función sintáctica a los elementos obtenidos: declaración, preparación, extensión, antecedente y consecuente.

En 1998, David Cope especifica una distinción entre dos tipos de patrones: firmas y señales o referencias auditivas. Como ya es sabido, las firmas son aquellos patrones identificativos del estilo de un compositor que normalmente constan de elementos melódicos, armónicos y rítmicos. “Ocurren entre 4 y 10 veces en cualquier trabajo. Las variaciones a menudo incluyen transposición, alteraciones de intervalos diatónicos, replanteamiento rítmico y cambios de registro y voz” (Cope 1998, 130). Pueden jugar un papel estructural determinante según su uso estratégico formal.

Las señales o referencias auditivas, sin embargo, cumplirían esta función específica formal de una manera fácilmente identificable mediante la escucha. “Pueden incluso contribuir a nuestras expectativas en cuándo un movimiento debería llegar al climax o finalizar. [...] En general, tienen un impacto significativo en el análisis estructural más allá de la repetición y variación temática” (Cope 1998, 134).

Ambos tipos de patrones resultan extremadamente importantes para la técnica por la cual EMI los utiliza en sus procesos de, primero, reconocimiento y, segundo, composición.

Respecto a esto, y que sea permitido el salto temporal por su adecuación argumentativa, en 2008, Geraint A. Wiggins escribe un artículo en forma de crítica al trabajo realizado por David Cope; “Computer Models of Musical Creativity: A Review of Computer Models of Musical Creativity”. G. A Wiggins comenta un aspecto importante, el cual corresponde con la sensación encontrada al leer los escritos del autor de EMI:

Cope ha estado trabajando cerca de dos décadas en un conjunto de programas los cuales, afirma, “componen música”. [...] Sin embargo, en sus libros, y en los artículos revisados por compañeros de profesión (predominantemente en el *Computer Music Journal*), me ha sido imposible encontrar los detalles publicados (en la medida de la reproducibilidad) de cómo funcionan, sino que hay discusiones imprecisas de representaciones y reglas, rellenas con ejemplos que a veces dan una ilusión de entendimiento de lo que hace el mecanismo. (Wiggins 2008, 110)

Otros aspectos criticados versan sobre los malos usos de conceptos “prestados” de otros autores sin referencia alguna, así como la modificación superficial de otros para hacerlos propios. Incluso corrige a Cope sobre definiciones erróneas de elementos computacionales, llegando a recomendar a los estudiantes la no lectura de una sección de sus libros si no quieren perder puntos en sus exámenes (Wiggins 2008, 113).

En la ilustración 11 podemos observar las firmas de estilo que Cope extrae de algunos ejemplos de Mozart y que sirven como guía a EMI para la composición de obras en su estilo:



Ilustración 11: Versiones de las firmas de Mozart (Cope 1998, 131)

(a) Sonata para piano K. 280 (1774), mvt. 1, cc. 107-8; (b) Sonata para piano K. 330 (1778), mvt. 3, c. 110; (c) Concierto para piano K. 453 (1784), mvt. 1, cc. 162-3; (d) Concierto para piano K. 459 (1784), mvt. 2, cc. 114-6; (e) Sonata para piano K. 547a (1788), mvt. 1, cc. 63-4; (f) Sonata para piano K. 570 (1789), mvt. 2, c. 4.

Anteriormente, en 1992, el mismo Wiggins, junto a Mitch Harris y Alan Smail, escribe “Representing Music Symbolically”, donde reafirma la poca investigación en el área de la música y la IA y la falta de buenas teorías sintácticas y semánticas, contrastando con las ya eficientemente desarrolladas en el campo del lenguaje natural (Wiggins *et al* 1992, 2). Por ello, presentan unos sistemas formales para la representación musical y la manipulación en sistemas automatizados.

Por otro lado, las investigaciones de C. E. Shannon en predicción y entropía sobre el lenguaje vemos que han influenciado a algunos teóricos en el camino hacia la composición automática. Por ejemplo, de su trabajo “Prediction and Entropy of Printed English”, donde analiza los resultados obtenidos sobre la experimentación en la predicción ideal, Darrell Conklin y Ian H. Witten toman prestados dichos conceptos para aplicarlos en su sistema de composición musical. Entropía, en este contexto, es un “parámetro estadístico que mide en cierto sentido, cuánta información se produce de media por cada letra de un texto en el lenguaje” (Shannon 1951, 1). Podemos entender esa información como la medida de cuánto puede ser predicha la presencia de una letra en función de la letra que la precede. De esta manera, esta teoría se corresponde con las leyes de la sintaxis y no de la semántica.

Conklin y Witten defienden un enfoque inductivo de la teoría generativa en la composición musical artificial, considerando que las “teorías altamente predictivas serán también buenas teorías generativas” (Conklin y Witten 1993, 3), entendiendo también la repetición como elemento fundamental de la predicción. Sin embargo, a diferencia de Cope, defienden esta aplicación inductiva debido a que consideran que el enfoque contrario (deductivo), “donde las reglas y restricciones se codifican explícitamente en alguna lógica o gramática” (Conklin y Witten 1993, 2) resulta una tarea subjetiva, ya que generar una teoría gramatical de un lenguaje supone reflejar el juicio del ingeniero. Este debate, con sus diversos matices, aparecerá más adelante entre Cope y sus críticos.

Lo que sí toma forma empírica hasta este momento es el principio de repetición como fórmula efectiva de la predicción, siempre surgiendo del análisis de los ejemplos del estilo. Cabe decir además, como ya hemos perfilado con anterioridad con Beyls, que a la alta predicción también se le aplica el estudio de los aspectos aleatorios.

Conklin y Witten trabajan la predicción con los modelos de contexto, una subclase del modelo de Markov, los cuales poseen tres características (Conklin y Witten 1993, 4):

- 1) una base de datos de secuencias sobre un espacio de eventos,
- 2) un recuento de frecuencias adjunto a cada secuencia, y
- 3) un método de inferencia que se utiliza para calcular la probabilidad de una tupla.

A este modelo le añaden otros de efecto a corto y a largo plazo. El modelo a largo plazo funciona bajo una estructura y estadística inducida por un gran cuerpo de secuencias del mismo género y es dinámica, ya que se adapta a la secuencia particular. El modelo a corto plazo se centra en la estadística de la secuencia particular a predecir y es transitoria, ya que se descarta una vez la predicción está realizada. Estos son los principios básicos de la LSTM (*Long Short Term Memory*).

Estos modelos caracterizan el sistema global utilizado por Conklin y Witten, el sistema de múltiple perspectiva, el cual soluciona ciertas carencias de otros sistemas previos, ya que posee una “revisión” de los eventos en una secuencia para extraer un contexto. A este sistema de múltiple perspectiva se le implementa un sistema de aprendizaje llamado SONG/3 (*Stochastically Oriented Note Generator*) en lenguaje PROLOG (criticado por Ebcioğlu como insuficiente respecto a BSL).

Conklin y Witten utilizaron 100 corales para codificar según los siguientes pasos (Conklin y Witten 1993, 17):

Estos se dividieron en:

- 1) un conjunto para testar elegido al azar que comprende 5 corales, y
- 2) un conjunto de entrenamiento que comprende los otros 95.

El conjunto de entrenamiento comprende alrededor de 4500 (contexto, siguiente evento) tuplas: el conjunto de prueba ligeramente superior a 200.

En el apartado de conclusiones no se muestran totalmente satisfechos con ciertos puntos de la investigación, ya que no creen que hayan hallado una respuesta completa a la conjetura sobre la teoría predictiva. Como objetivo futuro creen posible idear mejores sistemas de múltiple perspectiva para aplicar en las voces armónicas, algo que en cierta manera ya había resuelto Ebcioglu en CHORAL.

Durante la década de los 90 las Redes Neuronales Artificiales (*Artificial Neural Networks*) empiezan a ser un importante centro de interés. Una RNA es un modelo computacional formado por conjuntos de neuronas artificiales que se interconectan para dar lugar a una estructura inspirada en la red neuronal biológica²². Comenzaron a ser experimentadas a partir de 1980 (Unadkat *et al* 2001, p. 11) pero en composición “el primer ejemplo fue implementado por Todd, quien usaba una RNA recurrente de tres capas diseñada para producir una secuencia temporal de outputs codificando una línea monofónica, representando cada señal del output de la red una nota” (Fernández y Vico 2013, 541).

En 1994 Michael C. Mozer escribe un artículo donde explora los beneficios de las mismas en la composición musical. Para ello presenta CONCERT, un programa creado en base a una red recurrente autopredictiva que compone piezas nuevas y cuyo “ingrediente central es la incorporación de representaciones psicológicamente fundamentadas de altura, duración y estructura armónica” (Mozer 1994, 1). Su entrenamiento se realiza con piezas de J. S. Bach (el tiple) y melodías tradicionales folclóricas europeas transportadas a Do M o La m, destacando que, aunque las nuevas composiciones son ocasionalmente placenteras, sufren de una incoherencia global, aclarando que los resultados, sin embargo, sí suponen un avance para la predicción “nota por nota” de la composición musical algorítmica. En la ilustración 12 observamos la lista de ejemplos que sirvieron para el entrenamiento de CONCERT junto a la cantidad de notas de cada pieza:

²² Para más información se puede consultar el glosario, en los anexos, en la página 342.

Table 9: Bach training examples

<i>piece</i>	<i>number of notes</i>
Minuet in G major (no. 1)	126
Minuet in G major (no. 2)	166
Minuet in D minor	70
Minuet in A minor	84
Minuet in C minor	80
March in G major	153
March in D major	122
March in Eb major	190
Musette in D major	128
Little prelude in C major	121

Ilustración 12: Ejemplos de entrenamiento con Bach (Mozer 1994, 23)

Mozer comenta un aspecto muy importante a tener en cuenta en relación con la fundamentación psicológica del sistema, que es la consciencia sobre las convenciones en música. Los compositores crean bajo una serie de convenciones musicales, a veces basadas en la experiencia del individuo y otras veces en forma de herencia cultural. De ambas maneras, estos condicionantes actúan como una especie de restricción en el proceso compositivo, en el propio diseño melódico, estructural, etc., de una pieza. Por todo esto, se hace necesaria la incorporación de esta singularidad a los sistemas de composición automática durante el proceso de entrenamiento del sistema, lo que acarrea una dificultad implícita de concretar ciertos aspectos de los cuales ni el compositor pueda ser consciente. Estos, una vez concretados, actúan como restricciones melódicas y estilísticas.

Todo eso se aplica en su sistema de predicción nota-por-nota, técnica usada por una tabla de transición de Markov y el algoritmo Kohonen²³, en el que “las notas se producen secuencialmente y en línea, desde el comienzo hasta el final, dependiendo cada nota del contexto precedente” (Mozer 1994, 3) en un rango de 4 octavas. Siendo este sistema comúnmente utilizado con anterioridad por otros investigadores, Mozer reconoce como característica diferenciadora de su aportación el uso de técnicas más sofisticadas para la resolución de problemas a larga escala y de análisis probabilístico del output de la red, entre otras.

²³ Algoritmo Kohonen: es un tipo de mapa auto-organizado que almacena información de forma que las relaciones topológicas del conjunto de entrenamiento se mantienen. (Andana y Durán 2015, p. 30)

Bajo una tabla de probabilidades, el programa selecciona las distintas opciones lineales de resolución de cada nota. Pueden ser realizadas a mano o creadas bajo un análisis de piezas de un estilo concreto y obteniendo las estadísticas durante el proceso de entrenamiento (p. ej. Si no resuelve con la misma frecuencia en el La que en el Do, dentro de un contexto tonal de Do M). El problema, tal y como comenta Mozer, surge cuando la probabilidad de resolución de una nota viene determinada por otras resoluciones previas (p. ej. secuencia La, Si, Do en Do M). Incrementando el número de las notas previas consideradas, la tabla se vuelve más sensible al contexto y, por tanto, sirve como una representación más fiable del conjunto de entrenamiento. Sin embargo esto genera un problema, ya que el tamaño de la tabla crece exponencialmente, “con 50 alturas alternativas, 10 duraciones y una tabla de 3 órdenes, 7.5 billones de entradas son requeridas” (Mozer 1994, 2).

Con el algoritmo Kohonen y un proceso de entrenamiento basado en los ejemplos de estilo, se produce un conjunto de normas suficientemente sensible al contexto para la predicción de la siguiente nota. Como conclusión, el autor aporta la siguiente reflexión:

A pesar del esfuerzo de la investigación dedicado a la composición nota-por-nota, puede parecer una técnica de éxito improbable. La música tiene una rica estructura jerárquica desde el nivel de las notas que se dan dentro de un tema, a temas en una frase, frases en un movimiento y movimientos en una sinfonía. Se puede ser correctamente escéptico o escéptica respecto a un sistema secuencial y lineal de composición que pudiera mantener un seguimiento de una estructura con múltiples niveles. Sin embargo, el enfoque conexionista puede hacerlo; el presente trabajo es una prueba práctica. (Mozer 1994, 4)

Consecuentemente comienzan a hacerse evidentes las preocupaciones sobre la memoria o el recuerdo de los eventos pasados en los sistemas de composición y la necesidad de una arquitectura con múltiples capas escondidas (*hidden layers*). Mozer apunta como prometedor el enfoque de aplicar pequeños búferes en el input para guardar el historial de la actividad reciente, permitiendo al sistema aprender sin malgastar los recursos de las conexiones recurrentes, apuntando también a las futuras aplicaciones de la LSTM.

En 1995 James Harley publica el artículo “Generative Processes in Algorithmic Composition: Chaos and Music” por la MIT Press y traza pinceladas reminiscentes de los aportes de Beyls²⁴ en 1991. Harley resume en un apartado introductorio los distintos debates que han ido surgiendo hasta el momento y los cuales han sido contrastados en este apartado: el intento de precisar el contenido semántico musical, la búsqueda de una convención en la información no explícita del significante y el estudio del trasfondo psicológico implicado en el proceso compositivo. Además, hace un repaso sobre los precedentes históricos igualmente mencionados y analizados en este apartado de la tesis.

Con este carácter sincrético de la redacción del artículo, se exponen los tres tipos de procedimientos principales utilizados en el proceso generativo de los modelos computacionales hasta ese momento. Según el autor, estos son (Harley 1995, 222):

1. Modelo basado en las restricciones de estilo (reglas) que imponen orden en los datos no correlacionados.
2. Procedimiento que consiste en obtener input musical directamente del compositor.
3. Organización de una base de datos con materiales como fuente, con una selección de procedimientos guiados por una red de valores que definen las relaciones entre eventos.

Harley utiliza funciones no lineales²⁵ en el programa CHAOTICS (escrito en C), el cual describe como “relativamente primitivo” (Harley 1995, 223). El programa funciona en base a un algoritmo compositivo que puede ser diseñado (dentro de las posibilidades proporcionadas) según las necesidades de cada compositor. “Si la composición musical es un proceso creativo, expresando la comprensión cognitiva de la música por parte del compositor, entonces la computadora puede ser parte de ese proceso y, para un número creciente de compositores, se ha convertido en parte integral de la misma” (Harley 1995, 223).

²⁴ Páginas 78 – 79.

²⁵ Se introducen las funciones no lineales como sistemas combinatorios del determinismo e indeterminismo, entendidas como fórmulas matemáticas de comportamiento complejo y ordenado al mismo tiempo, introduciendo los parámetros característicos de la teoría del caos que ya mencionaba Beyls en los sistemas dinámicos complejos.

En el mismo año de la, ya mencionada, publicación del libro de David Cope *Experiments in Music Intelligence* (1996) aparecen críticas y valoraciones de otros profesionales que toman forma de discusión al obtener las respuestas directamente del autor. Jim Aikin publica un artículo (Aikin 1996) en el *Music Computer Journal* cuestionando ciertos aspectos del sistema de Cope y definiéndolos en sí mismo como limitantes, haciéndolo evidente en el mismo título del artículo, "Limitations of EMI".

Aikin cuestiona la efectividad del MIDI como método de traducción del contenido musical como input del sistema, ya que, según él, no existe manera de derivar los elementos estilísticos abstractos, alegando que los algoritmos únicamente representan "el entendimiento analítico que David Cope u otros programadores puedan aplicar a qué consiste un elemento estilístico significativo" (Aikin 1996, 6) (misma valoración que (Conklin y Witten 1993, 2))²⁶, añadiendo que "la representación interna del sistema de mi estilo MIDI estará alejada de mi estilo MIDI actual" (Aikin 1996, 6). Esto se refiere a la pérdida progresiva de la autenticidad original de la obra en los distintos pasos de su traducción al lenguaje informático, comenzando desde el momento en el que se aplica el criterio del programador en su interpretación de conceptos abstractos como el de estilo. Esto significa que todos los pasos de traducción musical a otros lenguajes, ya sea la programación o el MIDI, transfieren las ideas que los diseñadores tienen sobre los conceptos a traducir, que es lo que cuestiona Aikin sobre Cope al servirse del MIDI como transmisor de la información.

Y es que Cope había escrito un artículo ese mismo año respondiendo una crítica sobre su CD *Bach by design*, realizada por Jason Vantom, donde se preguntaba cuáles son las aplicaciones reales de EMI. En él, Cope expone como respuesta 3 propósitos principales de EMI, de los cuales se destaca el primero por su carácter oportuno a la discusión aquí abierta:

EMI fue originalmente diseñado por mí para asistir mi entendimiento de los elementos del estilo en música. Mi primera corazonada fue, y todavía es, que los programas que pueden emular con éxito los estilos musicales necesariamente poseen información importante sobre los estilos que emulan. Desde que, incluso, comprender una pequeña porción de lo que

²⁶ Ir a página 84.

constituye el estilo musical es importante para los músicos, siento que esto es un objetivo útil. (Cope 1996, 10-11)

Con esta aportación se comprende el origen de la cuestión formulada por Aikin, a lo que Cope vuelve a añadir esta vez que él sabe que “la música se forma con patrones y eso me permite utilizar buscadores de patrones en mi trabajo” y que por tanto “está muy lejos de imponer mi comprensión analítica en EMI” (Cope 1997, 8) y le remite a la lectura de sus libros para ver cómo el programa no se sustenta en sus interpretaciones.

Respecto al uso del MIDI, se posiciona mediante un ejemplo claro y entendible:

Desde que el MIDI puede traducir expertamente una partita de Bach, por ejemplo, en una partitura impresa idéntica a una creada por técnicas de grabado estándar, los intérpretes no lo harán peor en tocar por una partitura generada por MIDI que en una creada en una manera más tradicional. De hecho, el MIDI es capaz de transmitir mucha más información sobre la música que la que es típicamente encontrada en las partituras autógrafas de las partitas de Bach. Aun siendo estas partituras las que representan el estilo de Bach. (Cope 1997, 8)

Ciertamente, tanto las cuestiones formuladas como las respuestas obtenidas arrojan información relevante para la tesis, sirviendo de método ilustrativo a la situación creada en torno al debate sobre música humana y la artificial, y cómo poco a poco se van resolviendo aquellos vacíos discursivos que caracterizan a la evolución de la IA como herramienta compositiva.

Dominik Hörnel y Thomas Ragg aportan novedades a esta problemática desarrollando un sistema, MELONET II, que aprende la estructura y el estilo musical por reconocimiento, predicción y evolución, utilizando tanto un aprendizaje sin supervisar como supervisado²⁷ para producir melodías folk y armonizarlas.

²⁷ La diferencia entre aprendizaje supervisado y no supervisado es la siguiente (Sancho 2020b): “Los modelos de aprendizaje supervisado son aquellos en los que se aprenden funciones, relaciones que asocian *entradas* con *salidas*, por lo que se ajustan a un conjunto de ejemplos de los que conocemos la relación entre la entrada y la salida deseada.” Por otro lado, los modelos de aprendizaje no supervisado son aquellos en los que no estamos interesados en ajustar pares (*entrada, salida*), sino en aumentar el *conocimiento estructural* de los datos disponibles (y posibles datos futuros que provengan del mismo fenómeno).

Por otro lado, los autores afirman que, con respecto al debate abierto entre Cope y sus críticos, “las aproximaciones deductivas fallarán en modelar este tipo de melodía si no tienen en cuenta la progresión lineal de la estructura en el tiempo” (Hörnelt y Ragg 1996, 1).

Para resolver esto utilizan un modelo de red neuronal multiescala, que puede aprender la estructura global a partir de ejemplos musicales: “comprende un conjunto de redes neuronales que interactúan mutuamente operando en diferentes escalas temporales” (Hörnelt y Ragg 1996, 1). Durante el aprendizaje sin supervisar, clasifica y reconoce la estructura musical; el aprendizaje supervisado se usa para la predicción en el tiempo.

En sus publicaciones se aprecia una clara representación gráfica de los procedimientos de los que se sirven, lo que ayuda en gran medida a comprender el funcionamiento de las estructuras internas. Ejemplo de ello es cómo presentan el método de análisis motivico de su sistema en base a estas melodías folk durante el proceso de reconocimiento y predicción:



Harmonic Structure	T	T	D	D	T	T	D	D	T	T	D	D	T	D	T
Motif Structure	a		a'		b		c		a		a'		b'		c'
Phrase Structure	A		B				A		B'						

Ilustración 13: Elementos estructurales de la canción tradicional alemana "Hänschen klein" (Hörnelt y Ragg 1997, fig. 1)

Como podemos ver en la ilustración 14, se representa esquemáticamente la estructura de MELONET II. En un primer momento, el sistema realiza un reconocimiento motivico de la melodía tradicional que sirve de aprendizaje a otra red superior para la predicción motivica. Los motivos luego se proponen a otra red para implementarlos dependiendo de la retroalimentación (*feedback*).

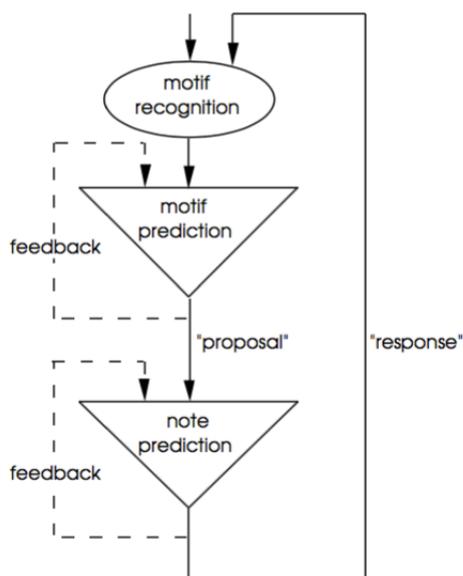


Ilustración 14: Estructura simplificada de MELONET II (Hörnel y Ragg 1997, fig. 2)

El reconocimiento motívico lo realiza un sistema (AMA, Automatic Motif Analysis) que “determina la distancia entre pequeñas secuencias de notas/intervalos transformando funcionalmente uno en otro” (Hörnel y Ragg 1996, 2) mediante el mapa de Kohonen.

Este estudio, además, aplica una experimentación evolutiva de la red neuronal combinando dos sistemas: HARMONET, que se encarga de armonizar melodías dadas en el estilo de J. S. Bach mediante una colección de redes prealimentadas (*feedforward network*); y ENZO, que utiliza algoritmos genéticos para añadir o eliminar peso de la red dada, optimizándola por evolución y aprendizaje.

En resumen, todos estos procesos se integran en el sistema MELONET II, el cual es capaz de continuar una melodía incompleta y armonizarla con las redes de HARMONET. La red de predicción motívica (supernet) hace una propuesta basada en el contexto motívico; la subnet (red de predicción) toma sus decisiones según la misma. Los resultados se clasifican por el proceso de reconocimiento y se consideran por la supernet para la próxima predicción.

Un año más tarde, Hörnel materializa un grado de complejidad mayor en un artículo en el que presenta un programa capaz de aprender y reproducir variaciones melódicas sobre un coral al estilo de Johann Pachelbel: “Dada una melodía, el sistema inventa una armonización coral a cuatro partes e improvisa una variación sobre cualquier voz del coral” (Hörnel 1997, 141).

Hörnel aplica herramientas instauradas previamente por otros autores, como la identificación de firma de estilo de David Cope, las redes de retropropagación en CHORAL de Ebcioglu o las medidas de compresión de datos sugeridas por Conklin y Witten. Sin embargo, su innovación reside en la habilidad del programa para “aprender y reproducir elementos de alto nivel en la estructura armónica, motivica y de frase” (Hörnel 1997, 141). De la misma manera que en su programa anterior, MELONET II, varias redes neuronales interactúan en diferentes escalas temporales tanto con un aprendizaje supervisado como sin supervisar (con el mapa de Kohonen), por lo que lógicamente, los avances exitosos de MELONET II sirven para seguir siendo utilizados en el que presenta ahora. Precisamente, el primer paso en la tarea de aprendizaje, la armonización a cuatro voces de la melodía, es llevado a cabo por HARMONET.

En la figura presentada a continuación se muestra el esquema conceptual de la organización procedimental del sistema para realizar una variación melódica. Leyendo de abajo a arriba desde la izquierda, cada nota de la melodía armonizada por HARMONET pasa a la supernet para predecir el motivo actual (MT). La subnet predice, según la información motivica (MT) y la armonía dada, la siguiente nota del motivo (ver la ventana de Note-Prediction). El resultado vuelve a la supernet a través del componente de reconocimiento motivico [ver la ventana de Motif-Prediction: T (tiempo/time), T + 1 (con la predicción RE)] para ser considerada en el siguiente motivo (MT+1).

Explicado de otra manera, el procedimiento sería el siguiente (Hörnel 1997, 147):

1. Se considera una variación del coral en una escala temporal abstracta como una secuencia de motivos. Cada corchea de la melodía original se reemplaza por un motivo (aquí formado por 4 semicorcheas). Antes de entrenar a las redes, los motivos son clasificados según su similitud.

2. Una red neuronal se usa para aprender la secuencia abstracta de las clases motívicas. La pregunta que resuelve este paso es: ¿Qué tipo de motivo encaja una nota particular con respecto al contexto melódico y los motivos que ocurrieron previamente? Esta red no establece alturas determinadas. Trabaja en un nivel abstracto y por ello se le llama supernet.
3. Otra red neuronal aprende cómo traducir los motivos en secuencias con notas concretas que pertenezcan al contexto armónico dado. Produce las alturas determinadas. Como trabaja a un nivel de precisión bajo la supernet, se le denomina subnet.
4. Aunque el output de la subnet está principalmente influenciada por la clasificación motívica computada por la supernet, la subnet tiene que encontrar una realización significativa acorde al contexto armónico.

La codificación interválica en bits sería la siguiente:

INTERVAL	DIRECTION				OCTAVE								INTERVAL SIZE			
ninth down	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0
octave down	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0
seventh down	1	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sixth down	1	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fifth down	1	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
fourth down	1	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
third down	1	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0
second down	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0
prime	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0
second up	0	0	1	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
third up	0	0	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fourth up	0	0	1	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
fifth up	0	0	1	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
sixth up	0	0	1	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0
seventh up	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0
octave up	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0
ninth up	0	0	1	1	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ilustración 15: Codificación interválica (Hörnel 1997, 152)

Esto, representado junto a un ejemplo musical, resultaría así (el intervalo se computa siempre con la referencia de la nota más grave):

 <p>D⁷</p>	third up	0	0	1	0	0	0.5	1	0	0	0	0
	sixth up	0	0	1	0	0	0	0	0	0.5	1	0
	prime	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0.5
	harmonic field					1	0	1	0	1	1	0

Ilustración 16: Relación entre la codificación interválica y el campo armónico. (Hörnel 1997, 153)

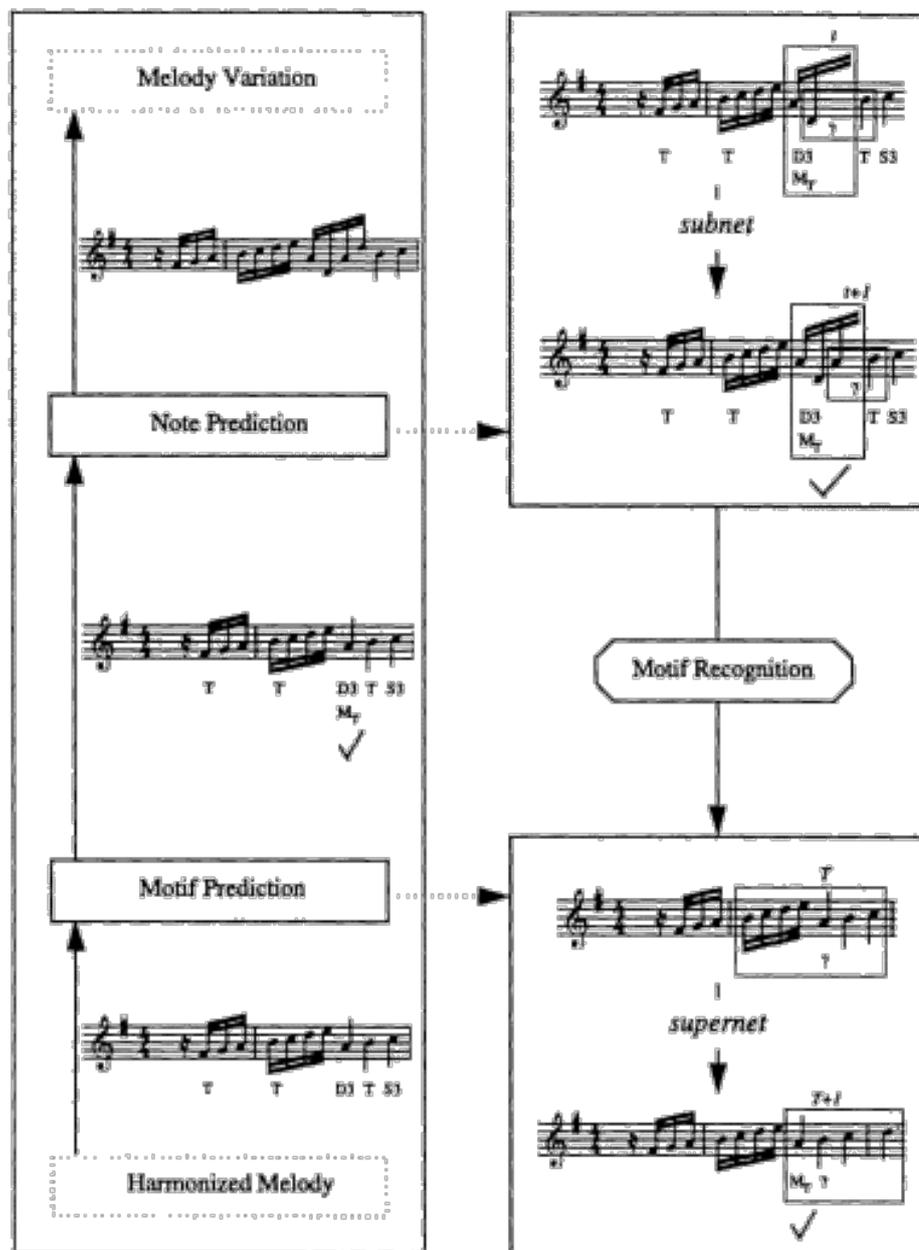


Ilustración 17: Organización del sistema para componer nuevas variaciones corales. (Hörnel 1997, 146)

En las ilustraciones 16 y 17 de la página anterior vemos, en primer lugar, la codificación de los intervalos. En tres bits se mostraría la dirección ascendente o descendente del intervalo y en siete su tamaño. Observamos que consta, en referencia con la nota más grave, de una tercera y una sexta ascendentes y un unísono dentro del contexto de Do M (ilustración 16). En la última imagen, la ilustración 17, observamos la organización general del sistema. El proceso, en resumen, comienza desde la esquina inferior izquierda donde pasa cada nota de la melodía a la supernet prediciendo la siguiente nota del motivo por un subproceso en la subnet en base a la armonía.

También durante el año 1996 se presenta en conferencia COMPOzE, una herramienta que crea una composición de 4 voces en base a un material preexistente combinando las áreas de la composición automática y la programación con restricciones.

El sistema consta de dos módulos, AARON y COMPOzE, los cuales se encargan de elaborar un plan compositivo, que puede ser dado por el mismo módulo o por el usuario, y de la composición en sí mismo respectivamente. Para ello AARON elabora una progresión armónica como la siguiente (Henz, Lauer and Zimmermann 1996, 2):

$$T^9 S^6 D^4 D^7 T_s D^T D^7 T$$

$\begin{matrix} 7 \\ 7 \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 3 \\ 3 \end{matrix}$

“COMPOzE produce una progresión a cuatro voces (soprano, alto, tenor, bajo), que implementa el plan generado por AARON, estando en concordancia con las leyes musicales estandarizadas” (Henz, Lauer and Zimmermann 1996, 2). Estas leyes se refieren a la prohibición de cruzamiento entre voces o saltos interválicos indebidos. El usuario puede decidir el grado de exigencia para la cumplimentación de estas normas de 0 a 100, tal y como podemos observar en la siguiente ilustración:

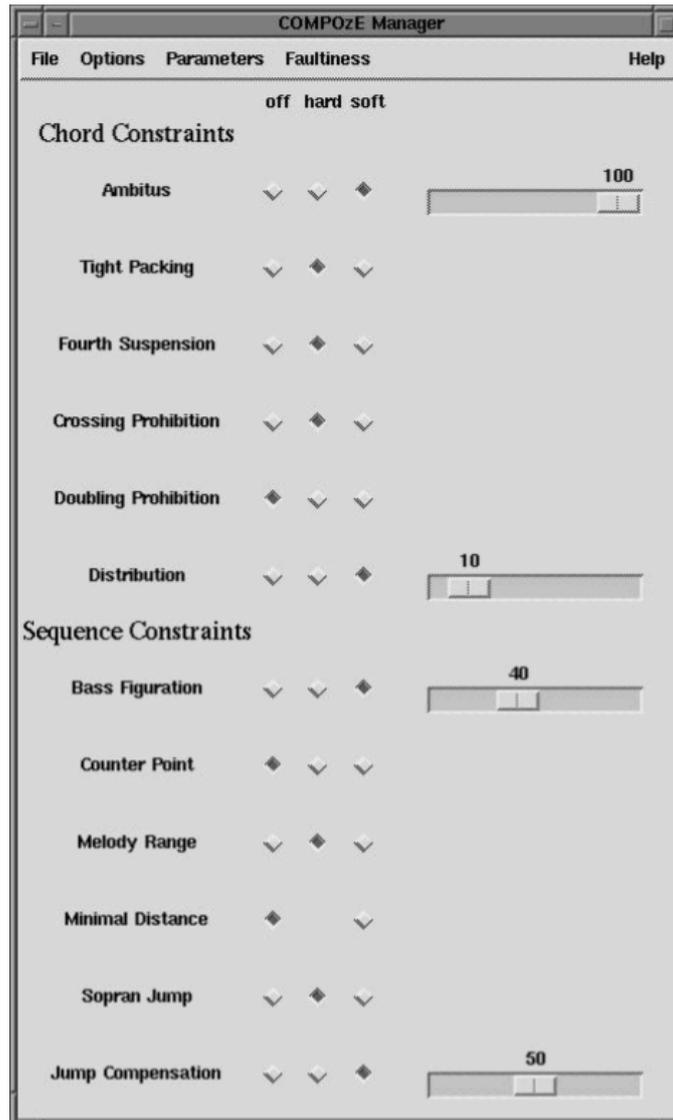


Ilustración 18: parámetros de restricción (Henz, Lauer y Zimmermann 1996, 5).

En 1997 sucedía, en otro campo computacional aplicado al ajedrez, un hecho histórico de gran efecto popular: la derrota de Kasparov frente al sistema de IBM “Deep Blue”. No fue a la primera, ya que en el año anterior el sistema había perdido la competición. Sobre esto publicaba por aquel entonces el *NewYorkTimes* bajo un titular, podría decirse, un tanto sensacionalista y a la vez certero, del que se deduce esta intencionalidad de rivalización entre las capacidades del hombre y lo artificial²⁸:

²⁸ “*It’s Man Over Machine as Chess Champion Beats Computer He Calls Tough Opponent*” (Weber 1996) (El hombre está por encima de la máquina, ya que el campeón mundial de ajedrez vence al ordenador que él llama “un duro oponente”).

Deep Blue, el cual fue desarrollado durante los últimos seis años en el centro de investigación Thomas J. Watson de I.B.M. en Yorktown Heights, Nueva York, está equipado con una poderosa tecnología de procesamiento paralelo que le permite buscar más de 100 millones de posiciones de ajedrez por segundo. [...] El Sr. Kasparov, que una vez dudó de que alguna máquina pudiera derrotarlo, reconoció que el poder de cálculo de la computadora (que rutinariamente se conoce como fuerza bruta) finalmente había puesto a la tecnología al día en el pensamiento ajedrecístico.

"Por primera vez vi que algo se acercaba al intelecto artificial", dijo. Pero algunos jugadores y científicos cuestionan si eso es cierto, como David Gelernter, el historiador de arte y científico informático de Yale, cree que el logro pertenece solo a los constructores de la computadora. (Weber 1996)

De estas palabras se extrae el debate sobre el mérito perteneciente al creador o al ejecutante de la herramienta, o sobre la autonomía de un sistema para tomar decisiones, como hecho relevante a la hora de juzgar la Inteligencia Artificial como creativo. En nuestro campo, la pregunta sería si el mérito creativo está en el desarrollador de la herramienta o en la herramienta en sí misma.

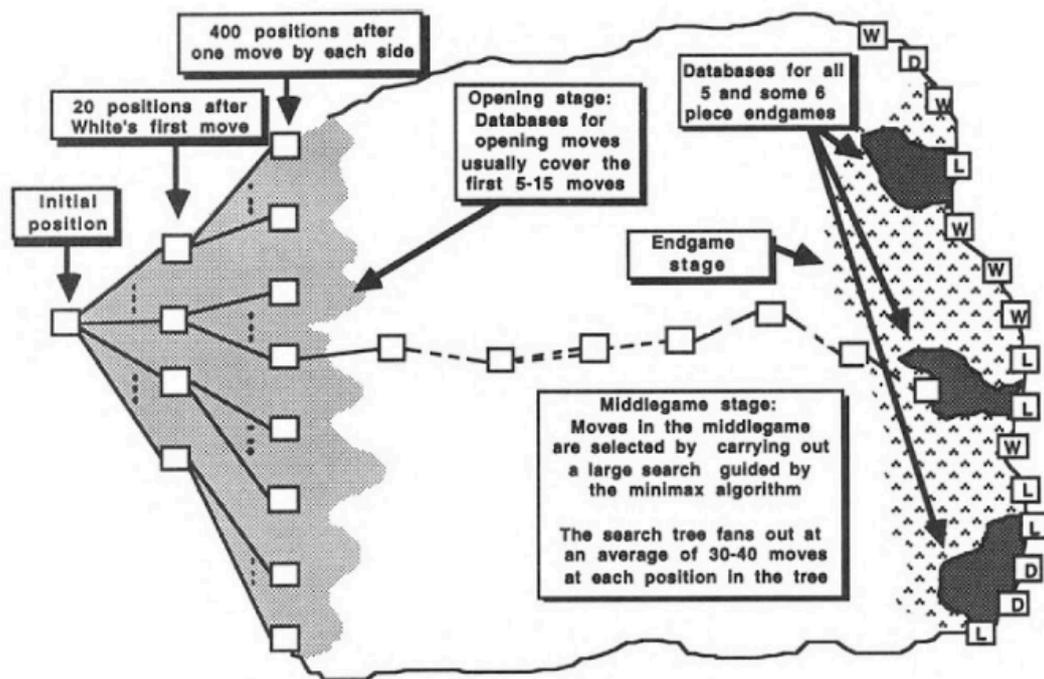


Ilustración 19: Árbol de movimientos exponenciales en el ajedrez (Newborn 1996, 8).

El IRCAM (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*), fundado por Pierre Boulez en 1970, ha constituido un centro de referencia para la innovación musical. En 1998, desde este instituto, Gérard Assayag, en representación del “equipo de representación musical” (*Music Representation Team*), fundado en 1992, describe OpenMusic.

OpenMusic se presenta dentro de un contexto de la CAC (*Computer Assisted Composition*) (composición asistida por ordenador) aunque realmente los procesos compositivos se automatizan a través de un código de programación. Consistiría en una programación visual, ya que “el programa del ordenador se convierte en un sistema de notación en sí mismo desde que supone un diagrama lógico” (Assayag 1998, 10). Esto se debe a que cada función se materializa en un icono (con inputs y outputs), los cuales, cuando se interconectan, forman un patch. La composición se convierte casi en un tipo de arte gráfico, representando de forma muy simplificada todas las funciones implicadas:

Las funciones son polimórficas. Una función se ve como un conjunto de métodos, cada uno de los cuales lleva una acción computacional dependiente del tipo de objeto que trate. Así, por ejemplo, la función “adición”, al igual que en los números, calculará la suma; aplicado en dos voces musicales, operará su fusión rítmica, si es esto lo que queremos. (Assayag 1998, 10)

El objeto conlleva la actualización, la instancia, de una clase (un set, una estructura armónica, etc.) que a su vez tiene una serie de subclases (por ejemplo, un acorde sería una subclase de estructura armónica). “Los objetos, incluyendo los patches en sí mismo, pueden ser inmersos en una maqueta, la cual es un tipo de superficie gráfica cuya dimensión horizontal representa el tiempo” (Assayag 1998, 11). De esta manera el proceso puede complicarse e incluir maquetas en otras maquetas que, a su vez, estén incluidas en un patch, por lo que el sistema no impone límites.

Se presenta aquí un patch utilizado para armonizar el comienzo de la obra para flauta sola *Syrinx* por Debussy, cuya melodía será asignada a la voz soprano.

- a) Notación MIDI del ejemplo.
- b) Línea melódica impuesta a la tendencia de la voz del bajo (descendente).
- c) Restricción interválica para la armonía (sólo usará 3^{as} mayores y menores en los 8 primeros acordes y en los últimos 8 utilizará 3^{as} mayores, 4^{as} aumentadas y 10^{as}).
- d) Csolver es el módulo encargado de obtener los resultados obedeciendo las reglas impuestas.
- e) Tempo

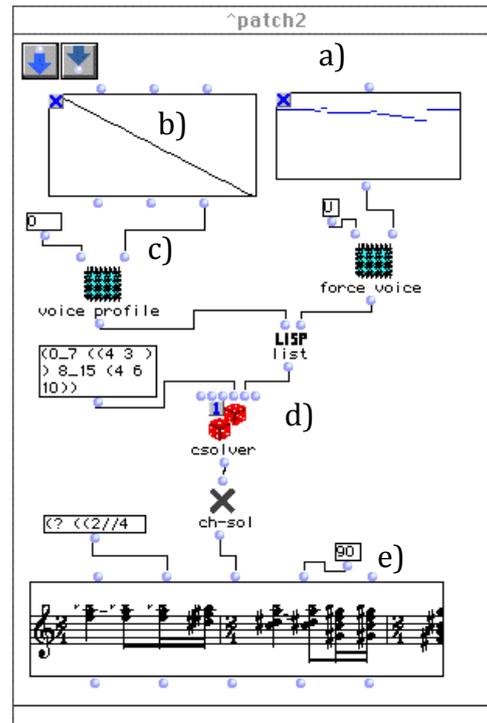


Ilustración 20: Patch (Assayag 1998, 12)

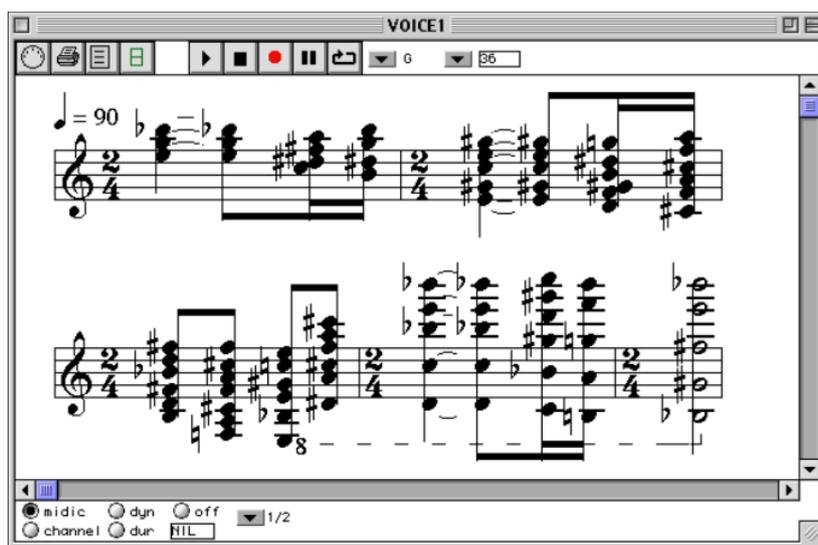


Ilustración 21: Ejemplo de output (Assayag 1998, 13)

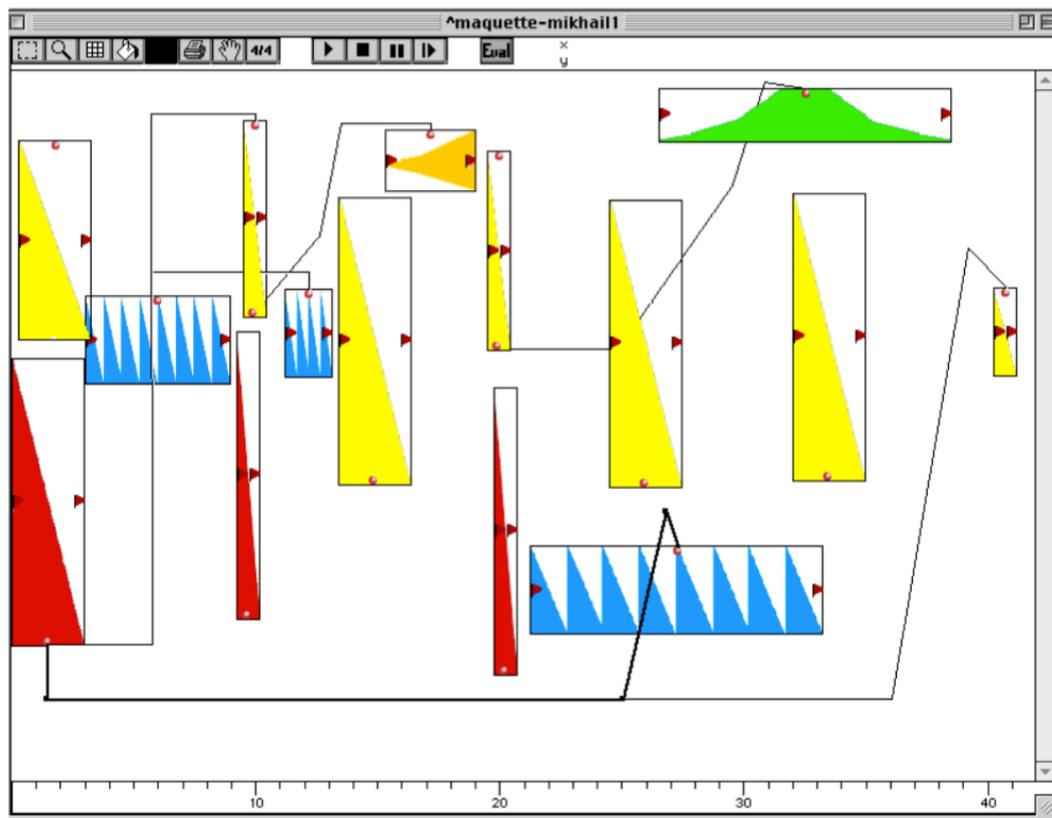


Ilustración 22: Maqueta (Assayag 1998, 14)

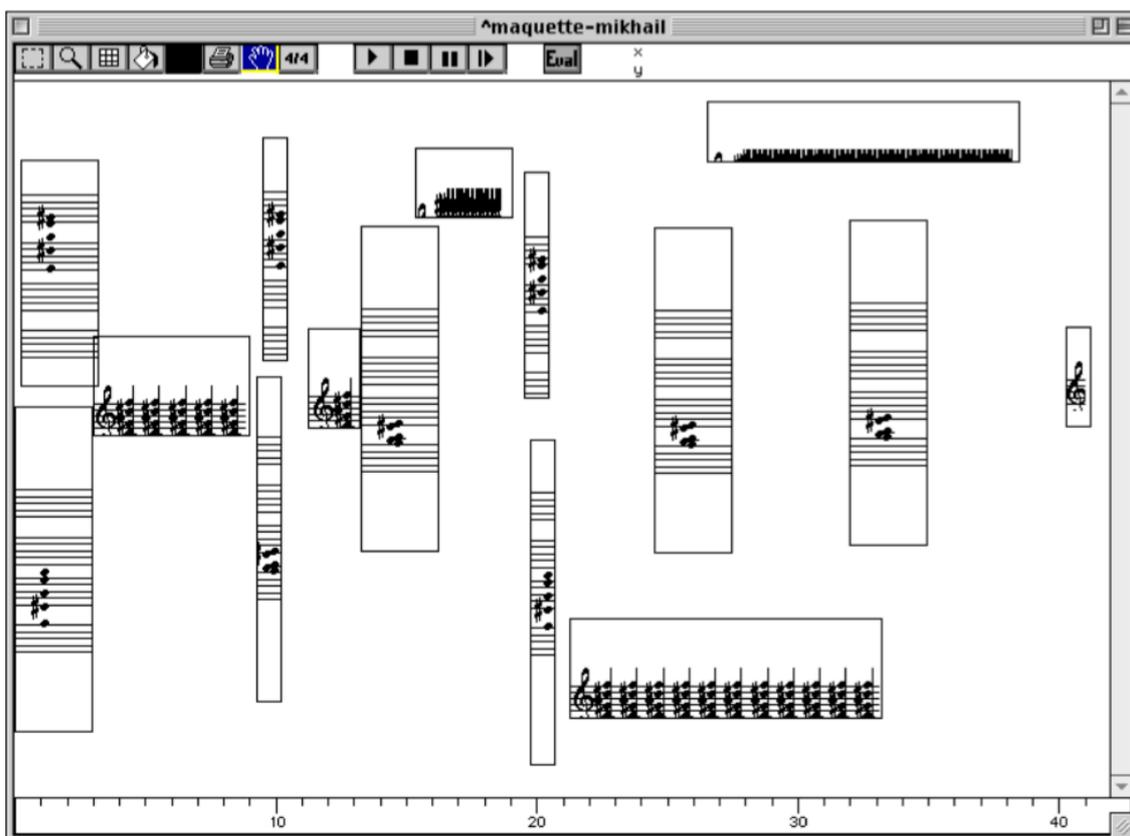


Ilustración 23: Equivalente musical a la maqueta anterior (Assayag 1998, 17)

Las ilustraciones 22 y 23 de la página anterior corresponden a una maqueta donde la posición de los bloques corresponde a datos de tiempo absoluto (duración en el eje horizontal). El eje vertical representa la intensidad.

En esta composición representada en las figuras anteriores y realizada por Mikhail Malt, “los triángulos corresponden con acordes placados de piano cuya resonancia decrece rápidamente. Los gráficos de diente de sierra son ostinatos de acordes. El triángulo horizontal y el de forma de campana son trinos rápidos cuya intensidad crece o decrece continuamente siguiendo la forma del dibujo” (Assayag 1998, 14).

Como ventaja de un programa de estas características se hace evidente la facilidad de manipulación sin necesariamente dominar un lenguaje de programación complejo. Así, el tercer ostinato azul correspondería con el siguiente patch:

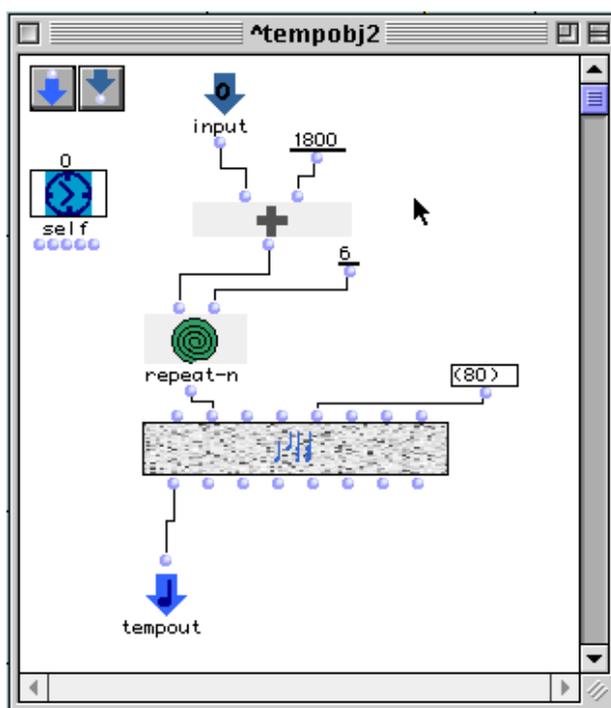


Ilustración 24: Patch de ostinato (Assayag 1998, 16).

El acorde que se introduce en el patch es transportado 18 semitonos (1800 cents), repetido 6 veces y mandado a un módulo de construcción de secuencias.

Con este tipo de herramientas el compositor podrá tener un control de la forma global, aspecto problemático hasta el momento, manipulando los bloques, estirándolos o encogiéndolos en el tiempo sin que cause efecto en otros parámetros. También pueden modificarse los algoritmos utilizados en los bloques sin que afecte a la estructura de la obra (o de la maqueta) o del material musical en sí mismo, como por ejemplo las alturas de las notas.

En un análisis del contexto perteneciente al momento de la elaboración de OpenMusic, el autor expresa lo siguiente:

Jóvenes creadores como Joshua Fineberg, Mikhail Malt, Fausto Romitelli y otros establecieron nuevas direcciones que no hubieran sido imaginables sin CAC [ComputerAssistedComposition]. OpenMusic nació del enfrentamiento con todos estos creadores, que tienen una visión diferente del papel de la tecnología. [...]

CAC pone en una perspectiva relativa algunas técnicas, que se consideraban complejas. Cuando una computadora calcula rápidamente todas las alternativas combinatorias resultantes de un formalismo dado, por ejemplo, el formalismo serial, el valor musicológico ya no proviene simplemente de este principio formal, sino de su adecuación real a la percepción. Correlativamente, la computadora permite explorar campos de una complejidad real que antes eran inaccesibles, como el campo de timbre en su representación espectral. [...]

Para los conceptos románticos de la singularidad de la obra musical y de su creador, tiende a sustituir la idea de un modelo de trabajo y de cooperación entre creadores y científicos. (Assayag 1998, 11)

Se resumen en su aportación las ideas fundamentales, defendidas por la lógica de la tecnología, sobre los beneficios de su aplicación en la composición a lo largo del siglo XX. Poco a poco esas ideas absorberán, bajo esa defensa, otras tareas de la composición que no responden a la complejidad, sino al ahorro de esfuerzo, tiempo y costes para la empresa en términos de contratación de un compositor humano, como se irá viendo paulatinamente a lo largo de esta tesis.

G. Wiggins, esta vez junto a Judy Robertson, Andrew de Quincey y Tom Stapleford, funda un proyecto, todavía en curso en el año 1998, que versa sobre la construcción de un programa que elabora música a tiempo real en un videojuego educativo de miedo para niños, con posible aplicación en el aula, llamado GhostWriter. Sus aportaciones resultan importantes debido a que buscan la generación de música acorde a ciertos parámetros controlados por el usuario

donde el suspense aumente o decrezca (Wiggins *et al* 1998, 1).

El propósito global de este programa es el de reforzar la sensación de pertenencia al entorno virtual a través de la música en combinación con el arte visual y táctil. Para ello, se trata de encontrar la manera de generar una emoción específica a través de una música creada en vivo por dicho programa de manera que corresponda, además, con la imagen y una situación determinada.

Por aquel entonces no estaba claro, ni tampoco lo está hoy en día, cómo se relacionan las emociones y la música de manera objetiva, por esto mismo no se trata de manipular el amplio espectro de emociones, sino que se limita a la obtención del miedo “manipulando la tensión dramática usando tanto suspense como sorpresa”.

La música para GhostWriter se generará en vivo, durante la improvisación de la narrativa. En contraste al método usual de composición para cine, donde el compositor puede ver la película entera para adaptar la música a la narrativa, nuestro generador musical no tendrá acceso a la información que sucederá. (Wiggins *et al* 1998, 5)

El programa está formado por 3 subsistemas principales: el generador musical, el sistema de mapping (que es el encargado de aceptar el input de nivel de tensión y usarlo para controlar al generador) y un set de utilidades.

El generador a su vez se forma por cuatro módulos encargados de la forma, el ritmo y el volumen, la melodía y la armonía, y la reproducción.

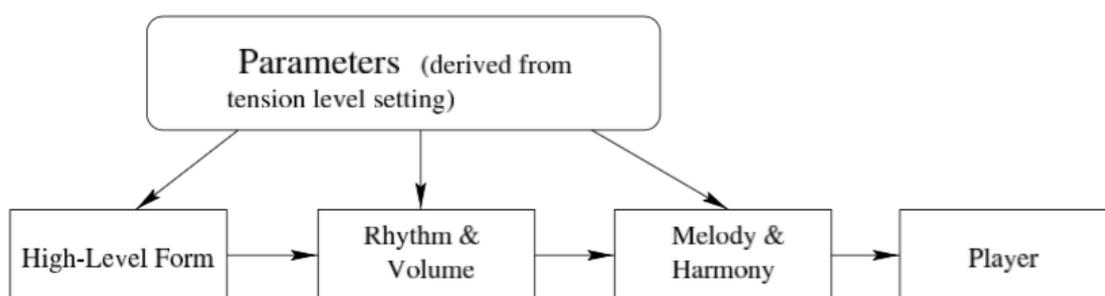


Ilustración 25: Diagrama de módulos generadores (Wiggins *et al* 1998, 8).

Para unir los eventos musicales al desarrollo visual según el nivel de tensión que debiera presentar la música se le facilitaría al profesor, en el caso de jugar en un aula, un deslizador gráfico para mover arriba o abajo según el nivel de tensión presente.

El módulo melódico y armónico es responsable de crear eventos y acordes del output del módulo de ritmo y volumen. Funciona en tres pasos (Wiggins *et al* 1998, 9):

1. Generar un acorde para la estructura de acordes disponible.
2. Darle alturas determinadas a cada evento melódico.
3. Darle alturas determinadas a cada evento de acompañamiento (basado en la armonía).
4. Asignar instrumentación a cada evento disponible (tanto a la melodía como al acompañamiento).

El submódulo armónico genera cuatro tipos de acordes (mayor, menor, aumentado y disminuido) seleccionados por una amplia variedad de parámetros (p.ej. nivel de disonancia deseado). El submódulo melódico es el que da altura a los eventos melódicos. El ritmo se obtiene de manera separada a los procesos anteriores.

La evaluación de los resultados se lleva a cabo por un grupo de niños de 11 años que forman parte de un club de cuentacuentos donde tendrán que describir si el sistema crea música de miedo. También se les pregunta por las variaciones de tensión en la música.

En 1999 Wiggins publica otro artículo, esta vez junto a George Papadopoulos, en el que se analizan los distintos sistemas que hasta entonces habían trabajado la música junto a la IA. Su contenido resulta útil a modo de resumen de lo tratado hasta ahora. Ambos clasifican dichos sistemas según su característica más destacable:

- Modelos matemáticos: procesos estocásticos, cadenas de Markov o sistemas caóticos no lineales. P. ej. Xenakis, Conklin y Witten.
- Sistemas basados en el conocimiento. P. ej. CHORAL de Ebcioğlu.
- Gramaticales. P. ej. EMI de David Cope.
- Métodos evolutivos. P. ej. Hörnel y Ragg.
- Sistemas de aprendizaje. P. ej. Mozer.
- Sistemas híbridos. HARMONET P. ej. Hörnel y Ragg.

En el año 2002 un grupo de investigadores de la Universidad de Coimbra, en colaboración con la Universidad de Edimburgo, crean MuzaCazUza, un programa informático que aplica el razonamiento basado en casos (*Case Based Reasoning: CBR*)²⁹ para generar melodías. “MuzaCazUza tiene un ambiente interactivo que permite la inserción de operadores o la edición directa de las notas” (Ribeiro *et al* 2002).

Con el mecanismo de CBR, sugiere posibles melodías en base a una línea armónica dada como input donde los operadores mencionados servirían para explorar las distintas opciones. Esto, tal y como expresan en el artículo, “permite al usuario con poco conocimiento musical [...] diseñar sus propios conceptos musicales” (Ribeiro *et al* 2002, 1).

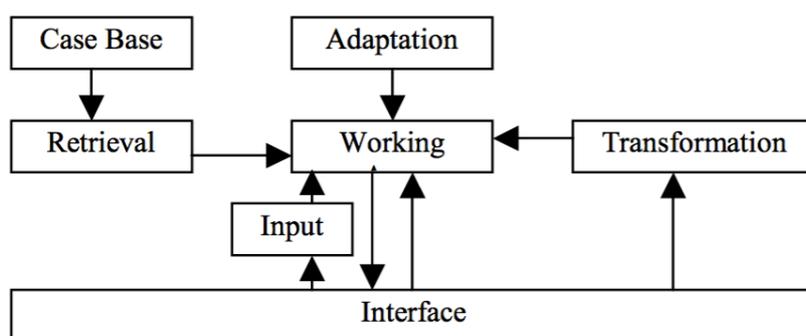


Ilustración 26: Arquitectura de MuzaCazUza (Ribeiro *et al* 2002, 2)

Como ejemplo de línea armónica dada como input exponen la siguiente:

$[(tM)I, V, vi, IV; I, ii7, V/V; (mV)I, IV, vi, V; (rIV)I, V, V7, I]$

Además, el sistema dispone de una base de datos que parte de seis piezas musicales barrocas. A partir de ahí, el grado (acorde) se entiende como “caso” en el procedimiento CBR, junto al ritmo y la melodía que contiene la armonía implícita de dicho grado. En los cambios de acordes se guarda la información como nuevo caso, en relación interdependiente con los otros casos.

En la fase de revisión (*retrieval*) MuzaCazUza armoniza seleccionando las mejores opciones de la base de datos. Tal selección se basa en la comparación de la información obtenida de la base de datos con los acordes del input aplicando la

²⁹ Case-based reasoning (CBR): usa las experiencias pasadas para resolver nuevos problemas (Kolodner 1992).

tabla de las regiones de Schoenberg (Ribeiro *et al* 2002, 4). Esta fase acabaría con una pieza musical compuesta.

En la fase de transformación es cuando los operadores “llevan el proceso creativo un poco más lejos” (Ribeiro *et al* 2002, 4), ya que puede ser que el resultado de la fase anterior no tenga demasiado interés artístico, pudiendo adaptar los resultados según el gusto del usuario.

Los operadores se dividen en dos categorías según se encarguen de la estructura o de la transformación. Respecto a los dedicados a la estructura, son 4 y se dedican individualmente a la repetición de patrones rítmicos, melódicos (o ambos a la vez) y a la transposición. Respecto a los operadores dedicados a la transformación, son 7 y se encargan de retrogradar, invertir (centrándose en la nota más grave, en la media o en la más aguda), ligar corcheas o semicorcheas y aleatorizar.

En la fase de adaptación se convierte cada nota extraña a aquella más cercana perteneciente a la tonalidad. “El interface permite al usuario interactuar con el programa” (Ribeiro *et al* 2002, 5), y el área de trabajo es la pantalla donde se pueden utilizar los operadores y configurar las opciones en general.

Los autores dedican un apartado de análisis de resultados sobre un experimento realizado con variaciones sobre el tema de “Jesús, alegría de los hombres” de Bach. Básicamente describen la pobreza de las propuestas del programa, analizando las razones y comparándolas con diversas pruebas o intentos. Identifican como causa principal el pequeño tamaño de la base de datos.

Resultan remarcables, en el apartado de conclusiones, las siguientes afirmaciones:

Otro aspecto que merece un poco de atención es el hecho de que, aunque la base de datos sólo contiene música del Barroco, se dan resultados más cercanos al periodo contemporáneo. [...] Estos y otros factores contribuyen a un incremento del factor sorpresa en los resultados finales.

Pensamos que este programa es una manera muy atractiva y divertida de obtener y desarrollar ideas musicales, aunque su interface está todavía lejos de ser fácil de usar. (Ribeiro *et al* 2002, 6)

Creemos remarcable especialmente la última afirmación, ya que al principio del artículo se vendía una herramienta en la que sin poseer grandes conocimientos se podrían desarrollar ideas musicales. Al parecer sí serían necesarios conocimientos informáticos para componer una pieza.

En el año 2002 Douglas Eck y Jürgen Schmidhuber escriben “A First Look at Music Composition using LSTM Recurrent Neural Networks”, donde se defiende la Long Short-Term Memory como solución al problema formal que presentan las RNN para asociar los eventos en la estructura musical global. Aseguran que, en este caso concreto, la “LSTM aprende con éxito la forma de la música blues y es capaz de componer nuevas melodías (y placenteras) en ese estilo” (Eck y Schmidhuber 2002, 1).

Hasta este momento, las RNN son los modelos de red neuronal más efectivos para la composición, ya que la forma más simple de predicción, las del tipo feedforward, quedarían inservibles para la función estructural al no poder almacenar información del pasado, dando unos resultados muy mejorables. Las conexiones recurrentes solucionan ese problema a nivel local con las capas ocultas (*hidden layers*) funcionando como memoria, aunque, como se ha ido viendo, a nivel global los resultados son igualmente mejorables, como decía Mozer “careciendo de estructura temática y teniendo una mínima estructura de frase y organización rítmica” (Mozer, 1994).

Así describen la situación Eck y Schmidhuber, explicando que este problema en los métodos recurrentes y de *back propagation*³⁰ “el flujo de error desaparece rápidamente o explota exponencialmente, haciendo que sea imposible redes para tratar correctamente las dependencias a largo plazo” (Eck y Schmidhuber 2002, 1).

Como solución proponen la, por entonces, novedosa arquitectura de la LSTM, con la cual se mantendría el flujo de error en el tiempo evitando perturbaciones no deseadas mediante unas unidades denominadas *Constant Error Carousels* (CECs), superando las limitaciones de las RNN (Eck y Schmidhuber 2002, 3). La LSTM actúa como una celda de memoria reteniendo los datos en el tiempo, diferenciando de aquello que debe recordar y lo que debe olvidar a través de los 3 tipos de puerta que posee (*input, forget y output gate*).

³⁰ Glosario página 347.

Su experimento comienza por utilizar un estándar del bebop-jazz de 12 compases durante la fase de entrenamiento:



Ilustración 27: Acordes para datos de entrenamiento (transportados una octava) (Eck y Schmidhuber 2002, 3)

Durante la fase de aprendizaje, la LSTM aprende a reproducir una melodía y una secuencia de acordes. El objetivo del estudio era comprobar si la LSTM, después de aprender la estructura acordal y melódica, puede utilizar esa estructura para componer canciones nuevas.

La estructura de la red consiste en dividir bloques de células dedicadas a procesar información acordal y otras que se especializan en la parte melódica. Los bloques acordales tienen conexiones recurrentes a ellos mismos y a los bloques melódicos, mientras que los bloques melódicos sólo se conectan recurrentemente a los melódicos.

La red se entrenó hasta que aprendió la estructura acordal y hasta que se alcanzó la estabilidad en el objetivo de error. Entonces se le permitió componer libremente (Eck y Schmidhuber 2002, 6). Como resultado, la LSTM compuso música en la forma blues, aprendiendo la estructura específica de este estilo y usándola para limitar la salida de datos en la melodía durante el modo compositivo.

Los autores proporcionan un enlace con los resultados para un juicio objetivo, sin embargo los enlaces no se encuentran operativos en la actualidad. A pesar de ello, exponen que las “composiciones suenan notablemente mejor que un paseo aleatorio sobre la escala pentatónica” (Eck y Schmidhuber 2002, 7) y que el modelo presentado en el artículo es el primero en alcanzar una estructura global coherente.

Cabe decir que, al no existir variedad acordal en la estructura inicial, expone el autor, se trataría más de una improvisación sobre una estructura dada que de una composición, ya que dicha falta de variedad “hizo más fácil a la LSTM generar cambios de acordes apropiadamente sincronizados” (Eck y Schmidhuber 2002, 7).

Palle Dahlstedt y Peter McBurney comienzan una investigación en el año 2006 para desarrollar una herramienta de software que permita a los compositores trabajar con “entidades computacionales” autodirigidas y crear una nueva obra musical. En su investigación, manejan áreas de la ciencia computacional donde se ven implicados sistemas de multiagentes (multi entidades de software), los cuales actúan independientemente bajo un “comportamiento inteligente” interactuando unos con otros y con el ser humano.

El objetivo de la investigación era buscar la aplicación de estos multiagentes como ayudantes para comprender el proceso compositivo. A continuación, como objetivo secundario, se buscó convertir esta idea en un software que ayudaría directamente al compositor en su proceso creativo.

Como ejemplo muestran la siguiente imagen:

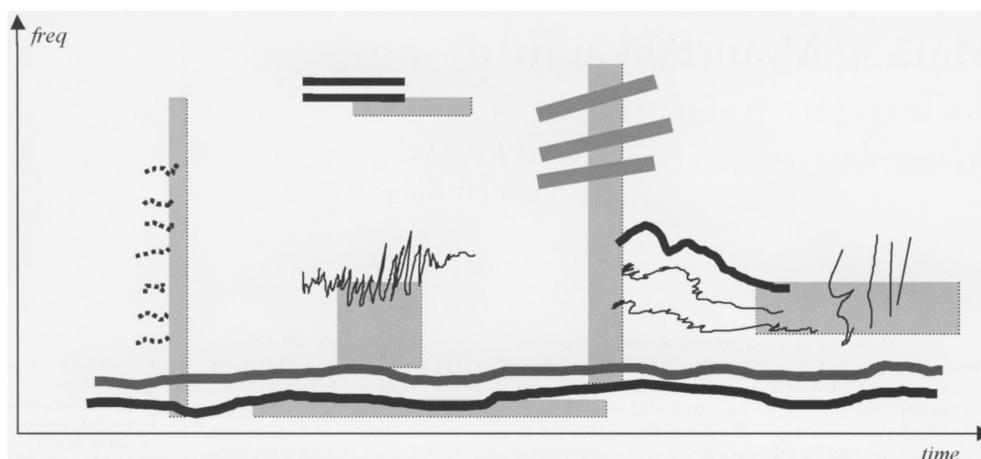


Ilustración 28: Sonograma (Dahlsted y McBurney 2006, 460)

Un agente se encargaría de eliminar objetos del paisaje sonoro, mientras que otros rellenarían los espacios en la textura. En la ilustración 28 pueden observarse distintos agentes de distinta altura y anchura, con forma de rectángulos grises, representando contenido musical. Si los agentes consideran que hay poca actividad musical, crean nuevos objetos sonoros que se adecúen al contexto musical. Por el contrario, si hay demasiada actividad, los eliminan.

En la 9ª Conferencia Internacional sobre Percepción y Cognición Musical, celebrada en la Universidad de Bolonia en el 2006, Michael Chan y John Potter, como ingenieros computacionales, y Emery Schubert, como músico, presentan ACSSM II (Automated Composer of Style Sensitive Music II) con el artículo “Improving algorithmic music composition with machine learning”.

Continuando sin solución la aplicación real de una forma de creatividad eficiente en las máquinas, ACSSM II “genera música buscando una secuencia de segmentos musicales que satisfagan en la mejor medida diversas limitaciones, incluyendo extensión y rango de altura, armazón armónico y consistencia, con un modelo probabilístico en el estilo de un compositor”, con muy poca o ninguna supervisión del usuario.

En principio no parece aportar un sistema novedoso con respecto a las investigaciones que la preceden. Sin embargo, las secuencias deseadas se producen en base a un algoritmo genético junto a las cadenas Markov, cuyo resultado además, se ve evaluado por un grupo de 5 sujetos con al menos 3 años de formación musical. Los autores anotan una satisfacción de 7.5/10 (Chan *et al* 2006, 1848).

Un dato especialmente relevante aportado en la presentación de esta herramienta es la defensa, por parte de los autores, de la utilidad del programa que han diseñado:

Puede ser útil en diversas maneras; por ejemplo, los compositores humanos pueden buscar inspiración para sus propias composiciones. Más generalmente, desde un punto de vista científico-computacional, tal sistema representaría un éxito en la aplicación de la tecnología por IA. (Chan *et al* 2006, 1848)

Sin duda, esta última visión resultaría menos polémica que la primera.

ACCSSM trabaja de una manera muy similar al EMI de David Cope, ya que ambos tratan de crear música reproduciendo algorítmicamente un estilo concreto. Para ello, se sirve igualmente de técnicas de construcción y deconstrucción del material musical, las cuales se rigen bajo las normas de la Generative Theory of Tonal Music (GTTM)³¹ de Lerdahl y Jackendoff, que se basaba en los principios de la gramática generativa de Noam Chomsky.

³¹ Página 71.

Como avance con respecto a EMI exponen la “posibilidad de mejorar la composición algorítmica mediante la aplicación de técnicas cognitivas y psicológicas” (Chan *et al* 2006, 1849), aunque confiesan que los resultados no igualan el nivel de calidad de los de David Cope.

Los autores justifican los aportes cognitivos y psicológicos en el uso de la GTTM en combinación con la teoría de David Temperley, “The Cognition of Basic Music Structures” (CBMS), que supone un sistema de normas para seis aspectos de la estructura musical: medida, fraseo, contrapunto, armonía, tonalidad y ortografía. Además, ACCSSM trabaja con MusicXML, que proporciona información contextual del material musical en relación con la tonalidad y demás parámetros musicales.

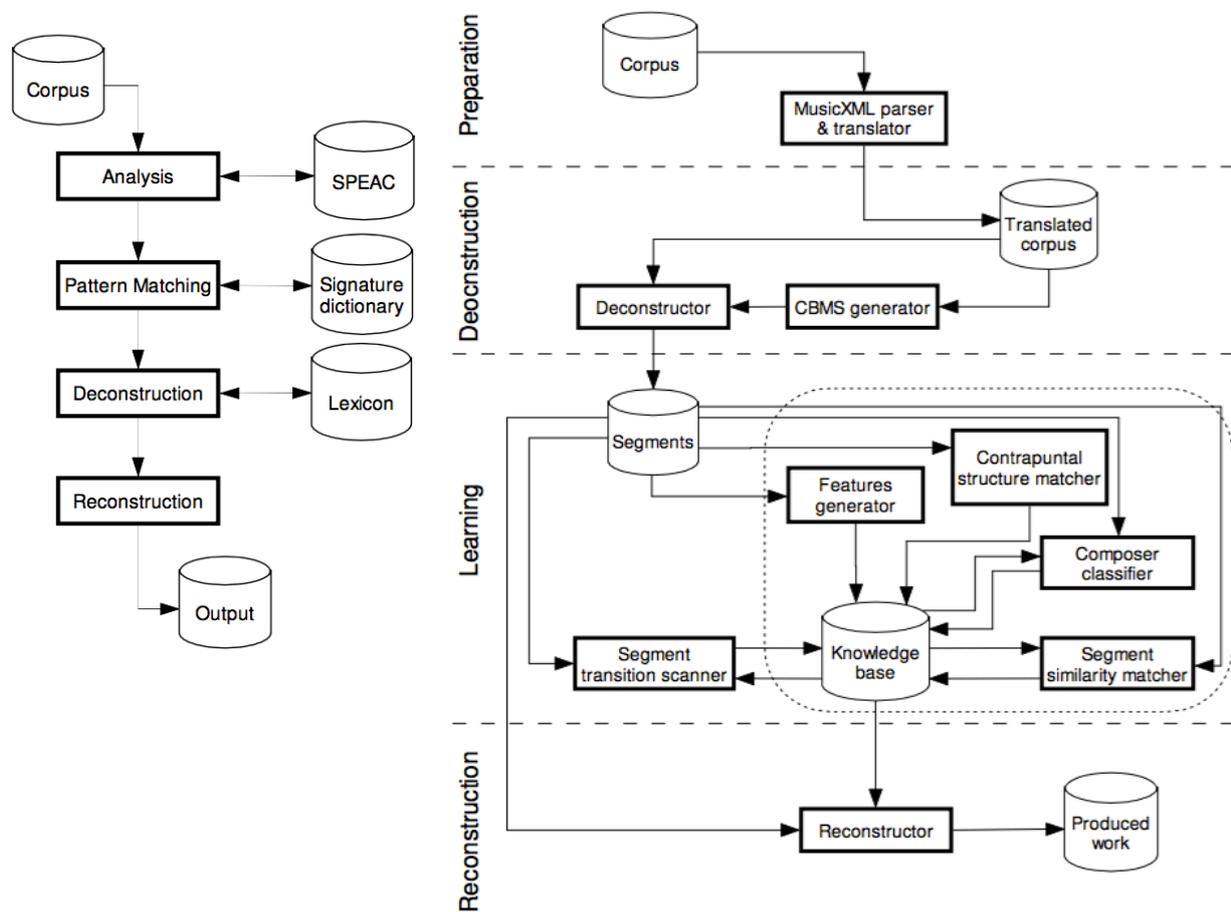


Ilustración 29: Diagramas del algoritmo de EMI (izq.) y del de ACCSSM II (der.) (Chan *et al* 2006, 1849).

En el análisis estructural de frases melódicas, como la CBMS sólo soporta monofonía, se aplica únicamente en la línea melódica más aguda. Después de la fase de deconstrucción del material, en ACSSM II, se da lugar al “elemento inesperado” durante la reconstrucción para generar sorpresa, por lo que el sistema no sólo considera los segmentos estilísticos que correspondan exactamente, sino que también acepta similitudes. La cadena de Markov se utiliza para modelar las probabilidades de transición entre segmentos musicales similares.

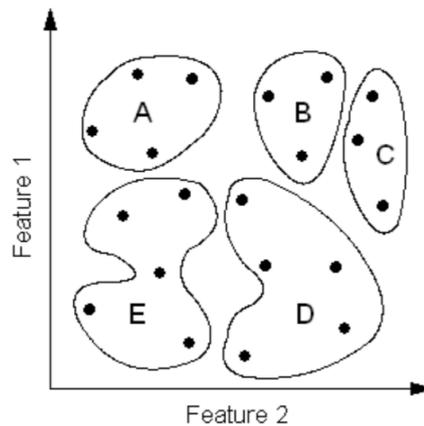


Ilustración 30: Agrupación de segmentos (Chan et al 2006, 1851)

Se opta por la elección de un algoritmo genético, ya que soporta procesos de gran complejidad donde se toma mucho tiempo para optar por una buena solución entre una enorme cantidad de información. Para ello, existen dos procesos distintos donde actúa el Crossover Operator y el Mutation Operator.

En la ilustración 30 se observan 5 segmentos musicales similares en base a dos características representadas en ambos vectores respectivamente. El Crossover Operator, durante la fase de reconstrucción, se utiliza para encontrar la solución más eficiente en las combinaciones de los subelementos similares.

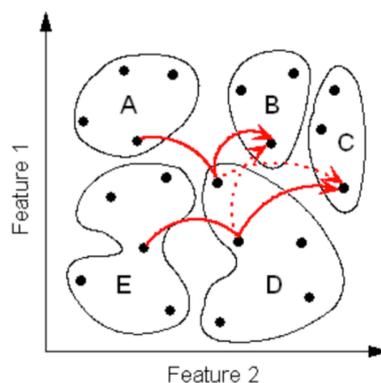


Ilustración 31: ejemplo de aplicación del Crossover Operator en dos secuencias (Chan et al 2006, 1852).

El Mutation Operator es el encargado de aportar originalidad dentro de esas combinaciones. El operador de mutación tiene cinco funciones (Mowery 2002 en (Chan *et al* 2006, 1852):

- Anteponer un nuevo segmento a una secuencia.
- Agregar un nuevo segmento a una secuencia.
- Eliminar un segmento frontal de una secuencia.
- Eliminar un segmento final de una secuencia.
- Reemplazar la secuencia con una generada aleatoriamente, pero conectada.

Una vez el sistema propone una secuencia, se evalúa su adecuación en términos de percepción musical, ya que el juez es un oyente humano. Para asegurar la adecuación estilística musical se comparan los segmentos musicales similares de la secuencia candidata con las versiones originales del corpus.

Se les pidió a 5 personas escuchar tres piezas compuestas por ACSSM y ACSSM II y dar una valoración del 1 al 10:

System	N	Min.	Max.	Mean	SD
ACSSM	5	4.20	6.40	5.66	.71
ACSSM II	5	6.70	8.00	7.46	.50

Ilustración 32: Tabla resumen de estadísticas de puntuación (Chan *et al* 2006, 1853).

Así que, en el apartado de conclusiones, confirman la mejora de la herramienta, donde las técnicas de aprendizaje automático que adoptaron fueron aplicadas exitosamente en la explotación de datos y otros problemas de aprendizaje.

Finalmente, cabe mencionar la cuestionada efectividad de la realización de cuestionarios como prueba de juicio sobre la eficiencia de los avances expuestos por los investigadores en sus artículos. Christopher Ariza escribe en 2009 “The Interrogator as Critic: The Turing Test and the Evaluation of Generative Music Systems” y compara dichas evaluaciones con el Test de Turing, donde el éxito no se cuestiona si los resultados de la máquina son indiferenciables de un producto humano. Sin embargo, el autor expone que la aplicación de un modelo del Test de Turing para la valoración de estos casos no es válida.

Esto se debe, en palabras de Ariza, a la falta de una evaluación sistemática de los artefactos estéticos, ya que generalmente son aceptados y la evaluación es comúnmente entendida como una crítica estética y no una metodología experimental (Ariza 2008, 49). Expresado de otra forma, las valoraciones sobre la eficiencia musical están condicionadas por juicios basados en la subjetividad y en condicionamientos heredados individualmente, aunque puedan estar lógicamente razonados, basados en preferencias y gustos que incluso inconscientemente afectan a la evaluación.

Para finalizar, presentamos el esquema realizado por Fernández y Vico, ya que resume y cataloga los sistemas según la metodología que los estructura, sirviendo como una recapitulación final de este periodo:

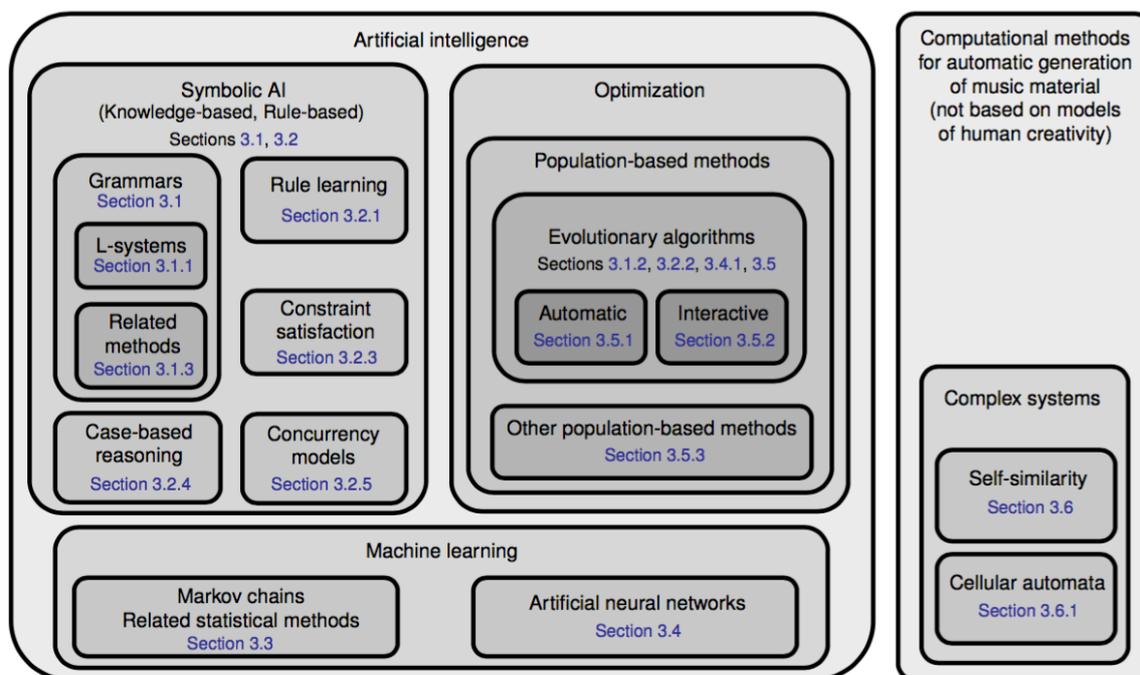


Ilustración 33: Sistemas e IA (Fernandez y Vico 2013, 519)

En consecuencia, a través de este apartado hemos podido demostrar la evolución en la aplicación de la IA a la creación musical desde el sistema experto de Ebcioglu en 1990, considerando teorías analíticas como la de Schenker como fundamento de la estructuración musical para el desarrollo de las herramientas, hasta la primera década del siglo XXI con la aplicación de las redes neuronales. Un recorrido de 30 años donde también estudiamos el funcionamiento de herramientas como EMI, de David Cope, CONCERT, de Mozer, MELONET II, de Hörnel y Ragg, o COMPOzE, junto a las propias descripciones de los

desarrolladores y la derivación teórica y conceptual de sus estudios, como vimos en las aportaciones de Wiggins o Conklin y Witten.

Por último, destacamos la evolución que los principales métodos utilizados en la composición artificial fueron experimentando desde las cadenas Markov pasando por las Redes Neuronales Artificiales en la década de 1990 o la aparición de la LSTM hasta los algoritmos evolutivos. Hemos podido valorar en este apartado dicha evolución junto a los tipos de resultados musicales que cada sistema podía ofrecer, apreciando la capacidad o incapacidad de cada uno para simular una composición humana. Estas cuestiones, que llevan décadas siendo discutidas, serán fundamentales para nuestro análisis en los próximos capítulos.

3. 2. Últimos avances de la IA en música (2010-2020).

Durante la de década de 2010 a 2020 emergen numerosos estudios donde se proponen nuevos sistemas artificiales que auxilian la tarea compositiva o que, al menos, modifican ciertos aspectos del proceso creativo bajo una intencionalidad beneficiosa para el compositor o compositora. A lo largo de este apartado se describirán algunos de ellos, analizando las novedades que han ido aportando a este campo, facilitando así la comprensión y el origen taxonómico de las herramientas presentadas y analizadas en el siguiente capítulo.

El primer sistema hallado de entre la datación acotada para este apartado es el sistema ARMIN, programado para componer música del estilo Trance³². En su descripción resulta destacable que, ya en el extracto de la presentación de esta herramienta, se afirme con claridad que “la Inteligencia Artificial (IA) ha adquirido mayor presencia en muchas actividades que se solían hacer a mano; una de ellas es la composición musical” (Eveardo y Aguilera 2011, 79). Con estas afirmaciones presentes en una bibliografía con una década de antigüedad, parece que se confirma una situación que venía anunciándose como probable desde mucho antes.

³² Estilo musical electrónico post-pop derivado del House y del Tecno que surge en Alemania a principios de 1990 (Dourado en Dos Santos 2016, 10).

Según los creadores, ARMIN fue diseñado para proporcionar borradores o bases sobre las que componer para la producción de temas Trance y busca “permitir una mayor colaboración entre humano y máquina, ambos vistos como compositores” (Eveardo y Aguilera 2011, 79).

ARMIN compone y ejecuta composiciones del estilo con cuatro planos e instrumentos: una línea melódica y tres acompañamientos. Para ello, como en todo ejercicio de estilo, se basa en una serie de normas técnicas que respeten el género musical predeterminado, tales como el tempo, el compás, la figuración, la estructura y la instrumentación.

Dentro de ARMIN, ANTON (otro sistema) se encarga de la parte armónica, melódica y rítmica usando Answer Sets Programming (ASP) como lenguaje de programación. ANTON compone utilizando los modos en el estilo de Palestrina (Eveardo y Aguilera 2011, 82), diagnostica los errores y completa la pieza, con la opción final de escuchar el resultado en un archivo de audio.

Por otro lado, Nicolas Boulanger-Lewandowski, Yoshua Bengio y Pascal Vincent también avanzan en la investigación de la composición polifónica en el mundo de las redes neuronales, afirmando que los modelos basados únicamente en la predicción según el estado precedente (como las cadenas Markov) no son totalmente satisfactorios. Las dificultades de las simultaneidades resultantes en el tratamiento de la polifonía, defienden, serán exploradas mediante las máquinas Boltzmann (RBM: Restricted Boltzmann Machines) en combinación con las Redes Neuronales Recurrentes. También son los pioneros en usar las LSTMs (*Long Short-Term Memory*) (Chu *et al* 2016, 2).

En la tesis de Víctor Padilla Martín-Caro, ya mencionada anteriormente en la página 61, se presentan además dos herramientas, MusicProb 1.0 y Music Neural. La primera es “una aplicación realizada en Java que nos va a permitir implementar de forma sencilla conceptos aleatorios y distribuciones de probabilidad por medio de una interfaz gráfica” (Padilla Martín-Caro 2012, 75). Dividiendo un tema en cabeza y desinencia se repite un número N de veces acumulando una probabilidad de mutación, por lo que el tema se presenta de forma variada a lo largo del tiempo (ilustración 34 en la página siguiente).

Respecto a la intencionalidad de esta herramienta, el autor expone:

El número de parámetros que el usuario puede manejar pensamos que es el adecuado para obtener resultados interesantes sin tener que hacer un esfuerzo demasiado grande en la interpretación de cada uno de ellos. En todo momento estamos intercambiando roles (compositor - ingeniero informático - ingeniero del conocimiento) para intentar llegar a un compromiso no exento de complicaciones. (Padilla Martín-Caro 2012, 75)

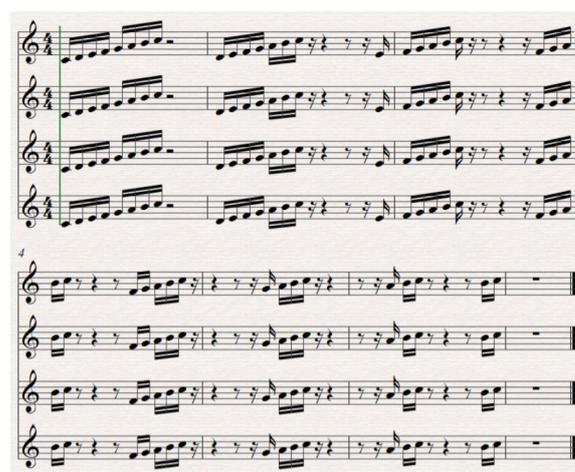
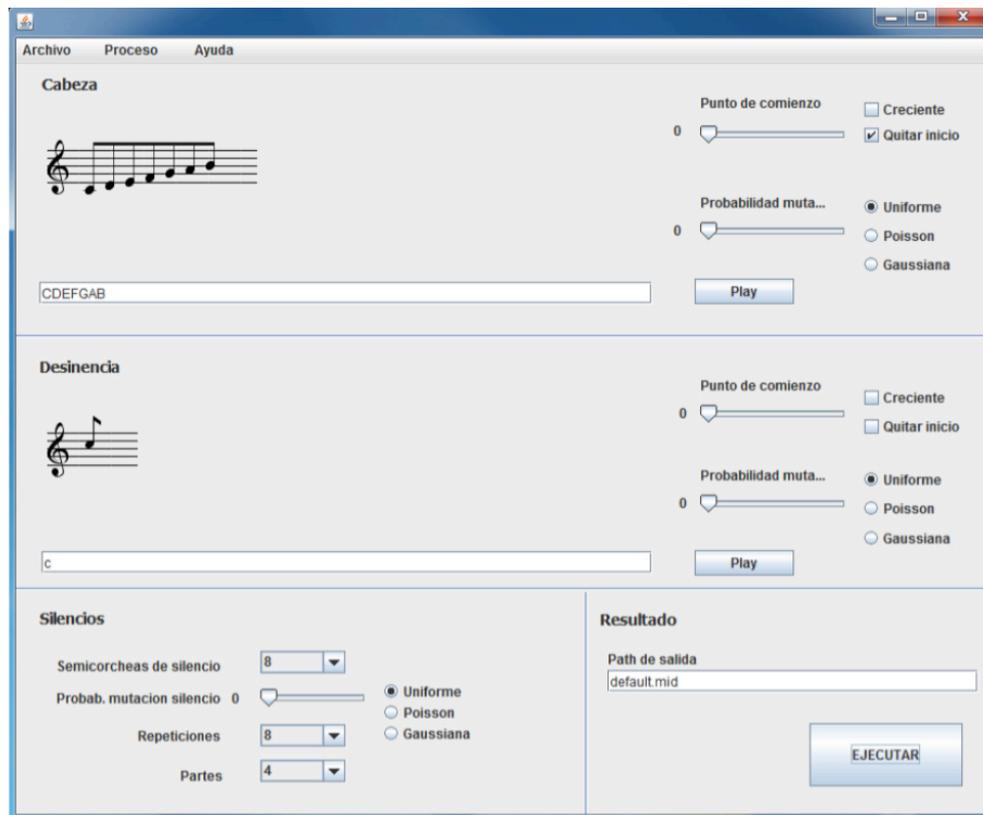


Ilustración 34: Music Prob 1.0. Variaciones de un motivo (Padilla Martín-Caro 2012, 81 - 82).

Esta fusión de roles que expone el autor supone una afirmación directa de una realidad presente en muchos ámbitos musicales. Hoy en día es fácilmente observable, por ejemplo, en las labores de producción en la música³³, donde en muchos casos las actividades del productor y del compositor están íntimamente conectadas, sino difuminadas por completo. Sin ir tan lejos, estamos comprobando ya la respuesta a algunas de las cuestiones principales de esta tesis.

Como aspectos positivos de este software, defiende el autor que son, por ejemplo, la experimentación inmediata de ideas y el ahorro de tiempo en realizar cálculos que a mano serían muy costosos. También formula la pregunta de si, por esta razón, pierde sentido la composición tradicional, a lo que responde:

Por supuesto que no. Simplemente, estamos tratando de aumentar las herramientas creativas. Si se nos permite el símil, en lugar de pintar con un pincel fino, estamos pintando con una brocha de mayor tamaño que nos garantiza un proceso coherente desde un punto de partida a uno de llegada, sin tener que fijarnos en mínimos detalles. Por supuesto que esta brocha gruesa se puede combinar con pequeños pinceles e incluso el cuadro puede tener zonas diferentes, pero esto es algo que pertenece a la creatividad, instinto y oficio del compositor. (Padilla Martín-Caro 2012, 105)

Deducimos de sus palabras que la intencionalidad del diseño de esta herramienta es surtir de más recursos creativos a la composición musical. El sistema se encargaría de plantear un proceso general dejando espacio al compositor para desarrollar su creatividad, es decir, su estilo en el detalle. Sin embargo, ponemos en duda la afirmación de que el sistema garantice un proceso compositivo coherente, ya que no creemos que este se vea determinado automáticamente por servirse de un cálculo matemático. Comprendemos que puede referirse a los procedimientos de variación del material que, en un análisis superficial, establece relaciones de contenido y, por lo tanto, una valoración de coherencia en el tratamiento, por ejemplo, motivico. El autor es consciente de esta problemática sobre la cual ya se pronunció al comienzo de su trabajo: "aún a riesgo de echarnos piedras sobre nuestro propio tejado, nos parece que lo más

³³ "Estudiar la "grabación-creación" de un producto musical conlleva necesariamente la revisión de los vínculos indisolubles que existen entre el artista-ingenieroproductor y la compañía discográfica que normalmente lo financia, y que finalmente lo comercializa." (Juan de Dios y Roquer 2020, 1)

interesante no es el presente trabajo en sí, sino lo que pudiera suscitar en la imaginación o creatividad de algún compositor o científico” (Padilla Martín-Caro 2012, 11).

Continuando con las herramientas de este autor, MusicNeural 1.0 es una aplicación en Java que “va a permitir generar líneas melódicas en base a composiciones o ideas previas” (Padilla Martín-Caro 2012, 168). Este software se construye con una red neuronal realimentada (recurrente).

MusicNeural genera, a partir de música preexistente, ideas musicales con rasgos similares a la idea original y, por lo tanto, resultan en parte predecibles. Podría utilizarse como una herramienta que crea variaciones en torno al material preexistente como se observa en la ilustración 35.

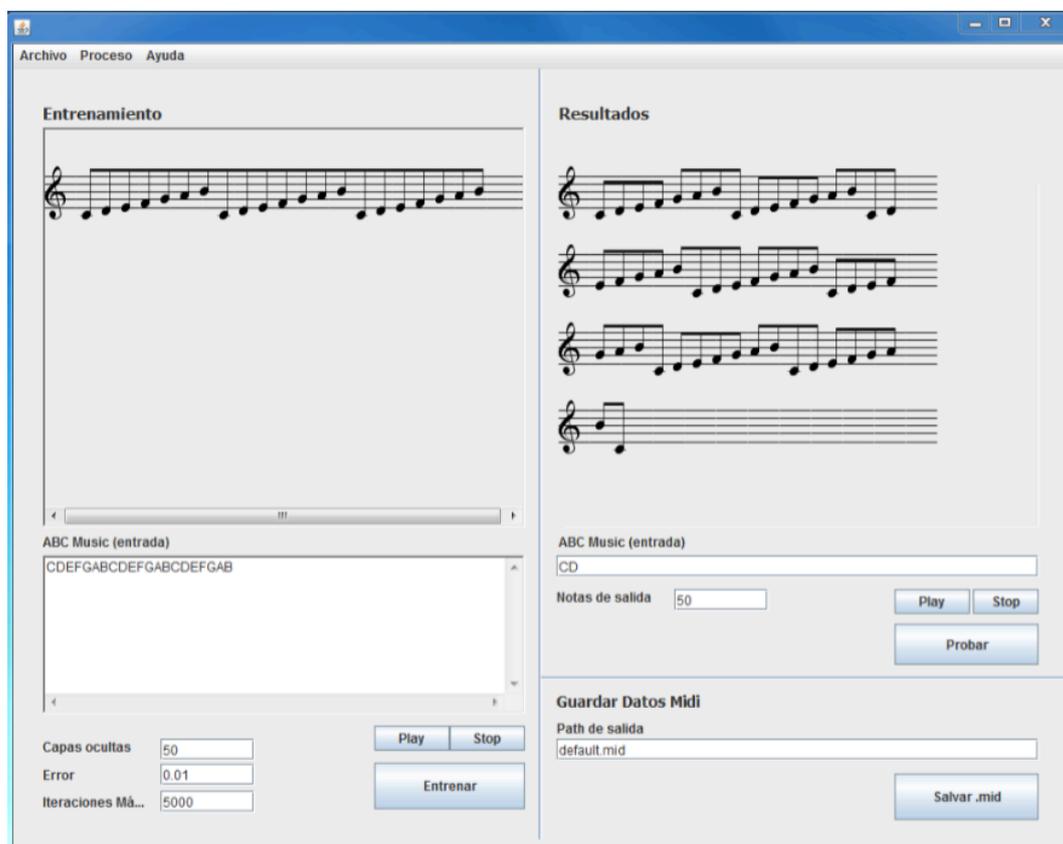


Ilustración 35: Music neural: variaciones de un tema (Padilla Martín-Caro 2012, 169).

El autor usa diversas composiciones de Bach para entrenar al programa con el fin de conocer las debilidades y fortalezas del sistema. Los resultados no se corresponden con el estilo de Bach debido a las exhaustivas normas compositivas que lo caracterizan y expone sobre MusicNeural que “emplearlo en música tonal sería complicado, pero las características del tema difuso o emborronado que se

establecen, así como la posibilidad de fusionar ideas musicales, puede ser muy interesante dependiendo del contexto” (Padilla Martín-Caro 2012, 180).

Daniel Brown comienza a experimentar en el mundo de la música adaptada con Mezzo en 2012, un programa que “escribe música en estilo romántico y en tiempo real para acompañar videojuegos” (Brown 2012), haciendo uso del leitmotiv. Sin embargo, será un poco más adelante cuando la música adaptada extenderá su presencia en la composición algorítmica.

En 2013 Jesús L. Alvaro y Beatriz Barros, desde la Universidad de Málaga, publican “A new cloud computing architecture for music composition”, donde presentan una herramienta compositiva construida con una arquitectura en la nube (en internet). Para ello explican dos maneras distintas de aplicarla en la composición: una en la que “se implementa un modelo complejo de composición simbólica con motivos y restricciones armónicas” y otra en la que “se lleva el venerable Csound a la nube” (Alvaro y Barros 2013, 430).

Tal y como lo defienden en su artículo, esta arquitectura en la nube sería la última generación en la historia de la investigación de la IA y en su aplicación en la composición musical, donde se da un “nuevo paradigma en el que la infraestructura y el software informático se proporciona como servicio” (Alvaro y Barros 2013, 430). Esto se conoce como SaaS, del inglés *Software as a Service*, a cuyo servicio se tiene acceso a través de internet y donde la información se almacena en servidores web. Al modelo computacional implementado en este servicio en la nube le llaman *Cmaas, Computer Music as a Service* y podemos verlo clasificado en la evolución histórica de sistemas que exponen en la ilustración 36 en la siguiente página.

Explican los autores que sus investigaciones sirven para crear arquitecturas versátiles para la investigación en este campo. Ceden una disponibilidad de estos servicios para crear distintos sistemas de música por ordenador en la nube, facilitando un trabajo cooperativo de diferentes servicios musicales. Para ello, la clave estaría en el uso de una “representación musical adecuada y bien definida para el intercambio de datos musicales en la nube” (Alvaro y Barros 2013, 431). Proponen MUSICJSON, una herramienta en la que estuvieron trabajando ellos mismos para este propósito.

SYSTEM	BASED ON	ARCHITECTURE
Common Music (Taube, 1991)	LISP Programming language	Stand Alone Application
Compoze (Henz et. al, 1996)	Constraintbased	
MuzaCazUza(Riberiro et. al, 2001)	CaseBased Reasoning	
Vox pópuli (Moroni et. al, 2000)	Evolutionary Computation Techniques	
SICIB (Morales-Manzanares et. al, 2001)	Compositional Grammar Rules	
Strasheela (Anders et. al, 2005)	Rule and Constraintbased	
Composer (Laske, 1990)	Blackboard Architecture	Complex Architecture
Inmamusycs (Delgado et al, 2009)	Multiagent system	
Roboser (Wassermann et. al, 2000)	Neural networks and algorithmic composition	Client server Model (or related)
Fmol (Jorda & Wust , 2001)	FMOL file format (XML)	
Daisyphone (Bryan-Kinns, 2004)	MIDI Loops	
EvSystem (Alvaro, et. al 2005)	Ontologybased model	
CODES (Manara et. al, 2005)	Cooperative Music Prototype	
Febos (Lopez, et. al 2010)	Service oriented	
CMAaS (this paper)	Ontologybased model Multiagent system Serviceoriented	Cloud Computing Architecture

Ilustración 36: Algunos sistemas anteriores al CMAaS (Alvaro y Barros 2013, 430)

Sin detenernos demasiado en la descripción de la arquitectura del sistema, procedemos a un análisis de las dos aplicaciones propuestas por los autores al principio del artículo. A la primera la llaman “Diatonic Composer”, resulta de una suma de trabajos de los autores y se centra en un concepto de composición musical tradicional con una forma de notación estándar. Sin embargo, tal notación no se centra en la escritura individual de cada nota, sino que “el proceso creativo se eleva a altos niveles de abstracción, más cerca de la idea musical en la mente del compositor” (Alvaro y Barros 2013, 438). La segunda aplicación se llama “Csound meets the Cloud”, centrada en la síntesis del sonido y presentada como novedad.

Vamos a detenernos ahora un poco más sobre lo que significan estas afirmaciones y de qué manera el programa contribuye a estos aspectos:

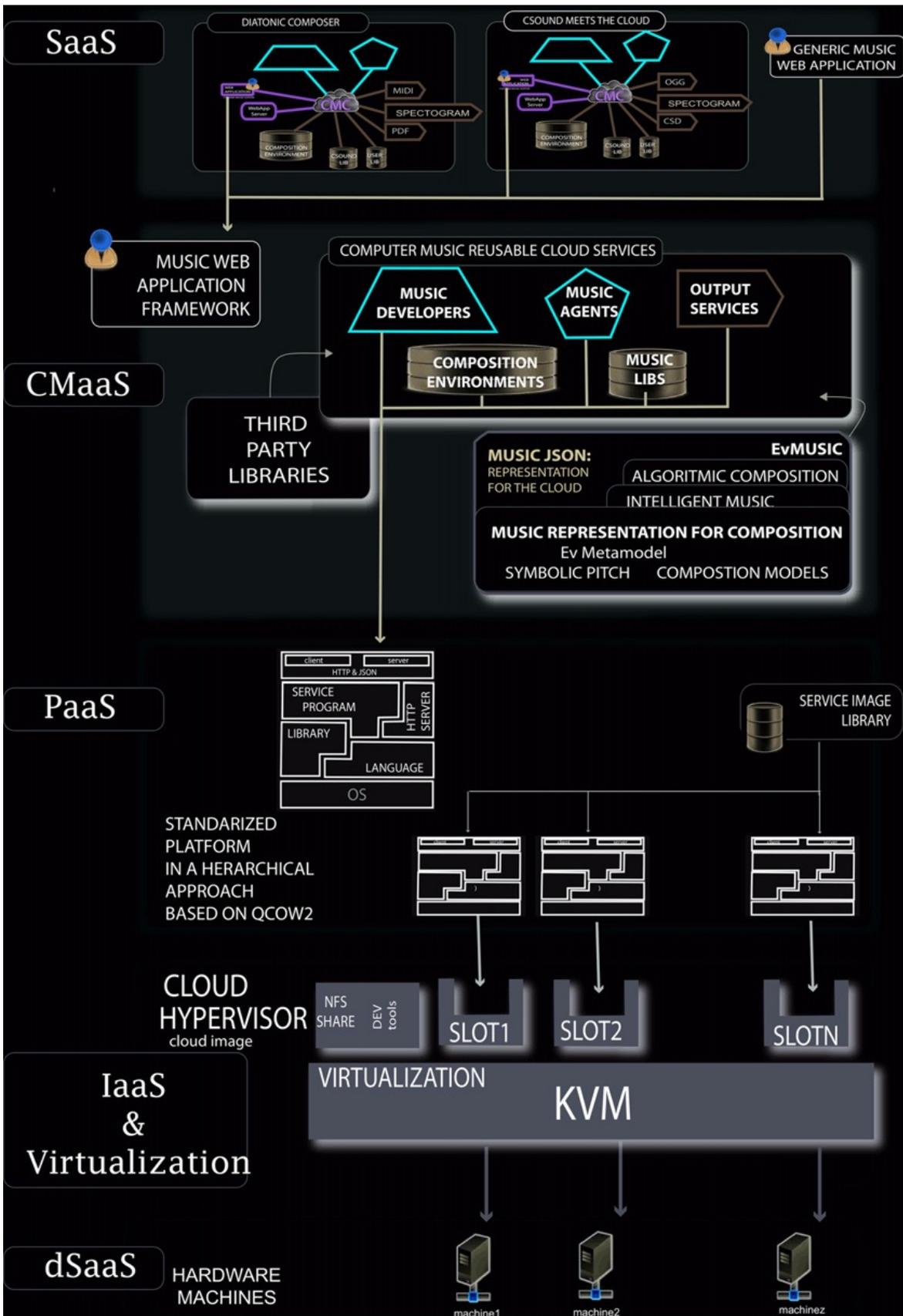


Ilustración 37: Arquitectura de computación en la nube propuesta para la nube de música por ordenador (Alvaro y Barros 2013, 432).

Diatonic composer crea piezas musicales combinando distintos motivos diatónicos. Explican los autores que el motivo, al ser una unidad mínima de significado reconocible, proporciona relaciones de similitud entre los mismos dando la estructura a la composición, siendo a nivel de representación musical, una “entidad musical perteneciente a un nivel más alto de abstracción, ya que está formado por un grupo de notas” (Alvaro y Barros 2013, 438).

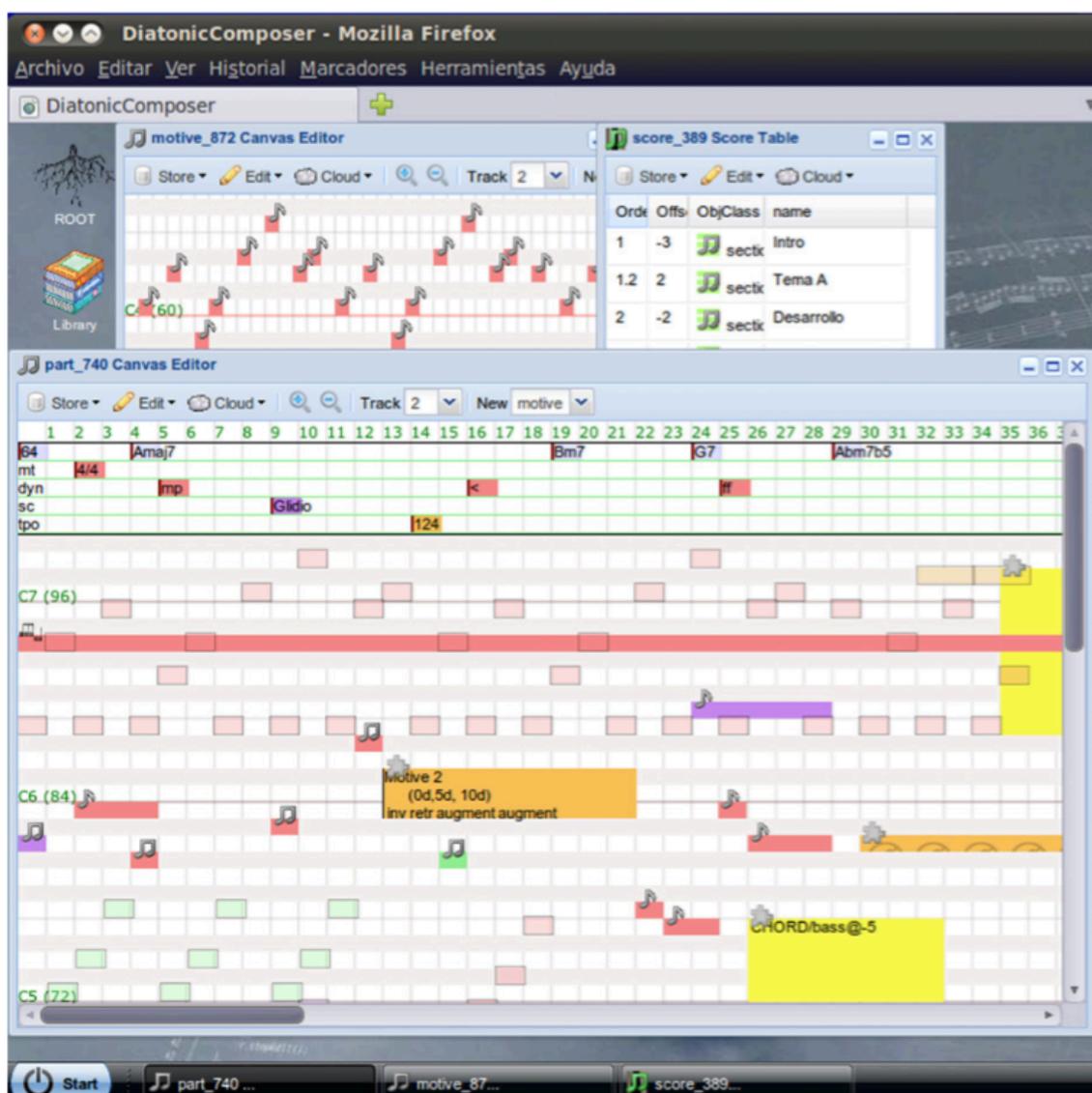


Ilustración 38: Aspecto de Diatonic Composer (Alvaro y Barros 2013, 439)

Respecto a la altura de las notas, no resulta absoluta, ya que su valor final se modifica según las restricciones armónicas.

Esta aplicación subiría este modelo de composición a la nube, donde el uso de la librería está facilitado por acciones de “arrastrar y soltar”.

En la ilustración 38 de la página anterior pueden observarse distintas paletas. En la parte baja de la imagen se ven los diferentes eventos que tienen lugar en la sección diatónica: en primer lugar, notas individuales que se posicionan según los dos ejes, de tiempo (x) y de altura (y). En segundo lugar, los grupos de eventos (editables en otra subventana) que se identifican con un icono de dos corcheas y, por último, los segmentos motivicos, señalados con el icono de una pieza de puzle. En la parte superior se encontraría la zona donde se aplican las restricciones armónicas a la sección diatónica. Como output se ofrecen cuatro formatos: el MIDI, PNG, PDF y MusicJSON.

En definitiva, el modelo compositivo consiste en arrastrar una serie de eventos (la nota diatónica, un grupo de subeventos al que llaman “parte” y el segmento motivico) que se distribuyen en una paleta de dos variables, el tiempo y la altura. Todos estos eventos son editables al detalle y se ven representados, como hemos descrito anteriormente, con iconos. Sobre la primera afirmación de los autores acerca de que, de esta manera, “el proceso creativo se eleva a altos niveles de abstracción, más cerca de la idea musical en la mente del compositor (Alvaro y Barros 2013, 438)” no comprendemos la relación entre que un mayor nivel de abstracción pueda acercarse más a la idea mental del compositor, o al menos de una manera más eficiente que el sistema de notación musical tradicional. Este sistema sí facilita la experimentación sonora al usuario que no posea conocimientos musicales, pero no lo percibimos como una mejora al acercamiento a la idea mental del compositor.

Respecto a la segunda aplicación del sistema, “Csound meets the cloud”, que se centra en la síntesis del sonido, ya no se utilizarían los elementos iconográficos de la misma forma que en Diatonic Composer, sino que se sirve de “elementos sonoros”. Estos elementos sonoros pueden ser modificados en sus parámetros de altura, intensidad, panoramización, reverb, etc.

Los autores presentaban esta segunda aplicación como una novedad. Entendemos que la novedad reside en esta arquitectura SaaS (*Software as a Service*) aplicada en la composición, ya que afirman que, hasta donde llegan a saber, su trabajo “es la primera aproximación a una arquitectura de música por ordenador basada en servicios musicales” (Alvaro y Barros 2013, 438).

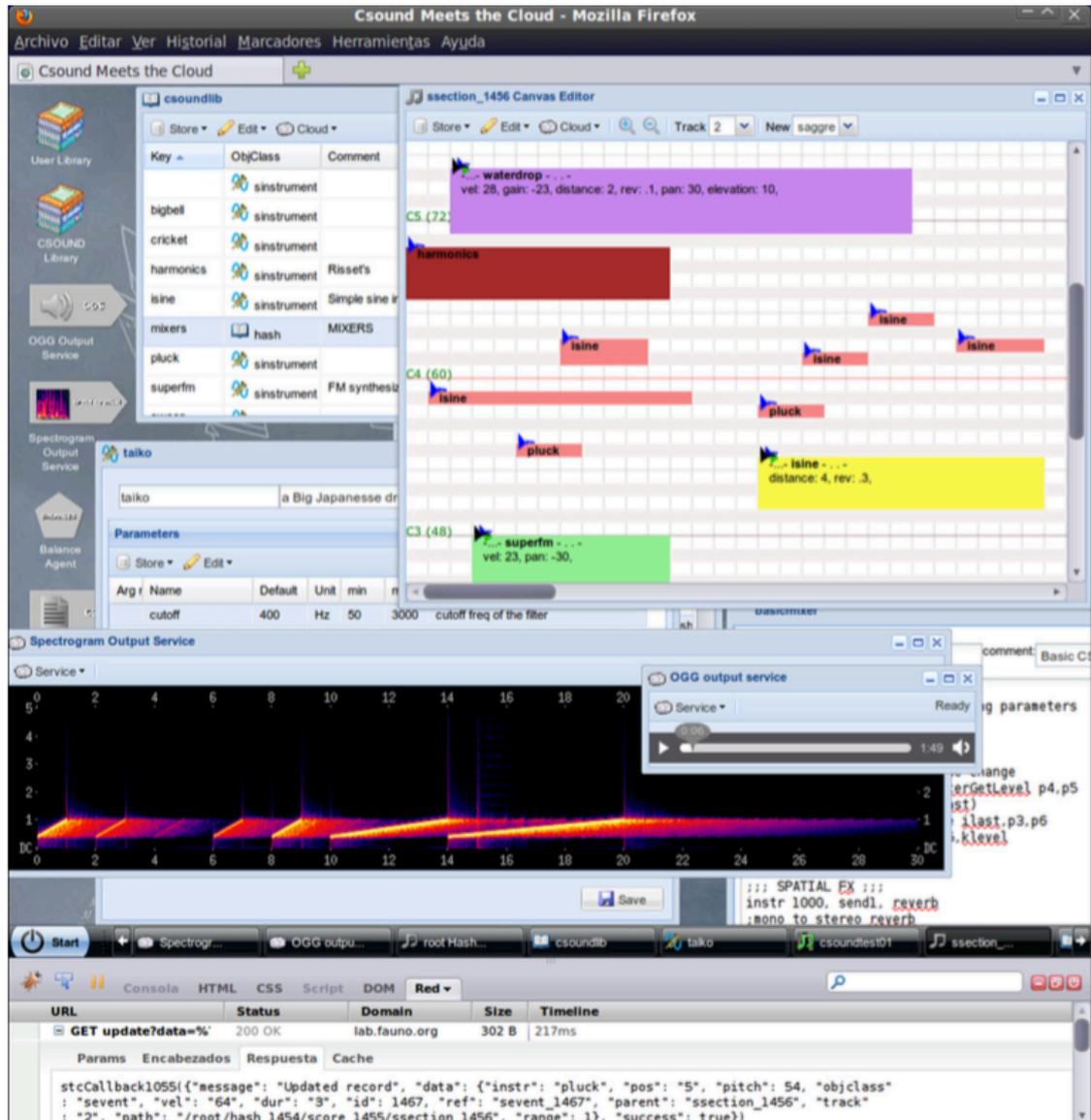


Ilustración 39: CSOUND meets the cloud (Alvaro y Barros 2013, 441)

Durante este mismo año un grupo de programadores de la India presentan un algoritmo con la intención de crear música en la que “el usuario no pueda discernir la composición del ordenador de una obra de arte humana” (Malgaonkar *et al* 2013).

La implementación del algoritmo, llamado Concord, se produce en JAVA con JFugue, un recurso Java API (Application Programming Interface). Las funciones que se pueden llevar a cabo en este sistema son las siguientes (lenguaje JAVA) (Malgaonkar *et al* 2013, 4-5):

- Public static String generateRhythmBar: Que varía la sincronización acoral con una combinación rítmica aleatoria dentro de un compás.
- Public static void generateRhythm: Añade ritmo repitiendo patrones compás por compás a lo generado por la función anterior.
- Public static void useRhythmTimes: Especifica la octava en la que se tocará el acorde y por qué instrumento.
- Public static void patternGenerateRhythm: crea variaciones rítmicas aleatorias en la sincronización de cada nota hasta completar un compás.
- Public static void generateMelody: añade una melodía a cada compás.
- Public static void useMelodyTimes: selecciona una octava aleatoria e interpreta la melodía.
- Public static void patternGenerateMelody: divide los compases dados en una suma aleatoria de uno o dos repitiendo los patrones una o dos veces.
- Public static String generateBassBar: genera una línea de bajo.
- Public static void generateBass: la línea de bajo se lleva al output a través del canal V3.
- Public static void generateBeat: genera un ritmo.

Como interfaz gráfico usa Swing. El usuario puede seleccionar los 4 instrumentos (rítmico, melódico, bajo y percusión) que desea de entre 128 sonidos MIDI, especificar la tonalidad, el tempo y la duración de la pieza.

También durante 2013 Alamgir Naushad y Tufail Muhammad publican un artículo donde exploran la posibilidad de generar música que se adapte, en tiempo real, a las condiciones de un personaje, como el nivel de energía o la puntuación, o al escenario de un videojuego. Para ello, comentan la necesidad de focalizar la atención en los algoritmos evolutivos de inspiración biológica (Naushad y Muhammad 2013, 6).

$$v = \begin{cases} \alpha & \text{if } \tau \leq 1 \delta \delta \sigma \leq 20 \delta \delta p < 2000 \delta \delta \mu \leq 2 \\ \beta & \text{if } \tau \geq 4 \delta \delta \sigma \geq 80 \delta \delta p < 8000 \delta \delta \mu \geq 8 \\ \gamma & \text{if } \tau \leq 3 \delta \delta \sigma \leq 50 \delta \delta p < 5000 \delta \delta \mu < 6 \\ \varphi & \text{Else} \end{cases}$$

Ilustración 40: Representación de equivalencias (Naushad y Muhammad 2013, 8).

En la ilustración 40, τ equivale a la vida del jugador, σ a la energía, ρ a la puntuación y μ al nivel del juego, α correspondería a música triste, γ a “normal”, β a feliz y φ a enfadada. Con estos valores, generan una matriz y comparan los datos según unas condiciones predeterminadas. Si estas condiciones coinciden, la música suena.

En el apartado de resultados experimentales se generan aleatoriamente las condiciones de vida, energía, nivel y puntuación para distintos personajes. Al final obtienen como resultado una música que debiera cumplir las condiciones de feliz, triste, enfadada o “normal”. Para conocer el éxito de los resultados, someten la música a evaluación por parte de 7 sujetos. En la encuesta tienen que puntuar del 1 al 3 (1→ no me gusta, 2→ normal, 3→ me gusta), en comparación, la música adaptada o la estática. Al “71% de los sujetos les ha gustado más aquellos contenidos musicales creados por la generación de música adaptada” (Naushad y Muhammad 2013, 8).

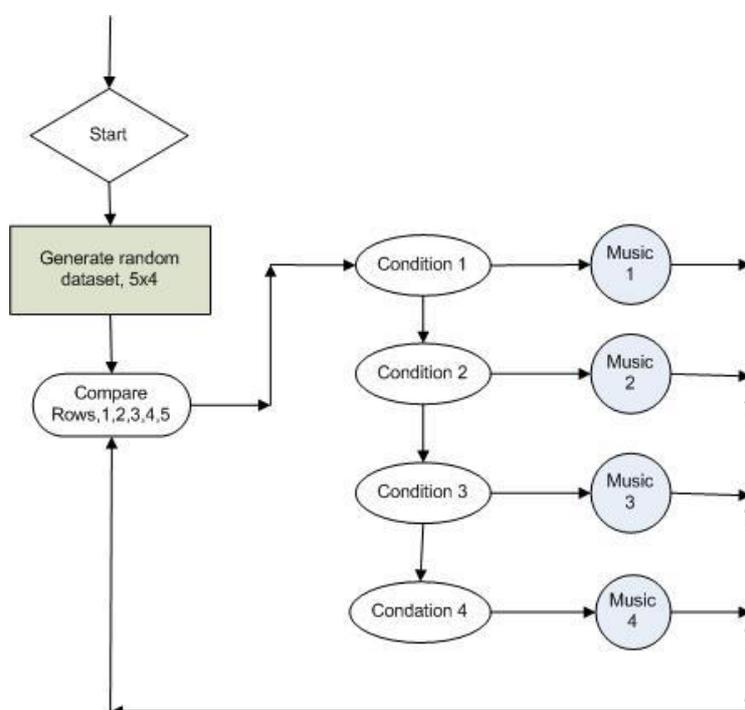


Ilustración 41: Diagrama de la generación de la música adaptada (Naushad y Muhammad 2013, 8).

Es interesante destacar, en esta descripción cronológica de las herramientas tratadas a lo largo de este apartado, cómo se van mimetizando progresivamente los avances globales de la tecnología con la composición musical, tanto en el diseño de las herramientas como en el tipo de uso que se les da. En el artículo anterior los autores comentaban, en el extracto inicial, cómo “la industria del videojuego ha pasado a ser una industria multimillonaria en todo el mundo” (Naushad y Muhammad 2013). Naturalmente, todos aquellos aspectos que pertenezcan al marco del videojuego sufrirán notables mejoras, por ejemplo, a nivel gráfico, virtual y espacial, por lo que la música, como otro elemento fundamental,

necesitará adaptarse a tales condiciones. La inteligencia artificial irá abriendo caminos donde la música ha de explorar las nuevas posibilidades en simbiosis con sus descubrimientos tecnológicos, como por ejemplo la composición en vivo o adaptada.

Precisamente Timothy Adam elabora una tesis donde presenta una herramienta que busca adaptar la música a los cambios de estado de ánimo durante la participación en el juego, de una forma similar al ya mencionado GhostWriter³⁴ (Wiggins *et al* 1998). Este recurso de la música adaptada aparece como solución a una música compuesta que sonaba repetitivamente en los escenarios del videojuego, buscando variedad según el cambio de ciertos parámetros activos en el juego.

Sin embargo, el aspecto más relevante que se puede percibir en su investigación es la motivación por la que diseña tal herramienta. Explica que el funcionamiento de la industria del videojuego se caracteriza por sufrir ciertas limitaciones de producción y presupuesto a ciertos niveles, especialmente en las *game jams*³⁵, donde es prácticamente imposible contar con un compositor humano para cubrir la banda sonora del videojuego en tan breve espacio de tiempo. Añade además que “contar con un músico o un ingeniero de sonido en el equipo no garantiza una buena integración con el tempo del juego, la lógica o el input del usuario” (Adam 2014, 1). Mucho menos si se busca crear una música adaptada a los parámetros variables del videojuego.

La herramienta que presenta T. Adam se llama AUD.js, un sistema Java API “capaz de generar 10.000.000 de piezas musicales distintas debido a un generador de números aleatorios” (Adam 2014, 2) en el estilo Chiptune³⁶. Además afirma que, “en lugar de tener a un compositor, un equipo podría conformarse con escribir

³⁴ Ver página 104.

³⁵ Una *game jam* es un evento donde se crea un videojuego en un periodo de tiempo relativamente corto explorando las restricciones de diseño dadas y donde los resultados finales se comparten públicamente (Kultima 2015, 9).

³⁶ La música chiptune puede definirse como el conjunto de prácticas de producción e interpretación musical que emplean chips de sonido de antiguos ordenadores domésticos y consolas de videojuegos como elemento fundamental. Chiptune es, básicamente, música hecha con chips (Márquez 2012, 4).

algunas funciones para darle una banda sonora a su videojuego” (Adam 2014, 2) reduciendo así la presión y el estrés del trabajo, pudiendo también ser aplicada en más videojuegos independientemente del género.

AUD.js se construye en WebkitAudio (una aplicación en Java para manipular audio en la web).

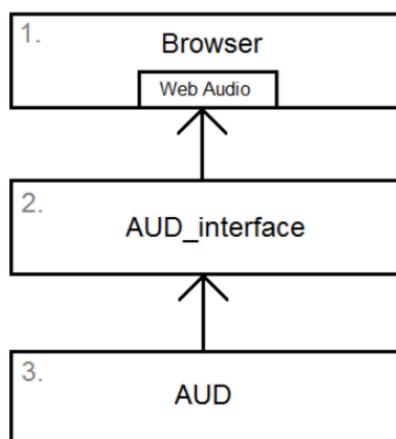


Ilustración 42: Diseño del software de AUD.js. 1. El buscador web en el que se ejecuta AUD.js. 2. El sintetizador de audio. 3. El módulo AUD en sí mismo, el cual contiene el código de generación y la API (Adam 2014, 10).

En la ilustración 43 se observa el aspecto del programa. En el botón de generar se combinan aleatoriamente una serie de valores para los conceptos de estrés y energía y, entonces, una pieza es compuesta. Para ello, el nivel de estrés es controlado por la cantidad de consonancias o disonancias en la música y la energía se modifica según el ritmo y el tempo.

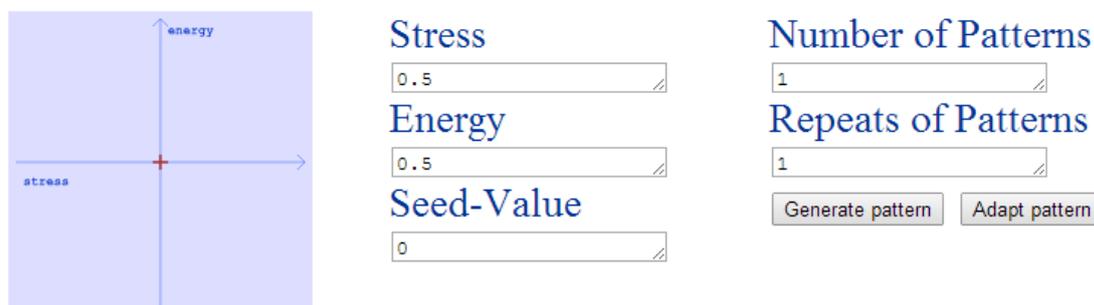


Ilustración 43: AUD.js (Adam 2014, 16).

A lo que se conoce como *seed*, un número desde el que se crean distintas combinaciones probabilísticas aleatorias, se le atribuye la propiedad de asegurar la originalidad de la pieza y que no se repitan resultados. La música tendrá en

principio una duración de 4 compases con la figuración máxima de corcheas. La función de 'repetición de patrones' se encargará de indicar cuántas veces pueden repetirse las notas generadas en esos 4 compases.

En el botón de adaptar dicha pieza se modifica a otros parámetros de estrés y energía. El autor proporciona un enlace para probar la herramienta en <http://timotheyadam.com/AUD/> pero ya no está disponible, aunque sí se puede encontrar el código en <https://github.com/Trayus/AUD>.

También la herramienta dispone de una interfaz de usuario (UI: *User Interface*), donde se ven gráficamente las notas en una estructura de tabla donde se representan las distintas voces o instrumentos en las filas horizontales y el pulso (beat) en las columnas verticales.

El proceso comenzaría aplicando un número aleatorio a la casilla de *seed-value* y el sistema decidiría, también aleatoriamente, la nota más grave a interpretar, cuándo y dónde enviar los patrones y qué tipo de transiciones usar entre los mismos. El siguiente paso sería elegir la instrumentación.

Para decidir qué notas deben ser elegidas se aplican tablas de eliminación (ilustración 44), donde se estudian las probabilidades de enlace entre notas y donde se descartan las opciones no compatibles. Posteriormente se utilizan unas tablas de prevalencia con 12 entradas (una por nota) donde se estipulan las probabilidades de elección resultante.

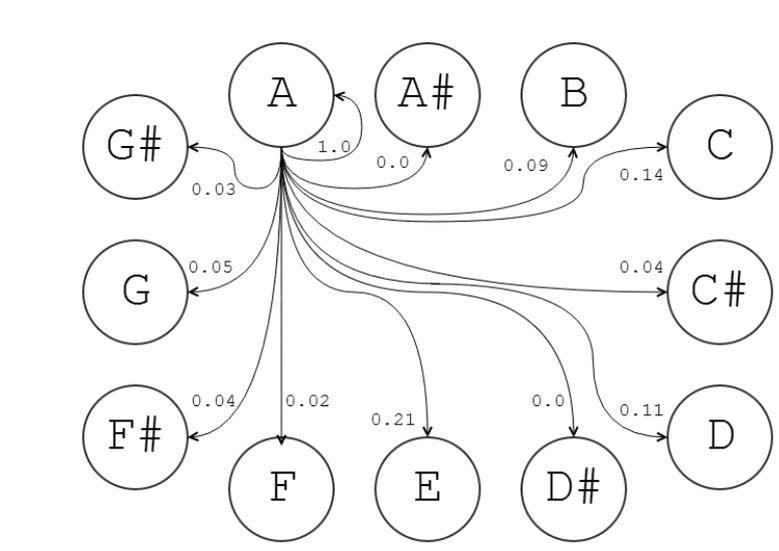


Ilustración 44: Tabla de eliminación (Adam 2014, 24).

	M0											
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Instr. 1 (Percussion)	C0		C0									
Instr. 2 (Percussion)	C0											
Instr. 3 (Melody 1)	G1								C1			
Instr. 4 (Melody 1)					D2				G2			
Instr. 5 (Melody 1)												
Instr. 6 (Melody 1)												
Instr. 7 (Melody 2)												
Instr. 8 (Melody 2)	C2				D3				C3			
Instr. 9 (Melody 2)	G1		G2		G2		G1		D3		G2	
Instr. 10 (Melody 2)												
Instr. 11 (Melody 3)												
Instr. 12 (Melody 3)												
Instr. 13 (Melody 3)												
Instr. 14 (Melody 3)												
Instr. 15 (Melody 4)												
Instr. 16 (Melody 4)												
Instr. 17 (Melody 4)												
Instr. 18 (Melody 4)												

Ilustración 45: Lectura de instrumentación (Adam 2014, 17).

Para evaluar resultados, el autor realiza una encuesta sobre AUD.js en dos eventos distintos para analizar si el programa mejora la experiencia del juego y si la música se adapta a la emoción adecuada. Entre las respuestas de los encuestados el autor obtiene como conclusión que “los jugadores no disfrutaron el estilo chiptune de la música generada por AUD.js” (Adam 2014, 31) y que sólo un 40% notaron que la música se adaptaba al videojuego. En resumen, “los jugadores no disfrutaron la música demasiado” (Adam 2014, 32) y, comprobando las gráficas que aporta en su tesis, los encuestados prefieren los resultados sin AUD.js.

En conclusión, entendemos que el programa presenta varios problemas que Adam atribuye al sonido Chiptune y no tanto con el resultado musical, el cual no podemos valorar ya que solo adjunta los datos de la encuesta y no audios o muestras directas de las composiciones. Cabe decir que la intención inicial era la adaptación de la música a los estados del juego, sin embargo, en el apartado de conclusiones afirma directamente el fracaso en este aspecto: “en términos de

calidad musical, AUD.js no actúa tan bien como la música compuesta, pero que los tests muestran que AUD.js se acerca en proveer una calidad musical adecuada". Llegados a este punto, cuestionamos la validez del argumento expuesto al inicio de la descripción de AUD.js como "capaz de generar 10.000.000 de piezas musicales distintas debido a un generador de números aleatorios" (Adam 2014, 2), ya que no siendo resultados efectivos sólo resultarían combinatorias o posibilidades y no piezas musicales como afirma.

Por último, en el apartado de conclusiones, expone lo siguiente:

[...] Los desarrolladores no necesitan conocimiento teórico-musical y tampoco gastar tiempo en buscar música compuesta. [...] En el futuro, con la mejora de calidad en AUD.js, podría ser una herramienta valiosa para la producción de juegos de bajo presupuesto. Muchos desarrolladores independientes tampoco pueden permitirse un compositor o no pueden encontrarlo. Desde que AUD.js es un recurso abierto y de uso gratuito, podría ser una solución perfecta: proveería a los juegos con música gratis y requeriría muy poco tiempo del desarrollador. (Adam 2014, 43)

Por lo tanto, cabría valorar el trabajo de Adam como un intento más en el camino de las herramientas automáticas, considerando que, aunque fallido, establece las premisas ideológicas de los usos futuros de este tipo de herramientas y de los aspectos que podría proveer si se continúa trabajando en las mejoras de un programa como este.

Anthony Prechtl presenta en 2015 su tesis "Generación de música adaptada para juegos de ordenador" por The Open University (UK). En ella explora las limitaciones de las bandas sonoras de los videojuegos convencionales y desarrolla un generador musical basado en el modelo Markov para crear música en tiempo real acorde a los parámetros introducidos. Al final del trabajo incluye una evaluación de resultados a través de una encuesta, donde además analiza las reacciones cutáneas de los participantes mediante una tecnología especializada.

En primer lugar, el autor trabaja sobre un prototipo de la herramienta con una matriz de transición 7x7, representada en la ilustración 46, que corresponden a 7 acordes diatónicos con probabilidad de 0 a 1. Los parámetros de input manejados son el modo (Do mayor o la menor natural = 1/0), el tempo (BPM) y la velocidad (intensidad de la nota = 0,...,1).

		C maj	D min	E min	F maj	G maj	A min	B dim
C major	C maj (I)	0	0	0	0.44	0.44	0	0.11
	D min (II)	0.31	0	0	0.31	0.31	0	0.08
	E min (III)	0.31	0	0	0.31	0.31	0	0.08
	F maj (IV)	0.44	0	0	0	0.44	0	0.11
	G maj (V)	0.8	0	0	0.16	0	0	0.04
	A min (VI)	0.31	0	0	0.31	0.31	0	0.08
	B dim (VII)	0.71	0	0	0.14	0.14	0	0
A minor	C maj (III)	0	0.31	0.31	0	0	0.31	0.08
	D min (IV)	0	0	0.44	0	0	0.44	0.11
	E min (V)	0	0.16	0	0	0	0.8	0.04
	F maj (VI)	0	0.31	0.31	0	0	0.31	0.08
	G maj (VII)	0	0.31	0.31	0	0	0.31	0.08
	A min (I)	0	0.44	0.44	0	0	0	0.11
	B dim (II)	0	0.14	0.71	0	0	0.14	0

Ilustración 46: Matriz de transición (Prechtl 2015, 28)

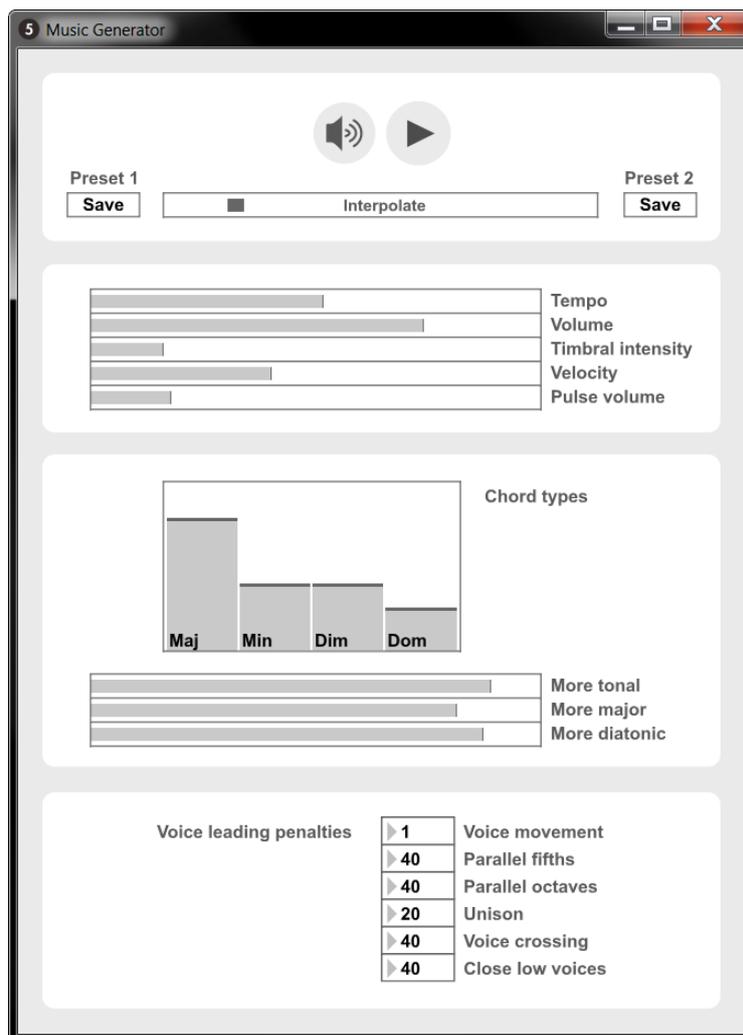


Ilustración 47: GUI del generador musical (Prechtl 2015, 37).

En la versión posterior del generador musical, revisada, se añade un algoritmo para el movimiento de las voces “que ayuda a asegurar que los acordes se arreglan más naturalmente” (Prechtl 2015, 36). El lenguaje utilizado es Java y con una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, *Graphical User Interface*) donde se pueden manejar los parámetros de input (ilustración 47).

En esta versión revisada la tabla de transición pasa a ser de 48x48, incluyendo acordes mayores, menores, disminuidos y de séptima de dominante contruidos desde el total cromático.

El input “more tonal” controla que los acordes utilizados pertenezcan más o menos a una tonalidad, esto es incidiendo sobre sus acordes más representativos o acordes tonales, y “more mayor” determina “si debe reflejarse la tonalidad Mayor o menor o una combinación de ambas”. En su valor mínimo se ajustaría a La menor y mientras se va aumentando se iría acercando a Do Mayor.

El juego utilizado para comprobar la efectividad del generador musical es “Escape Point”, que fue especialmente diseñado por razones de la investigación, es decir, con propósitos analíticos musicales. Para ello, la cantidad de tensión varía según la proximidad del jugador al enemigo, que el autor entiende como “representable en el modelo de valencia/excitación, con un incremento de tensión equivalente a un descenso en valencia e incremento en excitación” (Prechtl 2015, 30). Al modelo al que se refiere es al que pertenece a la ilustración 48, presentada a continuación, donde observamos la relación entre los modelos y los parámetros musicales de modo, tempo e intensidad.

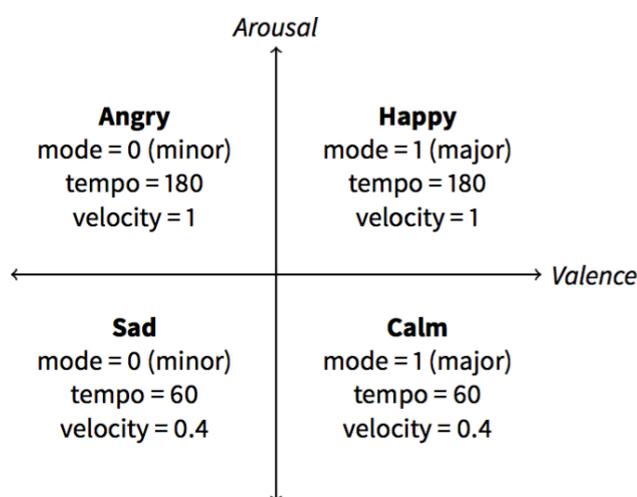


Ilustración 48: Parámetros asociados a emociones (Prechtl 2015, 29)

Los resultados de las encuestas demuestran que los participantes prefieren la música adaptada a la música estática en los videojuegos y que, además, les resulta más tensa y excitante. Sin embargo, no se presentan datos relevantes respecto a una evaluación de la calidad de la música en la fase de escucha.

En 2016 Hang Chu, Raquel Urtasun y Sanja Fidler presentan “Song from PI: a Musically Plausible Network for Pop Music Generation”. En el artículo asientan la transición entre los sistemas de IA que, en general, trabajaban la monofonía y los que exploraban mejores sistemas para componer polifónicamente, como es el ejemplo de Boulanger-lewandoski (Boulanger-lewandoski *et al*, 2012).

Parameter	Low Tension	High Tension
More major chords	0.3	0.1
More minor chords	1	1
More dominant chords	0.5	0.5
More diminished chords	0.5	1
More tonal	1	0.2
More major rules	0	0
More diatonic	1	0
Tempo	60 BPM	120 BPM
Volume	0.3	0.6
Velocity	0.4	1
Timbral intensity	0	1
Pulse volume	0	1

Ilustración 49: Parámetros establecidos en *Escape Point* para el generador musical (Prechtl 2015, 57).

En 2016, un grupo de investigadores de Google Brain, del MIT y de la Universidad de Cambridge publican un artículo sobre el uso de RNN con aprendizaje reforzado para generar música. En él hacen un análisis retrospectivo y comentan las debilidades del aprendizaje supervisado, especialmente sobre su poca eficiencia en la creación de una estructura global coherente. Proponen este aprendizaje reforzado como mejora de lo anterior.

Previamente, las RNN se usaban para crear líneas monofónicas, basadas en una estructura de predicción por nota, junto a la LSTM (*Long Short-Term Memory*), pero efectivamente carecían de una estructura global coherente. Para refinar la composición con el aprendizaje reforzado, tal y como defienden en este artículo, funcionan tres subredes de la *Note RNN* principal: una *Q-network*, una *Target Q-network* y una *Reward RNN*. Esta última:

se usa para computar la probabilidad de tocar la siguiente nota aprendiendo de la *Note RNN* original. Aumentamos las recompensas sobre la aplicación de la teoría musical con este valor probabilístico, de modo que la recompensa total refleje tanto las imposiciones de estilo como la información aprendida de los datos. (Jaques 2016)

Las imposiciones teóricas de su sistema son, por ejemplo, que todas las notas deben pertenecer a la misma tonalidad y que la composición debe empezar y acabar con la tónica. Por otro lado, también se penalizan las repeticiones excesivas o los intervalos raros como 7^{as} aumentadas:

No afirmamos que estas características sean exhaustivas, estrictamente necesarias para una buena composición o incluso que sean particularmente interesantes. Simplemente sirven al propósito de guiar nuestro modelo hacia la estructura de composición tradicional. Por lo tanto, es crucial aplicar nuestro marco para retener el conocimiento aprendido de canciones reales en los datos de entrenamiento. (Jaques 2016)

El entrenamiento se produce con una base de 30.000 canciones en MIDI a las que se le extraen partes melódicas y se codifican según la altura y duración. Luego, analizan estadísticamente los resultados (100.000 composiciones) y en porcentaje muestran, en la ilustración 50, cuánto se han respetado las normas teóricas:

Metric	Note RNN	Q	Ψ	G
Notes not in key	0.09%	1.00%	0.60%	28.7%
Mean autocorrelation - lag 1	-.16	-.11	-.10	.55
Mean autocorrelation - lag 2	.14	.03	-.01	.31
Mean autocorrelation - lag 3	-.13	.03	.01	.17
Notes excessively repeated	63.3%	0.0%	0.02%	0.03%
Compositions starting with tonic	0.86%	28.8%	28.7%	0.0%
Leaps resolved	77.2%	91.1%	90.0%	52.2%
Compositions with unique max note	64.7%	56.4%	59.4%	37.1%
Compositions with unique min note	49.4%	51.9%	58.3%	56.5%
Notes in motif	5.85%	75.7%	73.8%	69.3%
Notes in repeated motif	0.007%	0.11%	0.09%	0.01%

Ilustración 50: Estadísticas de adherencia a las reglas de la teoría musical basadas en 100.000 composiciones iniciadas aleatoriamente, generadas por cada modelo. (Jaques et al 2016, 7).

En negrita se resaltan los resultados que mejoran los datos de la *Note RNN*. Como se puede observar, la aplicación del aprendizaje reforzado corrige casi todos los fallos. También, “el grado de mejora de estas medidas se relaciona con la magnitud de la recompensa dada por el comportamiento” (Jaques *et al* 2016, 7). Justifican así el bajo valor de mejora respecto a comenzar y acabar con la tónica, ya que sólo aplicaron un valor de recompensa para ese parámetro de 3, mientras que para la repetición excesiva de notas aplicaron una penalización de -100.

En el siguiente enlace, goo.gl/XIYt9m, se pueden escuchar las composiciones comparando los resultados de las RNN sin aprendizaje reforzado. Ciertamente puede notarse la mejoría de las melodías con aprendizaje reforzado, sonando más coherentes que la aleatoriedad que demuestran las anteriores. Aun así, el oyente se percata de lo complicado que debe ser alcanzar estos mínimos objetivos, ya que datan de 2016 y todavía genera la expectación de lo que podrán conseguir en un futuro; no en vano, se trata de melodías muy simples para el momento.

Los sistemas multiagente (MAS, Multi Agent Systems) “se definen como un sistema que comprende dos o más agentes, los cuales cooperan los unos con los otros para alcanzar objetivos locales” (Xie y Liu 2017) y aparecen como solución a las, cada vez más, complejas tareas de la inteligencia artificial. El agente se define como “un sistema computacional que se sitúa en un ambiente en el que es capaz de realizar acciones autónomas y realizar sus objetivos” (Xie y Liu 2017).

Los algoritmos evolutivos “que generalmente sufren de una lenta convergencia para buscar una solución suficientemente precisa debido a su incapacidad para explotar la información local” (Muñoz *et al* 2016, 2) limitan su utilidad en muchos problemas de mayor escala donde el tiempo computacional importa. Los MAS demuestran ser más eficientes a este respecto.

Precisamente de una colaboración entre investigadores de la Universidad de Salamanca y del Laboratoire d’Informatique de Grenoble nace un sistema que propone secuencias armónicas con la pretensión de ayudar a compositores novatos a elaborar melodías, ya que aún no dispondrían de los conocimientos necesarios para aplicar las normas e imposiciones de estilo en sus composiciones. Los autores confían en los sistemas multiagente como una nueva y mejor vía para la elaboración de la armonía con tal propósito.

El algoritmo utilizado (HSA, Harmony Search Algorithm) se encarga de componer con la función de optimización como primer paso, es decir, de buscar un resultado ideal. Para ello se sirve de una memoria (HM, Harmony Memory) que va guardando las posibles soluciones, las cuales se verán evaluadas y reemplazadas por otras mejores gracias al establecimiento de un límite de error variable (ya que, aunque las quintas paralelas se introducen como restricción, el usuario puede manipular el nivel de exigencia sobre estas normas).

La estructura de este sistema multiagente, por lo tanto, se organiza según la interacción de distintos roles y agentes especializados:

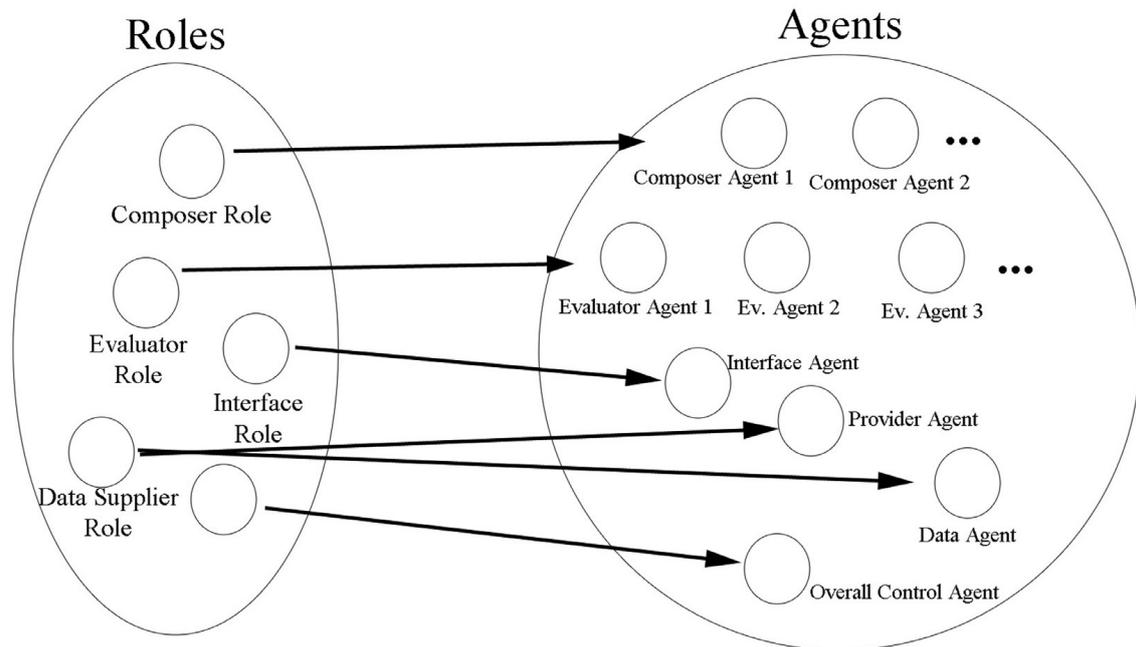


Ilustración 51: Esquema que representa cómo los roles son implementados por varios agentes (Navarro, Corchado y Demazeau 2016, 351).

De entre estos roles, el de compositor se encarga de elaborar la armonía siguiendo las reglas; el evaluador “analiza el resultado del compositor y decide si es lo suficientemente bueno como para presentarlo al usuario” (Navarro, Corchado Y Demazeau 2016, 351); el rol de interfaz permite que el usuario pueda interactuar con el sistema y el rol de proveedor de datos guarda la información necesaria que controla el sistema.

Dentro de estos roles se despliega un grupo de agentes que participan en la consecución de esos objetivos y se estructura según la arquitectura Belief-Desire-Intention (BDI), la cual aplica estos mismos conceptos inspirados por el razonamiento práctico humano (Navarro, Corchado Y Demazeau 2016, 351):”El objetivo del agente compositor es minimizar el valor de la función de optimización. Este es su ‘deseo’. Para alcanzar esto debe seguir sus ‘intenciones’ (el algoritmo), empezando por sus ‘creencias’ o estado inicial.”

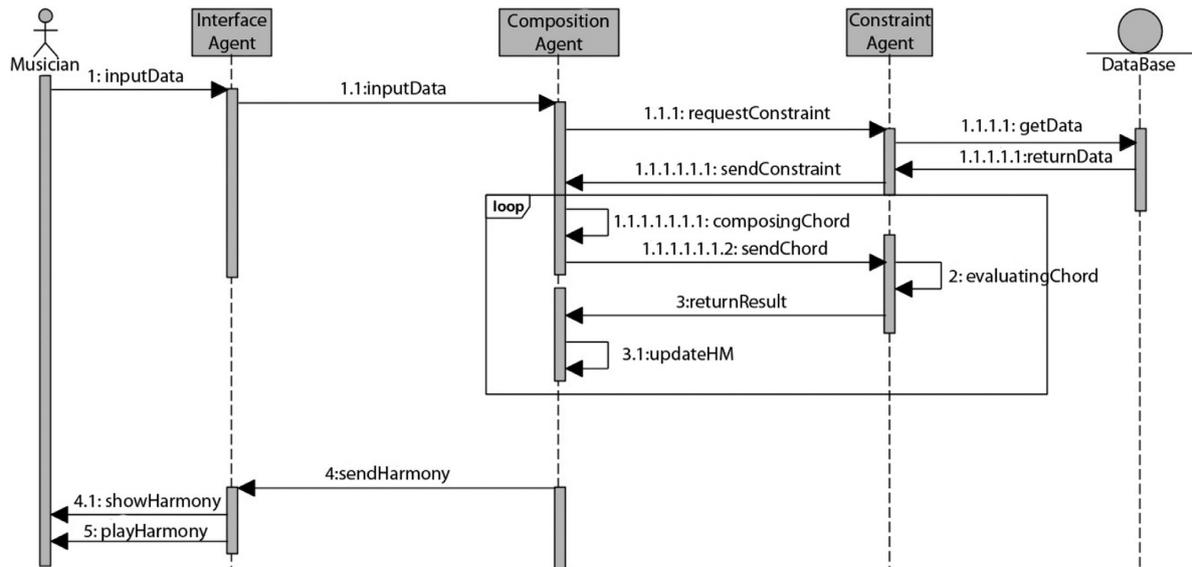
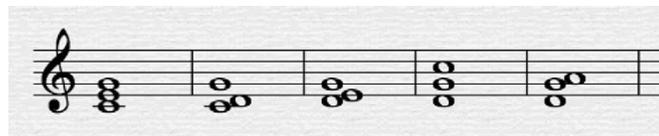


Ilustración 52: Visión global de las interacciones del sistema multiagente entre los agentes del cliente únicamente (Navarro, Corchado y Demazeau 2016, 351).

A nivel performativo, la herramienta mejora según el número de interacciones. En la ilustración 53 pueden observarse los resultados tras 45 y 200 interacciones (Navarro, Corchado Y Demazeau 2016, 352):

45 interacciones



200 interacciones

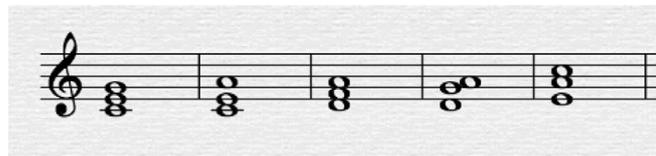


Ilustración 53: Mejora de resultados tras un mayor número de interacciones.

Realmente parece que se requiere una gran inversión de tiempo y esfuerzo para elaborar un sistema que crea una progresión armónica tan sencilla. Los autores comentan ciertos aspectos a mejorar, como que la herramienta aplique ritmo a estas progresiones, así como que los acordes tengan más notas y que también puedan ser instrumentadas por otros instrumentos.

Como puede observarse, las herramientas hasta ahora presentadas siguen lejos de parecer acercarse a la creatividad humana, aunque pueden prestar servicios útiles al compositor. Según los autores del siguiente sistema a comentar, esto se debe a dos aspectos fundamentales (Muñoz *et al* 2016):

- 1) Los grandes retos de reproducir artificialmente el virtuosismo intrínseco que caracteriza las capacidades de los compositores humanos.
- 2) Las dificultades de definir una medida formal para la evaluación estética de las melodías generadas automáticamente.

Así lo exponen en su artículo “Memetic Music Composition”, donde proponen otro sistema multiagente que promete solventar estos aspectos en la armonización de bajos con un resultado de alta calidad. “Memético” hace referencia a la inspiración obtenida sobre el meme entendido como unidad cultural y como forma de representación de un patrón de comportamiento social. Aquí los memes son agentes compositores “modelados como instrucciones que especifican el proceso de una búsqueda” (Muñoz *et al* 2016, 2), los cuales son capaces de evaluar la actividad compositiva a través de un mecanismo de aprendizaje basado en árboles de decisión difusos (FDTs, *Fuzzy Decision Trees*). Los distintos agentes compositores interactúan entre sí intercambiándose información sobre su actividad, mejorando la actividad compositiva, dando resultados “significativamente mejores que aquellos obtenidos por los agentes compositores individuales” (Muñoz *et al* 2016, 2).

Una vez dado un bajo como input, se cifra, lo cual reduce el espacio de búsqueda de acordes a aquellos que, según las normas de armonización tradicionales, se ajustan a lo esperado. De todas maneras, el programa sabe discernir entre aquellas notas del bajo que deben ser armonizadas y aquellas que actúan como adorno. Mediante una tabla de pesos donde figuran los acordes asignados a valores según la probabilidad de enlace (los más pesados son aquellos más comunes en el enlace) se seleccionan aquellos que resulten más apropiados.

Al aplicar normas de armonización, los errores conllevan una penalización o un “coste”, como por ejemplo un salto de cuarta aumentada (-1000) o las quintas y octavas (-3000) paralelas.

En total el programa utiliza hasta 6 agentes compositores (meméticos): tres agentes compositores evolutivos y tres agentes compositores locales. Las funciones de cooperación y adaptabilidad las lleva a cabo un agente coordinador que “aprende y se da cuenta de los puntos fuertes y especialidades de cada agente compositor local y evolutivo” (Muñoz *et al* 2016, 6). Adquiere su conocimiento mediante la previamente mencionada estructura de FDT (Fuzzy Decision Tree) o árboles de decisión difusos y “evalúa la calidad de las melodías creadas por cada agente y mueve inteligentemente estas melodías a través de diferentes poblaciones para mejorar las habilidades compositivas de cada uno de los agentes compositores” (Muñoz *et al* 2016, 6).

The image displays three musical staves in 4/4 time. The top staff is a treble clef with a melody of eighth notes, and the bottom staff is a bass clef with a bass line. The first staff shows six measures (1-6) with various notes in green, red, and blue. The middle section consists of seven panels labeled 'a' through 'g', each showing a specific measure with annotations: 'a' and 'b' have a '3' above them, 'c' and 'd' have a '4', 'e' has a '5', and 'f' and 'g' have a '5'. Red lines connect notes between panels, indicating transitions or corrections. The bottom staff shows six measures (1-6) similar to the top staff, with notes in green, red, and blue.

Ilustración 54: Ejemplo de bajo armonizado con errores y algunas soluciones del EMC (Evolutionary Music Composer) (Muñoz *et al* 2016, 11).

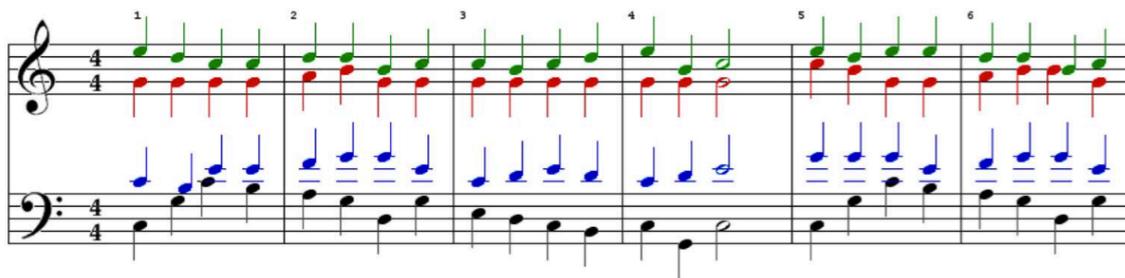


Ilustración 55: Solución de MMC (Memetic Music Composer) (Muñoz *et al* 2016, 13).

Con las ilustraciones 54 y 55 puede apreciarse la efectividad de las características sistémicas defendidas en este artículo en comparación con la perspectiva evolutiva que caracterizaba a los precedentes del momento. Claramente las soluciones del sistema memético poseen menos errores que las técnicas evolutivas corrientes.

Respecto a la calidad musical de los resultados, se expone en el artículo que se han realizado test de valoración auditiva por parte de personas con conocimientos musicales y cuyas valoraciones demuestran sorpresa al percatarse de las posibilidades de la composición automática.

En 2017 la herramienta METACOMPOSE genera unos resultados no menos que sugerentes y demuestra una evolución remarcable a la escucha con respecto a otros programas anteriores. Marco Scirea, Julian Togelius, Peter Eklund y Sebastian Risi son los responsables de su diseño y defienden el propósito de crear música en tiempo real que además pueda expresar diferentes estados de ánimo. Una de sus utilidades es su integración en “cualquier tipo de aplicación interactiva (p.ej. juegos) para crear una banda sonora adaptada y dinámica” (Scirea *et al* 2017). Para ello, tal y como expresan sus autores, ha sido diseñada para componer piezas pequeñas que funcionen en bucle haciendo especial hincapié en poder variar la expresión de emociones.

METACOMPOSE dispone de un generador musical, es decir, crea música sin disponer de audios preexistentes que modificar o reensamblar. Su estructura se desarrolla en JAVA y sirve de un algorítmico genético llamado NSGA-II, el cual está reconocido por su eficiencia computacional, en combinación con otro algoritmo de la misma categoría, FI-2POP. Las librerías son JMusic y Beads.

Sus tres componentes principales son: el generador de composiciones, el compositor de música afectiva a tiempo real y un archivo con composiciones previas. El generador se encarga de escribir las líneas básicas de la composición para que el compositor de música afectiva interprete la pieza en uno u otro sentido. El archivo cataloga las composiciones realizadas previamente y las asocia con la escena o nivel del videojuego para medir la originalidad de las futuras composiciones.

La generación melódica se basa en objetivos por cumplir y en restricciones. Con la estructura armónica se crea una línea melódica a la que se le aplica pseudoaleatoriamente el ritmo. El acompañamiento se compone básicamente de ritmos básicos y arpeggios. Un dato interesante es el uso de los ritmos Euclidianos, que consisten en una repartición lo más igual posible de los pulsos dentro de un compás, sea cual sea la razón (p.ej. 7 golpes en un 4/4). De todas maneras, el ritmo resultante será modificado por el compositor afectivo.

Para analizar los resultados de METACOMPOSE se han realizado estudios que evalúan la percepción de la calidad musical. Para ello, han recurrido al experimento de apagar los componentes del programa para sustituirlos por una generación aleatoria del material y comparar los resultados con los que produciría el programa normalmente. “Como la calidad de la música es algo subjetivo se le pide a los participantes que escojan una de las dos piezas presentadas” (Scirea *et al* 2017, 19). Los audios se presentan, por tanto, en pares y se les pide una valoración basada en 4 términos principales: agrado, aleatoriedad, armonía e interés. En total cuentan con 1291 respuestas de 298 participantes. Los resultados demuestran la preferencia por METACOMPOSE.

Además, realizan un estudio de los datos obtenidos sobre la relación excitación/valencia (al igual que en la herramienta Escape Point) y si el uso de la disonancia tiene una relación demostrable con la valencia (generación de sentimientos positivos o negativos). Para ello se formulan dos cuestiones de investigación (Scirea *et al* 2017, 24):

1. ¿Se puede expresar una valencia negativa a través de la introducción de notas alteradas en la música generada?
2. ¿Se puede mantener la calidad de la música generada cuando tales notas son añadidas?

De las 536 preguntas de 110 participantes comprobaron que la “introducción de notas que están fuera de la tonalidad expresan una valencia más negativa por el precio de ser percibidas como estar peor compuestas y ser menos interesantes” (Scirea *et al* 2017, 26).

DeepBach es una herramienta basada en el modelo LSTM que ha sido diseñada por Gaëtan Hadjeres y François Pachet en los laboratorios de informática de SONY en París (SONY Computer Science Laboratories). Su función principal es componer corales al estilo de Bach, no siendo la primera en hacerlo, pero sí de las mejores en cuanto a los resultados obtenidos³⁷.

Efectivamente, CHORAL (1988) de Ebcioğlu o HARMONET (1992) de Dominik Hörnel y Thomas Ragg son precedentes, comentados en el apartado anterior, que trabajaron en la misma línea que DeepBach. Sin embargo, aunque la calidad de resultados de las mismas es indiscutible, los creadores de DeepBach afirman que “no tenemos ni idea sobre la variedad y originalidad de las soluciones propuestas” (Hadjeres y Pachet 2016, 2) y “la capacidad de invención y de no plagio no están demostradas” (Hadjeres y Pachet 2016, 3), aspecto que sí tratan con DeepBach. Otro rasgo negativo de los programas precedentes es que el usuario no puede interactuar con ellos de forma creativa.

DeepBach “puede producir frases musicales coherentemente y genera, por ejemplo, rearmonizaciones variadas de las melodías sin plagiar” (Hadjeres y Pachet 2016, 3). El material disponible para hacer uso de DeepBach se encuentra subido en Github (Hadjeres 2017b), accesible en todo el mundo de forma gratuita. El autor también tiene tutoriales en YouTube³⁸ sobre cómo hacer uso de la herramienta.

³⁷ Para la escucha y visionado de una de las composiciones del sistema se puede consultar el siguiente enlace: SONY CSL. 2019. "Deepbach: Harmonization In The Style Of Bach Generated Using Deep Learning". *Youtube*. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=QiBM7-5hA6o Última consulta: 22/09/2019

³⁸ Hadjeres, G. 2017 (a). "Interactive Chorale Composition Using Deepbach". *Youtube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=OkkKjy3WRNo> Último acceso: 18/09/2019

Es precisamente en uno de esos tutoriales donde se demuestra uno de los usos que, de alguna manera, dejan espacio a interactuar con el compositor. Para ello habría que disparar DeepBach como plugin en un editor de partituras como Muscore. Aquí se puede componer un coral y hacer que DeepBach, por ejemplo, lo corrija y lo haga al estilo de Johann Sebastian Bach.

El eco en la prensa ha sido importante, ya que se han publicado numerosos artículos mencionando la capacidad de DeepBach para imitar el estilo del compositor. Por ejemplo, en la web de RTVE publicaban el siguiente titular “Inteligencia artificial que aprende de Bach para componer música clásica” (Gil Grande 2016) o el más impactante “¿Puedes encontrar la diferencia entre Bach y RoboBach? La Inteligencia Artificial se ha vuelto muy buena imitando compositores humanos”, del cual se puede destacar la siguiente anotación: “DeepBach es una herramienta seria; y, quizás, una temprana nota a pie de página en nuestro viaje hacia la verdadera creatividad artificial.” (Vincent 2016).



```

[74, __, 76, 77, 74, __, __, __, 72, __, __, __, 76, __, __, __]
[69, __, __, __, __, 67, __, 65, __, 64, __, __, __, 64, __, __, __]
[60, __, __, __, __, 59, __, __, __, __, 55, __, __, __, 57, __, __, __]
[53, __, 50, __, 55, __, __, __, __, 48, __, __, __, 49, __, __, __]
[ 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4]
[ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0]

```

Ilustración 56: Código en 6 listas (Hadjeres y Pachet 2016, 5).

Los sistemas LSTM como DeepBach predicen una nota según el valor de las notas vecinas en una arquitectura de, en este caso concreto, 4 redes neuronales: “dos LSTMs, una que resume información del pasado y otra que compila información del futuro junto a una red neuronal no recurrente para las notas que ocurren al mismo tiempo” (Hadjeres y Pachet 2016, 6).

El cuerpo del programa dispone de una base de 2503 corales, ya que han transportado a varias tonalidades cada coral, respetando los rangos vocales. Entre estos, el 80% sirven como entrenamiento y el 20% como validación. Para analizar la calidad de los resultados se procedió a realizar dos experimentos: un test online de escucha y un análisis de plagio.

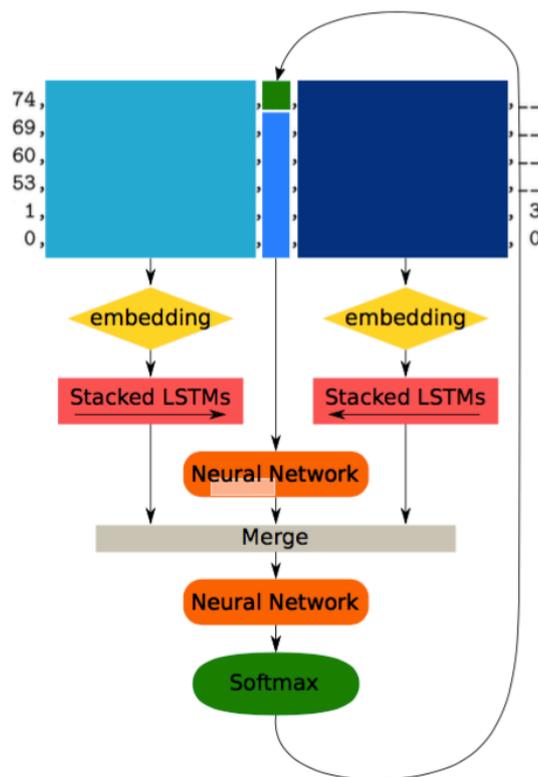


Ilustración 57: Representación gráfica de las redes neuronales para la predicción de la soprano (Hadjeres y Pachet 2016, 6).

En el test de escucha los sujetos se dividen en tres categorías según el tipo de conocimientos musicales que poseen. En el primer nivel se encontrarían los que raramente escuchan música clásica, en el segundo los amantes de la música o músicos y en el tercero los estudiantes de composición o músicos profesionales. Se obtuvieron 400 extractos musicales de 12 segundos de corales rearmonizados durante el test de validación de DeepBach y otros dos sistemas, MaxEnt y MLP.

Durante la primera parte del test de percepción se presentaron 10 series de dos rearmonizaciones de una misma melodía para elegir cuál suena más como Bach. Los “extractos generados por DeepBach son claramente reconocidos por sonar más parecidos a Bach que los otros modelos. Los sujetos con más experiencia musical son los que tienen la distinción más clara” (Hadjeres y Pachet 2016, 6).

En la parte de discriminación, los sujetos tendrían que diferenciar si están escuchando a Bach o a un ordenador. “Cuando se presentó un extracto generado por DeepBach, sobre el 50% de los votantes dijeron que fue compuesto por Bach. Consideramos esto como una buena puntuación, conociendo la complejidad de las composiciones de Bach y la facilidad de detectar los acordes malsonantes incluso para los que no son músicos” (Hadjeres y Pachet 2016, 10).

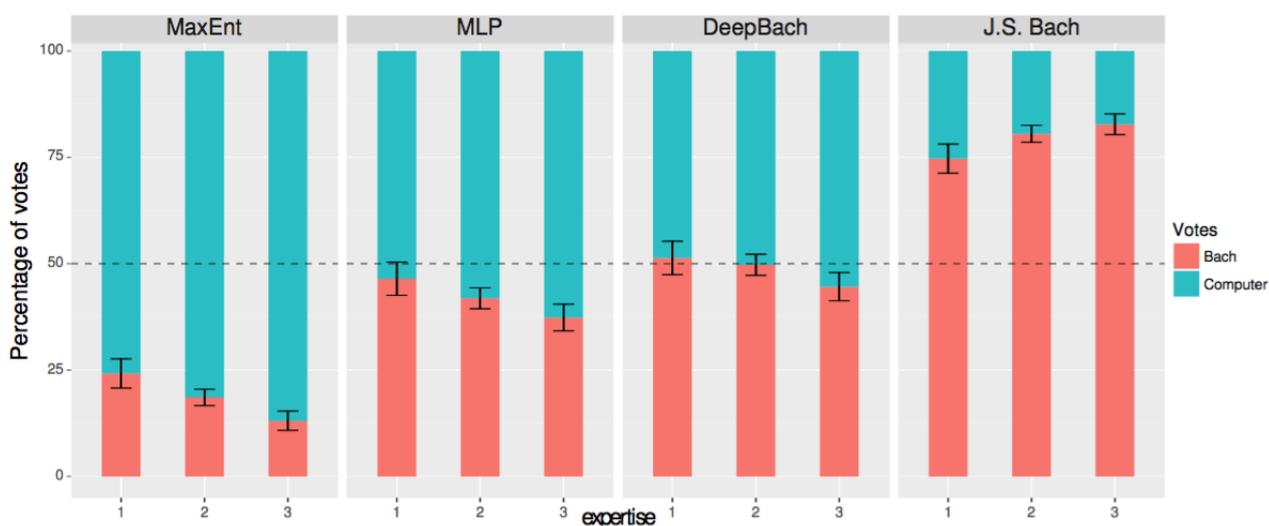


Ilustración 58: Resultados del experimento "Bach u ordenador". La figura muestra la distribución de los votos entre el ordenador (barras azules) y Bach (rojas) para cada modelo y nivel de conocimiento de los votantes (del 1 al 3) (Hadjeres y Pachet 2016, 11).

Finalmente, se evalúa la “creatividad y originalidad” (Hadjeres y Pachet 2016, 11) de las composiciones de DeepBach considerando la longitud de la secuencia del coral que se copia idénticamente del set de entrenamiento. Los resultados demuestran que no se dan casos de plagio, ya que la secuencia más larga encontrada fue de 6 pulsos. Se entiende que los desarrolladores de DeepBach consideran creativo a DeepBach por este factor de novedad y no plagio.

Una de las herramientas físicas más novedosas es el teclado comercializado por Amazon Web Services (AWS) ‘Deep Composer’. AWS es una plataforma que ofrece servicios en la nube. En el caso de Deep Composer, el objetivo sería “crear una melodía que se transformará en una canción completamente original en cuestión de segundos” (Amazon 2020) gracias a la IA y al uso de este teclado musical. Está dirigido explícitamente a los desarrolladores para instruirlos en este modelo de aprendizaje automático dentro de la IA generativa, sin que sea necesario escribir en lenguaje de programación.

El procedimiento consistiría en introducir una melodía en el teclado para que, a través de la arquitectura de redes generativas antagónicas (GAN, Generative Adversarial Network), se cree una composición musical que directamente puede ser publicada en internet y ser compartida. Las redes generativas antagónicas (GAN, Generative Adversarial Network) son:

Una arquitectura de redes neuronales profundas (deep neural networks) compuestas de dos redes oponiéndose una contra la otra. Fueron introducidas por Ian Goodfellow y otros investigadores en 2014. El director de investigación en IA de Facebook, refiriéndose a las GAN, llamó al entrenamiento antagónico como la idea más interesante en 10 años en Machine Learning. Las GAN pueden aprender a imitar cualquier distribución de información y pueden ser enseñadas para crear imágenes, música, discursos, etc. (Pathmind)

DeepComposer ya está equipado con unos modelos entrenados previamente, los cuales pueden ser modificados para experimentar resultados distintos. Con 33 teclas y por 99 dólares el usuario obtiene una herramienta en la que sólo se necesita tocar una melodía para obtener como resultado una obra completa que se puede subir a la red directamente.

Sin embargo, este teclado no ha tenido una gran acogida durante su corta vida. Los resultados no parecen ser de buena calidad y no se acaba de comprender la utilidad del mismo para los desarrolladores. Tal y como expresan en un artículo publicado en TheVerge:

Aunque Amazon dice que DeepComposer es para desarrolladores, muchos no entienden qué hacer con él. Según Amazon, desde que es para los desarrolladores, “no se necesita conocimiento musical”. Pero sigue usando términos de la teoría musical tradicional y está centrado en un objeto que requiere conocimiento musical: un teclado.” (Deahl 2019)

Sin embargo, la ultimísima innovación en la conjugación entre IA y música es la que ha desarrollado la empresa LifeScore, un software inteligente que compone música original en tiempo real en la nube desde los estudios Abbey Road. Una banda sonora que se adapta al ambiente y características del usuario proporcionando una pieza única cada vez que se interactúa con la herramienta. El estudio graba la música, con intérpretes e instrumentos reales, en bloques para que luego la IA, a través de su método particular, la Composición Celular, cuide las transiciones entre los bloques.

Jukebox, por último, posee una red neuronal que “genera música, incluyendo un canto rudimentario, en un audio RAW en varios géneros y estilos de artistas.” (Openai 2020). De momento sólo se facilita el código en github³⁹, por lo que sólo es accesible para programadores. Sin embargo, pueden escucharse los resultados en el perfil de SoundCloud⁴⁰ de la herramienta (con 6782 seguidores⁴¹).

La novedad, por tanto, con Jukebox es que no trabaja con la traducción simbólica del material musical en la fase de entrenamiento, por ejemplo en MIDI, sino que se sirve directamente del formato de audio para entrenar a la red. Para ello toma el audio y lo codifica usando las Redes Convolucionales (CNNs, Convolutional Neural Networks). En este proceso de codificación, se comprime el audio RAW original de 44kHz en tres niveles (8x, 32x y 128x), perdiéndose información detallada del audio pero conservando datos esenciales sobre la altura, el timbre y el volumen.

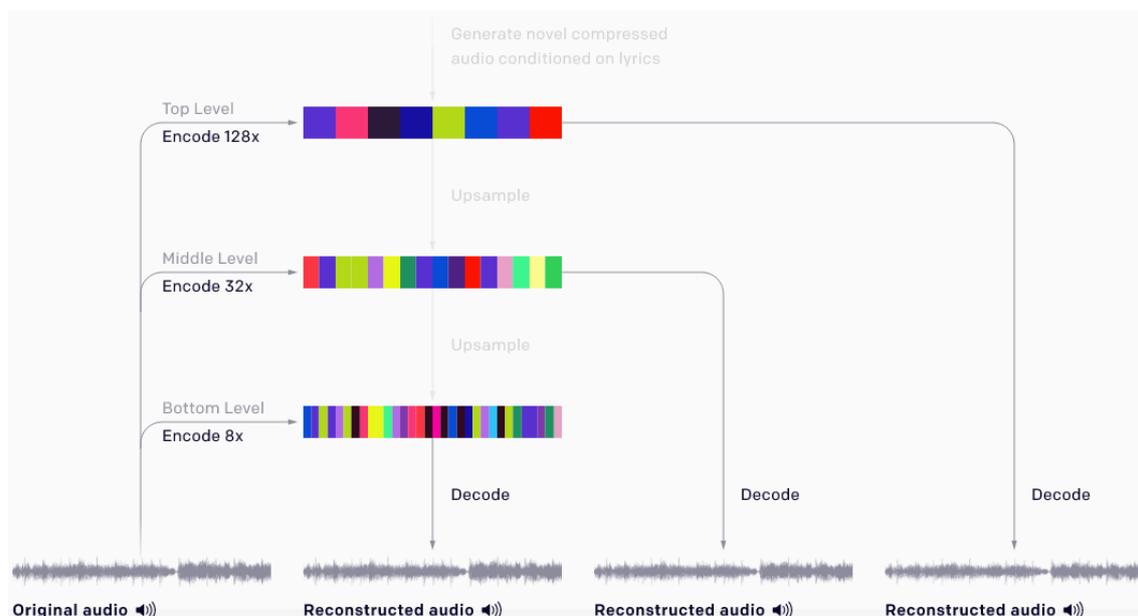


Ilustración 59: Proceso de codificación y decodificación en Jukebox (Openai 2020)

³⁹ <https://github.com/openai/jukebox/>

⁴⁰ https://soundcloud.com/openai_audio

⁴¹ Datos a 29/01/2022

Luego, en el proceso de generación, “una cascada de transformadores genera códigos desde el nivel superior al inferior, después de lo cual el decodificador del nivel inferior puede convertirlos en audio RAW.” (Openai 2020). Para ello, hay tres niveles de modelos previos que tienen que ser entrenados para aprender los códigos musicales codificados anteriormente y generar música. El modelo previo superior modela la estructura de la música y captura la semántica superior como cantos y melodías. Los modelos medio e inferior agregan estructuras musicales como el timbre.

La base de entrenamiento consta de “1,2 millones de canciones (600000 en Inglés), emparejadas con las correspondientes letras y otra información de LyricWiki. Esta información incluye artista, género del álbum y año de la canción, así como el estado de ánimo o las palabras clave asociadas a cada canción” (Openai 2020).

Como limitaciones, comentan la falta de coherencia supra estructural musical como la falta de repeticiones entre estrofas, la introducción de ruido en las muestras finales y las 9h que le lleva convertir un minuto de audio, razones por las cuales todavía no pueden desarrollar una aplicación interactiva (Openai 2020). Además, comentan que para el futuro tendrán que solucionar problemas con el derecho de la propiedad intelectual.

Para finalizar, la intencionalidad de OpenAI, tal y como expresan en su página web, es la de beneficiar a toda la humanidad, a través de “sistemas altamente autónomos que supera a los humanos en un trabajo más económicamente valioso”. Destacan una serie de principios muy interesantes y reveladores como declaración de intenciones, de los que se destacan los siguientes:

Nos comprometemos a utilizar cualquier influencia que obtengamos sobre el despliegue de AGI para garantizar que se utilice en beneficio de todos y evitar permitir usos de IA o AGI que dañen a la humanidad o concentren indebidamente el poder.

Estamos comprometidos a proporcionar bienes públicos que ayuden a la sociedad a navegar por el camino hacia AGI. Hoy en día, esto incluye la publicación de la mayor parte de nuestra investigación de IA, pero esperamos que las preocupaciones sobre seguridad reduzcan nuestra publicación tradicional en el futuro, al tiempo que aumentan la importancia de compartir la investigación de seguridad, políticas y estándares. (Openai 2020)

En conclusión, durante este capítulo hemos realizado un amplio estudio descriptivo e histórico de las herramientas que preceden a las tratadas en el núcleo de nuestra investigación, con el fin de considerar las problemáticas emanadas de su diseño a nivel computacional en relación a los procesos implicados en la creación musical.

Este recorrido nos ha ayudado a comprender aquellos aspectos que están íntimamente relacionados con nuestra hipótesis y nuestras preguntas de investigación. Por un lado, hemos observado, en un repaso sobre la evolución global de las herramientas, cómo, por ejemplo, en la industria del videojuego, surge el interés de crear, en tiempo real, músicas adaptadas a la escena y a los parámetros del jugador para mejorar la inmersión del usuario, preparando un campo de posibilidades para la IA contra las que el compositor no puede competir, ya que evidentemente sería inviable para un humano componer en directo una música única para cada jugador.

Por otro lado, en un enfoque más individual, como decíamos, hemos observado las distintas problemáticas de índole computacional que surgían al intentar desarrollar formas de composición automática comprobando que, naturalmente, a medida que la tecnología maduraba, fueron transformándose y obteniendo mejores resultados. Sin embargo, lo más interesante para nuestra hipótesis reside en las aportaciones y reflexiones paralelas a estas problemáticas por parte de los desarrolladores que hemos ido remarcando para extraer aspectos de importante consideración para estudiar los posibles cambios en el proceso creativo.

Ejemplos sobre la reflexión del proceso creativo y la traducción computacional de sus elementos son: el tratamiento de conceptos como la expectativa, la predicción, la intuición o la novedad (Narmour 1977, Meehan 1980, Beyls 1991, Conklin y Witten, Hörnel y Ragg 1996), que afectan al nivel estructural y de coherencia compositiva; la consideración del sistema en sí o del desarrollador como creativo (Weber 1996, Evarado y Aguilera 2011, Muñoz et al 2016, Hafjeres y Pachet 2016); el ahorro de tiempo y rendimiento por los sistemas a fin de conocer los beneficios productivos para el compositor o para la empresa y el acercamiento de la tarea compositiva a cualquier persona (argumento de la universalización)

(Ebcioglu 1990, Assayag 1998, Chan et al 2006, Padilla Martín - Caro 2012, Alvaro y Barros 2013, Adam 2014, OpenAI; la idea de la IA como recurso para mejorar el conocimiento sobre la música y el proceso compositivo en general (Cope 1998, Dahlsted y McBurney 2006, Padilla Martín - Caro 2012).

Tras este estudio contextual, se procede a continuación al estudio de las herramientas que son objeto de análisis de esta tesis.

CAPÍTULO 4:
EXPERIMENTACIÓN

4. 1. Estudio y análisis de las herramientas compositivas.

Amper Music, AIVA, Orb Composer y Google Magenta son las cuatro herramientas que conforman el núcleo de la investigación y cuya experimentación proporcionará una serie de conclusiones y respuestas a las preguntas derivadas de la hipótesis principal. Para ello, el proceso se conforma por una serie de pasos metodológicos ordenados y comunes a todas ellas, siempre con una adaptación correspondiente a la arquitectura de cada programa, ya que no todos funcionan de la misma manera.

En primer lugar, en la descripción del programa, realizaremos un análisis del aspecto publicitario de la herramienta estudiando cómo se presenta, a quién va dirigida, cuál es el coste, su accesibilidad y las pretensiones que tiene dentro del proceso compositivo. En segundo lugar, experimentaremos con las posibilidades del programa, las funciones que presenta y el aspecto o complejidad de manejo con el fin de dar respuesta a los conocimientos que resultan necesarios para poder obtener los resultados deseados. Además, extraeremos una cantidad de muestras bajo las mismas etiquetas para analizar la música generada: la textura, el tratamiento instrumental, melódico, armónico, contrapuntístico, etc., como si de una composición “humana” se tratase. Generando varias pistas bajo los mismos parámetros (género musical, instrumentación, etc.) se puede estudiar la capacidad de variación que puede tener la herramienta. Por último, acabaremos con unas conclusiones a nivel individual basadas en la información recaudada.

4.1.1. Ampermusic.

Descripción del programa (versión de prueba):

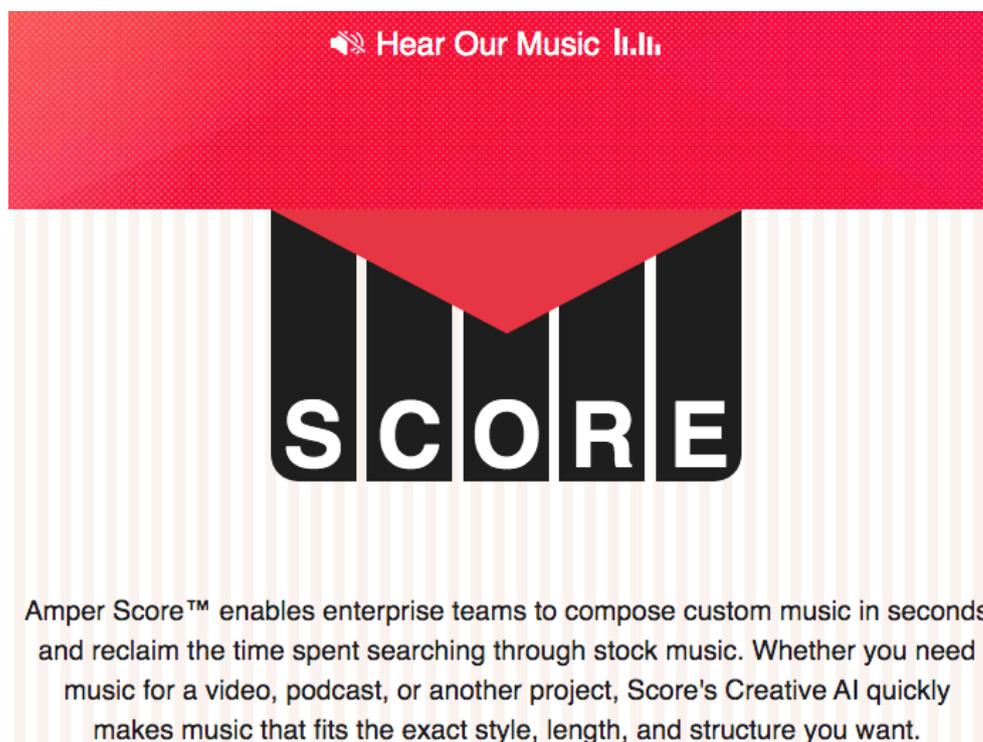


Ilustración 60: Página web de Amper (AmperScore 2019)

Ampermusic es una herramienta de AmperScore™ (Michael Hobe, Drew Silverstein y Sam Estes) que ofrece un servicio compositivo de la siguiente manera:

Amper Score™ permite a los equipos de empresa componer música personalizada en cuestión de segundos, recuperando el tiempo perdido en buscar música de stock. Si necesitas música para un vídeo, podcast, u otro proyecto, la creatividad artificial de AmperScore crea música rápidamente que se ajusta al estilo, duración y estructura exacta que desee. (AmperScore™ 2019)

Se entiende, por tanto, que esta herramienta está destinada a un uso comercial o como trámite empresarial en un proceso de lanzamiento publicitario de un producto cualquiera. Sería, por ejemplo, el caso de una empresa que anuncia un producto y no ve necesario invertir en un compositor para generar la música, ya que no existe un fin artístico de por sí, sino meramente comercial. Pagando 150\$ al mes, o 125\$ mensuales por una compra anual, el usuario puede disfrutar de “música original ilimitada; duración, tempo e instrumentación ajustable; millones de muestras de instrumentos grabados en vivo; una licencia global y perpetua sin derechos de autor” (AmperScore™ 2019).

Amper Score

The image shows two pricing options for Amper Score. On the left, a price tag of \$150/month with 'pay monthly' below it, and a yellow 'Buy Now' button. On the right, a red tag says 'two months free!' above a price tag of \$125/month with 'pay annually' below it, and another yellow 'Buy Now' button. A vertical line separates the two options.

- ✓ Unlimited original music on demand
- ✓ Adjustable length, BPM, and instrumentation
- ✓ Millions of live-recorded instrument samples
- ✓ Royalty-free with a perpetual, global license

Ilustración 61: Planes de precio de Amper (AmperScore 2019)

Por otro lado, también se asegura que la misión del programa es “permitir que cualquiera pueda expresarse creativamente a través de la música sin importar su bagaje, experiencia o disponibilidad de recursos” (AmperScore™ 2019), por lo que, además del posible servicio comentado anteriormente, también ayuda a la gente sin conocimientos sobre composición a que experimente con la música por ordenador. Lo que no está muy claro es que el proceso sea una experiencia creativa o una forma de expresión en sí misma. Ciertamente sí queda claro que no son necesarios conocimientos musicales para su uso. Un ejemplo de utilidad sería una persona que quiera grabar un video realizando una actividad deportiva (skate, parkour, ciclismo, etc.) y necesite añadirle música rápidamente.

Para el compositor anuncian las siguientes posibilidades:

- Iniciar nuevos proyectos fácilmente.
- Experimentar con la instrumentación.
- Obtener inspiración al explorar nuevos estilos.

En la página web presentan un apartado de prensa donde publican enlaces a artículos que se han escrito sobre la herramienta. El primero de ellos data de septiembre de 2016 y el titular es “Magnate hollywoodiense dio la idea de escribir música con robots a este fundador” (Leswing 2016). Durante la lectura del artículo llama la atención el foco comercial y legislativo de la composición y, en especial, las siguientes afirmaciones (Leswing 2016):

“Para el contenido profesional [...] se necesita música que suene bien, apropiada para el video y, lo más importante, que sea legalmente accesible”

“Silverstein podía escribir música, pero tener a un humano escribiendo música es un proceso largo y costoso, lo que significa que simplemente no es práctico para muchos usos”

(Amper) “escribe música que suena bien, [...] más de lo necesario para sonorizar un anuncio de coches”

Finalmente, el autor comenta en el artículo su despreocupación por la invasión en el campo artístico, ya que es música funcional para un propósito concreto, como “musicalizar un video viral” (Silverstein en Leswing 2016).

Otras afirmaciones que definen y establecen las características y utilidades de este tipo de herramientas son las que, por ejemplo, pronunció la artista Taryn Southern, que usó Amper para componer su último disco: “puedes literalmente crear música con pulsar un botón” (Nelson 2018). Parece que, teniendo en cuenta esta declaración, el proceso compositivo tradicional se resume en un clic.

Taryn exponía también que usar Amper le ahorró tiempo, dinero y esfuerzo en conseguir buenos productores y estudios de grabación. Sin embargo, los creadores siguen exponiendo que “Somos músicos. Somos compositores. No llegamos a esto como científicos de datos o como personas que han visto una oportunidad de negocio queriendo hacer dinero. Hemos venido como individuos creativos que quieren ayudar a la creatividad” (Musically 2018).

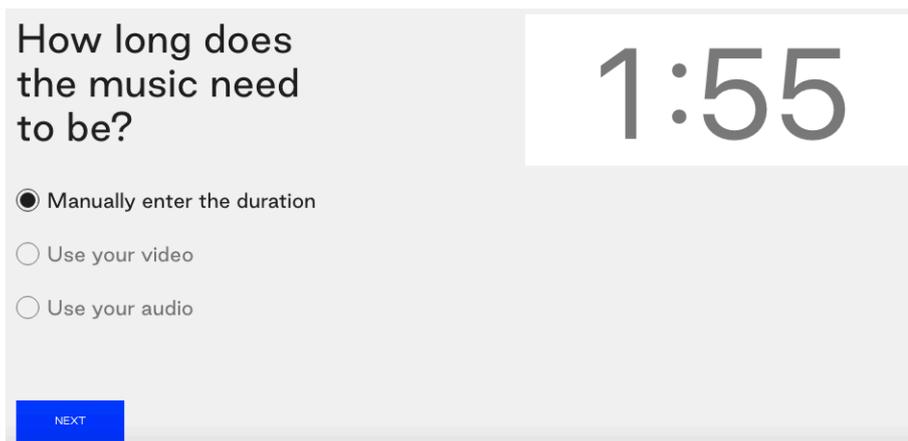


Ilustración 62: Selección de la duración de la pista (AmperScore 2019)

Al comenzar un proyecto con Amper, primero se ha de determinar una duración total. Puede realizarse a mano o seleccionar la opción de subir un video o un audio preexistente, lo que ya determinaría de por sí la duración del proyecto.

El siguiente paso sería estructurar la pieza según tres puntos desplazables: introducción, climax y final, en un eje temporal general. Esto permite ajustar la sincronización de la música con la estructura de, por ejemplo, un video.

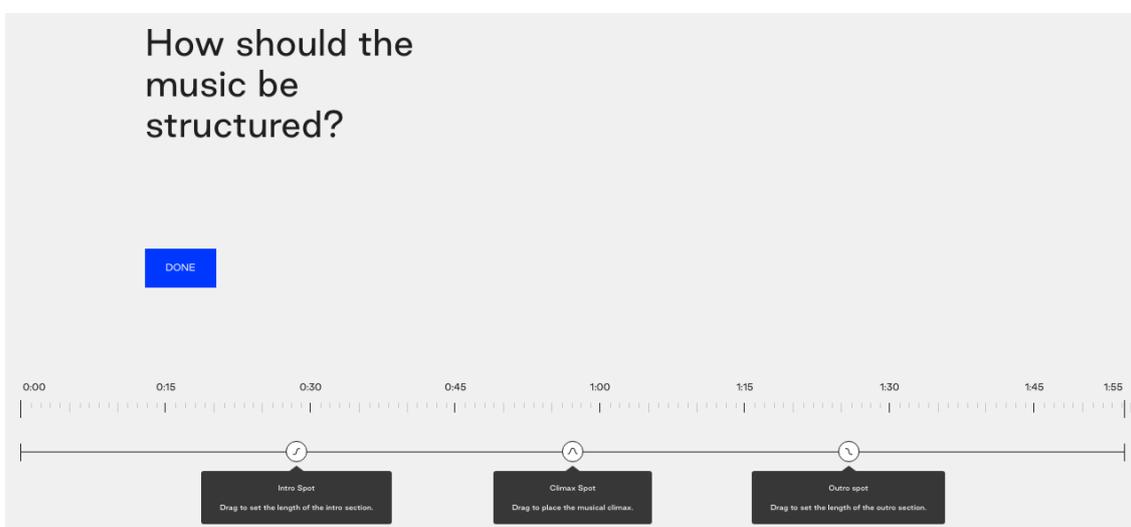


Ilustración 63: Ajuste de estructura (AmperScore 2019)

A continuación, dentro de una larga serie de etiquetas de estilo, se deben seleccionar al menos 2, dentro de un género concreto, para luego escoger alguno de los temas modelo que proporcionan con tal combinación. Por ejemplo, dentro del género cinematográfico, se puede escoger el tipo minimalista y luego el carácter oscuro, con 5 temas musicales para escoger dentro de estas características.

La totalidad de etiquetas proporcionadas es la siguiente:

Cinematográfico

- **Minimalista:** oscura, soñadora, esperanzadora, intrigante, ligera, anhelante, melancólica, misteriosa, dulce, tensa.
- **Percusión:** Agresiva, confiada, vigorosa, enajenada, frenética, alarmante, palpitante, poderosa, pulsante, siniestra, tensa, amenazadora.
- **Extravagante:** divertida, maravillosa, sincera, esperanzada, reposada, intrigante, relajada, alegre, traviesa, misteriosa, juguetona, romántica, sentimental, astuta, tierna, asombrosa.

Clásico

- **Cinematográfico minimalista:** soñadora, intrigante, dulce.
- **Cinematográfico extravagante:** maravillosa, esperanzada, reposada, romántica, sentimental, asombrosa.
- **Documental minimalista:** curiosa, soñadora, juguetona, romántica, sentimental, dulce, tensa, alentadora, espera, melancólica.

Documental

- **Futurista:** preocupante, decidida, impulsora, frenética, feliz, esperanzada, amenazadora, melancólica, juguetona, peculiar, triste, grave, sofisticada, tierna, tensa, inquieta.
- **De Mazas:** angustiada, melancólica, soñadora, enérgica, premonitoria, sombría, maravillosa, feliz, esperanzada, reposada, intrigante, alentadora, misteriosa, ominosa, relajada, romántica, triste, sensible, seria, nostálgica, juvenil.
- **Minimalista:** curiosa, soñadora, premonitoria, intrigante, juguetona, romántica, triste, sentimental, seria, sombría, dulce, tensa, alentadora, espera, melancólica, maravillosa.

Electrónica

- **Documental futurista:** Determinada, impulsora, frenética, feliz, esperanzada, inminente, melancólica, sofisticada, tensa, inquieta.
- **Pop dance:** segura, fresca, relajada.

Folk

- **Corporativa:** vivaz, despreocupada, festivo, animada, relajada, impulsora, tranquila, divertida, feliz, inspiradora, alegre, juguetona, peculiar, fácil, sentimental, optimista.

Hip hop

- **Orquestal:** determinada, épica, sincera, heroica, despreocupada, inspiradora, rebelde, seria, estoica, tensa, dura, triunfante.
- **Trap:** agresiva, grandilocuente, vital, melancólica, despreocupada, celebradora, confiada, contenta, fría, oscura, soñadora, nostálgica, amenazante, poderosa, triste.

Pop

- **Corporativa:** relajada, épica, emocionante, esperanzadora, reposada, inspiradora, sentimental, tierna, melancólica.
- **Dance:** despreocupada, festiva, confiada, fresca, soñadora, enérgica, funky, maravillosa, relajada, reposada, pavoneándose, inspiradora.

Rock

- **Acústica:** agridulce, alegre, melancólica, sentimental, tierna, nostálgica.
- **Indie:** angustiada, despreocupada, alegre, confiada, alegre, oscura, tranquila, enérgica, divertida, esperanzada, relajada, anhelante, melancólica, peculiar, rebelde, romántica, melancólica.

Una vez se escogen las etiquetas, la composición se genera automáticamente cumpliendo con los parámetros establecidos en tan solo unos segundos.

Experimentación:

Durante el proceso de experimentación con el programa hemos procedido a la generación de 6 pistas con las mismas etiquetas (Clásico - Documental minimalista Romántico) y el tema “Trinkets of Affection”. Esto lo hemos hecho para comprobar la capacidad de variación del material compositivo dentro de los mismos parámetros y a qué nivel se produce.

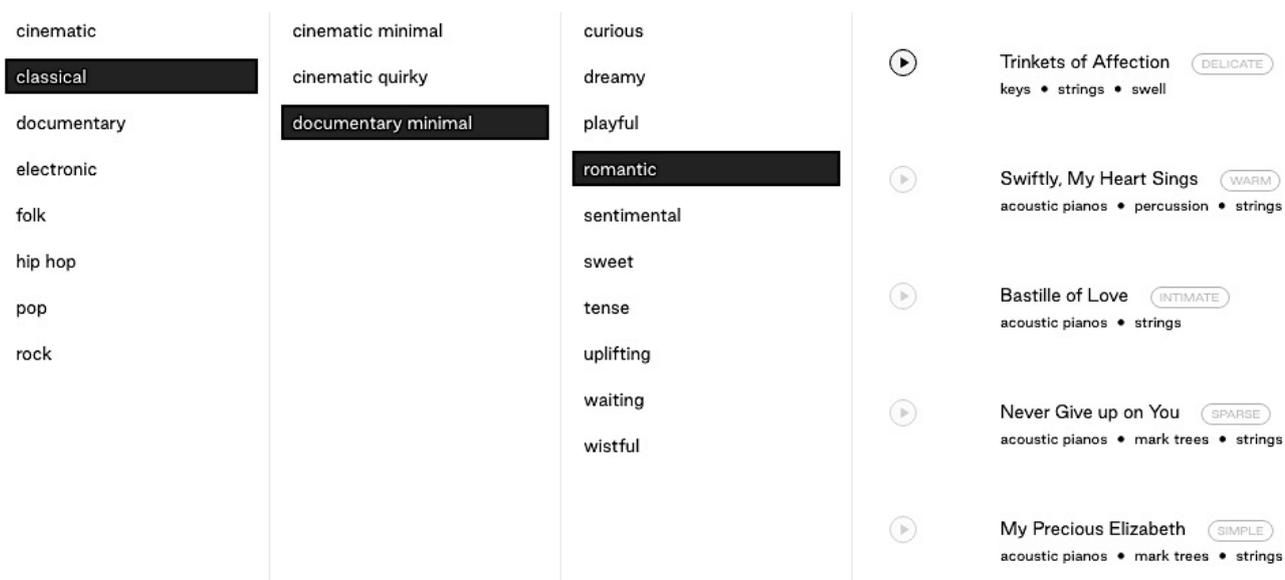


Ilustración 64: Etiquetas de estilo (AmperScore 2019)

A continuación hemos realizado el mismo proceso con etiquetas contrastantes, en la mayor medida de lo posible, con las anteriormente seleccionadas (*Classical - Documentary minimal tense – Life out of balance*).

También hemos probado la opción de usar música preexistente propia, para así comprobar si esta opción puede ser realmente interesante para generar ideas.

Durante el proceso hemos realizado las siguientes observaciones:

- No se pueden combinar las etiquetas entre categorías.
- Es un recurso online. No necesita plataforma de descarga.
- No se requieren nociones de programación.
- Se puede insertar como plug-in en una DAW como Logic.
- Una vez creada la pista se puede cambiar la emoción dentro del estilo, los parámetros estructurales, la tonalidad, el tempo, la tímbrica y estilo de los instrumentos (p. ej. contrabajo: sweet, bold, bright, clear, light) con escucha previa y añadir más instrumentos.
- Se pueden manipular los puntos de clímax y reexposición y sincronizarlos con el vídeo.
- Posibilidad de descarga de las pistas como archivo de audio.

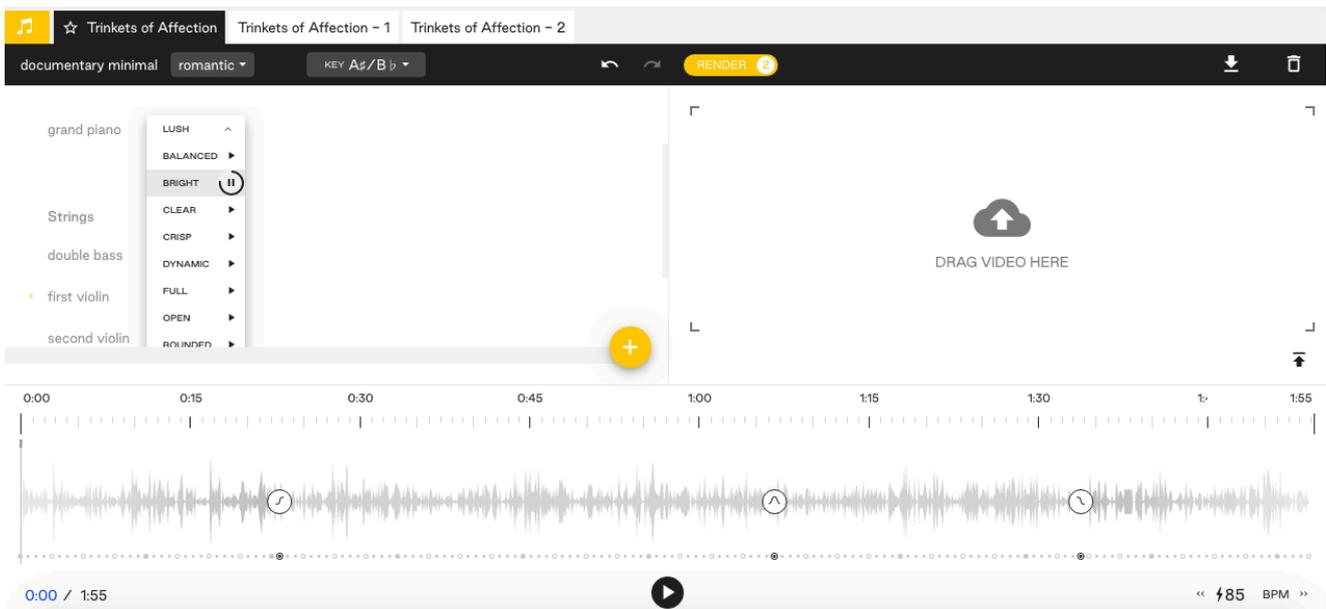


Ilustración 65: Vista del programa (AmperScore 2019)

Análisis de resultados:

Hemos generado las siguientes pistas, nombradas según la selección de género/tipo/emoción (tema) y número de pista:

A	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 1
B	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 2
C	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 3
D	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 4
E	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 5
F	Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 6

G	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 1
H	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 2
I	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 3
J	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 4
K	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 5
L	Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 6

La duración establecida ha sido de 1' 55" minutos aproximadamente para la primera serie de composiciones y de 1 minuto para la segunda serie. El motivo de esta diferencia es estudiar las adaptaciones de la estructura a las distintas limitaciones de tiempo. Por otro lado, al obtener los resultados en formato de audio y no aportar MIDI, recordamos que los análisis se realizaron auditivamente. Los resultados se pueden corroborar en el dispositivo anexo.

A. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 1

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 86
- Duración: 1' 55"
- Tonalidad: Si b M
- Estructura y comentario:

A	B	A'	B'	A''	(+ CODA)
a + a	b + a'	a	b + a'	a + a' + a'	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	12	1

Tabla 1: Estructura de la muestra A (Amper)

Armónicamente la pieza se mueve por las funciones tonales básicas de la tonalidad a través de los acordes principales, especialmente I, IV, VI y V.

En *B* se produce un contraste con la sección anterior al usar una progresión en los grados VI, IV, I, V, dado que en *A* se producía una alternancia entre I y VI, por lo que le proporcionaba cierto toque modal.

Motívicamente es muy simple, pero guarda el sentido estructural de antecedente y consecuente en las frases, especialmente perceptible en *A*, donde *a* se divide en 2 + 2 compases.

Los motivos rítmicos interpretados por la celesta son principalmente un movimiento ostinado en negras, a excepción de *b* (♩ ♪ ♪), por lo que también se percibe un contraste motívico asociado a la estructura.

Respecto a la instrumentación, la celesta adquiere el papel melódico, con un acompañamiento armónico sincopado acordal en el piano que varía levemente según la sección estructural. Las cuerdas hacen su aparición en *B* hasta el final, realizando un colchón armónico y manteniendo las armonías en notas largas. El realce del clímax se realiza a través de un redoble de plato suspendido.

La expresividad de la pieza es limitada debido al uso de los instrumentos MIDI, siendo esta una cuestión que precisaría ser realizada por un humano en un proceso de posproducción.

B. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 2

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 72
- Duración: 1' 55''
- Tonalidad: Si b M
- Estructura y comentario:

A	B	A	B'	a	(+ CODA)
a + a	b + c	a	b + c	a	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	4	2

Tabla 2: Estructura de la muestra B (Amper)

Los parámetros son prácticamente los mismos (la motívica varía rítmicamente) que en la pieza anterior, pero reordenados:

- La armonía es la misma, pero con los acordes cambiados de orden en *B*. Puede apreciarse el uso momentáneo de notas añadidas.
- La instrumentación es igual.

El tratamiento motívico-rítmico de *A* es  en la melodía y el piano acompaña a ritmo arpegiado de negras, a modo de ostinato, en *a* y *b* y en redondas en *c*.

- En *B* la melodía sufre leves variaciones rítmicas con respecto a la pieza anterior:



C. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 3

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: corchea = 143
- Duración: 1' 55"
- Tonalidad: Fa#M
- Estructura y comentario:

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
a + a	b + a'	a	b + a'	a	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	4	2

Tabla 3: Estructura de muestra C (Amper)

Esta vez, podemos encontrar las siguientes figuraciones rítmicas en los temas:



Melódicamente, en *A* se alterna la direccionalidad interválica, tanto ascendente como descendente, sobre unas armonías de los grados tonales y con una tónica 4sus. En *B* se produce el contraste motivico y armónico con el uso de una armonía de cadencia rota y por la entrada instrumental de las cuerdas en acordes placados. Dentro de *B*, en *a'*, se produce una repetición del material motivico de *a*, pero variando levemente el esquema armónico de los grados tonales.

D. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 4

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: corchea = 143
- Duración: 1' 55"
- Tonalidad: Si bM

- Estructura y comentario:

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
a + a	b + c	a	b + c	a	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	4	2

Tabla 4: Estructura de la muestra D (Amper)

La figuración rítmica en los temas es la siguiente:



Armónicamente no cabe destacar nada novedoso con respecto a las piezas anteriores. Siguen apreciándose los contrastes entre secciones y el uso momentáneo de alguna nota añadida que enriquece el color armónico tonal.

El piano acompaña a ritmo de redondas en *A* y en arpegios en negras en *b* con movimientos sincopados tanto en *b* como en *c*, pero siempre con esa función de armazón armónico junto al colchón de acordes placados en las cuerdas.

Melódicamente la celesta se limita a interpretar notas de la armonía en la figuración indicada arriba para cada sección.

E. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 5

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 86
- Duración: 1' 55"
- Tonalidad: Fa M
- Estructura y comentario:

A	B	A'	B'	A''	(+ CODA)
a + a	b + c	a	b + c	a + c + b	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	12	1

Tabla 5: Estructura de la muestra E (Amper)

La figuración rítmica en los temas es la siguiente:



Esta vez, durante la sección *A*, el piano acompaña en acordes placados sobre la secuencia I, VI, IV en ritmo de blancas, mientras que la melodía, en el ritmo indicado arriba, alterna interválicas ascendentes y descendentes sobre la armonía del piano.

En *b*, el piano cambia a un ritmo sincopado para volver a *c* con un acompañamiento de negras arpegiando la armonía. Como se puede observar, esta vez el contraste motívico es casi nulo en la melodía, a excepción de *c*, que tiene una negra en el primer pulso como diferencia con los otros motivos. El contraste realmente se puede apreciar por la armonía, con la introducción del VI grado y del I^{sus4} en esta sección que, cabe decir, ya han ido apareciendo recurrentemente con anterioridad en el resto de piezas.

La instrumentación sigue el proceso habitual, con la entrada de las cuerdas en *B*.

F. Classical/Documentary Minimal/Romantic (Trinkets of Affection) 6

- Instrumentación por defecto: Piano, celesta y cuerdas
- Compás: 4/4
- Tempo: corchea = 143
- Duración: 1' 55"
- Tonalidad: Mi b M
- Estructura y comentario:

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
a + a	b + c	a	b + c	a	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	4	2

Tabla 6: Estructura de la muestra F (Amper)

La figuración rítmica en los temas es la siguiente:



La melodía en *A*, interpretada por la celesta, resulta un simple arpeggio en negras sobre las armonías del I y I^{4sus}, mientras el piano acompaña en acordes placados. En *b*, además del contraste motivico, se produce el armónico, con presencia del VI de nuevo y la entrada de las cuerdas.

- **Resumen motivico y estructural:**

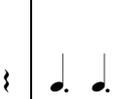
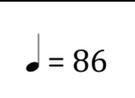
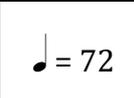
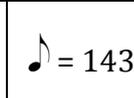
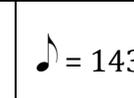
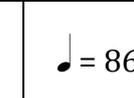
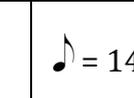
		1	2	3	4	5	6
Motivos rítmicos	a						
	b						
	c						
Compás		4/4					
Tempo							
Instrumentación		Piano, celesta y cuerdas					
Tonalidad		Si b M	Si b M	Fa # M	Si b M	Fa M	Mi b M

Tabla 7: Resumen de muestras de Amper

A	B	A'	B'	A''	(+ CODA)
a + a	b + a'	a	b + a'	a + a' + a'	
8 (4 + 4)	8 (4 + 4)	4	8	12	1

A	B	A	B'	a	(+ CODA)
$a + a$	$b + c$	a	$b + c$	a	
$8(4 + 4)$	$8(4 + 4)$	4	8	4	2

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
$a + a$	$b + a'$	a	$b + a'$	a	
$8(4 + 4)$	$8(4 + 4)$	4	8	4	2

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
$a + a$	$b + c$	a	$b + c$	a	
$8(4 + 4)$	$8(4 + 4)$	4	8	4	2

A	B	A'	B'	A''	(+ CODA)
$a + a$	$b + c$	a	$b + c$	$a + c + b$	
$8(4 + 4)$	$8(4 + 4)$	4	8	12	1

A	B	A'	B	A'	(+ CODA)
$a + a$	$b + c$	a	$b + c$	a	
$8(4 + 4)$	$8(4 + 4)$	4	8	4	2

G. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 1

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'
- Tonalidad: Fa # m

- Estructura y comentario:

A	B	A'
a + a'	b	a
6 + 6	6	6

Tabla 8: Estructura de la muestra G (Amper)

La sección *A*, en su primera subdivisión *a*, consiste en una línea melódica octavada sobre dos notas (Si – la) interpretada por las cuerdas, con una duración de dos compases por nota. En *a'* hay un relleno armónico que pasa por los grados I, IV, VII y I.

En la sección *B* entra un motivo ostinado en arpeggio interpretado por el piano sobre los grados I, Vmenor con 7^a, V^{4sus}, IV y Vmenor con 7^a. Acentuando los pulsos de la pieza (en ritmo de negras) entra un instrumento de sonoridad similar a un temple block.

En la coda se da una vuelta a la sección primera *A* sobre las armonías de I, Vmenor con 7^a, V^{4sus} y I.

H. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 2

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'
- Tonalidad: Mi b m
- Estructura y comentario:

A	B	A'
a + a'	b	a
6 + 6	6	6

Tabla 9: Estructura de la muestra H (Amper)

Como se puede observar, la estructura de la pieza es exactamente igual, junto a las entradas y procedimientos de orquestación que también corresponden con la muestra anterior. Armónicamente tampoco se presentan novedades, así como el tratamiento motivico del piano.

Es cierto que en la primera sección se observa un tratamiento contrapuntístico de las dos líneas de las cuerdas en *a* y el temple block de *B* tiene un ritmo distinto:



I. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 3

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'
- Tonalidad: Mi b m
- Estructura y comentario:

A	
a + a	a'
4 + 4	16

Tabla 10: Estructura de la muestra I (Amper)

En esta ocasión, la pieza es una repetición del motivo ostinado de semicorcheas del piano junto al acompañamiento orquestal. En *a* los acordes utilizados son los mismos que en el resto de piezas (I – I^{4sus} – V menor) y en *a'* cambia el ritmo armónico para repetir hasta el final la combinación de I^{4sus} y V menor.

J. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 4

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'

- Tonalidad: Sol m
- Estructura y comentario:

A	B	A'
a	b	a'
6	12	6

Tabla 11: Estructura de la muestra J (Amper)

En esta muestra se vuelve a la estructura habitual con sus orquestaciones típicas. En la primera sección se presentan una línea de cuerdas graves junto a lo que parece un coro y en *B* entra el motivo típico del piano. La armonía sí varía esta vez en *B*, donde se produce la siguiente secuencia armónica: I, V^b y IV.

En la última sección se refuerza la orquestación de la primera parte añadiendo más partes instrumentales.

K. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 5

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'
- Tonalidad: Fa m
- Estructura y comentario:

A	B	A'
a	b	a'+ a + coda
6	6	4 + 6 + 2

Tabla 12: Estructura de la muestra K (Amper)

Esta vez el carácter estructural de la pieza guarda un sentido inverso en relación al tratamiento motivico. Ahora las entradas obstinadas del piano se producen en las secciones *A*, mientras que los enlaces acordales se producen en la sección intermedia *B*.

Las armonías son las básicas, por moverse por los grados I, V^{sus4}, II y IV. El temple Block hace una aparición muy leve en B, acentuando los pulsos débiles del compás a negras en la sección a'.

L. Classical/Documentary minimal/Tense (Life Out of Balance) 6

- Instrumentación por defecto: Orquesta sinfónica y piano.
- Compás: 4/4
- Tempo: negra = 96
- Duración: 1'
- Tonalidad: Fa m
- Estructura y comentario:

A	B
a	b
6	18

Tabla 13: Estructura de la muestra L (Amper)

En la sección A de esta última pieza llama mucho la atención el contraste producido con la posterior sección B. En A pueden encontrarse las recurrentes cuerdas asociadas a esta parte en las muestras anteriores, sin embargo, la interválica utilizada lleva al oyente hacia el tono mayor, ya que el contrapunto entre los cellos y el coro se produce en torno a la tercera mib – sol, sugiriéndolo como centro tonal. Puede suponerse que esta tercera pertenecería al V menor por su repetido uso en muestras anteriores, pero al suprimirse la fundamental pierde el sentido de V.

La sección B comienza tal golpe de claqueta con el motivo del piano sobre un acorde disminuido re – fa – la b, que puede interpretarse como el VII del MibM sugerido previamente. La sección continúa repitiendo este acorde junto a la V^{4sus} de Fa y la I, cadenciando en la Vmenor, lo que quiere decir que existe una mayor inestabilidad armónica que lo ya analizado en los otros casos.

- **Resumen estructural:**

	1	2	3	4	5	6
Compás	4/4					
Tempo	$\text{♩} = 96$	$\text{♩} =$	$\text{♩} = 96$	$\text{♩} = 96$	$\text{♩} = 96$	$\text{♩} = 96$
Instrumentación	Orquesta sinfónica y piano					
Tonalidad	Fa # m	Mi b m	Mi b m	Sol m	Fa m	Fa m

Tabla 14: Resumen estructural (2) (Amper)

A	B	A'
a + a'	b	a
6 + 6	6	6

A	
a + a	a'
4 + 4	16

A	B	A'
a + a'	b	a
6 + 6	6	6

A	B	A'
a	b	a'
6	12	6

A	B
a	b
6	18

A	B	A'
a	b	a' + a + coda
6	6	4 + 6 + 2

• **Conclusiones:**

Durante el uso de AmperScore no se requieren conocimientos avanzados de notación o teoría musical, salvo conocer las tonalidades, la manipulación del tempo y los distintos instrumentos musicales. Cualquier tipo de noción musical es, además, innecesaria, ya que todo se maneja en términos lingüísticos descriptivos para referirse a los efectos emotivos musicales de la textura deseada.

No es necesario tampoco el manejo de instrumentos para generar música, ni siquiera un teclado MIDI sería un requerimiento durante el proceso compositivo. Todo se reduce al ordenador y, en concreto, al uso del ratón.

El proceso creativo consiste únicamente en mover tres puntos estructurales (introducción, clímax y final) sobre una duración preestablecida. El planteamiento conceptual, si se puede denominar así, se reduce a escoger las emociones sobre una lista de opciones dadas. La instrumentación sí se puede combinar a placer sobre la base de instrumentos disponibles en la plantilla, aunque no se puede interactuar con ellos ni modificar sus intervenciones. Así que, realmente no se podría hablar de un proceso compositivo como tal, ya que el usuario no compone, sino que juega con la superposición y la selección de parámetros dados por el programa.

Respecto a los resultados obtenidos durante el proceso de experimentación con la herramienta, se pueden establecer una serie de características predominantes que inducen a una reflexión sobre AmperScore y sus resultados musicales:

En primer lugar, podemos afirmar que la asociación de romántico/modo mayor (primer grupo) y tensión/modo menor (segundo grupo) es evidente.

En segundo lugar, el tratamiento motivico y rítmico en ambos grupos también ofrece diferencias. En las piezas generadas bajo la etiqueta romántica existe una gran variación rítmica sobre el motivo principal, mientras que las creadas bajo la etiqueta de tensión, utilizan todas el mismo motivo rítmico de semicorcheas a modo de ostinato, limitando sus diferencias a cuestiones estructurales.

Se desconoce qué procesos o entrenamientos previos se han realizado para aplicar estas asociaciones entre textura y emoción, ya que tampoco conocemos la arquitectura del programa, pero sí observamos el uso de recursos compositivos típicos, ya que, por ejemplo, el uso del ostinato (entendido como repetición constante de un breve motivo) para generar tensión podría ya considerarse como un cliché, debido a que ayuda a generar unas expectativas que, según su tratamiento, pueden cumplirse o frustrarse. Podemos encontrar afirmaciones similares al respecto en los siguientes autores:

“Un compositor usa generalmente un patrón de ostinato para sostener un estado de ánimo, crear tensión o unificar la estructura en una canción.” (Kimball 2006, 13)

“La repetición de una figura musical específica puede proveer una intensidad rítmica para rellenar una escena que no sería remarcable de otra manera. Un ostinato puede también crear tensión a través de la pura acumulación, una especie de tortura china musical”. (Kalinak 1992, 93)

El tratamiento de la instrumentación también sugiere un interés por el instrumento según la connotación que posee. En el primer caso, el instrumento protagonista es la celesta o glockenspiel, mientras que en el segundo es el piano. Podría deducirse que el timbre de la celesta o glockenspiel fue escogido para representar romanticismo, pero realmente los usos de este instrumento también implican misterio, magia o fantasía. Sin embargo, sí es un instrumento característico de la técnica minimalista (otra de las etiquetas), así como el piano y otros instrumentos de láminas. Aún así, apreciamos que la instrumentación no es un parámetro escogido por el programa, sino que son plantillas predeterminadas asociadas a las etiquetas, ya que no se puede producir otra combinatoria.

Tanto por el tratamiento motivico como por el instrumental no parece existir un uso que sugiera realmente una composición original generada en vivo, sino que más bien parece una reconfiguración de algunos parámetros preestablecidos dentro de la base de datos del programa. Es decir, dentro de cada categoría de composiciones se pueden observar el uso de las mismas técnicas básicas reordenadas de distintas maneras pero guardando la esencia básica de cada grupo. Las instrumentaciones no varían en ningún caso y tampoco lo hacen los procedimientos texturales. Esto se ve reflejado en la estructura, que va asociada a esos parámetros y que varía según esa reordenación aleatoria.

Esto puede observarse también en la armonía, que resulta común a los distintos grupos de composiciones, predominando los acordes tonales, el V grado menorizado y el uso de la 4 suspendida. En ninguno de los dos casos se ha utilizado una sensible que resuelva a la tónica. Es cierto que en el segundo grupo de composiciones se usa más el acorde disminuido, probablemente para contribuir a esa sensación de tensión.

Por lo tanto, parece que el proceso compositivo del programa consiste en asociar unos tempos y tonalidades a cada composición, para luego crear distintas piezas combinando materiales básicos preestablecidos. Las piezas ofrecen tan poco contraste entre sí que no sugieren la idea de originalidad o novedad, por lo que tampoco la de creatividad.

También hemos experimentado con la opción de subir un audio preexistente para que el programa realizase un acompañamiento sobre la composición. Los resultados carecían de sentido motivico y concordancia armónica, por lo que la experimentación no se ha considerado exitosa en cuanto a resultados.

Ahora bien, si se recuerdan las intenciones manifiestas del programa, realmente cumplen con lo prometido:

- Si necesitas música para un vídeo, podcast, u otro proyecto, la creatividad artificial de Score crea música rápidamente que se ajusta al estilo, duración y estructura exacta que desee. (AmperScore™ 2019)
- Iniciar nuevos proyectos fácilmente.
- Experimentar con la instrumentación.
- Obtener inspiración al explorar nuevos estilos.
- “musicalizar un video viral” (Silverstein en Leswing 2016).
- (Amper) “escribe música que suena bien, [...] más de lo necesario para sonorizar un anuncio de coches”(Leswing 2016)
- “puedes literalmente crear música con pulsar un botón” (Nelson 2018).

Realmente cumple las expectativas generadas y sí serviría para las situaciones concretas donde no se pueda o no se desee aplicar una demanda musical muy exigente. Otro debate sería el generado en torno al aspecto creativo o de reemplazamiento de funciones del compositor humano. Respecto a esto, se sobreentiende que el contratante de AmperScore simplemente requiere suplir unas necesidades comerciales inmediatas, no una innovación artística o de una música que sea creativa, ya que, además, la similitud entre los resultados no aporta una idea de novedad ni de originalidad. Necesita únicamente cumplir una función específica. En este caso el compositor humano sería naturalmente incapaz de competir contra la rapidez de la máquina en términos de producción y gasto económico.

4.1.2. AIVA.

Descripción del programa (versión de prueba en fase beta):

AIVA (*Artificial Intelligence Virtual Artist*) es una herramienta fundada por Pierre Barreau, Denis Shtefan y Vincent Barreau. En la web oficial se presenta como una “Inteligencia Artificial capaz de componer bandas sonoras emocionales para películas, videojuegos, anuncios y cualquier tipo de contenido de entretenimiento” (AIVA 2019).

El sistema se construye sobre una base de datos provista de las obras de los grandes compositores clásicos durante la fase de aprendizaje. También se convirtió en el primer artista virtual con derechos de autor registrados en la SACEM, pero, exponen, “este logro no significa que AIVA reemplazará a los músicos; continuaremos animando a colaborar entre humanos y máquinas” (AIVA 2019). Con esta afirmación se puede percibir la intención de beneficiar al ámbito profesional del compositor, buscando la simbiosis profesional entre la herramienta inteligente y el compositor.

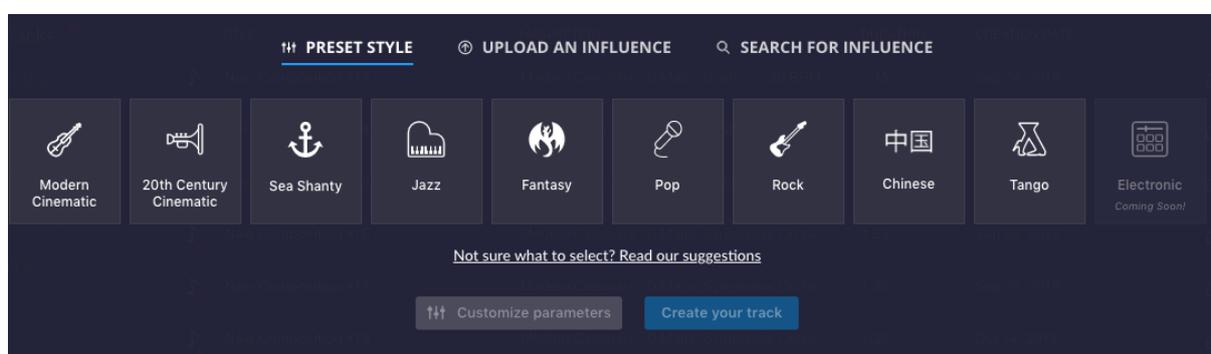


Ilustración 66: Plantilla de AIVA (AIVA 2019)

Respecto al formato de AIVA, es una herramienta online que no necesita descarga. Para crear una pista el usuario debe, en primer lugar, seleccionar entre tres opciones: estilo predefinido, subir una influencia o buscar una influencia. En la fase beta, en la que se encuentra el programa, sólo está disponible la primera opción, así que existen como posibilidades de estilo las siguientes:

Cinematográfico moderno	Tango
Cinematográfico siglo XX	Chino
Canción de marineros	Rock

Jazz

Electrónica

Fantasía

Pop

A cada etiqueta y estilo le acompaña una breve descripción como guía tímbrica e instrumental:

Cinematográfico moderno: Los ostinatos de cuerda en staccato y los poderosos acordes en los metales graves definen esta elección contemporánea en las bandas sonoras.

Cinematográfico siglo XX: Vuelve a la edad de oro de las bandas sonoras con armonías enriquecidas, fanfarrias heroicas en los metales y melodías crecientes en las cuerdas.

Canción de marineros: Navega los siete mares con tu acordeón y tu zanfona, evocando las alegres y peculiares melodías adecuadas para un pirata. Arrr!

Tango: Baila junto a los ritmos sincopados y la instrumentación intimista de esta popular combinación de música y baile.

Chino: Un estilo musical definido por el uso de la escala pentatónica y los instrumentos tradicionales chinos como el Guzheng y la Pipa.

Pop: Produce música pop moderna caracterizada por armonías simples, melodías alegres y pegadizas.

Rock: Con la energía pura de los powerchords, guitarras eléctricas y líneas de bajo impulsoras, esta configuración preestablecida te hará destrozar guitarras y llevarte al extremo.

Jazz: Muévete al ritmo de melodías pegadizas y armonías complejas interpretadas por una sección rítmica intimista.

Fantasía: Mata dragones en el tono de una orquesta épica y grandilocuente, o relájate en una taberna con el sonido de un laúd y una flauta.

Después de escoger el estilo se puede crear una pista directamente de forma aleatoria o seleccionar unos parámetros musicales que varían según el estilo escogido. Para "cinematográfico moderno", por ejemplo, son los mencionados a continuación: tonalidad (todas), compás ($\frac{3}{4}$, $\frac{4}{4}$), tempo (lento, medio o rápido), instrumentación (orquesta épica, láminas y orquesta, orquesta sinfónica, cuerdas y metales, piano y cuerdas, orquesta de cuerda, piano solo y "piano bajo" solo), duración (<30", 30" - 1', 1' - 1' 30", 1' 30" - 2', 2' - 2'30", 2'30" - 3', 3'+) y el número de composiciones (1 a 5). La duración sólo puede seleccionarse por

intervalo, no con un valor exacto, por lo que ya marca diferencias en cuanto a sincronización con Amper.

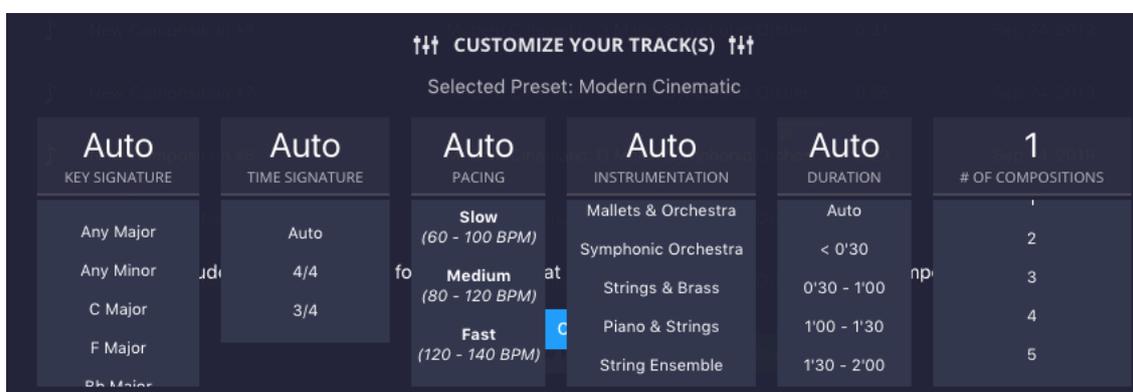


Ilustración 67: Parámetros para generar una pieza con AIVA

Una vez creada la pista, o pistas, se puede cambiar la pantalla a una vista estándar de programa de producción musical (tipo Logic), donde se presenta en el eje horizontal la estructura de la pieza (especificada en la barra superior), el cifrado armónico y las notas desplegadas en el editor de teclado. En el eje vertical están los parámetros del tempo y las instrumentaciones de la melodía, acordes, bajo, “extra” y percusión. Estos parámetros, de nuevo, se corresponden con las características del estilo seleccionado con anterioridad.

La altura de las notas se distribuye junto al modelo del piano en el eje vertical. Estas no son modificables, aunque es cierto que se puede descargar la pista como MIDI y, por lo tanto, alterar la composición de diversas maneras y de forma sencilla en la propia DAW del compositor.

Por otro lado, la instrumentación sí se puede variar reemplazando los instrumentos predefinidos por los que el usuario desee o añadir otros nuevos. Además, los bloques de color pueden eliminarse o variarse en su longitud, para borrar o modificar las intervenciones de cada instrumento.

Las alturas pueden cambiarse de octava y el ataque junto a las dinámicas y a la panoramización son también parámetros modificables. Con la opción ‘Auto – Staccato’ activada AIVA elige automáticamente la mejor articulación para cada instrumento.

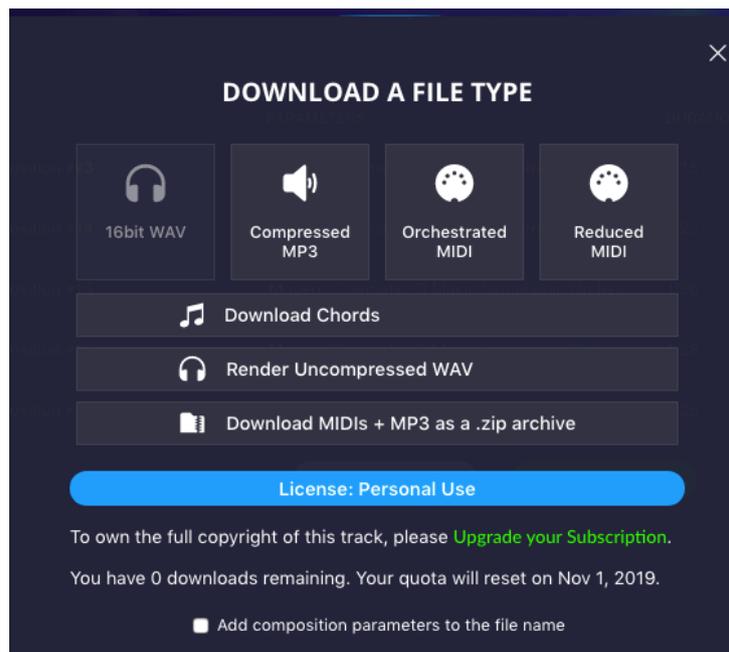


Ilustración 68: Aspecto de AIVA

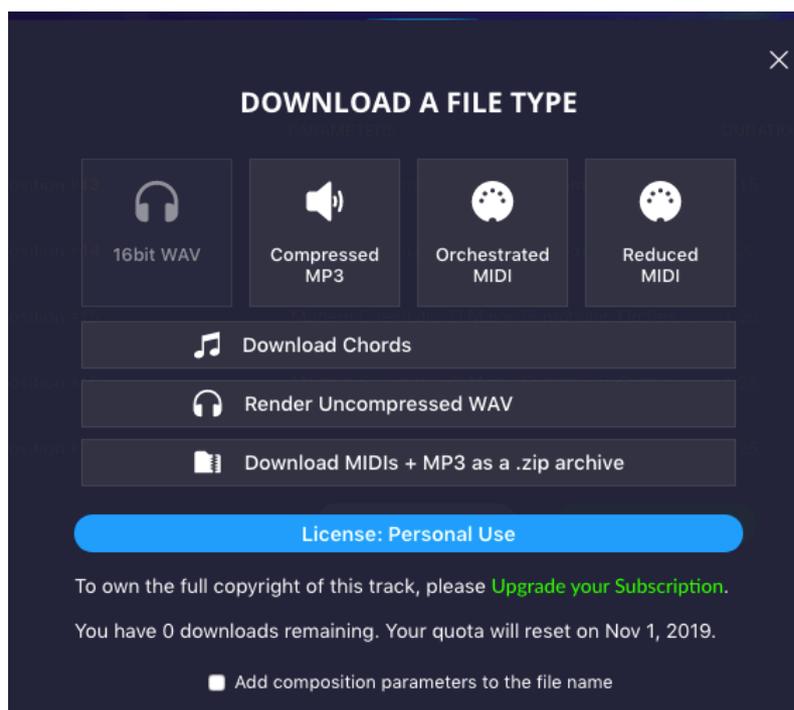


Ilustración 69: Opciones de descarga en AIVA

Una vez realizados los cambios que el usuario considere oportunos, se puede descargar la pista en diversos formatos: MP3, MIDI orquestado, MIDI reducido, WAV, etc. Por lo que, como ya hemos comentado, usando el formato MIDI e importándolo a una DAW podrían manipularse todos los elementos que se deseen, tomando la creación de AIVA como un borrador.

También, en la compra de AIVA existen las siguientes opciones de inversión, que van acompañadas de una breve explicación de aplicaciones posibles en cada plan:

Free, Forever

€0

No credit card required

For beginners who want to use compositions for non-commercial use cases only, and don't mind giving credit to AIVA.

- ⚠ Copyright owned by AIVA
- ⚠ No monetization
- ⚠ Credit must be given to AIVA
- ✓ 3 downloads per month
- ✓ Track durations up to 3 minutes
- ✓ Download MP3 & MIDI formats

Create an Account

Standard Monthly

€15 / month + VAT

Billed Monthly

Recommended for content creators who want to monetize compositions only on Youtube, Twitch, Tik Tok and Instagram.

- ⚠ Copyright owned by AIVA
- ⚠ Limited monetization
- ✓ No need to credit AIVA
- ✓ 15 downloads per month
- ✓ Track durations up to 5 minutes
- ✓ Download MP3 & MIDI formats

Create an Account

Pro Monthly

€49 / month + VAT

Billed Monthly

Recommended for creators who want to own the copyright of their compositions, and monetize without restrictions.

- ✓ Copyright owned by YOU
- ✓ Full monetization
- ✓ No need to credit AIVA
- ✓ 300 downloads per month
- ✓ Track durations up to 5'30 mins
- ✓ Download ALL file formats
- ✓ Export high quality WAV files

Create an Account

Gratis (no se requiere tarjeta de crédito)	Estándar (15€ al mes)	Pro (49€ al mes)
Duración máxima de 3 minutos por pista.	Duración máxima de 5 minutos por pista.	Duración máxima de 5' 30" por pista.
3 descargas al mes en MIDI y mp3.	15 descargas al mes en MIDI y mp3.	300 descargas al mes en todos los formatos (WAV de alta calidad)
Copyright de AIVA, sin monetización y mencionando al programa.	Copyright de AIVA, con monetización limitada y sin necesidad de mencionar al programa.	Copyright propio, monetizado y sin acreditar a AIVA.

Ilustración 70: Opciones de compra en AIVA

Con pagos anuales, la opción estándar saldría a 11€ al mes y la opción Pro a 33€ al mes. Como se puede observar, la herramienta resulta muy económica. Cabe decir que estos precios son para usuarios corrientes, existiendo la opción para empresas de la cual se pide que contacten con el equipo de AIVA para llegar a un acuerdo.

El plan gratuito está pensado para principiantes que quieren usar las composiciones sin fines comerciales y el estándar está recomendado para creadores de contenido que quieran monetizar las composiciones solo en YouTube, Twitch, Tik Tok e Instagram. Por último, el plan Pro está recomendado para creadores que quieren poseer el copyright de las composiciones y monetizarlas sin restricciones.

Estas pequeñas descripciones nos orientan hacia los usos y fines comerciales de esta herramienta y revela una información importante para las implicaciones de esta tesis, donde pretendemos aportar luz al presente y futuro de la composición automática. Podemos avanzar ya las aplicaciones más evidentes de este tipo de composición, en formatos donde sería muy costoso contratar compositores para vídeos de creación individual y donde la rapidez, e incluso espontaneidad, de la producción no da lugar a la creatividad musical, comprendiendo además así las limitaciones de tiempo impuestas por el programa (que también existen en las apps mencionadas). YouTube, por otro lado, daría lugar a otro tipo de casuística, ya que la plataforma acepta muchos tipos de contenido distintos (y videos de larga duración).

Si optamos por el plan PRO y usamos el programa para componer una banda sonora, considerando la presentación de AIVA (una IA capaz de componer bandas sonoras emocionales para películas, videojuegos, anuncios y cualquier tipo de contenido de entretenimiento), estaríamos limitados por la condición de la duración máxima de 5' 30" por pista, especialmente si queremos usarla en formatos de larga duración como películas o videojuegos donde parece más adecuado, por lo tanto, el plan de empresas, junto a esas condiciones negociables.

Experimentación:

Para comprobar el funcionamiento de la herramienta hemos continuado con la metodología establecida. En primer lugar, se han generado 6 pistas con una selección igual de etiquetas de estilo y parámetros musicales, para luego analizar los resultados y las variaciones dentro de los mismos. Las etiquetas escogidas han sido:

- Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica con una duración de 1' a 1' y 30" .

- Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica con una duración de 1' a 1' y 30".

La decisión de escoger estas etiquetas en dos grupos de 6 ha sido motivada por el interés de estudiar los resultados en ambos modos (mayor y menor). También hemos considerado interesante seleccionar la etiqueta de "fantasía" por ser la única que sugiere una emoción, ya que las otras se refieren a formatos compositivos.

El proceso de generación de pistas es similar al de AmperScore, aunque AIVA ofrece una interacción con los resultados mucho mayor. El diseño de la plataforma es mucho más detallado y el usuario puede modificar casi todos los parámetros una vez generada la pista. Aunque, sin embargo, la duración no puede determinarse con un valor exacto, a diferencia de AmperScore, lo que podría resultar un problema a la hora de musicalizar, por ejemplo, un video.

Además, el propio diseño de la plataforma facilita mucho el proceso de análisis, ya que viene indicada toda la información respecto a la estructura, la armonía y la instrumentación, no dejando toda esta labor a la percepción auditiva del usuario, como sucedía en AmperScore. Este dato refuerza el sentido de servicio y ayuda al compositor.

Por lo demás, las pistas se generan en cuestión de segundos, pudiéndose crear hasta 5 con un mismo clic del ratón. No resulta fundamental poseer nociones de música (aunque sí ayudan a la comprensión) y mucho menos de programación.

Análisis de resultados:

Se cuenta para el análisis de resultados, por lo tanto, con las siguientes muestras:

A	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 1
B	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 2
C	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 3
D	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 4
E	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 5
F	Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 6

G	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 1
H	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 2
I	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 3
J	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 4
K	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 5
L	Fantasia: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 6

Esta vez se incluirán las armonías en la tabla, ya que, como veremos a continuación, son más ricas y variadas que en Amper. El cifrado de acordes se expone exactamente tal y como lo presenta el programa, ya que, como hemos comentado, la música se ve acompañada del análisis armónico facilitando bastante el estudio de la herramienta.

A. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 1

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda y piano.
- Tempo: negra = 120
- Duración: 1' 15"
- Estructura y comentario:

Intro	4	a ₁	D ^{sus2} D ^{add2} , F#m ⁷ , Bm, D ^{sus2} D ^{add2} , F#m ⁷ , Bm.
A	8	a ₁ ' + a ₂	D ^{sus2} D ^{add2} , F#m ⁷ , Bm, D ^{sus2} D ^{add2} , F#m ⁷ , Bm, G ^{maj7} , C# ⁵ , G ⁵ , C# ⁵ , G ⁵ , C# ⁵ , G ⁵ , Am.
B	8	b	D ⁶ , F#m, G, A, G, D ^{maj7} , D ^{maj7} , Bm.
B'	8	b'	D ⁶ , F#m, G, A, G, D ^{maj7} , D ^{maj7} , Bm.
Outro	8 + 1	b''	D ⁶ , F#m, G, A, G, D ^{maj7} , D ^{maj7} , Bm + D

Tabla 15: Estructura y análisis armónico de la muestra A (AIVA).

La pieza comienza con la presentación de unos ostinatos interpretados por los violoncellos (ilustración 71) y las violas a modo de introducción. Estos 4 compases que la conforman se repiten en la sección a₁' donde, además, se superpone la entrada de la melodía (Tema A) en los violines (ilustración 72).



Ilustración 71: Fragmento de ostinato de los cellos en a₁.



Ilustración 72: Tema A.

Con el comienzo de la sección B se produce un cambio en el ritmo armónico (acorde por compás) y la melodía también varía. Es muy destacable el contraste de dinámicas, tanto en la melodía como en el acompañamiento, lo que ayuda a darle expresividad a la pieza y el énfasis estructural:

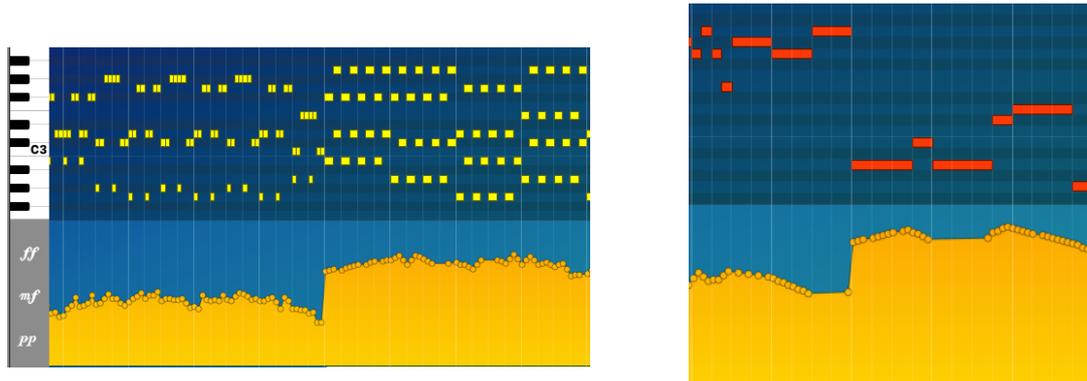


Ilustración 73: Cambio de dinámicas con la entrada de la sección B en el acompañamiento (izq.) y en la melodía (der.).

La fórmula de acompañamiento también varía con la entrada de la sección B y el ostinato de semicorcheas muta a corcheas.

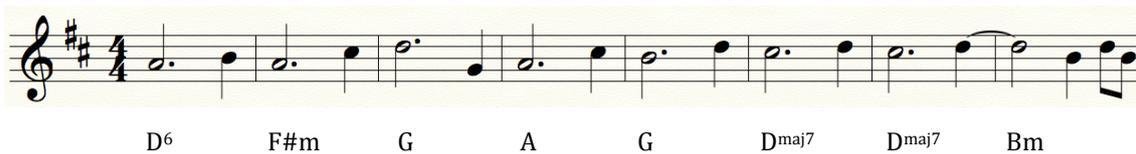


Ilustración 74: Tema B, interpretado por los violines y el piano.

Respecto a la armonía generada, como se puede observar en la tabla 15, se dan tanto notas alteradas como añadidas y séptimas sobre grados distintos de la dominante, lo que enriquece bastante la pieza. El movimiento melódico presenta una línea melódica construida con cuidado, conduciendo las notas alteradas y generando un sentido melódico que resulta natural a la escucha (ilustración 72 y 74).

Motívicamente también existe un tratamiento cuidadoso del ritmo, reiterando una misma figuración rítmica y dando, por tanto, un cuerpo característico e identificable a cada tema. En A, por ejemplo, predominan las segundas mayores, haciendo hincapié sobre la segunda añadida del I^{er} grado y una

rítmica sincopada, mientras que en B se produce un claro contraste: la figuración rítmica es constante y se resaltan las notas del acorde de dominante de la tonalidad.

La última sección, una coda, consta simplemente del acompañamiento de la sección anterior sin la melodía. Cabe destacar el uso del retardando para enfatizar esa sensación de final. Son recursos que no se han encontrado en el resto de herramientas.

B. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 2

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda y metales.
- Tempo: negra = 90
- Duración: 1' 26''
- Estructura y comentario:

Intro	4	a	D ⁷ , G ^{sus4} , C#, Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} .
A	8	a+b (4+4)	D ⁷ , G ^{sus4} , C#, Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} , Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} Am, Am ⁶ , Am ^{maj7}
A'	8	a+b (4+4)	D ⁷ , G ^{sus4} , C#, Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} , Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} Am, Am ⁶ , Am ^{maj7}
A''	9	a+b (4+4) +1 (cadencia)	D ⁷ , G ^{sus4} , C#, Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} , Am, Am ⁶ , Am ^{maj7} Am, Am ⁶ , Am ^{maj7}

Tabla 16: Estructura y análisis armónico de la muestra B (AIVA).

D⁷ G^{sus4} C# Am Am⁶ Am^{maj7} Am Am⁶ Am^{maj7} Am Am⁶ Am^{maj7}

Ilustración 75: Armonías interpretadas por los violoncellos.

Sobre el cuadro armónico expuesto en esta pieza cabe aclarar que la notación de los acordes no es claramente funcional. En concreto se aprecia en el ejemplo del acorde de C# (tercer acorde en la ilustración 75), donde cabría más enarmonizar Fa por Mi#, de lo que se deduce que las armonías utilizadas son también cromáticas y no se limitan a las funciones básicas de la tonalidad. Lo mismo ocurre

con los acordes cifrados como Am⁶ (5º acorde en la ilustración 75), que son analizados como la menor con sexta añadida (la, do, mi, fa#) y cuya lectura ajustada a la etiqueta tonal seleccionada, Re mayor, sería un III con séptima diatónica y con la quinta rebajada: fa#, la, do, mi. Puede también observarse en esta muestra la resolución individual de cada nota, tratada por grados conjuntos en el mayor de los casos.

Podemos interpretar consecuentemente que estas armonías no están encuadradas realmente dentro del contexto tonal predeterminado en la elección del usuario, ya que la desensibilización del VII grado (Do becuadro) provoca que la tonalidad realmente se perciba como La menor y no Re mayor, donde sí encontramos la sensibilización del VII (sol# y fa# a razón de la escala menor melódica) y donde podemos observar la presencia del acorde de tónica (la, do, mi) como pedal a lo largo de todas las relaciones armónicas desde el compás 3.

Formalmente, la pieza comienza con una introducción de 4 compases donde aparece el bloque armónico de los cellos. Este (a) formará parte, a su vez, del acompañamiento de la melodía en a1 en el tema principal. En la segunda frase del tema, a2, los cellos tocan la armonía indicada como b.

El tema es el mismo en las tres secciones A, A' y A'' y las variaciones se producen únicamente en las distintas intervenciones instrumentales. En A el tema es interpretado por la trompa, en A' por los violines y en A'' de nuevo por la trompa.

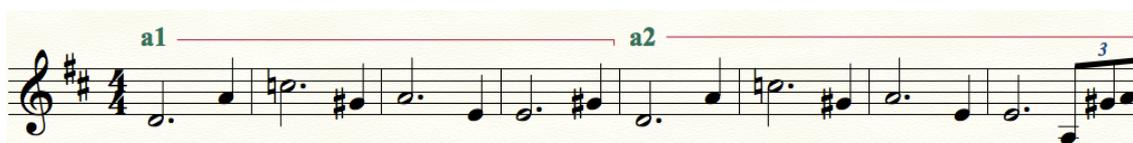


Ilustración 76: Tema principal.

Este se divide en un antecedente y un consecuente (a1 y a2 en la ilustración 76), que son prácticamente iguales salvo en el último tiempo, donde se introduce en tresillo en el consecuente. Rítmicamente consta de una única fórmula de blanca con puntillo y negra, al igual que el tema B de la pieza anterior y la interválica incide bastante sobre las notas alteradas, dando sensación de inestabilidad.

C. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 3

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda y metales.
- Tempo: negra = 110
- Duración: 1' 28''
- Estructura y comentario:

Intro	4	a ₁	D ^{maj9} , F ^{#madd2} , D ^{maj9} , F ^{#madd2}
A	8	a ₁ ' + a ₂	D ^{maj9} , F ^{#madd2} , D ^{maj9} , F ^{#madd2} , A, F ^{#sus4} , A, F ^{#sus4}
B	8	b	D ^{sus4} , D, G, F [#] , D ^{sus4} , D, Gm ⁷ , F [#]
B'	8	b'	Ab ^{sus4} , Ab, Db, C, Ab ^{sus4} , Ab, Dbm ⁷ , C
Otro*	8 + 1	b''	D ^{sus4} , D, G, F [#] , D ^{sus4} , D, Gm ⁷ , F [#] , D

Tabla 17: Estructura y análisis armónico de la muestra C (AIVA).

La sección introductoria consta de un ostinato interpretado por las violas y los violoncellos sobre una armonía de primer grado con novena, siendo la fundamental del acorde interpretada por los bajos:

The image shows a musical score for three instruments: Viola, Cello, and Double Bass. The score is in 4/4 time and the key of D major (indicated by two sharps). The Viola part consists of a rhythmic pattern of eighth notes. The Cello part consists of a rhythmic pattern of eighth notes. The Double Bass part consists of a simple harmonic accompaniment with a pink highlight on the final note.

Ilustración 77: Acompañamiento en A.

Este ostinato, de la misma manera que en los procedimientos de las piezas anteriores, forma parte de la primera mitad de la sección A, donde se produce la entrada de la melodía, interpretada por los cellos:



Ilustración 78: Temas de las secciones A, B y B'.

Los temas de las secciones B y B', interpretados por la trompa, son mucho más simples, ya que están formados por redondas a distancia de 2^am. B' es una transposición literal de B a la 4^a A/5^aD superior. Por lo tanto, contrasta mucho con el tema A, que rítmicamente posee figuraciones breves y sincopadas sobre 2^{as} Mayores principalmente.

El acompañamiento en la sección B también varía y los metales aparecen doblando a los violoncellos y a los contrabajos las notas fundamentales de la armonía:



Ilustración 79: Acompañamiento en B.

En la última sección, la coda, se repite el tema de B con un nuevo acompañamiento superpuesto e interpretado por los cellos en spiccato:

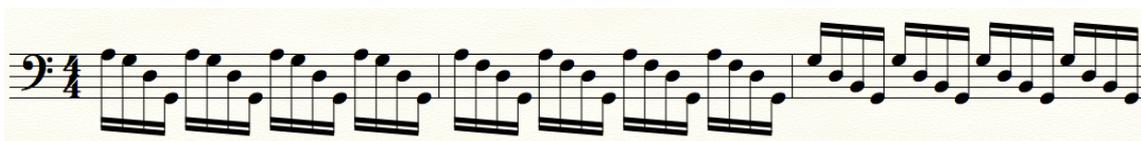


Ilustración 80: Acompañamiento en la CODA.

D. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 4

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda, arpa y oboe.
- Tempo: negra = 60
- Duración: 1' 25''

- Estructura y comentario:

A	8	a+a'	(D, F#m, A, E) x 2
Puente	2		D ^{sus4} , D
B	8 +1	b1, b2, b3 y b4	D ⁶ , F#m ^{add2} , D ⁶ , F#m ^{add2} , A ⁶ , D, A ⁶ . D, D

Tabla 18: Estructura y análisis armónico de la muestra D (AIVA).

D F#m A E D F#m A E

Ilustración 81: Tema A (Oboe).

En la primera sección, el oboe interpreta la melodía principal junto a un acompañamiento homofónico de las cuerdas, a modo de colchón armónico. En la melodía (ilustración 81) se puede apreciar perfectamente el sentido de antecedente y consecuente de sus subdivisiones (4+4): los primeros 2 compases de a y a' son idénticos, lo que varían son las cadencias melódicas. En la primera, con la secuencia armónica de I, III, V y V/V termina con una semicadencia en la dominante de la dominante (La) con un retardo de la 3^a por la 4^a. La segunda frase, con la misma secuencia armónica, sigue el mismo procedimiento pero retardando esta vez la 5^a del acorde. Por lo demás, la interválica nace como resultado de los arpeggios de la armonía triádica.

Ilustración 82: Sección B.



Ilustración 83: Comparación de los elementos de la sección B.

Como se puede observar en la ilustración 83, el tema B se forma por 4 subsecciones que consisten en la repetición variada de un fragmento de dos compases (b1, b2, b3 y b4). Las variaciones consisten en leves cambios rítmicos e interválicos sobre alguna nota de final de semifrase, como los señalados con los círculos. Podemos destacar las variaciones de tipo rítmico entre los compases 1 y 2 o de direccionalidad interválica como en los compases 2 y 4, o 2 y 6.

E. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 5

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda, trompa y piano.
- Tempo: negra = 60
- Duración: 1' 30''
- Estructura y comentario:

Intro	4	a	D ⁶ , F#m, D, G,
A	8	a' + a''	(D ⁶ , F#m, D, G) x 2
B	8 + 1	b + b'	(D ⁵ , D, Gm, F#, G) x 2

Tabla 19: Estructura y análisis armónico de la muestra E (AIVA).

Viola

D⁶ F#m D G

Ilustración 84: Introducción.

A pesar de que el programa analice el primer acorde como un I con 6ª añadida (ilustración 84), la disposición de las notas muestra claramente un VI con séptima o la tónica de Si menor. Con este tipo de irregularidades el programa demuestra que los acordes que genera no siempre se relacionan con la tonalidad de la preconfiguración escogida, usando enlaces tonalmente ambiguos y dando resultados distintos a los esperados. Por otro lado, los enlaces producidos entre estos acordes de la introducción no guardan un interés por la línea, por los grados conjuntos, y parece que simplemente respetan la construcción armónica vertical.

Este bloque de acordes se repite dos veces en la sección A, donde entra la melodía interpretada al unísono por las violas y las trompas. Es un tema austero rítmicamente, de negras y blancas, pero que sigue guardando un sentido estructural coherente por su direccionalidad y pausas a final de semifrase (4+4), o de antecedente y consecuente.



Ilustración 85: Tema A (violas y trompas).

El programa analiza la secuencia armónica de la sección B así: D⁵, D, Gm, F#, G, D⁵, D, Gm, F#, G. Sin embargo, funcionalmente, sería de la siguiente manera:

I^{6₄}-⁵ I^{6₄}-⁵ IV(3b)⁶-^{6₄} VIb IV⁶ I^{6₄}-⁵ I^{6₄}-⁵ IV(3b)⁶-^{6₄} III(3#)⁶ I

Ilustración 86: Ilustración 87: Sección B y análisis armónico.

El IV(3b)6 y el VIb tienen una segunda añadida y el primer acorde y el segundo están sin tercera. Los acordes del acompañamiento del piano presentan un tratamiento horizontal de las voces, utilizando inversiones para un enlace acordal que pueda mantener las notas comunes. No por ello evita movimientos no permitidos en la armonía tradicional, como las quintas justas paralelas entre el compás 7 y 8.

La melodía, por otra parte, está estructurada en una subdivisión de dos compases repetidos variadamente que se diferencian claramente por su rítmica alternada de 4 negras y una blanca. Esto podría demostrar un planteamiento secuencial de la subestructura para aportar sentido melódico al nivel estructural global.

F. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 6

- Instrumentación por defecto: orquesta de cuerda y metales.
- Tempo: negra = 100
- Duración: 1' 29"
- Estructura y comentario:

A	8	D ⁶ , D ^{maj7} , D ^{maj7} , D ^{maj7} , D ^{maj7} , Bm, Bm, Bm
A'	8	D ⁶ , D ^{maj7} , D ^{maj7} , D ^{maj7} , D ^{maj7} , Bm, Bm, Bm
Puente	2	D ⁶ , D ^{maj7}
B	8	D ^{add#4} , F ^{#m} , G, G, D ^{maj7} , Bb, D, A
C	8 + 1	D ^{sus4} , Bm, Bm, Bm, Bm, F ^{#m} , F ^{#m} , F ^{#m} , D.

Tabla 20: Estructura y análisis armónico de la muestra F (AIVA).

En esta pieza pueden encontrarse tres secciones contrastantes, donde la primera se repite mediante una leve variación que consiste en suprimir una voz del acompañamiento.

The image displays three staves of musical notation in treble clef with a key signature of one sharp (F#) and a 4/4 time signature. The first staff, labeled 'A y A'', shows a sequence of notes: D4 (half), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), and D5 (half). The second staff, labeled 'B' and starting at measure 9, shows: D4 (half), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), and D5 (half). The third staff, labeled 'C' and starting at measure 17, shows a more complex rhythmic pattern: D4 (half), E4 (quarter), F#4 (quarter), G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), C5 (quarter), D5 (half), E5 (quarter), F#5 (quarter), G5 (quarter), A5 (quarter), B5 (quarter), C6 (quarter), and D6 (half).

Ilustración 88: Temas A, A' y B interpretados por los violines y C por los violoncellos.

Los temas A y B son ciertamente similares, ya que resultan de una misma secuencia rítmica de compases de redonda y dos blancas, aunque sobre alturas distintas porque la armonía varía en cada sección. El tema C presenta una figuración rítmica más breve, con una presencia de la síncopa en su segunda mitad.

Armónicamente la pieza se mueve sobre los grados I, VI, III, IV, V y utiliza un VI grado rebajado (Sib) destacable y que añade color a la pieza con la relación mediántica (de 3ª M con la tónica Re) típica del romanticismo, también muy utilizada en las bandas sonoras para producir contrastes intensos emocionalmente. Las cuartas añadidas sobre el primer grado se perciben aquí como retardos de la tercera del acorde, debido a su tratamiento junto al acorde posterior (D^{add#4}/ F#m en B).

Las fórmulas de acompañamiento utilizadas para cada sección son las siguientes:

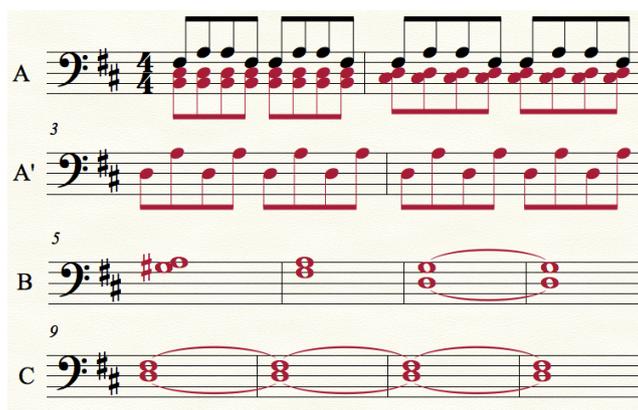


Ilustración 89: Fórmulas de acompañamiento en cada sección.

- **Resumen estructural:**

	1	2	3	4	5	6
Armonía	I ^{sus2} , I ^{add6} , I ⁷ III ⁷ , III, IV ⁷ , IV, VI, VI ⁷ , Vm , VII ^{5#}	I ⁷ , VII ^{5#} , V ^{7#m} , III ⁷	I ^{maj9} , III, III ^{add2} , III ^{sus4} , IV, IV ^{7m} , V, Vb (Ab ^{sus4} , Db, C, Ab, Dbm ⁷)	I, I ^{sus4} , I ^{add6} , III, III ^{add2} , V, V ^{add6}	I ^{add6} , III, IV, IV ^m	I ^{add6} , I ^{maj7} , I ^{add#4} , I ^{sus4} , III, IV, V, VI, VI ^b
Tempo	120	90	110	60	60	100
Instrumentos	Cuerdas y piano	Cuerdas y metales	Cuerdas y metales	Cuerdas, arpa y oboe	Cuerdas, trompa y piano	Cuerdas y metales
Duración	1' 15"	1' 26"	1' 28"	1' 25"	1' 30"	1' 29"
Estructura	Intro(a ₁) A(a ₁ ' + a ₂) B(b) B'(b') Coda(b'')	Intro(a) A(a+b) A'(a+b) A''(a+b)	Intro(a ₁) A(a ₁ ' + a ₂) B(b) B'(b') Coda(b'')	A(a+a') Puente B(b1, b2, b3 y b4)	Intro(a) A(a'+a'')	A A' puente B C

Tabla 21: Tabla resumen de las 6 primeras muestras. (AIVA).

- Temas A:

1 

2 

3 

4 

5 

6 

- Temas B:

1 

3 

4 

5 



– Tema C:



G. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 1

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 80
- Duración: 1' 17"
- Estructura y comentario:

Intro	4	a	(Am, Dm) x 2
A	8	a' + a''	(Am, Dm) x 2, (Em, Am) x 2
Puente	4	a	(Am, Dm) x 2
B	8 + 1	b + b'	Am ⁷ , Em, G, Am, E, E, Am, E, Am

Tabla 22: Estructura y análisis armónico de la muestra G (AIVA).



Ilustración 90: Acompañamiento acordal en la introducción y la sección A.

Al comienzo de la pieza, en la introducción, las trompas y las violas realizan un acompañamiento acordal sobre los grados I y IV. Este se repite a lo largo de la sección A y en el puente, como se ha visto en otros procedimientos estructurales del programa. Como se puede observar en la ilustración 90, los enlaces presentan distintas inversiones según el tratamiento de la resolución horizontal de las notas.

The image shows two musical staves, A and B, in 4/4 time. Staff A contains a melodic line divided into four segments: 'a1' and 'a2' under the bracket 'antecedente', and 'a1'' and 'a2'' under the bracket 'consecuente'. The first two segments end with a half note, while the last two end with a whole note marked with an asterisk. Staff B shows a more complex accompaniment with various chords and rhythmic patterns, starting with a 7th degree major chord (sol #, la b).

Ilustración 91: Temas A y B.

El tema A, analizado en la ilustración 91, y el B están ambos interpretados por tres trompetas, tres trombones, tres flautas, dos oboes y dos clarinetes. Las armonías utilizadas son las de los grados I, IV, V mayor y menor y VII (subtónica). El primer grado presenta sólo al comienzo del tema B una 7ª M (sol #, o la b en la ilustración 91).

Este tema A es ejemplo de una estructura clara de antecedente y consecuente con leves variaciones en las terminaciones de cada semifrase (señaladas con asterisco).

The image shows a musical staff in bass clef with a complex accompaniment. It features several chords and rhythmic patterns, including a 7th degree major chord at the beginning.

Ilustración 92: Acompañamiento en B.

En la sección B se produce un contraste con la sección anterior a casi todos los niveles, ya que la armonía resulta más compleja que la anterior, el acompañamiento varía a una fórmula rítmica en spiccato, presentada en la ilustración 92, y la melodía también presenta más elaboración rítmica con una figuración más breve y sincopada en su segunda mitad. Sin embargo, respecto a la instrumentación sí que es cierto que no existe variación alguna en esta sección B, ya que la melodía sigue siendo interpretada por trombones, trompetas, flautas, oboes y clarinetes y el acompañamiento por las trompas y las violas.

H. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 2

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 90
- Duración: 1' 11"
- Estructura y comentario:

Intro	4	a	Am ⁷ , Em, G, C
A	8	a' + a''	(Am ⁷ , Em, G, C) x 2
Puente	4	a	Am ⁷ , Em, G, C
B	8 + 1	b + b'	(Am, D, Am, D, Am, Em, F) x 2 (Dm, Am, G, Am, G) x 2 + Am.

Tabla 23: Estructura y análisis armónico de la muestra H (AIVA).

En las tres primeras secciones de la pieza (Intro, A y puente) se repite literalmente una estructura de 4 compases sobre los grados I, Vmenor, V/III y III:

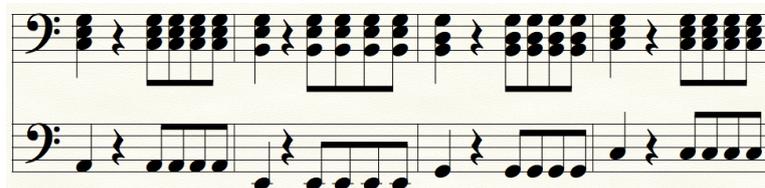


Ilustración 93: Ostinato (a) interpretado por trombones, fagotes, timbales, violas y violoncellos.

Este bloque armónico presenta un color claramente modal debido a las relaciones que se establecen entre los grados utilizados. La sensible sin alterar en la dominante menor convierte al supuesto La menor en más bien un modo eólico, o lo que es lo mismo, en una escala menor natural. Sin embargo, el hincapié realizado sobre el VII y el III grado sugieren esa inclinación por un carácter modal.

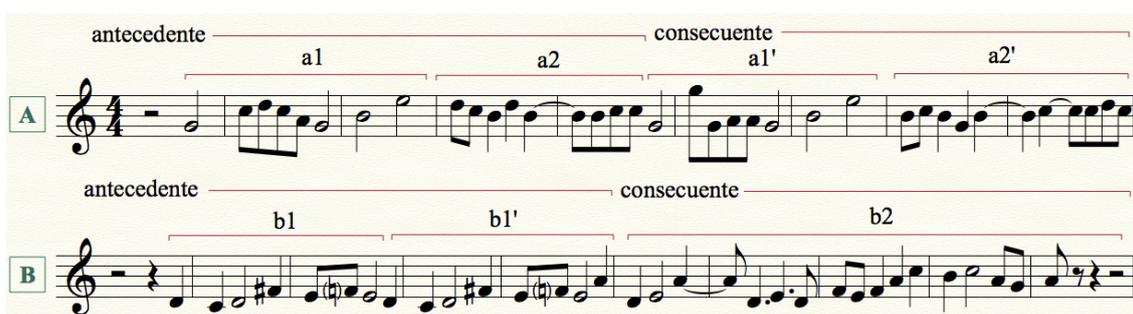


Ilustración 94: Estructura de los temas A y B.

El tema A se construye sobre esa estructura de 4 compases repetida dos veces (a'+a'') coincidiendo con las divisiones de antecedente y consecuente. Estas divisiones se subdividen a su vez en dos compases, tal y como está indicado en la ilustración 94. Las variaciones motivicas entre las semifrases son de carácter interválico, cambiando incluso la direccionalidad melódica.

Parece que el tema A, aunque cumple una estructura formal típica, no guarda un carácter demasiado natural a la escucha, sonando forzado y constreñido quizás debido al tipo de variaciones realizadas que parecen aleatorias y difíciles de asociar entre ellas; o simplemente a la falta de un factor intuitivo humano, ya en términos subjetivos. Lo mismo sucede con el tema B, que aunque varía la secuencia armónica, melódicamente suena bastante artificial, quizás debido también a la falta de asociación entre sus elementos. Puede ser que unas repeticiones motivicas algo más literales contribuyeran a una escucha más natural en este tipo de composiciones.

Este último tema B presenta un nuevo ritmo armónico donde los grados I, IV mayor, I, IV mayor, V menor y VI se comprimen en 2 subsecciones de 4 compases ($b = b_1 + b_1'$) para luego en b_2 cambiar al I, IV y VII grado. Rítmicamente no se destacan grandes novedades, ya que siguen presentes los mismos elementos aparecidos con anterioridad.

I. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 3

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 140
- Duración: 1' 31''
- Estructura y comentario:

Intro	4	a	(Am, G, Am) x 4
A	8	a' + a''	(Am, G, Am) x 8
Puente	4		(Am, Em, Dm, Am, D, Am) x 2
B	8	b + b'	(Am, Dm, Am, D, Am, G, Am) x 2 Dm, F, C, Dm, C, Dm, F, Em, Dm, E, Am, F, G
C	8	c	(Am, G, Am, G, Am, D, Am, G, Am, F, G, E) x 2
A	8	a' + a''	(Am, G, Am) x 8
Outro	8+1	a' + a''	(Am, G, Am) x 8 + Am

Tabla 24: Estructura y análisis armónico de la muestra I (AIVA).



Ilustración 95: Célula rítmica (a) interpretada por las trompas, trombones, violas, violoncellos, fagotes y timbales.

La pieza comienza con la presentación de la célula rítmica expuesta en la ilustración 95. Esta continúa como acompañamiento de la melodía en la sección A y B, variándose la fórmula en la sección C y sirviendo, por tanto, los siguientes compases como acompañamiento del tema C:



Ilustración 96: Acompañamiento en C.

Ilustración 97: Temas A, B y C.

Respecto a las melodías generadas en cada sección, puede observarse en el análisis de la ilustración 97 que, esta vez, la estructura presenta más repeticiones motívicas y, por tanto, contribuye a una percepción auditiva más natural por su coherente presentación del material. Llama la atención que en este caso un motivo aparecido en el tema A (x) reaparece en el tema B, aunque este último está “interpretado” de una forma atropellada y necesitaría mucho trabajo de posproducción. Las variaciones entre los motivos son leves modificaciones interválicas que permiten el reconocimiento y la asociación auditiva entre los mismos. El tema C, sin embargo, resulta contrastante con respecto a lo comentado

sobre los anteriores, ya que su estructura parece más caótica o aleatoria, además es interpretada por los violines primeros y segundos, por lo que también contrasta con respecto a la instrumentación. Armónicamente no se producen novedades con respecto a las composiciones anteriores.

J. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 4

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 120
- Duración: 1' 17"
- Estructura y comentario:

A	8	a + a'	(Am, Fm, Am, G) x 2 Dm, C, Dm, Dm, Am, D, Am, F, G, E, Am
A'	8	a + a'	(Am, Fm, Am, G) x 2 Dm, C, Dm, Dm, Am, D, Am, F, G, E, Am
Puente	4		Am, F, Em, Am, Am, F, Em, Am.
B	8	b + b	(Am, Em, Dm, Am, Am, G, Am, G, C, Dm, E, Dm, G) x 2
C	8		Am, G, Em, F, E, Dm, G, C, Dm, G, D, E, Cm, D, E, Dm, Am.

Tabla 25: Estructura y análisis armónico de la muestra J (AIVA).



Ilustración 98: Tema A.

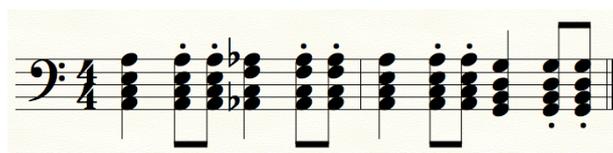


Ilustración 99: Fórmula de acompañamiento en A.

De nuevo podemos observar una estructuración cuadrada de un tema en la sección A. Este, interpretado por los violines en A y por los metales en A', se construye sobre una base armónica de 3 acordes en su primera semifrase (4 compases), I, VI^b y VII, repitiendo el giro cromático del La – La b. Este giro sufre modificaciones en la segunda mitad o consecuente, ya que el ritmo armónico también varía y aparecen nuevos grados: IV, IV[#], III, VI, V y I. El acompañamiento está interpretado por trompa, violas, cellos y trombón.

En el puente se presenta una fórmula de acompañamiento distinta que seguirá acompañando al tema B:



Ilustración 100: Fórmula de acompañamiento en B.



Ilustración 101: Tema B.

El tema B, interpretado por los metales, resulta más complejo rítmicamente, aunque carece de la naturalidad del tema anterior. Este, a su vez, se divide en dos semifrases prácticamente iguales. La interválica utilizada gira sobre todo en torno a las segundas mayores.



Ilustración 102: Tema C.

Por último, el tema C que está a cargo de los violines sigue insistiendo sobre el intervalo de segunda, por lo que parece que este recurso es una señal de identidad en la elaboración de los temas de esta pieza. La subdivisión de semifrases es también de 4 + 4, aunque las variaciones son tales que no se hace tan reconocible a la escucha como en otros casos anteriores. Con la entrada de este tema se produce un contraste más resaltante que entre el cambio de las otras

secciones, debido a que los temas A y B están interpretados por los metales para que, con la entrada del tema C, aparezcan las cuerdas por primera vez.

K. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 5

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 120
- Duración: 1' 19"
- Estructura y comentario:

A	8	a + a'	(Am, B, Am, Am, E) x 2
B	8	b1 + b2	Am, G, Am, G, C, Dm, C, Dm, Am, G, Am, D, Am, G, F, C, Am, G, Am, G, C, Dm, C, Dm, C, Dm, Am, G, Am, D, C.
Puente	4		Am, G, C, Dm, E, Am.
A'	8	a + a'	(Am, B, Am, Am, E) x 2
B'	8	b1' + b2'	D#m, C#, D#m, C#, F#, G#m, F#, G#m, D#m, C#, D#m, G#, D#m, C#, B, F#, D#m, C#, D#m, C#, F#, G#m, F#, G#m, D#m, C#, D#m, G#, F#, D#m

Tabla 26: Estructura y análisis armónico de la muestra K (AIVA).



Ilustración 103: Temas A y A'.

El tema A, asignado a las cuerdas y luego en A' a los metales, se divide en dos frases de 4 compases prácticamente iguales. Las variaciones, de hecho, consisten en leves modificaciones interválicas indicadas en la ilustración 103 con un asterisco. En A' sucede que, al estar tanto la melodía como el acompañamiento interpretados por la misma familia de instrumentos, se mezclan entre sí confundiendo qué notas pertenecen a cada plano. Por otro lado, posee el motivo característico de dos semicorcheas + corchea, floreado la tercera y la quinta del acorde de tónica. El intervalo de segunda sigue siendo el predominante también en este tema.

Ilustración 104: Ejemplos de acompañamientos.

Ilustración 105: Tema B.

Ilustración 106: Puente.

Ilustración 107: B'.

El tema B se compone de una estructura de semifrase menos similar, contrastando con A también en el uso motivico e interválico, moviéndose principalmente por valores más largos. Su repetición en B' consiste en una transposición literal a la cuarta aumentada superior.

Las armonías utilizadas son las comunes de este género, observadas en piezas anteriores. Cabe destacar las alteraciones en el tema A (sol# y re#) como sensibles de la tonalidad principal y de la tonalidad de la dominante, que enriquecen el color de la melodía con cromatismos.

L. Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica 6

- Instrumentación por defecto: orquesta sinfónica.
- Tempo: negra = 120
- Duración: 1' 31''
- Estructura y comentario:

Intro	4	a1	(Am, G, Am) x 2
A	8	a1' + a2	(Am, G, Am) x 2, (Fm, C) x 2
A'	8	a1' + a2	(Am, G, Am) x 2, (Fm, C) x 2
Puente	4	a1	(Am, G, Am) x 2
A''	8	a1'' + a2'	(F#m, E, F#m) x 2, (Dm, A) x 2
Outro	8	A'' (sólo acompañamiento)	(F#m, E, F#m) x 2, (Dm, A) x 2 + F#m

Tabla 27: Estructura y análisis armónico de la muestra L (AIVA).

Ay A'

A''

Ilustración 108: Tema A.

Ilustración 109: a1 y acompañamiento de a1'

Para acabar con las piezas generadas por AIVA, esta última está constituida por un solo tema repetido varias veces con variaciones instrumentales y, en su última versión, transportado al intervalo de 3ªm descendente. La fórmula de acompañamiento arriba presentada, interpretada por la trompa, trombón, violas y cellos, conforma la introducción, siendo esta repetida en a1' junto a la melodía. El tema A, en su antecedente, se forma por una repetición literal de dos compases, para después presentar una línea de valores más largos con giros interválicos de 2ª m principalmente. En la primera sección tocan el tema A los violines, en A' las trompetas junto a flautas, oboes y clarinetes, para luego en A'' volver con los violines. Las armonías utilizadas son principalmente relaciones entre el primer y el séptimo grado sin alterar (subtónica), así como también entre el VI y III grado, por lo que el tratamiento modal sigue presente de manera muy clara.

- **Resumen estructural:**

	1	2	3	4	5	6
Armonía	I, I ⁷ , IV, Vm, V [#] , VII(subtónica).	I, I ⁷ , III, IV [#] , Vm, VI, VII(subtónica).	I, III, IV, IV [#] , Vm, V, VI, VII(subtónica).	I, III, III ^m , IV, IV [#] , Vm, V, VI ^m , VI, VII(subtónica).	I, II ^M , III, IV, IV [#] , V, VI, VII(subtónica). Transposición a la 4 ^a A.	I, III, VI ^m , VII(subtónica). Transposición a la 3 ^a m inferior.
Tempo	80	90	140	120	120	120
Instrumentos	Orquesta sinfónica					
Duración	1' 17"	1' 11"	1' 31"	1' 17"	1' 19"	1' 31"
Estructura	Intro (a) A (a'+a'') Puente (a) B (b+b')	Intro (a) A (a'+a'') Puente (a) B (b+b')	Intro (a) A (a'+a'') Puente B (b+b') C (c) A (a'+a'') Outro (a'+a'')	A (a+a') A' (a+a') Puente B (b+b) C	A (a+a') B (b1+b2) Puente A' (a+a') B' (b1'+b2')	Intro (a1) A (a1'+a2) A' (a1'+a2) Puente (a1) A'' (a1''+a2'') Outro A''

Tabla 28: Resumen estructural AIVA (2).

- **Temas A:**

1

2

3

4

5

6

añadidas, la gran abundancia del uso de la séptima (especialmente en el primer grupo de muestras) y notas de adorno, aunque la parte analítica del programa confunda las funciones de las mismas.

En segundo lugar, hemos observado que existe tratamiento de las dinámicas y de las inflexiones del tempo, a base de ritardandos estructurales, que aportan cierta expresividad, dentro de lo posible, a las piezas, como se puede observar en los ejemplos mostrados en las ilustraciones 109 y 110.

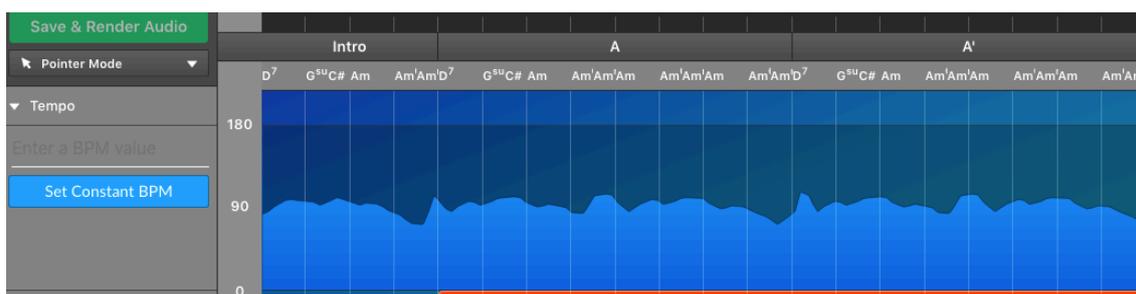


Ilustración 110: Tempo irregular en la muestra B - 'Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 2'.

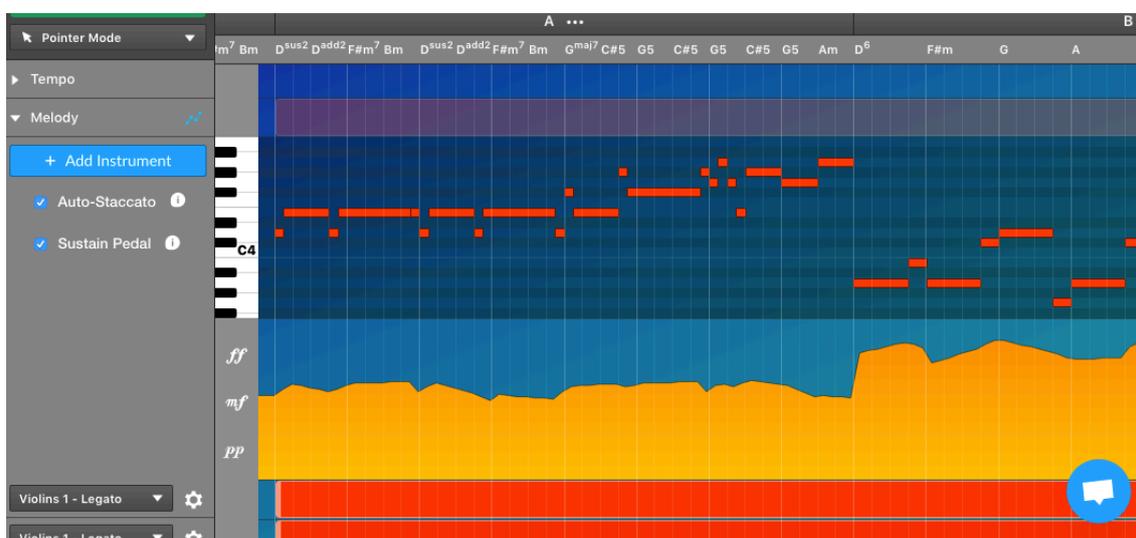


Ilustración 111: Cambio de dinámicas entre distintos temas (Muestra A. Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica 1).

Respecto a estos dos puntos comentados, en su conjunción, parece existir una diferencia de tratamiento armónico en cuanto a la etiqueta de estilo. Es decir, en el primer grupo de muestras "Cinematográfico moderno: Re Mayor, 4/4, orquesta sinfónica" se da una clara y mayor presencia de notas añadidas y séptimas:

	1	2	3	4	5	6
Armonía	I ^{sus2} , I ^{add6} , I ⁷ III ⁷ , III, IV ⁷ , IV, VI, VI ⁷ , Vm ,VII ^{5#}	I ⁷ , VII ^{5#} , V ^{7#m} , III ⁷	I ^{maj9} , III, III ^{add2} , III ^{sus4} , IV, IV ^{7m} , V, Vb (Ab ^{sus4} , Db, C, Ab, Dbm ⁷)	I, I ^{sus4} , I ^{add6} , III, III ^{add2} , V, V ^{add6}	I ^{add6} , III, IV, IVm	I ^{add6} , I ^{maj7} , I ^{add#4} , I ^{sus4} , III, IV, V, VI, VIb

Tabla 29: Armonías "Cinematográfico moderno" (AIVA)

Mientras que no sucede lo mismo en el otro grupo de composiciones "Fantasía: la menor, 4/4, orquesta sinfónica":

	1	2	3	4	5	6
Armonía	I, I ⁷ IV, Vm, V [#] ,VII(subtónica).	I, I ⁷ , III, IV [#] , Vm, VI, VII(subtónica).	I, III, IV, IV [#] , Vm, V, VI, VII(subtónica).	I, III, III ^m , IV, IV [#] , Vm, V, VI ^m , VI, VII (subtónica).	I, II ^M , III, IV, IV [#] , V, VI, VII (subtónica). Transposición a la 4 ^a A.	I, III, VI ^m , VII (subtónica). Transposición a la 3 ^a m inferior.

Tabla 30: Armonías "Fantasía" (AIVA)

Recordamos además que el programa, en la fase de aprendizaje, construía su conocimiento en base a compositores clásicos como Mozart, Beethoven o Bach, los cuales no corresponden con la armonía resultante en varios casos (especialmente en el primer grupo de muestras). Por otro lado, también cabe preguntarse si existe algún tipo de asociación premeditada entre el tipo de armonía con la emoción buscada. Las descripciones de estilo eran las siguientes:

Cinematográfico moderno: Los ostinatos de cuerda en staccato y los poderosos acordes en los metales graves definen esta elección contemporánea en las bandas sonoras.

Fantasía: Mata dragones en el tono de una orquesta épica y grandilocuente, o relájate en una taberna con el sonido de un laúd y una flauta.

Ciertamente, la descripción del primer grupo concuerda bastante con los resultados obtenidos, aunque los ostinatos han estado presentes en ambos grupos. Respecto al grupo "Fantasía", es cierto que el uso predominante de los metales contribuye al sentido épico y grandilocuente, no tanto a lo afirmado posteriormente sobre el laúd y la flauta, ya que no se ha generado ninguna pieza

con tal instrumentación. Por lo demás, puede asumirse cierta correspondencia entre las descripciones y los resultados.

En un análisis global de los resultados temáticos o melódicos de las 12 piezas, con un total de 25 temas generados, pueden encontrarse similitudes que quizás respondan a lo que podría denominarse como el estilo de AIVA. De esta manera, las melodías pueden agruparse por similitud de esta manera:

- **1er grupo:** Interválica predominante de 2^{as} mayores y menores con ritmos sincopados.

Tema A - 1 de "Cinematográfico moderno".



Tema A - 3 de "Cinematográfico moderno".



Tema A - 4 de "Fantasía".



- **2º grupo:** Figuración casi idéntica.

Tema A - 2 de "Cinematográfico moderno".



Tema B - 1 de "Fantasía".



- **3er grupo:** Figuración casi idéntica, e interválica y estructura muy similar.

Tema A - 4 de "Cinematográfico moderno".



Tema A - 5 de "Cinematográfico moderno".



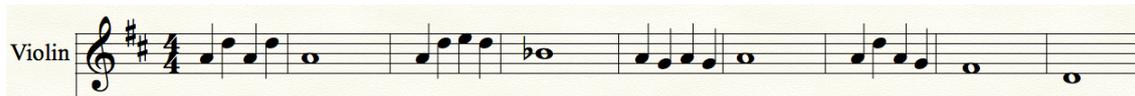
Tema A - 1 de "Fantasía".



Tema A - 3 de "Fantasía".



Tema B - 5 de "Fantasía".



Tema C - 6 de "Cinematográfico moderno".

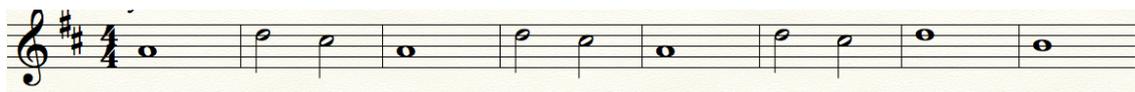


Tema B - 3 de "Fantasía".



- 4º grupo: Figuración casi idéntica, e interválica y estructura muy similar.

Tema A - 6 de "Cinematográfico moderno".



Tema B - 6 de "Cinematográfico moderno".



- 5º grupo, 'ambiguos': resultan de una mezcla de los anteriores y podrían estar en varios grupos a la vez.

Tema A - 2 "Fantasía".



Tema A - 5 "Fantasía".



Tema A - 6 "Fantasía".



Tema B - 3 "Cinematográfico moderno".



Tema B - 4 "Cinematográfico moderno".



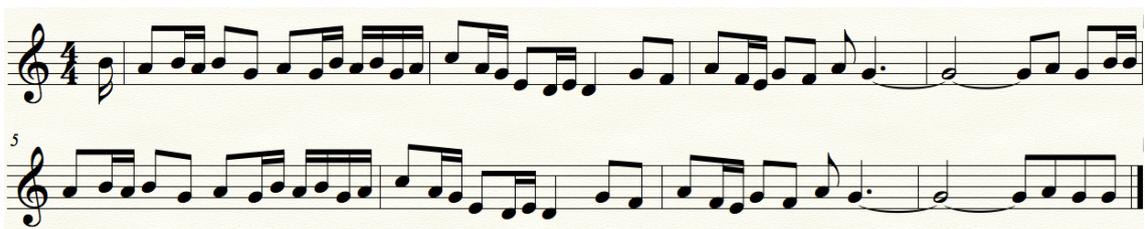
Tema B - 1 "Fantasía".



Tema B - 2 "Fantasía".



Tema B - 4 "Fantasía".



Tema B - 5 “Fantasía”.



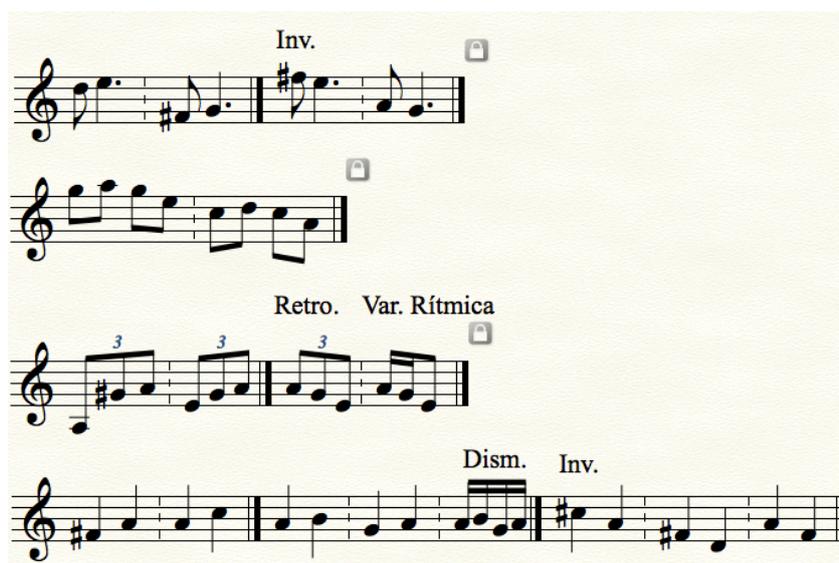
Tema C - 3 “Fantasía”.



Tema C - 4 “Fantasía”.



Incluso pueden extraerse algunas “firmas de estilo” a nivel motivico, como por ejemplo:



En esta herramienta pueden darse al menos dos tipos de uso. En el primero se daría el caso de un usuario sin (o con mínimos) conocimientos de composición que quisiera experimentar con la música o necesitara composiciones para algún propósito concreto, como los expuestos en la propia página web del programa. En el segundo caso podría darse que un usuario con conocimientos de composición quisiera generar material rápidamente y trabajar en base a unas ideas dadas por la Inteligencia Artificial, ahorrando una fase de elaboración de materiales originales en el proceso compositivo.

Por otro lado, queremos valorar otras cuestiones relacionadas con la hipótesis principal de esta investigación.

En primer lugar, nos preguntamos en qué consiste aquí el proceso compositivo, o cómo afecta el uso de AIVA al proceso creativo, ambas cuestiones planteadas como preguntas de investigación en esta tesis. Hemos comentado dos posibilidades principales: que el usuario posea conocimientos musicales o no.



The image shows a dark-themed user interface for 'AIVA's Music Engine'. At the top, it says 'Welcome to AIVA's Music Engine!' followed by the question 'What type of user are you? Knowing more about your use case helps us improve the product.' Below this are eight horizontal buttons with the following text: 'I am a Professional Composer', 'I am an Amateur Composer', 'I am a Songwriter', 'I am an Electronic Music Producer', 'I am a Filmmaker', 'I am a Game Developer', 'I am a Youtuber', and 'None of the above'.

Ilustración 112: Tipos de usuario de AIVA.

En el caso de que no se posean conocimientos musicales y considerando que, por lo tanto, la música de AIVA se utilizaría sin modificaciones posteriores, realmente no se puede hablar ni siquiera de un proceso compositivo, ya que únicamente sería necesario seleccionar las opciones de tempo, tonalidad, etc., (que también se pueden fijar por opción aleatoria) para que el programa genere por sí solo la composición. Todo tipo de interacción con el programa se limitaría a una especie de juego intuitivo. Por lo que, si queremos determinar los pasos del proceso creativo en este tipo de uso, lo reducimos a una selección de etiquetas o presets, quedando automatizados el resto de procedimientos.

En el caso opuesto, podría hablarse de un proceso compositivo en una situación donde, por ejemplo, el compositor o compositora necesite ideas para desarrollarlas en otro medio distinto, como en otra plataforma compositiva o en un instrumento real. Se entiende que existe alguna razón previa por la que el

compositor o compositora no disponga de ideas o de tiempo para generarlas y tenga que recurrir a un programa de IA. Siendo así, el programa participa en el proceso compositivo como generador del material, sin planteamiento conceptual, y crea las posibilidades que nacen de esa materia prima. El resto del proceso quedaría a manos del usuario, manipulando tal material según la intención con respecto a los resultados esperados.

Sea cual sea el tipo de uso, durante el manejo de AIVA se obtienen resultados musicales que pueden resultar impactantes según las expectativas del usuario. Pero, ¿pueden considerarse creativos?

En la página web oficial se describe a AIVA como “Un asistente creativo para gente creativa” (AIVA 2019). Sin embargo, conviene antes valorar la definición de creatividad que obtuvimos tras el estudio realizado en el apartado 2.3 de creatividad artificial e IA en música:

La habilidad, cotidiana en el ser humano, para producir nuevos resultados, con cierto componente de imprevisibilidad, obtenidos de la combinación, exploración y transformación de influencias tanto personales como sociales (culturales e históricas).

Sobre el concepto de novedad, no hay nada mejor que un sistema artificial inteligente para comprobar, a nivel de su base de datos, si un resultado es nuevo. Sin embargo, no tenemos manera de comprobar estos datos. Una persona que aplique el concepto de novedad lo hará basado también en su “base de datos” personal. La diferencia reside en que la base artificial es mucho mayor que la de un ser humano.

En Amper habíamos comprobado que ya entre las propias muestras no se daba ese ingrediente novedoso. Sin embargo, AIVA parece adaptarse más a la variación y a la presentación de elementos que podrían ser considerados como nuevos. Sin embargo, ¿surgen de la combinación de influencias personales o sociales?

Las influencias del programa son las obtenidas en la fase de entrenamiento con las obras de los compositores como Mozart, Beethoven o Bach, de las que, de todas maneras, no hemos encontrado evidencias que relacionen los resultados con el estilo de estos compositores. Es decir, no podemos afirmar que el programa reciba influencias personales de momento (ya que uno de los fundadores, Pierre

Barreau, ya ha mencionado sus intenciones en ampliar este aspecto de la herramienta, como veremos en el apartado de discusión), aunque sí podría llegar a afirmarse que las recibiría de tipo cultural o histórico en la fase de entrenamiento si se sirve de ejemplos humanos.

Por lo tanto, no podríamos considerar a AIVA como una herramienta creativa. Sin embargo, llegamos a esta conclusión tras el estudio de su funcionamiento, pero consideramos que la respuesta podría ser distinta si no existiera la consciencia de que los resultados fueron realizados por un sistema artificial. Esto tiene cabida en relación al ya estudiado test de Turing.

Si nos detenemos ahora en la razón de ser de AIVA o en la intención de la empresa al crear software inteligente, destacamos otra información obtenida de la web:

Ya seas un desarrollador de videojuegos independiente, un completo novato en música, o un compositor profesional con experiencia, AIVA te ayuda en tu proceso creativo. Crea temas atractivos para tus proyectos más rápido que nunca, aprovechando el poder de la música generada por IA. (AIVA 2019)

Además, Pierre Barreau, declaraba en una entrevista que “quería combinar la tecnología con el arte para acelerar los tiempos y minimizar los costes que implica componer música” (Jaimovich 2018), a lo que añade lo siguiente:

Creo que la inteligencia artificial va a funcionar muy bien para pistas de sonidos de videojuegos por ejemplo, que tienen cientos de horas de *gameplay* y solo dos horas de música, lo cual significa que se escucha el mismo tema que se repite cincuenta veces en un *loop*. La razón es simple; ningún compositor humano puede escribir cientos de horas de música para un sólo proyecto. La alternativa, en cambio, es que el compositor escriba dos horas y que la inteligencia artificial genere las 98 horas restantes en base a eso. (Jaimovich 2018)

Observamos que las perspectivas potenciales tratadas en los precedentes de estas herramientas, en el capítulo 3, se ven realizadas, como por ejemplo la utilidad de la IA en los videojuegos o el aspecto de la rapidez y productividad. No podemos olvidar tampoco lo económico, siendo AIVA una opción más barata con diferencia abismal a la contratación de un compositor.

Realmente, la visión comercial de ahorro de tiempo y dinero se ciñe perfectamente a las posibilidades del programa, por lo que realmente el compositor humano poco o nada tiene que hacer a la hora de competir con AIVA en campos como el mencionado por Pierre Barreau.

4.1.3. Orb Composer

Descripción del programa (versión de prueba):

Orb Composer es un software creado por la empresa Hexachords, el cual fue desarrollado en una plataforma que necesita descarga para un uso tanto de manera independiente como integrado en una DAW.

Create better music, faster

Orb Composer is the latest Artificial Intelligence technology for music.

Orb is a creative music composition tool. It will help you to get inspired and create ideas and songs faster than any other software solution on the market.

The detailed selection of features makes Orb the best tool for writing music.

The latest AI technology
for music creation

Create ideas and tracks
from start to finish in no-
time

Well-suited for classical
and orchestral music
creation

Fast, flexible, intuitive, and
inspiring workflows

Ilustración 113: Página web de Hexachords

Como se puede leer en la ilustración 113, obtenida de la web oficial (Hexachords 2019), Orb composer se anuncia como una herramienta creativa que ayudará al compositor o compositora a inspirarse y crear ideas y canciones más rápido. También exponen lo siguiente (Hexachords 2019):

Tú eres el artista!

Orb Composer no reemplaza al compositor y no escribe música automáticamente. Tienes que alimentar a Orb con tus propias elecciones. Orb crea borradores musicales basados en tu creatividad y sólo con tus ideas musicales.

Ahorra tiempo para las fechas de entrega

[...] Para compositores que trabajan en la TV, cine, videojuegos y radio. Convertir una idea en una composición no llevará semanas nunca más, sólo quedará la parte más placentera de la composición.

Las características de Orb Composer tienen beneficios significativos en términos de tiempo y energía, ya que reduce el tiempo para experimentar con nuevas ideas y así apurar en el proceso compositivo. [...]

Este tipo de publicidad se encuentra también en AIVA, donde a priori ya explican, parece que a modo de defensa, que el programa no ataca a la figura y profesión del compositor reemplazándolo, sino que sirve para asistirle y dejarle la parte “más placentera” de la composición, desgranando el proceso compositivo en partes, se deduce, pesadas o desagradables y placenteras. Además destacan que hay que alimentar al programa con elecciones, dándole relevancia a este aspecto en el proceso creativo.

El programa comienza ofreciendo la siguiente lista de plantillas:

Orquestal	Electrónica
Cuerdas	Pop/Rock
Piano	Ambiental

Una vez escogida la plantilla, el programa genera composiciones en base al clic y arrastre de secciones, como un block de ítems u objetos que desplazar a la bandeja general:

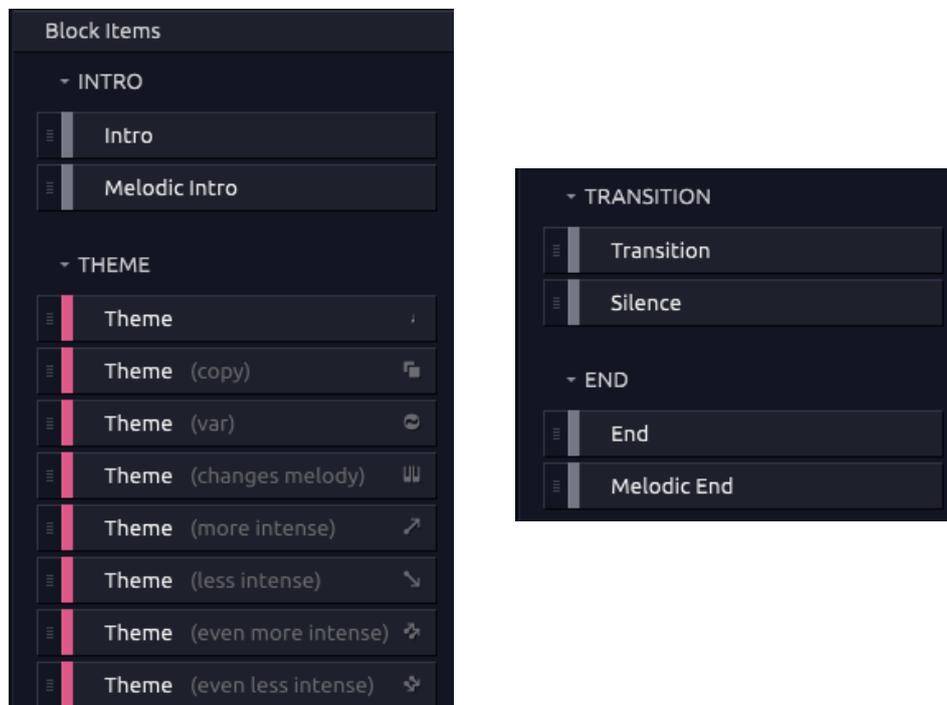


Ilustración 114: Bloques estructurales de Orb Composer.

Las plantillas por defecto para cada estilo incluyen los siguientes instrumentos:

- **Orquestal:** piccolo, flauta, oboe, corno inglés, clarinete, clarinete bajo, fagot, trompetas, trompas, trombones, trombón bajo, tuba, arpa, violines I y II, viola, cello, contrabajo y dos partes de piano.
- **Cuerdas:** violines I y II, viola, cello y contrabajo.
- **Piano:** piano.
- **Electrónica:** lead, sintetizador, pad, bajo y batería electrónica.
- **Pop/Rock:** Piano, guitarra, sintetizador, bajo, y batería acústica.
- **Ambiental:** 2 pianos, guitarra, pad, sintetizador, bajo, batería electrónica.

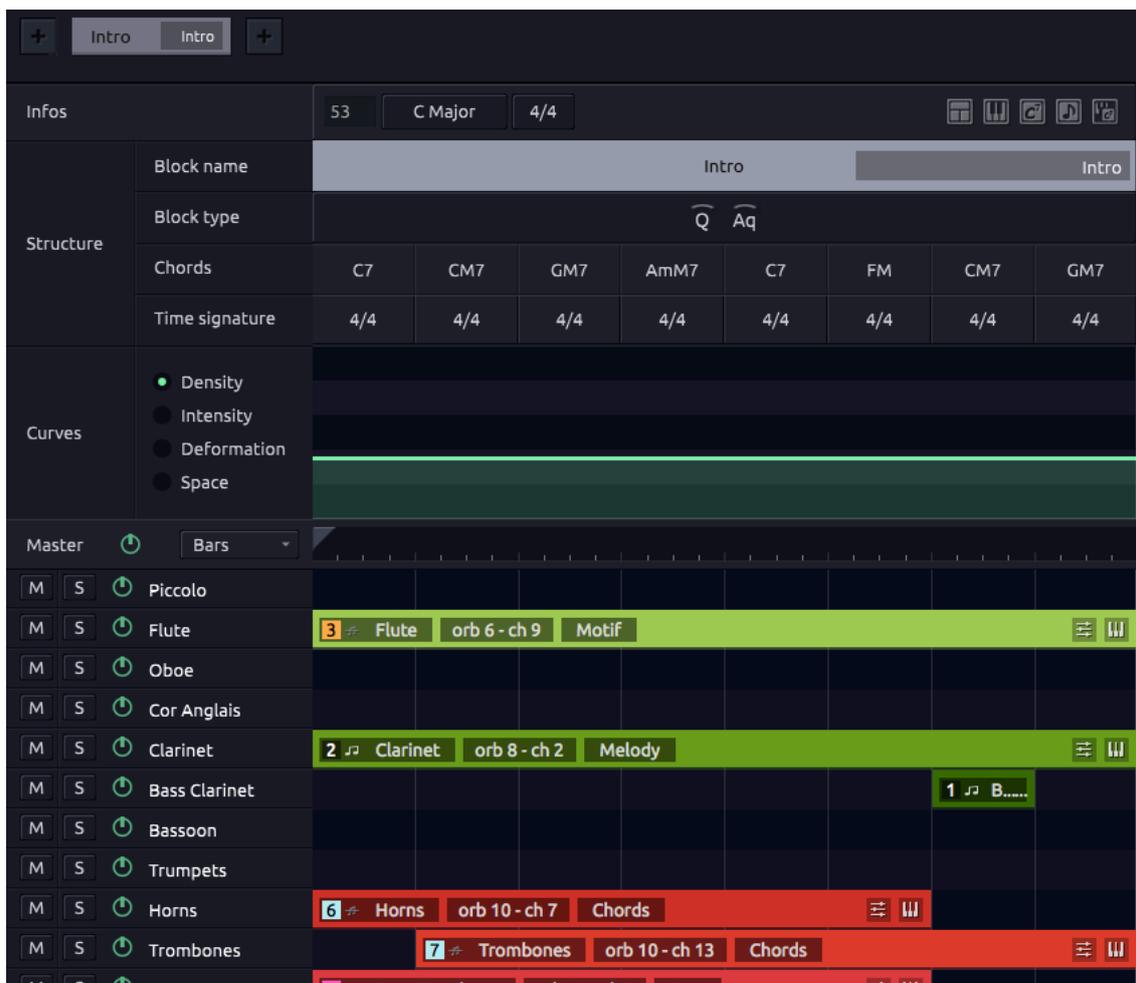


Ilustración 115: Bandeja principal de Orb.

Para generar una pieza, por tanto, se escoge primero una plantilla instrumental y luego se arrastran los ítems estructurales deseados a la bandeja principal, creándose así automáticamente la música de esta parte estructural con las barras de color asociadas a cada instrumento, las cuales pueden cambiarse de posición en el tiempo y alargar o acortar cada intervención.

Como se puede observar en la ilustración 115, presentada en la página anterior, en la parte superior se desglosa más información bajo la estructura, como el compás, la armonía y el “tipo de bloque”. El tipo de bloque corresponde con la estructura de la frase. Las iniciales que aparecen corresponden a lo siguiente:

Q (Question): pregunta.

Aq (Answer based on Question): respuesta basada en la pregunta.

A (Answer): respuesta.

S (Standard)

A' (New Answer): Nueva respuesta.

Esto es modificable de la misma manera que la supraestructura y los acordes, arrastrando bloques de ítems al lugar correspondiente:

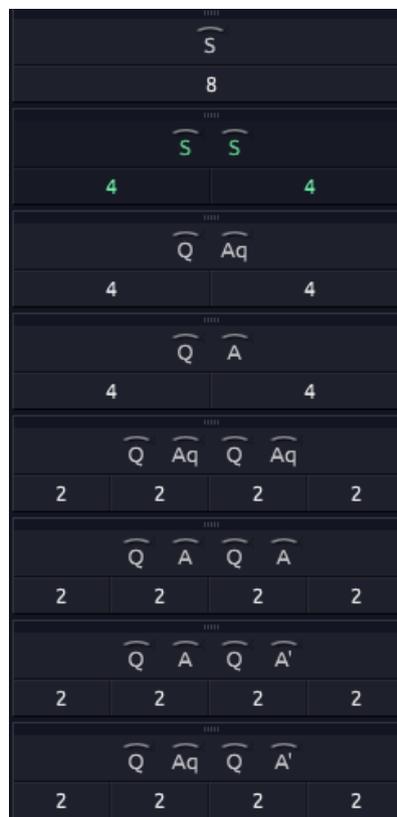


Ilustración 116: Estructuras de frase.

Las armonías y tipos de cadencia también son igualmente modificables a través de bloques de ítems que corresponden además a una catalogación por emociones o estados de ánimo. En la lista se pueden encontrar las siguientes opciones: "Estándar, estándar enriquecido, cinematográfico, Pop-Rock, Jazzy, estimulante, melancólico, oscuro, enojado, simple, meditativa, emotiva y agresiva". En cada opción aparece una nueva sublista con las armonías y tipos de cadencia disponibles para ese estilo.

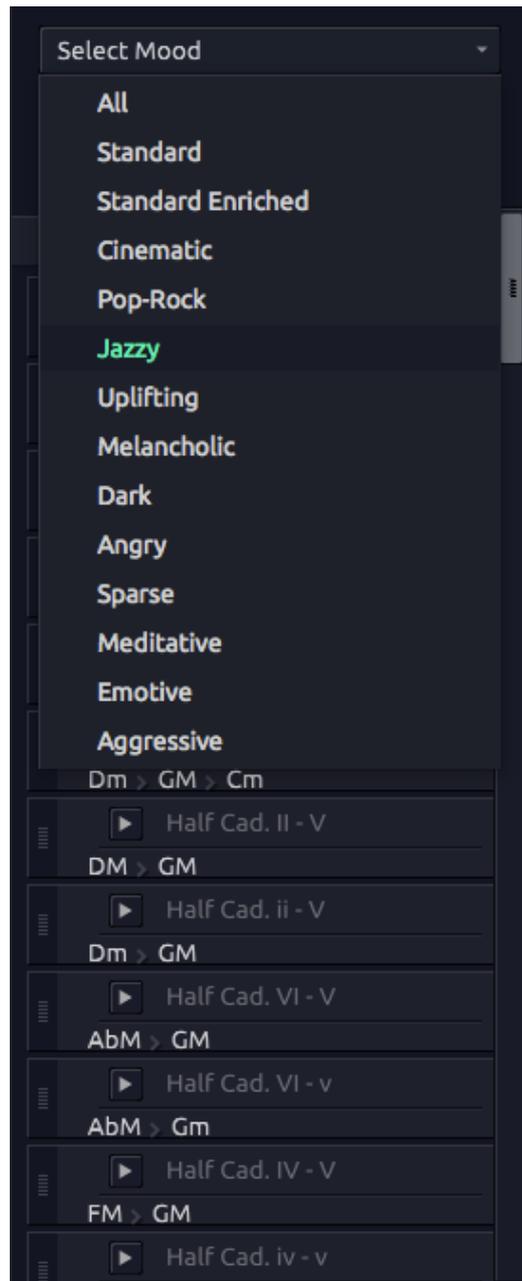


Ilustración 117: Estilos y cadencias disponibles.

Aun así, una vez generada una pieza, los acordes se pueden modificar uno por uno, como el resto de parámetros. En concreto, cuando se desea cambiar un acorde generado automáticamente, se despliega una lista de 237 tipos de acordes distintos (con escucha previa) para elegir el que más convenga.



Ilustración 118: Reselección de acordes

Por lo demás, la herramienta responde a la arquitectura típica de un programa de estas características. Dentro de cada instrumento, con un doble clic, se abre una subpantalla donde aparece el teclado vertical del piano, que corresponde al eje de las alturas, junto a las notas MIDI en el eje horizontal que corresponde con el tiempo. A diferencia de AIVA, aquí las notas se pueden modificar directamente sobre el propio programa, sin necesidad de exportar el MIDI para abrirlo luego en otra plataforma. En general, esta es la diferencia principal entre ambos programas, la posibilidad de modificación en el propio programa, ya que las entradas de los instrumentos (en las barras horizontales de color) también pueden ser ajustadas. Consideramos este aspecto como positivo,

porque avala el argumento de asistente y no de reemplazo de funciones, ya que se puede intervenir directamente en la modificación de parámetros musicales y personalizar la composición.

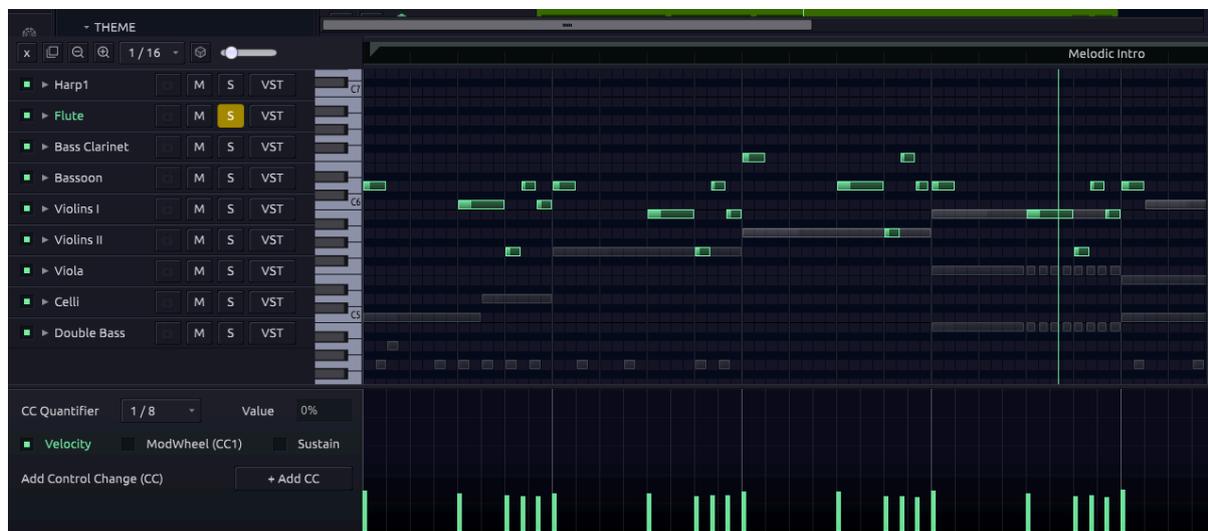


Ilustración 119: Vista MIDI

Para comprar Orb Composer existen dos posibilidades; la primera, Orb Composer Artist S 1.5, cuya descarga está valorada en 149€, mientras que la segunda versión, Orb Composer Pro S 1.5, cuesta 399€.

Experimentación (versión DEMO v1.5.0):

Para estudiar las piezas generadas por Orb Composer hemos creado 6 pistas bajo las mismas etiquetas o ítems de estructura e instrumentación. Siguiendo la línea de la investigación, se ha optado por la formación orquestal y, además, por una estructura monotemática bipartita donde, a priori, se presenta un tema y luego su versión variada (ítems Theme – Theme Var).

Como trabajamos con una versión demo o de prueba, sólo se puede usar el programa durante una hora con el mismo proyecto y sólo se pueden manejar dos ítems estructurales de cada vez. Esta situación limita bastante al usuario las posibilidades de experimentación, pero resultan suficientes para analizar el comportamiento del software.

El programa es muy fácil de usar. No se requieren conocimientos de composición en un principio, aunque si se quiere modificar lo generado automáticamente sí serían necesarios. El proceso se resume en un clic y arrastre, donde automáticamente se genera la música con una plantilla instrumental determinada. Cabe decir que los sonidos resultantes de la instrumentación no coinciden con la tímbrica preestablecida, es decir, que donde está la parte de arpa suena un piano. Esto se debe a los plugins del programa y a la instalación de los instrumentos virtuales, dependiendo en las bibliotecas virtuales que cada usuario disponga en su ordenador. Sin embargo, este detalle carece de mucha importancia, ya que se puede corregir reasignando los instrumentos virtuales dentro del mismo programa.

El análisis armónico y estructural y la vista MIDI nota por nota ayuda mucho a estudiar y a comprender los procesos que se dieron en la generación de cada pieza.

Se procederá ahora al análisis específico de cada muestra.

Análisis de resultados:

En primer lugar, creamos las siguientes muestras para el estudio:

A	Orquestal: Theme – Theme Var 1
B	Orquestal: Theme – Theme Var 2
C	Orquestal: Theme – Theme Var 3
D	Orquestal: Theme – Theme Var 4
E	Orquestal: Theme – Theme Var 5
F	Orquestal: Theme – Theme Var 6

A. Orquestal: Theme – Theme Var 1.

- Instrumentación por defecto: flauta, clarinete, clarinete bajo, fagot, trompa, trombón bajo, arpa, violines I y II, viola y contrabajo.
- Tempo: negra = 63
- Duración: 1'
- Tonalidad: Do M.

– Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	Am, F7, C7, FM7, G7, CM7, GM, C7, Am, G7, Dm, C7, F7, CM7, G7, G7sus4.	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///
Compás	$(\frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{1}{4}, \frac{4}{4}, \frac{4}{4}) \times 2$	///

Tabla 31: Análisis de la muestra A (Orb).

Ilustración 120: Fragmento de fórmula de acompañamiento en el arpa y tema completo en la viola.

En la primera composición de esta serie de piezas creadas por Orb Composer puede observarse la estructura simple de melodía acompañada en una orquesta sinfónica. Como se ha mencionado con anterioridad, los instrumentos que suenan no corresponden con los indicados en la imagen, aunque la asociación tímbrica puede corregirse en cualquier momento con las bibliotecas propias del compositor. Por lo tanto, aunque suene un piano, el acompañamiento está asignado al arpa en forma de arpeggio.

Lo primero que llama la atención es la estructura irregular de compases, con cambios repentinos entre $\frac{2}{4}$, $\frac{1}{4}$ y $\frac{4}{4}$. Estos cambios de compás coinciden con el cambio de armonía, que principalmente gira en torno a los grados VI, IV, I, V con el uso de séptimas menores y mayores y retardos.

La melodía es muy simple y carece de notas de adorno. Se construye sobre el cuerpo armónico triádico, con una figuración alternante entre negras y blancas que cambia con el compás y que, al igual que el acompañamiento, no parece trabajar la línea, sino que se mueve por saltos interválicos.

B. Orquestal: Theme - Theme Var 2.

- Instrumentación por defecto: flauta, fagot, trompa, tuba, arpa, violines I y II, viola, cello y contrabajo.
- Tempo: negra = 62
- Duración: 1' 4"
- Tonalidad: Do M.
- Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	CM, CM, Em, C7, Em, AmM7, GM CM, GM7, Dm, GM, Am, GM, Em	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///
Compás	$(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{4}{4}, \frac{4}{4}, \frac{4}{4}) \times 2$	///

Tabla 32: Análisis de la muestra B (Orb).

The musical score for Theme Var 2 is presented in two systems. Each system contains three staves: Viola (top), Violines (middle), and Tuba (bottom). The music is in 4/4 time. The Viola part consists of a simple melodic line with quarter and eighth notes. The Violines part provides harmonic support with chords and single notes. The Tuba part features a rhythmic pattern of eighth notes and quarter notes, often with rests.

Ilustración 121: Theme Var 2

En esta segunda pieza se dan los mismos parámetros estructurales que en la anterior, solo que se hacen evidentes a la escucha por su estructura de compases más regular. A cada semifrase la encabeza lo que el programa ha analizado como una estructura de cuatro compases de $\frac{1}{4}$, aunque en su sentido global se percibe como uno de $\frac{4}{4}$. Estas divisiones, como se ha visto en el caso anterior, corresponden a los cambios de acorde, por ello combina tantos cambios de compás aparentemente aleatorios.

La primera semifrase (cuatro primeros compases de $\frac{4}{4}$ o 7 primeros si se cuentan como $\frac{1}{4}$) y la segunda se diferencian únicamente en la melodía. La cabeza de lo que sería la “pregunta” se mueve por negras, al igual que en el comienzo de la respuesta, aunque con la dirección interválica mutada. Esta estructura de 4+4 ayuda al sentido de la frase. El resto del cuerpo de ambos temas consta de redondas.

El primer tema se diferencia de su variación por la entrada del bajo. Armónicamente ambos son idénticos, formados por los grados I, II, III, V y VI, también con alguna séptima en los grados I, VI y V.

C. Orquestal: Theme – Theme Var 3.

- Instrumentación por defecto: flauta, fagot, trombones, trombón bajo, tuba, arpa, violines I, viola y cellos.
- Tempo: negra = 66
- Duración: 58”
- Tonalidad: Do M.
- Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	GM, CM, FM, CM, Am, CM, Dm, CM. GM, FM, CM, GM, CM, FM.	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///

Compás	$\frac{4}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{4}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4}$ $\frac{4}{4}, \frac{4}{4}, \frac{4}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{2}{4}$	///
--------	---	--------------

Tabla 33: Análisis de la muestra C (Orb).

The image displays a musical score for 'Theme 3'. It consists of three staves: Melodia (Melody), Acompañamiento (Accompaniment), and Bass. The Melodia staff is written in treble clef and shows a sequence of notes with time signatures changing from 4/4 to 1/4, 2/4, 4/4, and 2/4. The Acompañamiento staff is in treble clef and features a rhythmic accompaniment with chords and eighth notes, also reflecting the time signature changes. The Bass staff is in bass clef and provides a simple harmonic foundation with quarter and eighth notes. A second system of staves is shown below, starting with a measure number '6' in both the Melodia and Bass staves, continuing the musical piece.

Ilustración 122: Extracto de melodía, fragmento del acompañamiento y bajo de Theme 3.

Esta pieza nos ha parecido una de las mejor generadas por el programa por presentar mayor identidad melódica que el resto de muestras. Sin embargo, sigue sin existir algún tipo de variación relevante entre las secciones, aspecto que sí se había visto en AIVA por ejemplo, así como una progresión coherente de tiempo de compás o algún sentido en la división estructural de la frase de "pregunta y respuesta" (Question – Answered Question).

Como la división de compases corresponde directamente al cambio de acorde y, por lo tanto, no existe un ritmo armónico constante, esto compromete el sentido general de la obra, que naturalmente afecta de la misma manera a la construcción de la melodía. Con respecto a la armonía y a los acordes empleados, se mueve sobre los grados principales de la tonalidad: I, II, IV, V, VI.

En el acompañamiento se observa el carácter arpegiado que se convierte ahora en una característica común entre las piezas de Orb Composer. Parece que el ostinato donde se observe un buen tratamiento lineal no es el punto fuerte del programa, optando siempre por el enlace arpegiado entre los acordes. Por el contrario, el contrapunto formado entre la melodía y el bajo sí demuestra un tratamiento horizontal cuidado, aunque no respete las normas tradicionales del procedimiento contrapuntístico.

D. Orquestal: Theme - Theme Var 4.

- Instrumentación por defecto: clarinete, trompeta, trompa, violines I, violines II y contrabajo.
- Tempo: negra = 61
- Duración: 1' 02"
- Tonalidad: Do M.
- Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	GM, GM, CM, GM, Am, GM GM, GM, Am, CM, Am, Gm, GM, Dm, GM, Em.	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///
Compás	$\frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{4}{4'} \frac{4}{4'} \frac{4}{4'}$ $\frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{4}{4'}$	///

Tabla 34: Análisis de la muestra D (Orb).

Ilustración 123: Extracto de melodía, fragmento del acompañamiento y bajo de Theme 4.

En este caso la instrumentación se ha repartido de la siguiente manera: el clarinete y la trompa interpretan la melodía, los violines II los arpeggios y el contrabajo la línea de bajo. Los grados utilizados siguen siendo los mismos, ya que no se dan modulaciones, pero concretamente en este caso se han usado los grados I, II, III, V y VI.

Por lo demás, no hay nada destacable, ya que las composiciones guardan las mismas características procedimentales ya mencionadas sin novedad alguna.

E. Orquestal: Theme - Theme Var 5.

- Instrumentación por defecto: flauta, clarinete bajo, trompas, trombones, tuba, arpa, violines I, violines II, violas, cellos y contrabajos.
- Tempo: negra = 66
- Duración: 58''
- Tonalidad: Do M.
- Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	Dm, CM, GM, Am, CM, Am, FM, CM, GM, CM. Dm, CM, Am, CM, GM, Dm, Am, CM, FM, GM, GM, Am, EM.	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///
Compás	$\frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{4}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{4}{4'}$ $\frac{1}{4'} \frac{1}{4'} \frac{4}{4'}$	///

Tabla 35: Análisis de la muestra E (Orb).

The musical score for Theme Var 5 is presented in two systems. The first system consists of three staves: Melodía (top), Acompañamiento (middle), and Bajo (bottom). The Melodía staff uses a treble clef and a 4/4 time signature. The Acompañamiento staff uses a treble clef and a 4/4 time signature. The Bajo staff uses a bass clef and a 4/4 time signature. The second system consists of two staves, both starting at measure 10. The top staff uses a treble clef and a 4/4 time signature. The bottom staff uses a bass clef and a 4/4 time signature. The score includes various musical notations such as notes, rests, and bar lines.

Ilustración 124: Theme Var 5.

En esta pieza también se puede observar una variación entre las secciones. La segunda presentación del tema va acompañada de un bajo que no estaba presente en la primera aparición, o al menos no realizaba la misma fórmula.

Por lo demás, la composición sigue en la misma línea de las anteriores, con un esquema armónico sobre los grados I, II, IV, V, VI y, por primera vez, una dominante del relativo menor (Mi M).

F. Orquestal: Theme – Theme Var 6.

- Instrumentación por defecto: flauta, clarinete, trombones, trombón bajo, trompas, arpa, violines I, violines II, violas y contrabajos.
- Tempo: negra = 60
- Duración: 1' 05"
- Tonalidad: Do M.
- Estructura y comentario:

	Theme	Theme Var
Armonía	CM, G7, Dm, DM, CM, FM, GM, FM	///
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)	///
Compás	$\frac{4}{4}$	///

Tabla 36: Análisis de la muestra F (Orb).

Ilustración 125: Melodía y acompañamiento.

En esta última pieza se demuestra de manera clara, y por primera vez, un tratamiento motivico. Entre los compases 4 y 7 se presenta una célula en la melodía de dos corcheas con blanca con puntillo que se repite inalterada rítmicamente pero con diferentes alturas e interválicas. La primera vez que aparece lo hace en forma de 3ª M ascendente en la dominante secundaria del V en el compás 4, mientras que de ahí en adelante la célula está invertida, con una interválica variada y descendente (5ª J, 3ª m y 2ª M). Pese a la repetición variada,

es perfectamente identificable auditivamente y contribuye a una estructuración melódica más coherente.

Respecto al acompañamiento, sigue en la línea de lo anteriormente analizado, constituido por una célula rítmica que se repite obstinadamente casi en arpeggio, ya que no se presentan notas de adorno o extrañas.

- **Conclusiones:**

Después de la experimentación y el análisis de resultados se obtienen una serie de conclusiones sobre Orb Composer que resultan las siguientes:

	1	2	3	4	5	6
Armonía	I7, II, IV7, V7, V7sus4, VI.	I, I7, II, III, V, V7, VI, VI7.	I, II, IV, V, VI.	I, II, III, IV, V, Vb, VI.	I, II, III#, IV, V, VI	I, II, II# IV, V, V7.
Tempo	63	62	66	61	66	60
Compás	$\frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{4}{4'}$	$\frac{1}{4'} \frac{4}{4}$	$\frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{4}{4'}$	$\frac{1}{4'} \frac{2}{4'} \frac{4}{4'}$	$\frac{1}{4'} \frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$
Estructura de frase	Q (question) Aq (Answered question)					
Instrumentación	Fl., Cl., Cl. B., fagot, trompa, trombón B., arpa, V. I y II, viola y Cb.	Fl., fagot, trompa, tuba, arpa, V. I y II, viola, cello y Cb.	Fl., fagot, trombón, B., tuba, arpa, V. I, viola y cellos.	Cl., trompeta, trompa, V. I y II y Cb.	Fl., Cl. B., trompa, trombón, tuba, arpa, V. I y II, viola, cello y Cb.	Fl., Cl., trombón, trombón B., trompas, arpa, V. I y II, viola y Cb.
Duración	1'	1' 4"	58"	1' 02"	58"	1' 05"
Tonalidad	Do M					

Tabla 37: Resumen de resultados (Orb)

En primer lugar, de las 6 muestras generadas, se comprueba que existen unos parámetros por defecto e iguales en todas ellas, como la tonalidad (Do M) y la estructura de frase [Q (question) Aq (Answered question)]. Se deduce, por tanto, que la aleatoriedad no se aplica en estas características y que se deja al usuario la decisión de reestructurar el contenido si lo viera necesario.

Los valores de duración y de tempo se mueven en torno a los 60 – 70 bpm en un minuto de duración. En el caso de la instrumentación sí se observan variaciones más remarcables: existe una plantilla general para la formación escogida (piccolo, flauta, oboe, corno inglés, clarinete, clarinete bajo, fagot, trompetas, trompas, trombones, trombón bajo, tuba, arpa, violines I y II, viola, cello, contrabajo y dos partes de piano) de la cual se extrae una instrumentación distinta según la pieza, tal y como se presenta en la tabla 37.

Armónicamente Orb Composer utiliza los acordes pertenecientes a un ámbito tonal muy reducido, donde principalmente se mueve siempre por los mismos grados. En pocas ocasiones presenta tensiones o alteraciones de la tonalidad, las cuales se pueden reducir a dos tipos de caso: séptimas mayores y dominantes secundarias. Además, hay una dominante menor. Por último, se recuerda que los cambios de compás se producen junto a las fluctuaciones armónicas.

Además, se da una carencia en el tratamiento de los componentes expresivos, dejando más claro que el resultado final tiene el aspecto de borrador, dando más espacio a la contribución personal del compositor. A diferencia de AIVA, no existe una relación lógica del cambio dinámico con el fraseo o el cambio de sección, ni tampoco agógico (p. ej. ritardandos). Aunque se generan datos para la densidad, intensidad, deformación y espacio, no ayudan a crear un sentido humano y expresivo. De hecho, aunque existan ítems de estructuración a nivel de frase (antecedente y consecuente) no se produce un resultado compositivo coherente, ya que la armonía y la motívica no concuerdan con dicha estructuración, perdiendo el sentido musical global durante la escucha.

Cabe ahora valorar las ventajas e inconvenientes sobre el proceso compositivo durante el uso de Orb Composer. Para ello consideramos que las posibilidades del programa serían útiles para un usuario con conocimientos

musicales, ya que es necesario intervenir en los resultados, no encontrando opciones para el uso directo de las composiciones de Orb.

El diseño de esta herramienta provee algunas posibilidades que parecen limitar los resultados, como es el ejemplo de la estructuración, la cual viene por bloques que no permiten modificación en cuanto a la duración. Esto sería un problema, por ejemplo, para una sincronización con un video preexistente (facilidad que ofrecía AmperScore) faltando un ajuste automático del tempo, o estructura, a la duración de la imagen. Por lo que acabamos confirmando que lo conveniente sería considerar estos resultados siempre como borrador.

Si recordamos cómo se anuncia Orb en su página oficial, se la describía como una herramienta creativa que ayuda a la inspiración, que deja al usuario la parte más placentera de la composición. Consideramos que las aportaciones del programa no son realmente inspiradoras y no creemos que sean ideas creativas. Las razones para esta afirmación son diversas: en primer lugar, la armonía es pobre y con cambios irregulares de compás que seguramente entorpecerían el proceso compositivo al tratar de darle orden al borrador de Orb; las líneas melódicas no poseen interés y creemos que un usuario con conocimientos musicales no necesitaría un asistente artificial para llegar a componer melodías de estas características; el acompañamiento musical guarda siempre el carácter ostinado, repetido y arpegiado, por lo que tampoco aporta ideas novedosas; por último, el tratamiento motivico y la variación del mismo es igualmente pobre.

Teniendo en cuenta estas apreciaciones, tampoco podríamos considerar la herramienta como creativa. Así que, usando Orb Composer, el proceso compositivo consistiría en la selección o elección de parámetros iniciales para obtener un material como borrador, es decir, como generador de ideas más o menos inspiradoras, sobre el cual sería necesario un acabado más profesional en otro tipo de herramienta, ya sea digital o no, y realizado por el compositor o compositora de la pieza.

Para finalizar, recordando lo anunciado por la compañía creadora, analizamos si realmente esta herramienta cumple las expectativas creadas. En primer lugar, el encabezado publicitario comienza con un “crea mejor música, más rápido”. Lejos de realizar juicios subjetivos, con una escucha de las muestras

proporcionadas en el dispositivo anexo, no se considera a OrbComposer como una ayuda para crear mejor música, aunque sí es cierto que lo hace más rápido. Además, cabría preguntarse ¿mejor música en comparación con qué?

Conviene además, en este análisis, estimar las manidas estrategias de mercado en cuanto a la comparación con otros productos existentes. Se exponía también en la web lo siguiente: “Orb es una herramienta creativa de composición musical. Te ayudará a inspirarte y crear ideas y canciones más rápido que ningún otro software del mercado” (Hexachords 2019). Sin embargo, en este punto de la experimentación, ya hemos visto que AIVA produce resultados mucho más eficientes y útiles para proporcionar ideas realmente aprovechables.

Por otro lado, en la web se menciona lo siguiente:

Tú eres el artista!

Orb Composer no reemplaza al compositor y no escribe música automáticamente. Tienes que alimentar a Orb con tus propias elecciones. Orb crea borradores musicales basados en tu creatividad y sólo con tus ideas musicales. (Hexachords 2019)

Respecto a esto, no se considera la posibilidad de OrbComposer reemplazando a un compositor cualificado, pero sí que escribe música automáticamente. Por otro lado, aunque para crear composiciones con esta herramienta hay que elegir parámetros, no se le puede denominar como creativo a la elección de un tipo de estructura o al clic y arrastre de ítems que el programa completa también sin signos de creatividad.

Estamos de nuevo ante un reemplazamiento de parte de las funciones tradicionales del proceso creativo por meras elecciones de etiquetas o parámetros automáticos que simbolizan el planteamiento organizativo previo a la escritura. Pero el usuario no llega a manipular sonidos con un fin expresivo, sino que experimenta con parámetros automáticos a ciegas, sin forma de predecir el resultado, para luego modificarlos según la necesidad. La herramienta digital actúa como intermediaria, proporcionando recursos más o menos útiles de una manera más rápida.

La reiteración y el hincapié sobre el ahorro de tiempo y esfuerzo describe las imposiciones de mercado sobre la profesión del compositor y cómo estas herramientas están destinadas a aquellos que no puedan competir con la eficiencia de una máquina a este respecto.

4.1.4. Magenta Studio (v1.0)

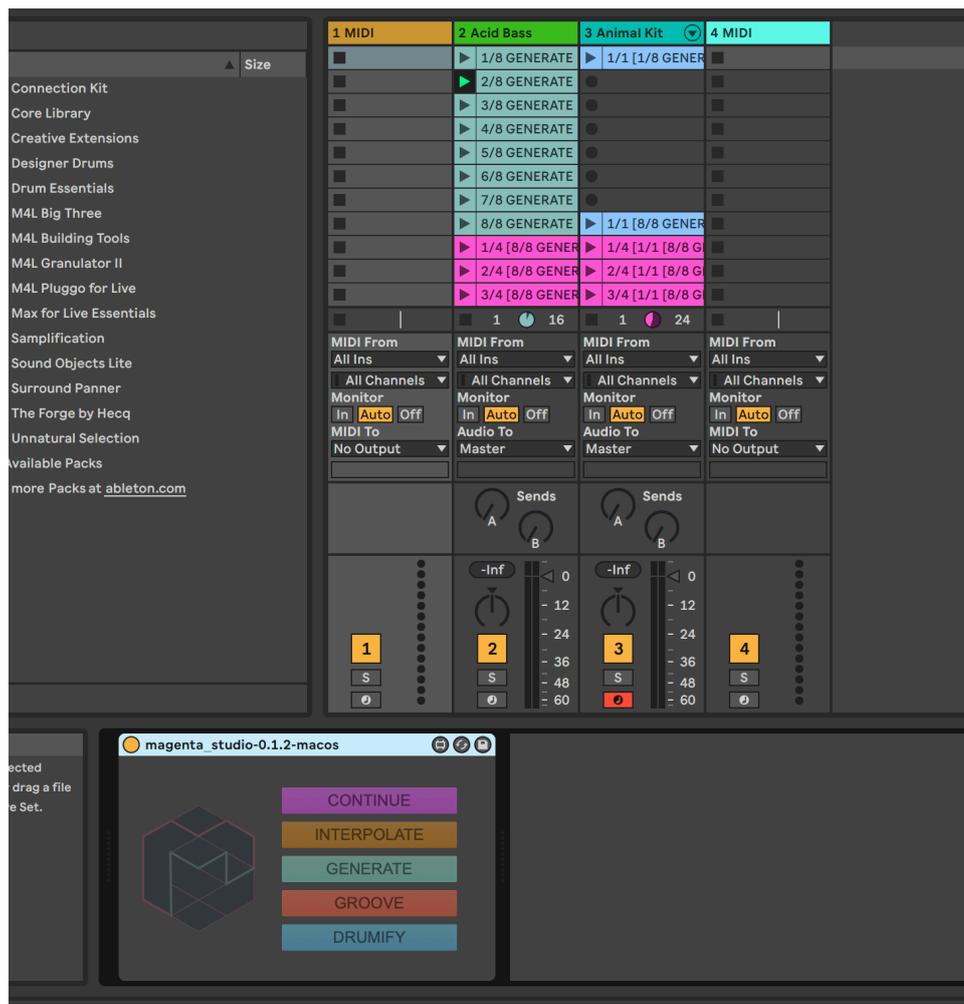


Ilustración 126: Aspecto de Magenta Studio integrado en Ableton (Gpvillamil 2019).

Descripción del programa.

Magenta es un proyecto del gigante Google que implica a la IA como agente colaborador en la experimentación creativa sobre varias ramas artísticas, como la música, el diseño de imágenes o los dibujos. Además, en la web oficial se añade que “es también una exploración en la creación de herramientas e interfaces inteligentes que permiten a artistas y músicos extender (no reemplazar) sus procesos usando estos modelos” (Google Magenta).

Magenta Studio, por otro lado, es la colección de plugins perteneciente a este proyecto, cada uno con una función musical distinta. En concreto resultan 5 funciones en formatos separados:

- *Continue*: genera una continuación a un ritmo o a una melodía dada como input de hasta 32 compases usando la predicción de una RNN.
- *Groove*: este plugin se encarga de darle un toque humano a un ritmo de batería dado.
- *Generate*: parecido a Continue pero no necesita un input. Genera una frase de 4 compases con una cantidad de variaciones según la selección.
- *Drumify*: genera grooves basándose en un ritmo dado.
- *Interpolate*: teniendo dos ritmos o dos melodías como input genera una cantidad de pistas basadas en la conjunción de los dos inputs.

Por lo tanto, esta herramienta difiere en características y propósitos con las anteriores, ya que no tiene el aspecto de gran plataforma autónoma donde el usuario sólo presiona un botón de “generar” para obtener automáticamente una pieza musical, sino que sus plugins se centran en funciones musicales específicas a pequeña escala, dando una utilidad distinta al compositor durante el proceso compositivo.

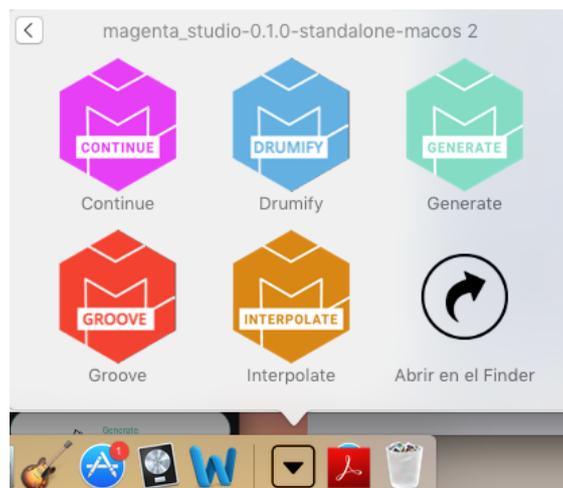


Ilustración 127: Aspecto de Magenta Studio.

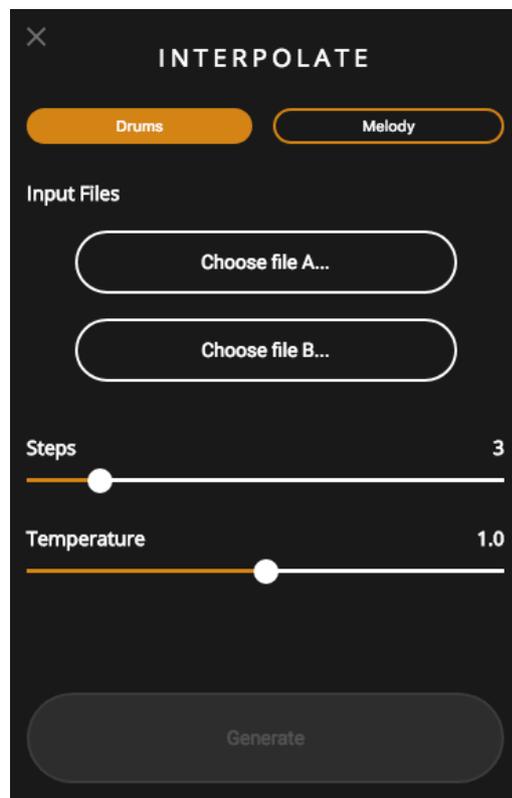
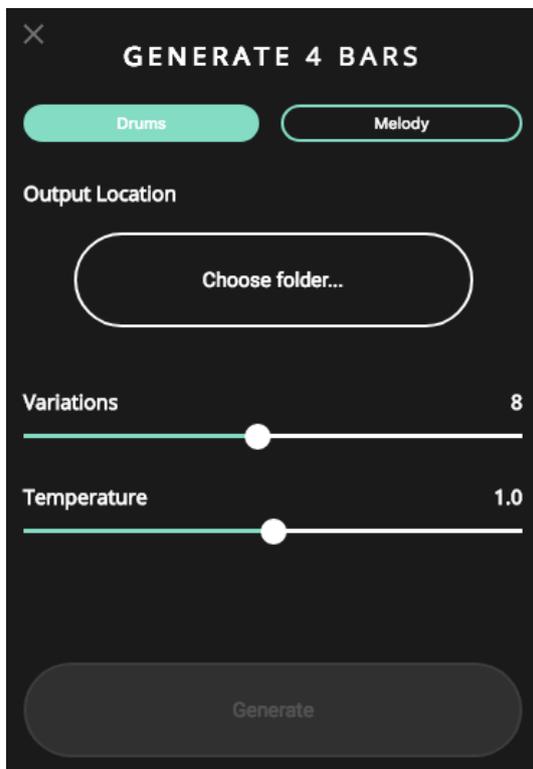
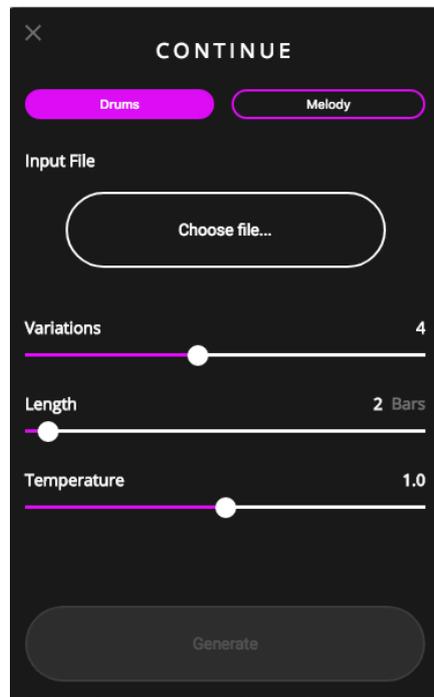
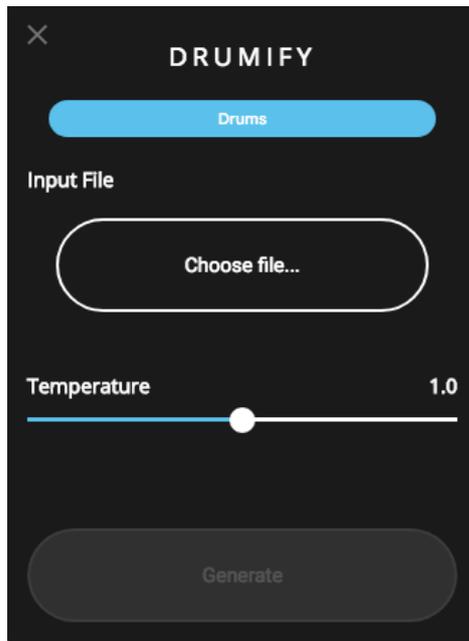


Ilustración 128: Aspecto de Continue, Drumify, Generate e Interpolate.

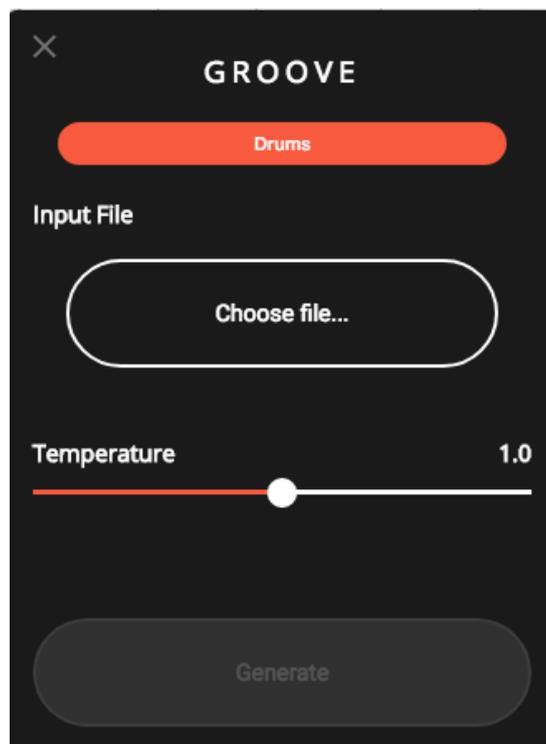


Ilustración 129: Aspecto de *Groove*.

La barra de temperatura actúa en la última capa de la red neuronal afectando a los niveles de aleatoriedad, produciendo resultados más variados “a veces incluso caos” (Google Magenta) hacia la derecha y con unos resultados más “conservadores” (Google Magenta) hacia la izquierda.

Experimentación:

Según las características de esta herramienta, constituida por 6 elementos con funciones distintas, hemos organizado el proceso de experimentación de una manera acorde a su estructura y buscando, además, la interacción de todas sus partes. Como en los casos anteriores, se generaron un total de 6 muestras por estilo, manteniendo la coherencia en número de pistas para analizar los resultados.

Por lo tanto, el planteamiento experimental consiste, en primer lugar, en crear pistas de 4 compases con el plugin *Generate*, obteniendo 6 ritmos y 6 melodías que se introducirán en el plugin *Continue* para desarrollar ese comienzo en 32 compases, el límite de esta herramienta. Hasta aquí constarán por tanto 12 pistas que nacen de la suma de *Generate* y *Continue*. A continuación, se procede a usar las melodías con *Drumify*, que elabora ritmos que serán humanizados por el plugin *Groove*. En última instancia, procedemos a interpolar los ritmos y melodías originales (de cuatro compases) con *Interpolate*.

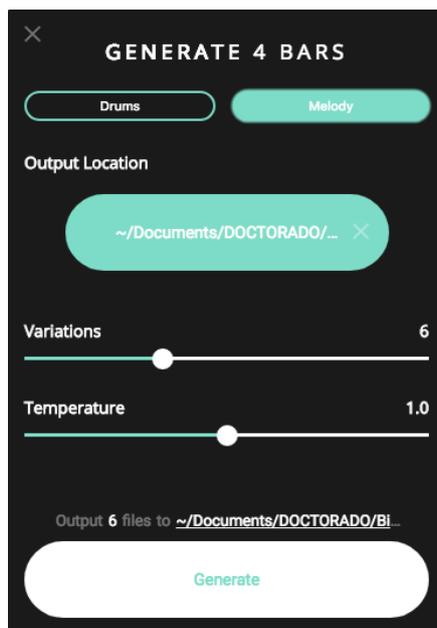


Ilustración 130: Parámetros establecidos en el plugin *Generate*: 6 variaciones y una temperatura media.

Análisis de resultados:

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, y según el procedimiento indicado, se obtienen las siguientes muestras MIDI paso por paso:

	Generate	Continue	Drumify	Groove	Interpolate
Melodía	Generate M1 Generate M2 Generate M3 Generate M4 Generate M5 Generate M6	Continue M1 Continue M2 Continue M3 Continue M4 Continue M5 Continue M6			- Interpolate Generate M1 + M2 - Interpolate Generate M3 + M4 - Interpolate Generate M5+ M6
Ritmo	Generate R1 Generate R2 Generate R3 Generate R4 Generate R5 Generate R6	Continue R1 Continue R2 Continue R3 Continue R4 Continue R5 Continue R6	Drumify R1 Drumify R2 Drumify R3 Drumify R4 Drumify R5 Drumify R6	Groove R1 Groove R2 Groove R3 Groove R4 Groove R5 Groove R6	- Interpolate Generate R1 + R2 - Interpolate Generate R3 + R4 - Interpolate Generate R5 + R6

Tabla 38: Muestras de Magenta Studio.

A. Generate en melodía.

Generate M1
Generate M2
Generate M3
Generate M4
Generate M5
Generate M6

Melodías creadas por *Generate*:

M1

M2

M3

M4

M5

M6

Ilustración 131: melodías creadas por *Generate*.

En M1 cobra especial importancia la escala pentatónica de Si, aunque en una perspectiva global el ámbito armónico pertenece a Mi. Por lo tanto, existe una oscilación melódica sobre Si y Mi como centros tonales. Existe un floreo cromático inferior en el último compás (Sol becuadro) como única nota extraña a la tonalidad, aunque sería innecesario comentar un posible cuadro armónico a cada melodía cuando existen muchas posibilidades de armonización. Respecto a la estructura de frase, guarda un sentido de antecedente y consecuente, debido a los reposos melódicos y similitudes motívicas entre los mismos, lo que hace que perceptivamente suene natural y aprovechable como idea a desarrollar.

En M2 se puede percibir un Re M, ya que la melodía en sí misma consta de sólo tres notas y existen más posibilidades de armonización. El tema es una idea simple, pero igualmente aprovechable al poseer la tercera menor como motivo identitario y la figuración rítmica sincopada y anacrúsica. Es decir, en su simplicidad se muestran aspectos potencialmente desarrollables en ideas más complejas y no acaba resultando un tema caótico o aleatorio.

M3 está en RebM (léase el Fa# como Solb, ya que el sistema de notación no tiene conciencia tonal al notar las alteraciones de los archivos MIDI) e igualmente presenta una estructura de antecedente y consecuente, no sólo por las pausas, sino también por la rítmica y la dirección melódica que se repiten en ambas semifrases.

M4, por otro lado, resulta el tema más minimalista de los seis. Sólo consta de dos notas en intervalo de segunda menor. No por ello es descartable para tenerlo en cuenta como tema de una pieza, aunque sí es cierto que, presumiblemente, nadie necesitaría un sistema de IA para elaborar un tema como este.

En M5 se encuentra el típico tema con presencia, cuerpo e identidad y perfectamente humanizado. Está en Re M y parte de una forma muy clara de la tónica y el IV grado para reposar sobre la V. Es muy funcional y con unos recursos motivicos muy aprovechables incluso para piezas de textura contrapuntística.

M6 pertenecería a otro estilo, quizás de un ámbito más popular. Consta de un motivo sobre Lab m, o lo que resultaría más sencillo en términos de alteraciones, Sol# m, repetido con leves variaciones cromáticas ascendentes en la última nota del motivo. Es decir, se repite tres veces literalmente y en las últimas dos repeticiones presenta dichas variaciones.

Se puede concluir, por tanto, que esta primera aplicación funciona según lo esperado, ya que realmente sirve para lo que se promete en la descripción del programa. En los siguientes apartados se analizarán los desarrollos de estos temas realizados por la aplicación *Continue*, donde los cuatro primeros compases de cada muestra son las melodías originales creadas por *Generate*.

A. 1. *Generate M1 a Continue M1.*

Ilustración 132: *Continue M1.*

Observando la labor de *Continue* se puede analizar la habilidad del programa para desarrollar el tema de partida (el input) Se observa, en primer lugar, que el programa se sirve de la motívica de M1 para presentar diversas formas variadas, por lo que realmente existe un desarrollo del material original. Sin embargo, a priori, esto no asegura en absoluto un buen tratamiento motívico. A continuación, se presentan algunas de las asociaciones encontradas con el tema original:

Ilustración 133: Similitudes encontradas con el tema original.

Entre las variaciones motívicas observadas se pueden encontrar inversiones y retrogradaciones transportadas a distintas interválicas. Todos estos procedimientos de desarrollo ayudan a crear un material coherente a un nivel estructural. Hay que recordar que estas valoraciones sobre un buen o mal proceso compositivo tratan de ser lo más concretas posibles, aunque siempre existe un nivel estésico en el que pueden existir divergencias según el enfoque aplicado.

Parece, pues, que en esta melodía desarrollada hay una primera parte en la que perceptivamente parece funcionar bastante bien, donde además se incluyen los reposos rítmicos en negras que ayudan a dar sentido a ese motor constante de corcheas. Sin embargo, a partir de la segunda mitad, se debilita un poco la naturalidad de la pieza debido a las alteraciones que tensionan a otros ámbitos armónicos sin una sustentación acordal como acompañamiento que pudiese ayudar a comprender mejor el devenir melódico.

A. 2. *Generate M2 a Continue M2.*

The musical score is written in 4/4 time and consists of five staves. The first staff begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The melody starts with a quarter rest, followed by a series of eighth notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4. This is followed by a quarter rest, then a half note G4, and another quarter rest. The second staff starts at measure 8 with a quarter rest, followed by eighth notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4. The third staff starts at measure 15 with a quarter rest, followed by eighth notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4. The fourth staff starts at measure 22 with a half note G4, followed by a half note A4, and then a half note B4. The fifth staff starts at measure 30 with a quarter rest, followed by eighth notes: G4, A4, B4, C5, B4, A4, G4.

Ilustración 134: *Continue M2.*

En este caso, *Continue* contaba con una melodía de únicamente tres notas en Re M que se corresponden con los cuatro primeros compases. Lejos de ceñirse y reiterar esas tres notas, amplía registros y continúa la melodía guardando su carácter simple y natural. Para ello, una vez acabado el tema, juega rítmicamente con el intervalo identitario de 3ª menor, presentándolo en distintos pulsos del compás y con diversas figuraciones que se separan por las pausas de los silencios. Al no abusar del grupo final de 4 corcheas y fundamentarse en figuraciones más largas, parece conseguir una reacción perceptiva fácil y humanizada, ya que puede comprenderse mejor el origen de las variaciones. Tampoco, de esta vez, se usan demasiadas alteraciones. Sólo el Sol# aparece en el compás 27 para sugerir un La M (V, si lo se lee en Re M).

A.3. Generate M3 a Continue M3.

The musical score consists of six staves of music in 4/4 time. The first staff (measures 1-5) begins with a treble clef, a key signature of one flat (B-flat), and a 4/4 time signature. It starts with a quarter rest, followed by a quarter note G4, a quarter note F4, and a quarter note E4. The second staff (measures 6-11) starts with a whole rest, followed by a quarter note G4, a quarter note F4, a quarter note E4, a quarter note D4, a quarter note C4, and a quarter note B3. The third staff (measures 12-17) continues the melody with various rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes. The fourth staff (measures 18-22) features a similar rhythmic structure. The fifth staff (measures 23-29) includes a sharp sign (F#) above the staff, indicating a change in the key signature. The sixth staff (measures 30-34) concludes the piece with a final cadence.

Ilustración 135: *Continue M3*

En M3, donde se producían los ritmos característicos sincopados y a contra tempo, no se generan tensiones a otras tonalidades, sino que la melodía permanece constante en el contexto de RebM. El ritmo más explotado es el de la síncopa de la segunda semifrase (), compás 3, que se observa en numerosas ocasiones con la interválica modificada (cc. 4, 5, 8, 16, 18...), aunque también se encuentran células rítmicas con la figuración propia de la primera semifrase () en, por ejemplo, cc. 10, 13, 14, o repeticiones de la misma nota (cc. 8, 15, 20, 22, 23, 30) obtenidas del segundo compás del tema.

Como el programa no se ha predeterminado para un estilo concreto no sería apropiado hacer juicios sobre el tratamiento de la estructura o la armonía. En este caso podría analizarse el aspecto rítmico como un poco caótico al desviar el pulso del compás debido a la presencia de numerosos contratempos. Sin embargo, añadiendo otras partes instrumentales y reforzando, o no, estos aspectos la melodía puede variar radicalmente de género musical, por lo que no procedería realizar tal juicio.

Por lo demás, parece una melodía perfectamente aprovechable y de la cual se pueden obtener armonizaciones interesantes y ricas rítmicamente.

A. 4. *Generate M4 a Continue M4.*



Ilustración 136: *Continue M4.*

Tal y como se puede observar en una vista superficial sobre esta muestra, el material original resulta ser el más austero a todos los niveles analíticos: rítmicamente sólo consta de una blanca en parte fuerte junto a su silencio, mientras que armónica y melódicamente sólo presenta dos notas a distancia de

semitono. Es por ello que no resulta posible encajar la melodía en una sola tonalidad, aunque probablemente funcionaría bien en FaM con la tercera en la melodía y el Sib como nota natural. También podría interpretarse como un Rem con la quinta en la melodía y leer el Reb accidental como un Do# (sensible) y luego continuar con una modulación a su relativo mayor y, finalmente, a Do M cuando aparece el Si natural. En cualquier caso, el programa aumenta las posibilidades de esta austeridad y, a pesar de permanecer con la rítmica original durante la mayor parte del tiempo, continúa añadiendo nuevas interválicas que expanden la segunda menor a segundas mayores, terceras menores y mayores y una cuarta justa.

A. 5. Generate M5 a Continue M5.



Ilustración 137: Continue M5.

En la continuación de M5 puede observarse, quizás con una mayor claridad con respecto a las otras muestras, que estructuralmente se produce un contraste hacia la segunda mitad de la melodía (c. 17). Lógicamente, podría analizarse como una sección contrastante B, siendo lo que le precede A.

Armónicamente se encuadra en la tonalidad de ReM, con tensiones a MiM desde el compás 9 en adelante. Motívicamente se encuentran las siguientes asociaciones con la melodía original:

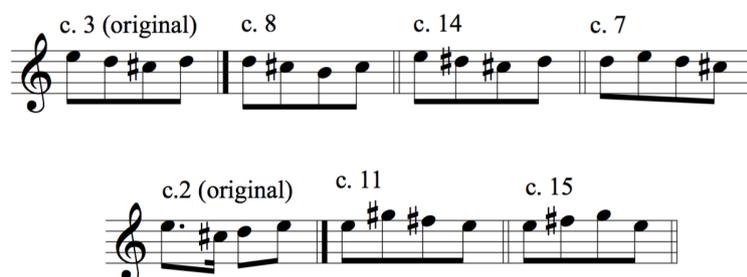


Ilustración 138: Similitudes con *Generate M5*.

De esta melodía también se puede deducir que el programa está entrenado para respetar el ritmo armónico, ya que en todos los casos la armonía puede ser justificada a ritmo de blanca, si se tienen en cuenta los grupos de cuatro corcheas.

Es decir, en los dos últimos tiempos del compás 10, por ejemplo, se aprecia cómo ese grupo de corcheas arpeggia la dominante de MiM, así como en los dos tiempos siguientes, en el compás 11, resuelve sobre la tónica de dicha tonalidad con el Fa# como nota de paso. Consecuentemente, existe una distribución de las notas en los tiempos con sentido armónico y funcional, contribuyendo a que la microestructura melódica resulte apropiada para una escucha natural y fluida.

En lo que se ha considerado una sección contrastante B aparecen nuevos elementos, como la célula motívica del compás 19, y una figuración más larga.

A. 6. *Generate M6* a *Continue M6*.





Ilustración 139: Continue M6.

M6 está de principio a fin entre Sol#m y SiM. Existe un elemento motivico principal que, tras su repetición, se convierte en el tema característico de esta melodía. Lo que resulta realmente interesante dentro de esta reiteración de la misma célula es que la periodicidad en la que se repite sería exacta, cayendo siempre el comienzo del motivo en el primer pulso del compás, dentro de un $\frac{3}{4}$. Al hacerlo en un compás binario, 4/4 en este caso, el periodo no es exacto y por lo tanto no cae en el primer pulso en cada repetición, creando una ilusoria sensación de compás ternario. Este tipo de juegos resultan interesantes en el análisis de una pieza.

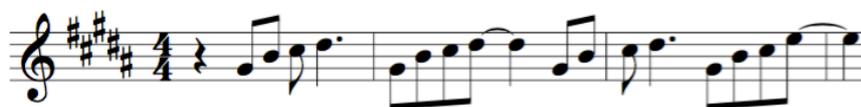


Ilustración 140: Elemento motivico principal repetido.

Continuando con la composición, resulta especialmente sugerente, además, que el proceso sigue adelante con el mismo tipo de variación repetitiva con un motivo similar pero por movimiento contrario:



Ilustración 141: motivo variado y por movimiento contrario.

El resto de la melodía consiste en una continuación de estas ideas sobre alturas diferentes, incidiendo también en la síncopa y en otras repeticiones de motivos emergentes en el desarrollo.

B. De Generate a Continue en ritmo.

Generate R1	Continue R1
Generate R2	Continue R2
Generate R3	Continue R3
Generate R4	Continue R4
Generate R5	Continue R5
Generate R6	Continue R6

Ritmos generados por *Generate*:

The image displays six musical staves, labeled R1 through R6, each representing a different rhythm generated by the 'Generate' software. The staves are arranged vertically and are in 4/4 time. R1 (measures 1-16) is a complex rhythm with many 'x' marks above notes, indicating specific rhythmic values. R2 (measures 5-20) is a simpler rhythm with 'x' marks above notes. R3 (measures 9-24) is a complex rhythm with many 'x' marks. R4 (measures 13-28) is a rhythm with notes and rests. R5 (measures 17-32) is a rhythm with 'x' marks. R6 (measures 21-36) is a complex rhythm with many 'x' marks.

Ilustración 142: Ritmos creados por *Generate*.

B. 1. *Generate* R1 a *Continue* R1.

The image displays a musical score for a piece titled "Continue R1". It consists of eight staves of music, each starting with a measure number: 5, 10, 15, 19, 23, 27, and 32. The notation includes various rhythmic patterns, such as eighth and sixteenth notes, and rests, with some notes marked with an 'x' above them. The score is presented in a standard musical notation format with a treble clef and a 4/4 time signature.

Ilustración 143: *Continue R1*.

En la continuación de R1 se encuentran asociaciones rítmicas, como por ejemplo las siguientes:

Original	c. 6	c. 7	c. 16	c. 23
Original	c. 5	c. 20	c. 25	c. 19

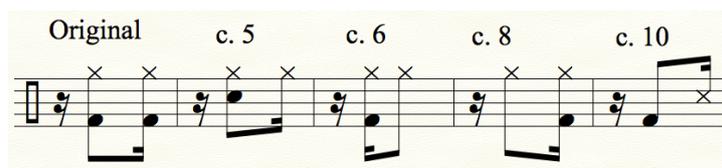


Ilustración 144: Similitudes entre *Generate R1* y *Continue R1*.

B. 2. *Generate R2* a *Continue R2*.



Ilustración 145: *Continue R2*.

En este caso se puede observar que el ritmo más desarrollado parte de la siguiente célula, sobre la cual se efectúan leves variaciones:



Ilustración 146: Célula rítmica principal.

Dichas variaciones consisten en cambiar o sumar los ataques del primer pulso sobre la caja, el bombo u otro plato.

B. 3. Generate R3 a Continue R3.

Ilustración 147: *Continue R3*.

Aquí, en R3, se produce una repetición constante del mismo patrón rítmico, variando los ataques sobre las distintas partes de la batería.

B. 4. Generate R4 a Continue R4.



Ilustración 148: *Continue R4*.

En este caso resulta evidente a primera vista que apenas existen variaciones con la célula original. Se repite literalmente, excepto en casos muy puntuales como son el compás 9, 12, 13, 17, etc., que aun así resultan modificaciones leves y poco relevantes.

B. 5. Generate R5 a *Continue R5*.





Ilustración 149: *Continue R5*.

La continuación de R5 resulta una pieza particularmente interesante con respecto a las demás por su estructura y su naturalidad. Al final de los 4 primeros compases que, se recuerda, coinciden con el ritmo original de *Generate*, se produce una pausa tras la cual se da un motivo con sentido de entrada a la siguiente sección, donde se continúa con la variación de los elementos originales. Además, en el compás 13, existe una mutación que, de nuevo, da lugar al comienzo de otra sección perfectamente reconocible auditivamente y visualmente sobre la partitura. Desaparecen las semicorcheas presentes hasta entonces y el ritmo reposa sobre la figuración de corcheas hasta el final.

B. 6. *Generate R6 a Continue R6*.

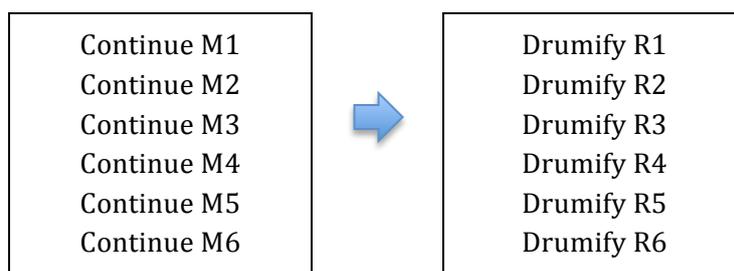




Ilustración 150: *Continue R6*.

En esta última muestra se observa un procedimiento de continuación muy similar al de R4, donde se repite en bucle el mismo ritmo con variaciones muy leves y puntuales que simplemente consisten en cambiar el ataque sobre las partes de la batería.

C. De Continue a Drumify.



Drumify es la aplicación dedicada a elaborar grooves con ritmos o melodías dados como Input. Para comprobar la eficacia de esta herramienta se ha optado por probar con las melodías creadas por el propio sistema y analizar el ritmo elaborado como acompañamiento a cada una de las mismas.

Como se verá a continuación, no se encuentran aspectos relacionables entre los ritmos obtenidos y las melodías. Los acompañamientos contruidos funcionan bien con cada melodía, pero resulta innecesario buscar relaciones motivicas, ya que parecen inexistentes.

C. 1. De *Continue M1* a *Drumify R1*.

The image shows a musical score for a rhythmic accompaniment. It is written in 4/4 time and consists of seven staves. Each staff begins with a measure number: 6, 11, 16, 22, 27, and 32. The notation features a variety of rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes, often with 'x' marks above them, which typically denote a specific rhythmic value or an accent. The overall texture is dense and rhythmic, typical of a drum accompaniment.

Ilustración 151: *Drumify R1*.

C. 2. De *Continue M2* a *Drumify R2*.

The image shows a musical score for a rhythmic accompaniment. It is written in 4/4 time and consists of three staves. Each staff begins with a measure number: 7, 14, and 21. The notation features a variety of rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes, often with 'x' marks above them, which typically denote a specific rhythmic value or an accent. The overall texture is dense and rhythmic, typical of a drum accompaniment.

27

33

Ilustración 152: *Drumify R2.*

C. 3. De Continue M3 a Drumify R3.

7

13

18

23

29

33

Ilustración 153: *Drumify R3.*

C. 4. De Continue M4 a Drumify R4.

6

11

Musical notation for Drumify R4, measures 17-33. The notation is written on a single staff with a treble clef and a 4/4 time signature. It features a sequence of chords and melodic lines, with 'x' marks above notes indicating specific rhythmic patterns or accents. The piece concludes with a double bar line at measure 33.

Ilustración 154: *Drumify R4.*

C. 5. De Continue M5 a Drumify R5.

Musical notation for Drumify R5, measures 1-32. The notation is written on a single staff with a treble clef and a 4/4 time signature. It features a sequence of chords and melodic lines, with 'x' marks above notes indicating specific rhythmic patterns or accents. The piece concludes with a double bar line at measure 32.

Ilustración 155: *Drumify R5.*

C. 6. De Continue M6 a Drumify R6.



Ilustración 156: *Drumify R6*.

D. De Drumify a Groove.

Drumify R1	Groove R1
Drumify R2	Groove R2
Drumify R3	Groove R3
Drumify R4	Groove R4
Drumify R5	Groove R5
Drumify R6	Groove R6

Groove se encargaba de “ajustar la sincronización y la velocidad de un ritmo de batería para producir la sensación de una interpretación de un batería. Esto es similar a lo que el plugin Humanize hace, pero logrado de una manera totalmente distinta” (Google Magenta). Sin embargo, tampoco se aprecia este efecto sobre los resultados obtenidos, presentados a continuación:

D. 1. De Drumify R1 a Groove R1

Musical score for Groove R1, measures 1-32. The score is written in 4/4 time and consists of seven staves. The first staff (measures 1-4) shows a complex rhythmic pattern with many 'x' marks above the notes, indicating a specific drum or percussion part. The subsequent staves (measures 5-32) continue this pattern, with the 'x' marks becoming more frequent and dense, suggesting a more intricate or faster-paced groove. The notation includes various note values, rests, and dynamic markings.

Ilustración 157: Groove R1.

D. 2. De Drumify R2 a Groove R2

Musical score for Groove R2, measures 1-33. The score is written in 4/4 time and consists of six staves. The first staff (measures 1-6) shows a rhythmic pattern with 'x' marks above the notes. The second staff (measures 7-14) continues the pattern, with some measures containing rests and 'x' marks. The third staff (measures 15-21) shows a more complex rhythmic structure with many 'x' marks. The fourth staff (measures 22-26) continues the pattern, with some measures containing rests and 'x' marks. The fifth staff (measures 27-32) shows a rhythmic pattern with 'x' marks above the notes. The sixth staff (measures 33) shows a final measure with a double bar line.

Ilustración 158: Groove R2.

D. 3. De *Drumify* R3 a *Groove* R3.

Musical score for Groove R3, measures 1-32. The score is written in 4/4 time and consists of six staves. The notation includes various rhythmic patterns, rests, and accidentals. Measure numbers 7, 13, 19, 25, and 32 are indicated at the beginning of their respective staves.

Ilustración 159: *Groove* R3.

D. 4. De *Drumify* R4 a *Groove* R4.

Musical score for Groove R4, measures 1-33. The score is written in 4/4 time and consists of seven staves. The notation includes various rhythmic patterns, rests, and accidentals. Measure numbers 6, 12, 18, 23, 28, and 33 are indicated at the beginning of their respective staves.

Ilustración 160: *Groove* R4.

D. 5. De Drumify R5 a Groove R5.

Musical score for Groove R5, 4/4 time signature. The score consists of 35 measures, divided into seven systems of five measures each. The notation includes various rhythmic patterns, rests, and accidentals. The first system starts with a 4/4 time signature. The second system begins at measure 7. The third system begins at measure 12. The fourth system begins at measure 18. The fifth system begins at measure 24. The sixth system begins at measure 29. The seventh system begins at measure 33. The score ends with a double bar line at the end of the 35th measure.

Ilustración 161: Groove R5.

D. 6. De Drumify R6 a Groove R6.

Musical score for Groove R6, 4/4 time signature. The score consists of 35 measures, divided into seven systems of five measures each. The notation includes various rhythmic patterns, rests, and accidentals. The first system starts with a 4/4 time signature. The second system begins at measure 7. The third system begins at measure 11. The fourth system begins at measure 15. The fifth system begins at measure 20. The sixth system begins at measure 26. The seventh system begins at measure 32. The score ends with a double bar line at the end of the 35th measure.

Ilustración 162: Groove R6.

E. Interpolate entre melodías.

Con *Interpolate*, tres pares de melodías, de las creadas por *Generate*, se combinan para que esta aplicación elabore seis nuevos resultados como suma de las características de cada par de melodías.

E. 1. *Interpolate Generate M1 + M2.*

The image displays musical notation for two source melodies, M1 and M2, and six resulting interpolated examples. M1 is a complex melody in 4/4 time, while M2 is a simple three-note motif. A plus sign (+) is placed between M1 and M2, and an equals sign (=) is placed between M2 and the first example. The six examples (1-6) show various combinations of the two motifs, with the final notes of all examples matching the end of M2.

Ilustración 163: *Generate M1 + M2.*

Como se puede apreciar en los ejemplos, existen más motivos derivados de M1 que de M2 debido a las diferencias de contenido que estos presentan. M2 se reduce a un rango de 3 notas con una figuración muy simple sobre la interválica destacable de 3ª menor. Estas características las vemos variadas un poco en el ejemplo número 2 (primeros dos compases), en el comienzo del 4 y del 5. También los últimos motivos de todos los ejemplos parecen provenir del final de M2.

Respecto a M1, vemos su identidad presente en otros casos, a veces bastante evidentes, como por ejemplo en los compases 2 y 4 del ejemplo 1, o en los compases 2 y 3 del último ejemplo.

E. 2. Interpolate Generate M3 + M4.

The image displays a series of musical staves illustrating the transition from material M3 to M4. At the top, M3 is shown as a melodic line with eighth and quarter notes. Below it, M4 is shown as a series of whole notes with rests. A plus sign (+) is placed between the M3 and M4 staves, and an equals sign (=) is placed below the M4 staff. Below these are six numbered staves (1-6) showing a progression of material. Staff 1 is a more complex version of M3. Staff 2 shows a similar melodic line but with a different rhythmic pattern. Staff 3 shows a further simplification. Staff 4 shows a line with more rests. Staff 5 shows a line with mostly whole notes and rests. Staff 6 shows a line with almost entirely whole notes and rests, representing the final stage of the interpolation towards M4.

Ilustración 164: Generate M3 + M4.

En este caso se ven claramente las asociaciones de los ejemplos con cada tema. En primer lugar, partiendo del primer ejemplo hacia el último, poco a poco se desvía el material de M3 a M4, donde se reduce la figuración hasta las blancas con sus silencios, característicos de M4.

Los materiales de M3, presentes sobre todo en los dos primeros ejemplos, son una ampliación rítmica de la línea melódica ascendente original con alguna mutación interválica.

E. 3. Interpolate Generate M5 + M6.

The image shows a musical score with six staves. The first two staves are labeled 'M5' and 'M6'. Below the M5 staff is a plus sign (+), and below the M6 staff is a double bar line (≡). Staves 1, 2, and 3 are variations of the M5 material, while staves 4, 5, and 6 are variations of the M6 material. The notation includes treble clefs, a 4/4 time signature, and various rhythmic values and accidentals.

Ilustración 165: *Generate M5 + M6.*

Estas variaciones siguen un patrón similar al de las del apartado anterior. Parece que del ejemplo 1 al 3 los materiales proceden de M5 y del ejemplo 4 al 6 se correlacionan más con M6. Esto se observa fácilmente por el uso de las alteraciones, donde en los tres primeros tienen más presencia los sostenidos y en los 3 últimos los bemoles.

El caso del primer resultado es una repetición casi literal del tema original (M5) donde sólo existe alguna leve mutación interválica. En el segundo caso, además de las mutaciones interválicas, también se producen de carácter rítmico, al igual que en el tercer caso, que consisten en aumentaciones del valor de las figuras, pero resultan leves y en general se aprecia bastante bien la relación con los temas originales.

F. Interpolate entre ritmos.

F. 1. *Interpolate Generate R1 + R2.*

The image displays musical notation for rhythm interpolation. At the top, two source rhythms are shown: R1 and R2. R1 is a 4/4 rhythm with a complex pattern of accents (marked with 'x') and rests. R2 is a simpler 4/4 rhythm with fewer accents. A plus sign (+) is placed between R1 and R2, and an equals sign (=) is placed between R2 and the first of six interpolated rhythms. The six interpolated rhythms, numbered 1 through 6, show a gradual transition from the characteristics of R1 to those of R2. Rhythm 1 is very similar to R1, while rhythm 6 is very similar to R2.

Ilustración 166: *Generate R1 + R2.*

En las muestras rítmicas de *Interpolate* se puede apreciar que de la suma de R1 y R2 (obtenidos de *Generate*) se produjeron estos 6 ritmos en los cuales se puede observar perfectamente qué materiales vienen de uno u otro. De nuevo existe una progresión en la que se parte de unos contenidos más similares a R1 en las primeras muestras para, poco a poco, ver más similitudes hacia R2 en las últimas.

La célula rítmica que sigue presente en todos los ejemplos es la de corchea con puntillo y semicorchea, originaria de R1. También los comienzos y finales de R1 siguen presentes en todas ellas con algunas mutaciones. Por lo demás, la mencionada progresión de los materiales de R1 a R2 consiste en una simplificación de la figuración hacia valores más largos, en negras a pulso, manteniendo esa célula recurrente de la corchea con puntillo y semicorchea.

F. 2. *Interpolate Generate R3 + R4.*

The image displays musical notation for the 'Interpolate Generate R3 + R4' process. It consists of several staves:

- R3:** A staff starting at measure 9, containing a complex rhythmic pattern of eighth notes with beams and accents.
- R4:** A staff starting at measure 13, containing a simpler rhythmic pattern of eighth notes with beams and accents.
- +**: A plus sign indicating the addition of R3 and R4.
- =**: An equals sign indicating the result of the interpolation.
- 1-6:** Six resulting staves, each showing a variation of the R1 material. These variations are more complex and integrated than the original R1, showing how the rhythmic elements from R3 and R4 are combined.

Ilustración 167: *Generate R3 + R4.*

En los resultados de esta suma entre R3 y R4 también parece muy sencillo analizar la procedencia de los materiales. Esto se debe a la simplicidad de los materiales referenciales en R3, que consiste en una repetición casi literal de la misma célula rítmica. Por lo tanto, de nuevo, sucede esta evolución transitiva de R3 a R4 de la primera a la última muestra, donde se produce esta repetición casi literal de R4.

A partir de la muestra 3 de este grupo, dicha célula () hace su primer acto de presencia, para cada vez repetirse con más incidencia. Además, puede observarse una evolución del motivo  al anteriormente citado en los comienzos de los compases 1 y 2. De la misma manera, los silencios toman su posición, en los pulsos débiles del compás, en las dos últimas muestras.

F. 3. Interpolate Generate R5 + R6.

Ilustración 168: Generate R5 + R6.

Por último, en la relación final entre R5 y R6, se vuelve a comprobar la evolución progresiva de una a otra muestra. Sin embargo, todos los resultados presentan el mismo remate final proveniente de R5. Todas aquellas corcheas que aparezcan en estos ejemplos provienen de R5, ya que R6 está compuesto por semicorcheas en su totalidad, así que, siguiendo este dato, se puede apreciar más fácilmente la transición de un tema a otro.

- **Conclusiones:**

Google Magenta se presenta como “una exploración en la creación de herramientas e interfaces inteligentes que permite a artistas y músicos extender (no reemplazar) sus procesos usando estos modelos” (Google Magenta); sin embargo, se puede poner en duda que esta herramienta no suponga una sustitución de ciertos procesos compositivos, aunque no lo haga de la misma manera que a través de la automatización total, característica de las herramientas anteriormente analizadas.

Constituyendo Magenta Studio un set de aplicaciones o plugins, las funciones están lógicamente muy separadas, lo que supone una ventaja a la hora de verse en la necesidad de recurrir a una o a otra. Probablemente las más interesantes puedan ser las de *Interpolate* o *Drumify*, por sugerir opciones de desarrollo de ideas preconcebidas, pero hay que considerar los distintos casos en los que un músico pueda verse en la necesidad de recurrir a Magenta Studio.

En primer lugar, *Generate* proporciona ideas de la nada; ideas de una calidad cuestionable pero que, como se ha visto, pueden ser aprovechables. Una persona que necesite generar ideas con esta herramienta probablemente no tenga conocimientos musicales, aunque también, por otro lado, puede darse el caso de un músico que quiera experimentar nuevos procesos o se vea frustrado en alguna situación creativa. *Continue*, por otro lado, desarrolla una idea dada como input, por lo que puede ser útil para generar continuaciones también a una idea humana. Este plugin podría integrarse en un proceso compositivo más colaborativo entre humano e inteligencia artificial, proporcionando opciones de variación a una idea propia.

En el caso de *Groove* y *Drumify*, al no observar con éxito los resultados esperados, realmente no se valoran como aplicaciones necesarias o que aporten situaciones ventajosas o beneficiosas para el proceso compositivo. Únicamente *Drumify* serviría para generar un ritmo a una melodía compuesta previamente, aunque no se haya observado una adaptación concreta de las creaciones de ritmos a las melodías dadas.

Por último, *Interpolate* se considera como la aplicación más interesante y útil para el proceso creativo. Partiendo de dos ritmos o melodías obtiene varios ejemplos como suma de las características del par de materiales originales. Se ha visto que durante la experimentación existe, además, una progresión entre las muestras que tiende de una muestra a otra, pudiendo seleccionar aquella que el usuario considere más apta para sus objetivos.

A modo de síntesis presentamos los siguientes datos en las tablas a continuación:

Muestras melódicas				Centro tonal/modal	Compás
Generate	Generate M1	Continue	Continue M1	Mi	4/4
	Generate M2		Continue M2	Re	
	Generate M3		Continue M3	Reb	
	Generate M4		Continue M4	¿?	
	Generate M5		Continue M5	Re	
	Generate M6		Continue M6	Sol#	
Interpolate	Interpolate M1 + M2		1 (M1 + M2)	Fa#	
			2 (M1 + M2)	La	
			3 (M1 + M2)	La	
			4 (M1 + M2)	Re	
			5 (M1 + M2)	Sol	
			6 (M1 + M2)	Mi	
	Interpolate M3 + M4		1 (M3 + M4)	Reb	
			2 (M3 + M4)	Reb	
			3 (M3 + M4)	Lab	
			4 (M3 + M4)	Fa	
			5 (M3 + M4)	Fa	
			6 (M3 + M4)	Fa	

Interpolate M5 + M6	1 (M5 + M6)	Re
	2 (M5 + M6)	Re
	3 (M5 + M6)	Re
	4 (M5 + M6)	Sol#
	5 (M5 + M6)	Sol#
	6 (M5 + M6)	Sol#

Muestras rítmicas							
Generate	Generate R1	Continue	Continue R1	Drumify	Drumify R1	Groove	Groove R1
	Generate R2		Continue R2		Drumify R2		Groove R2
	Generate R3		Continue R3		Drumify R3		Groove R3
	Generate R4		Continue R4		Drumify R4		Groove R4
	Generate R5		Continue R5		Drumify R5		Groove R5
	Generate R6		Continue R6		Drumify R6		Groove R6
Interpolate	Interpolate Generate R1 + R2						
	Interpolate Generate R3 + R4						
	Interpolate Generate R5 + R6						

Tabla 39: Resumen Muestras melódicas y rítmicas de Magenta Studio.

Sobre el proceso compositivo, la mencionada separación de funciones entre los plugins apoya más el argumento colaborativo entre compositor y herramienta. Consideramos que, debido a esta condición, los tipos de uso son muy variados aunque la introducción de Google Magenta en el proceso compositivo supone alteraciones significativas igualmente. Estas, suponen el reemplazo de los pasos que llevan por nombre cada plugin; esto es, con *Generate* obtenemos ideas que podemos manipular o conservar intactas, pero que nos suprimen la misma conceptualización o génesis musical; con *Continue* nos automatiza el desarrollo del material original, y con *Interpolate* directamente nos evita pensar en el cómo fusionar dos ideas.

Como resultado, creemos que la finalidad del Google Magenta Studio puede ser tanto expandir los procesos compositivos, como anunciaba Google, como ahorrar el tiempo de producción en estas funciones distintas. Sin embargo, a diferencia del resto de herramientas, Magenta Studio no manifiesta una intencionalidad clara de agilizar procesos con el fin de economizar el tiempo en el proceso creativo.

En el artículo publicado por el equipo de Google Magenta “Magenta Studio: Augmenting Creativity with Deep Learning in Ableton Live” (Roberts *et al* 2019) defienden el objetivo de “exponer a más músicos y productores al potencial de usar sistemas como este en su flujo de trabajo creativo” (Roberts *et al* 2019, 1). Proponen esta idea como contraposición a la discusión más “comercial” del reemplazamiento del trabajador humano por la IA, promoviendo el uso de estas herramientas para ampliar la capacidad productiva del compositor.

Exponen además que estos sistemas:

permiten el aprendizaje directo de la estructura de los datos musicales. [...] Reduciendo la dependencia en la teoría musical puede resultar en una nueva herramienta creativa usando modelos generativos que están menos limitados por una imposición de normas, las cuales pueden estar basadas por un estilo o género particular (Roberts *et al* 2019, 1).

Nosotros creemos que realmente no existe tal cosa como una dependencia de una teoría musical, sino más bien, que la ausencia de conocimiento provoca dependencia de una herramienta como esta. La dependencia es simplemente aquí traspasada a otro formato. Si el compositor tiene conocimientos de teoría y práctica musical no necesita un sistema de este tipo para desarrollar su creatividad, aunque puede recurrir a él por otros motivos. Por otro lado, si una persona no posee conocimientos musicales estará destinada a depender de este tipo de herramientas sin poseer ningún tipo de autonomía, lo que resulta una situación extrapolable a otros muchos usos de la tecnología en la vida diaria.

En una encuesta que el equipo de Google Magenta (Roberts *et al* 2019, 6) realizó a los usuarios, se presentan unos porcentajes correspondientes a la respuesta que experimentaron con respecto a si se sintieron más creativos durante el uso (72% más, 20% neutral, 8% menos) o más productivos durante el proceso creativo, que fue el 93% de los usuarios. Según el estudio, el objetivo propuesto

por el equipo de Google estaría alcanzado, ya que la mayoría de los participantes de la encuesta se describen a sí mismos como músicos o productores y los resultados son favorables en cuanto a la mejora del flujo de trabajo.

Finalmente, esta herramienta tampoco podría considerarse creativa en sí misma, aunque su aplicación más creativa y colaborativa con el compositor pensamos que podría ser *Interpolate*. Tanto si se usa a través de dos ideas del mismo compositor como utilizando melodías de compositores distintos, podrían obtenerse resultados interesantes y, probablemente, creativos.

CAPÍTULO 4:
DISCUSIÓN

5. 1. **Discusión.**

Tras la experimentación con las herramientas comentadas en el capítulo anterior obtuvimos una serie de conclusiones a nivel individual que nos acercaban a las respuestas de las preguntas de investigación de la tesis. Llegados a este punto y en una visión global sobre las conclusiones obtenidas tras esta experimentación, hemos encontrado algunas diferencias entre los programas estudiados, así como también diversas similitudes, que señalamos a continuación.

Por un lado, comprobamos que no son necesarios conocimientos musicales para el uso básico de los programas, aunque sí mejorarían una supuesta experiencia colaborativa con las mismas. Esto quiere decir que, contando con conocimientos musicales, se pueden entender mejor las funciones del programa y predecir de mejor manera los resultados que nos puede ofrecer, ya que entenderíamos las etiquetas de compás, acordes, cadencias, tempo, etc. Consecuentemente, no conocer la terminología musical limita al usuario a automatizar todo el resultado, lo que sigue siendo una posibilidad fundamental de la herramienta y, por lo tanto, otra razón de su existencia. Sucede de igual manera respecto a los conocimientos de programación que en ningún caso son necesarios para cualquier tipo de uso que se le pueda dar al software.

Otra característica común es el formato de elección de etiquetas asociadas a los tipos de estilo y emociones, lo cual es un formato de por sí diseñado para no requerir conocimientos musicales ya que el usuario selecciona estos parámetros esperando obtener un tipo de resultado musical que se ajuste a lo que desea en base a las emociones y el estilo. Esto sucede en todas las herramientas salvo en Google Magenta, cuyas funciones están disociadas en plugins independientes y funcionan en base a un input musical.

Como hemos podido comprobar, este formato de elección de plantillas y etiquetas emocionales predetermina la instrumentación y la armonía. Hemos visto que en todos los casos hay una correspondencia entre los modos mayores o menores y la etiqueta de estilo o emoción escogida. Por ejemplo, en el caso de AmperScore, habíamos encontrado la asociación de romántico/modo mayor y tensión/modo menor usando relaciones armónicas que recrean la etiqueta emocional (como el ejemplo del acorde disminuido para generar tensión, p. 178),

así como también un tratamiento de la instrumentación según la connotación que posee. Con AIVA sucedía de igual manera, asociando lo cinematográfico y moderno con el modo mayor y la orquesta sinfónica, mientras que la etiqueta de fantasía generaba una oscilación entre el concepto de tonalidad y modalidad bajo, también, una plantilla de orquesta sinfónica con un uso predominante de los metales que contribuía al sentido épico y grandilocuente de los resultados.

Refiriéndonos ahora a la posibilidad de intervención sobre los resultados, salvo AmperScore, todas las herramientas ofrecen resultados manipulables por el usuario, destacando Orb Composer por permitir la modificación dentro de la propia estructura del programa y no teniendo que exportar los resultados a un archivo MIDI para luego abrirlos con otro tipo de software. Además, OrbComposer puede usarse como plugin en una DAW como Logic Pro, lo que facilita el trabajo colaborativo.

Por último, es notorio que Magenta Studio sea la herramienta que más contrasta con las demás, tanto por su estructura como por el tipo de funciones que ofrece, estando totalmente diferenciadas y presentadas de manera individual. Esto convierte a este programa en la herramienta que, bajo nuestro criterio, se acerca más a la premisa común que expresan en su retórica todos estos software de que estas herramientas no buscan reemplazar al compositor. Tampoco afirmamos que el resto de herramientas busquen literalmente reemplazar al compositor, sino que, más bien, su existencia pueda contribuir a tal efecto en algunas situaciones.

En esta dirección, nos parece pertinente comentar también las diferencias y similitudes en cuanto a cómo se anuncian estos programas, ya que, como habíamos señalado desde la introducción de esta investigación, la realidad contextual de las herramientas es un punto relevante a estudiar para poder fundamentar el sentido de la composición automatizada en la actualidad. Buscamos completar esta realidad contextual con las propias aportaciones de los desarrolladores, por ello, valoraremos sus comentarios y consideraremos la intencionalidad del diseño de las herramientas comparándolas con los resultados obtenidos. Los desarrolladores consultados han sido Sam Estes de AmperScore y Pierre Barreau de AIVA, a quienes hemos podido entrevistar para esta investigación.

También, al comprobar si las posibilidades ofrecidas por las herramientas estudiadas se corresponden con los mensajes que las dan a conocer, se puede cuestionar la efectividad de las mismas y, por tanto, sus usos reales, dando así respuesta a una de las preguntas de investigación: el porqué o el para qué se han creado. Además, analizando las opiniones compartidas por los creadores de estos programas en entrevistas a diversos medios, foros u otros formatos, podemos adentrarnos en debates en torno a la mercantilización de los programas y a sus efectos en la industria creada en torno a la composición musical.

Procedemos, por tanto, a valorar los comentarios de dos de los desarrolladores de AmperScore y AIVA sobre por qué crearon este tipo de software:

Amper Score – Sam Estes

El diseño de AmperScore permite que cualquiera pueda manipular fácilmente parámetros musicales sin poseer conocimientos sobre los mismos. La intención anunciada en la web es “permitir que cualquiera pueda expresarse creativamente a través de la música sin importar su bagaje, experiencia o disponibilidad de recursos” (AmperScore™ 2019). No obstante, el usuario se ve limitado a una selección de etiquetas de estilo, de instrumentos, de tempo, etc., a través de un clic de ratón, lo que, todo en conjunto, parece ser considerado como una forma de expresión artística, aunque no exista una conexión real con la fuente del sonido ni una manipulación directa del mismo.

Para nosotros, estos argumentos que hemos denominado como “de universalización” en la composición (o el acercamiento de la tarea compositiva a cualquier persona, p. 154) no jugarían a favor de la creatividad. No encontramos motivos para justificar que utilizar un programa como AmperScore, en este caso, posibilite la expresión musical creativa individual. Los pasos del proceso creativo como la concepción y la abstracción (Alvaro, Miranda y Barros 2005, 2) se limitan a la elección de parámetros y no da cabida a las influencias personales ni sociales (culturales e históricas), mutando la habilidad humana creativa a un proceso computacional, por lo que no encontramos justificación a que se considere una expresión creativa individual.

En la prensa, existen artículos y entrevistas donde los fundadores de AmperScore, Drew Silverstein, Sam Estes y Michael Hobe, realizan aportaciones interesantes para este apartado de discusión. Estos tres desarrolladores tuvieron la idea de crear AmperScore paralelamente a su actividad como compositores de Hollywood (Columbia Entrepreneurship 2016) y resulta interesante la aportación que realiza Silverstein al respecto: “Nuestro objetivo es dar un poco de alivio a los directores, productores y anunciantes de las horas y horas que dedican normalmente a buscar entre bibliotecas infinitas de música de stock sosa y sin inspiración.” (Columbia Entrepreneurship 2016). Resulta muy remarcable que esta visión de negocio emerja de un entorno de producción asfixiante⁴² (es decir, el entorno de Hollywood) como solución a un problema de costes, tiempo y flujo de trabajo o, lo que es lo mismo, que la propia industria genera y soluciona el problema desde sus estructuras internas, por supuesto obteniendo beneficio económico de ello. Quizás los fundadores de AmperScore, como compositores profesionales y trabajadores de Hollywood, tomaron la mejor decisión al convertirse ellos mismos en los creadores de la solución, previniendo una futura situación de riesgo laboral propio al intuir que otras herramientas acabarían alcanzando los mismos objetivos. “La compañía recaudó su primera ronda de financiación en 2015, y después de pasar a una versión piloto beta, el producto obtuvo registros de varias de las principales compañías de medios, editoriales y agencias creativas de todo el país” (Columbia Entrepreneurship 2016).

De hecho, en otra entrevista (Griffiths 2017) mencionan a Bob Moczydlowsky, quien “es el director gerente de Techstars Music, un acelerador global de startups dirigido por Techstars y un grupo de compañías líderes del negocio global de la música” (Techstars 2020) y que financió AmperScore.

⁴²Existen testimonios directos en los siguientes enlaces:

Viana, Israel. 2017. *Lucas Vidal: «En Hollywood Se Vive Con Mucha Ansiedad»*. Abc.Es. Disponible en: https://www.abc.es/cultura/musica/abci-lucas-vidal-hollywood-vive-mucha-ansiedad-201712192212_noticia.html Última consulta 22/07/2020

Cassidi, Kevin. 2015. *Composer Roundtable: 5 Music Masters Talk Anxiety, Demanding Directors And When No Sound Is Better*. Billboard. <https://www.billboard.com/articles/news/6770193/composer-roundtable-sicario-the-martian-steve-jobs-inside-out-carol> Última consulta 22/07/2020

Moczydlowsky, abierta y comprensiblemente, afirma que está en este mundo por dinero y porque piensa que “es un gran momento para invertir en compañías que resuelven problemas del negocio global de la música. Invertimos en fundadores que resuelven problemas a escala global para ayudar a hacer crecer el mercado de la música, los medios, el entretenimiento y la experiencia.” (Techstars 2020).

Tomando esto en consideración, parece que la intencionalidad principal de AmperScore, como todo producto que desea sobrevivir en el mercado actual, es la que, en términos generales, anuncian. Una herramienta que crea música al momento y que cualquiera puede usar sin tener conocimientos musicales ni problemas con licencias para favorecer el flujo de la industria musical. De hecho, en 2018 AmperScore ya contaba con 9 millones de dólares que pensaban invertir en la expansión internacional de la compañía (GlobeNewswire 2018), lo cual es indicativo del éxito de este tipo de herramientas, no permitiendo caer en el error de ser menospreciadas.

El discurso expuesto en estos párrafos conviene ser complementado con la información que pueda proporcionar una fuente directa. Para ello hemos procedido a formular una serie de preguntas a los fundadores de AmperScore, de los cuales sólo Sam Estes ha respondido a la totalidad de las mismas. En el apartado 7.2 puede consultarse el cuestionario íntegro.

En este caso le formulamos una pregunta muy específica sobre el para qué idear una herramienta como AmperScore y cómo surgió la idea. Como ya se pudo comprobar, en base al discurso argumentativo presentado en los párrafos anteriores, se le otorga un papel importante a las condiciones que la propia industria suscita sobre los aspectos y funciones laborales del compositor en la cadena de producción cinematográfica. Por ello, se considera muy oportuno confirmar este punto de vista directamente con Sam Estes:

Pregunta: Mientras estaba investigando sobre Amper encontré que, usted y sus compañeros, habían sido compositores en Hollywood⁴³. ¿Cuánto tiene esto que ver con haber tenido la idea de crear AmperScore? ¿Han experimentado la ansiedad por fechas de entrega imposibles, grandes cantidades de trabajo, etc.? ¿o AmperScore

⁴³ “Sam Estes y Michael Hobe trabajaron en proyectos con Hans Zimmer tales como *Inception* y la trilogía *The Dark Knight*” (Griffiths 2017).

sólo fue pensado para no músicos en un comienzo?

Respuesta: Sí, Amper fue principalmente concebido por los problemas que estábamos teniendo como compositores de Hollywood, rodeados en gran medida por limitaciones de tiempo y presupuesto. Como sabes, a un compositor se le puede pedir hacer 3 minutos de música original por 100 dólares. El encargo de estos 3 minutos es bastante básico en estructura y necesidad, y para la mayoría de los compositores llevaría unas 6 u 8 h de trabajo (partiendo de una nueva plantilla). Después, hay revisiones de estos 3 min, cambios de instrumentos, ajustes de ritmos, etc. En total invertirías de 10 a 20 horas de trabajo por 100 dólares; el cálculo económico no tiene sentido (5 dólares la hora), pero si logras reducir la inversión a una hora, entonces sí tendría sentido ¿verdad?

Nuestro objetivo nunca fue reemplazar a los compositores, pero sí reemplazar el flujo de trabajo, permitiendo que un asistente artificial haga la carga pesada requerida para ciertas tareas que normalmente tenemos que hacer como compositores (desde maquetas de MIDI, ajustes de sincronización, etc.), permitiendo al humano realizar todas las decisiones creativas. Por esto es por lo que nunca hemos pensado en Amper como un reemplazamiento directo sino como una mejora del proceso creativo.

Efectivamente, la causa del nacimiento de AmperScore es la búsqueda de una solución a un problema en términos de tiempo invertido en la producción, problema que, como ya se ha comentado, la propia industria genera. En los ambientes profesionales de este tipo, donde la creación musical está muy mecanizada, parece totalmente lógico desarrollar una herramienta como esta, prácticamente entendida como una forma de supervivencia en el medio profesional. ¿Significaría esto que el uso de AmperScore fuera de esta situación laboral concreta sería injustificado?

Para resolver esta duda, Estes responde lo siguiente:

Pregunta: ¿Qué propósito tiene la IA en este tipo de programas? ¿ahorrar tiempo y esfuerzo mientras se compone? ¿Qué implicaciones podría tener esto en el mercado para un compositor profesional? ¿Es una imposición de la industria?

Respuesta: Creo que no es sólo un ahorro de tiempo, sino también una manera para los no músicos de comunicar mejor las ideas a los compositores. Un director podría usar Amper para transmitir una idea general, interactuar con el compositor sobre

una paleta de ideas, etc., (una manera mejor de hacer pistas temporales). Idealmente, si contratas a un compositor le dejarías proponer un montón de ideas creativas, pero la buena comunicación siempre es un ahorro de tiempo en esta industria, y Amper está ahí para ayudar en eso. ¿Cambiará en cómo la gente trabaja? Esperamos que a mejor. ¿Es una imposición? Dudoso, con cualquier tecnología nueva hay una curva de adopción y de aprendizaje, pero finalmente esperamos que sea para bien.

Aunque Estes comience negando que sólo sea un ahorro de tiempo, acaba reconociendo que la buena comunicación a la que se refiere tiene una finalidad de agilizar el proceso, en términos de tiempo (“la buena comunicación siempre es un ahorro de tiempo en esta industria, y AmperScore está ahí para ayudar en eso.”). Se entiende que el propósito “legítimo” de AmperScore es ayudar y servir al compositor para hacer su trabajo más rápido y para ahorrar malentendidos con los directores de, por ejemplo, una producción cinematográfica. Pero lo cierto es que también existe la posibilidad de servirse de Amper para directamente usar su composición y colocarla en un trabajo audiovisual, lo que cumple con la primera descripción del programa en su web oficial.

AIVA

Pierre Barreau, uno de los fundadores de AIVA, declaraba en una entrevista para Infobae que “quería combinar la tecnología con el arte para acelerar los tiempos y minimizar los costes que implica componer música” (Jaimovich 2018), a lo que añadía lo siguiente, recordamos:

Creo que la inteligencia artificial va a funcionar muy bien para pistas de sonidos de videojuegos por ejemplo, que tienen cientos de horas de *gameplay* y solo dos horas de música, lo cual significa que se escucha el mismo tema que se repite cincuenta veces en un *loop*. La razón es simple; ningún compositor humano puede escribir cientos de horas de música para un sólo proyecto. La alternativa, en cambio, es que el compositor escriba dos horas y que la inteligencia artificial genere las 98 horas restantes en base a eso”. (Jaimovich 2018)

AIVA ya compuso temas para compañías como Vodafone y Nvidia, entre otras. También, se convirtió en el primer artista virtual con derechos de autor registrados en SACEM (Société des Auteurs, Compositeurs et Éditeurs de Musique), siendo “el primer sistema de inteligencia artificial en haber sido reconocido

oficialmente como compositor” (Jaimovich 2018).

En su página web oficial existe un apartado de prensa donde están publicados una serie de artículos sobre AIVA. En Marzo de 2017 se publicaba, bajo el titular “Una nueva IA puede escribir música tan bien como un compositor humano”, la reciente actividad de este programa, cuyas piezas musicales “son usadas como bandas sonoras por directores de cine, agencias publicitarias e incluso estudios de videojuegos” (Kaleagasi 2017). También facilitan el enlace⁴⁴ a su primer álbum “Génesis” en SoundCloud, donde tiene un perfil oficial con miles de seguidores y cientos de miles de reproducciones.

En mayo de ese mismo año (2017) sucedió algo realmente destacable como consecuencia de la actividad profesional de AIVA. El primer ministro de Luxemburgo Xavier Bettel (también ministro de cultura y de comunicación), según publica la revista digital *Delano*, decidió comisionar una pieza creada por este programa para el festivo nacional. Esto provocó que la Federación de autores y compositores de Luxemburgo –FLAC- publicara una carta abierta como crítica ante tal decisión con afirmaciones como “es una afrenta a los compositores de Luxemburgo, una bofetada en la cara de la gente creativa en el mundo del arte” (Huberty 2017).

Aunque el primer ministro responde a esta carta aclarando que su elección fue motivada por la intención de reconocer la actividad tecnológica e innovadora del país, también se apoyó sobre el argumento de que AIVA formaba parte de la SACEM. Esto es una mera manifestación de la incursión progresiva de las herramientas en la vida actual, siendo importante recoger este tipo de hechos para una mejor predicción sobre los posibles efectos a todos los niveles de este tipo herramientas el en futuro.

AIVA también tiene canal en YouTube⁴⁵ y cuenta con 19.500 suscriptores. Entre el contenido de su canal se pueden encontrar piezas de diferentes estilos, como sinfonías, nocturnos, canciones rock y pop, o hasta su banda sonora para un videojuego, siendo la primera vez en el mundo que se utiliza una IA para componer música para una producción de este tipo.

⁴⁴ <https://soundcloud.com/user-95265362/sets/genesis>

⁴⁵ <https://www.youtube.com/channel/UCykVChITx5kqBoGkzfz8iZg>

Por otro lado, la página oficial del programa (AIVA 2019) consta de un foro de participación de usuarios de AIVA y hemos aprovechado este espacio para formular preguntas y que los usuarios aportaran sus impresiones a modo de debate. El contenido del debate figura en el apartado 7.2 por completo.

Entre los usuarios de AIVA, tras una serie de preguntas realizadas con la intención de crear debate, las opiniones fluyen convergentemente hacia una actitud abierta y positiva sobre la herramienta, realzando el aspecto beneficioso de AIVA durante el proceso compositivo. Por ejemplo, habiéndose formulado la siguiente pregunta: ¿alguno de vosotros está preocupado sobre cómo la IA va a afectar al trabajo del compositor? Todos responden unánimemente que no, que es una herramienta más en un paso evolutivo de la tecnología fusionada con el proceso creativo, aunque los matices sustanciales van apareciendo y un usuario expresa:

chocobitz825 (09/24/2019): no, porque te está quitando el trabajo lo aceptes o no. Más razones para los “compositores reales” para involucrarse en el proceso de amoldar la IA para su uso, en vez de reemplazarlos.⁴⁶

Sobre los beneficios, añaden que la IA puede extender el potencial de los compositores sirviendo como asistente, ya sea arreglando, notando o incluso escribiendo una canción. Argumentos como “imagínate un asistente que te proporciona ideas y no se ofende cuando le dices que no te gusta lo que ha hecho” o que, potencialmente, “los grandes estudios sí podrían dejar de contratar compositores humanos”. En este contexto, los usuarios considerarían una ventaja usar la IA para integrarse en el plano competitivo industrial sin permitir el reemplazamiento total de las funciones laborales del compositor.

En algunas perspectivas la posición se torna algo más radical y consideran que AIVA es sólo un paso evolutivo hacia “una composición más productiva” y que, de ser purista, “estarías componiendo tu música a mano sobre papel y con un piano”, “en el siglo XIX, una facción radical llamada ludismo destruyó la maquinaria textil como forma de protesta porque iba a acabar con el oficio, adivina quién ganó.”, exponía uno de los usuarios.

⁴⁶ Foro de AIVA en Discord.

La comparativa histórica con el ludismo de la Inglaterra del s. XIX es muy discutible, sobre todo si se analiza en profundidad el aspecto artístico en contraposición a la producción globalizada y en cadena de un producto. Si se trata de juzgar la moralidad de los procesos históricos, probablemente el argumento estaría en contra. Sin embargo, se extrae de esta aportación que la situación exige posicionarse: o el compositor se suma a ese cambio tecnológico o acabará apartado de la profesión renovada, donde la IA puede tener un papel activo inevitable, especialmente en las capas más altas de la industria, siendo este un proceso de consecuencias históricas y evolutivas.

La consideración de los comentarios en este foro no pretenden caer en una valoración anecdótica. Sirven como espejo de la conciencia de uso de la herramienta por los usuarios que se sirven de ella, demostrando la intencionalidad y el papel que adquiere en el proceso compositivo de quienes la usan.

El propio desarrollador de AIVA, Pierre Barreau, resume sus propósitos intencionales con AIVA en nuestra conversación con él:

Nuestra declaración de intenciones es empoderar a las personas a través de la creación de bandas sonoras personalizadas con IA. Prácticamente hablando, esto significa:

- Ayudar a aficionados, profesionales o aspirantes a compositores a crear mejor música dándoles un sinnfín de ideas.
- Siguiendo los pasos de los avances tecnológicos previos (como la creación de las DAW, sintetizadores, instrumentos virtuales), democratizamos aún más el acceso a la creación musical de alta calidad. Ahora mismo, ser un compositor supone tener acceso a ordenadores muy potentes, a un equipamiento de creación musical caro y a la educación musical. Queremos hacer que cualquiera pueda crear música de alta calidad desde un dispositivo de baja calidad como un Smartphone y sin requerir conocimientos de composición musical.
- Servir en nuevos casos donde los métodos tradicionales de composición no pueden funcionar, tales como:
 - Creando infinitas bandas sonoras personalizadas para videojuegos.
 - Creando bandas sonoras personalizadas para personas que evolucionan a lo largo de tu día, basadas en las diferentes actividades de las que tomas parte.

Podría resumirse, en consecuencia, que las intenciones principales de la IA en música son las de mejorar el flujo de trabajo en la industria musical (más rápido, económico y productivo), acercar la música a cualquier usuario (con o sin conocimientos musicales), cubrir funciones que el compositor no puede cumplir y, también, facilitar la comunicación de ideas musicales entre aquellos que tengan dificultades para hacerlo (como directrices para el compositor de cine, por ejemplo, en la producción de una película).

5.1.1. Las herramientas como producto histórico.

Si realizamos un breve repaso de las descripciones de los sistemas que precedían a las herramientas del núcleo investigativo, así como de las referencias a las argumentaciones de los autores, comentadas a lo largo de todo el trabajo (especialmente en el capítulo 2), podrá observarse una evolución en el tiempo en la intención o en la justificación a que este tipo de herramientas existan. A pesar de ello, cabe destacar que son pocos los pronunciamientos realizados con claridad a este respecto.

Es natural encontrar al principio un propósito científico intrínseco para así avanzar en la línea de investigación de la Inteligencia Artificial, que aporta tanto beneficios científicos como técnicos, sociales y económicos, como valoraba Romero en su tesis (Romero 2001). También entendemos que dentro de estos aspectos beneficiosos se encontraría el interés por mejorar la tarea compositiva o el acceso a la música en términos generales. Lo que genera dudas es el criterio de mejora, ya que hemos comprobado en los análisis realizados que, en muchos casos, la eficiencia productiva está asociada a la rapidez, como comentaremos más adelante.

David Cope, uno de los grandes referentes de este campo de estudio, señalaba lo siguiente como explicación a por qué diseñó EMI:

EMI fue originalmente diseñado por mí para asistir mi entendimiento de los elementos del estilo en música. Mi primera corazonada fue, y todavía es, que los programas que pueden emular con éxito los estilos musicales necesariamente poseen información importante sobre los estilos que emulan. Desde que incluso comprender una pequeña porción de lo que constituye el estilo musical es importante para los músicos, siento que esto es un objetivo útil. (Cope 1996, 10)

Considerando las palabras de Cope, puede comprenderse su intención a la hora de crear EMI; sin embargo, surge la pregunta de si realmente es necesario diseñar un programa que compone música automáticamente para comprender lo que constituye el estilo musical, cuando el propio compositor humano puede ser consciente de los resultados musicales que obtiene en sus composiciones y de la toma de decisiones estéticas en términos de materiales y técnicas o procedimientos utilizados. Además, para que un software pueda componer automáticamente tiene que estar programado para ello por un humano y, leyendo a Cope, parece que de alguna manera el programa pueda poseer información que él desconoce.

Esto es un tanto desconcertante. El compositor formado dispone de recursos analíticos suficientes para conocer qué elementos de estilo está tratando, ya que resultan de sus propias decisiones. Otro caso sería que el sistema de IA pudiese detectar las influencias inconscientes culturales, de las experiencias vividas o incluso de la genética a través de la música, es decir, asociar una toma de decisión a una o varias de esas causas, pero no es el caso todavía.

Assayag, por otro lado, añade que, posteriormente a una fase primaria de desarrollo de la computación musical, se produjo una evolución a la era de las tecnologías del audio digital, trayendo consigo una serie de consecuencias en el mundo de la composición y en la industria musical. Además de, evidentemente, hacer totalmente relevante e imprescindible la presencia de un ordenador para la síntesis digital, también provocó el surgimiento de nuevas profesiones, como es, por ejemplo, la del ingeniero de sonido. Añade:

Esta poderosa atracción hacia el mundo del sonido digital creó la misma deficiencia en términos de creatividad como la que se produjo en el mundo de la síntesis y procesamiento digital de imágenes: estas imágenes digitales [...] apenas enseñaron un pensamiento relevante acerca de las condiciones de la emergencia de un nuevo lenguaje artístico. (Assayag 1998, 4)

Sabemos que, de igual manera, la IA supone un avance tecnológico que provoca efectos tanto en el proceso compositivo como en la industria que lo rodea. Por un lado, sí crea nuevas profesiones, pero no para el campo musical, sino todo lo contrario, como sucede de manera clara en el caso de AmperScore con afirmaciones como, “permite a los equipos de empresa componer música

personalizada en cuestión de segundos, recuperando el tiempo perdido en buscar música de stock”, que como vemos ni siquiera está dirigida al compositor, sino abiertamente al empresario que no requiere del músico, sino de ahorrar tiempo en buscarlo.

Por otro lado, otros tipos de integración tecnológica en el proceso creativo proporcionan experiencias interactivas entre usuario y software a un nivel extraordinario. Es el caso de la música adaptada en, por ejemplo, los videojuegos, donde la IA compone en tiempo real. Geraint Wiggins apuntaba lo siguiente en 1998 acerca de *GhostWriter*: “El propósito global de este programa es el de reforzar la sensación de pertenencia al entorno virtual a través de la música en combinación con el arte visual y táctil” (Wiggins *et al* 1998, 1). El mundo del videojuego ha abierto un universo de nuevas posibilidades virtuales en donde realmente el compositor humano poco o nada puede hacer para competir con la IA.

Añadiendo a las palabras de Wiggins lo expuesto por tres jóvenes desarrolladores en la presentación en conferencia de su herramienta, Melodrive, parece que la situación toma una dirección clara hacia las experiencias inmersivas:

Después de una breve presentación sobre cómo la IA puede permitir que gente sin habilidades musicales pueda crear bandas sonoras altamente inmersivas, los asistentes probarán una experiencia de Realidad Virtual con música generada en tiempo real por un sistema de IA llamado Melodrive. (Velardo *et al* 2018)

De este párrafo se extraen dos aspectos fundamentales; en primer lugar, la posibilidad de que gente sin habilidades musicales pueda componer música. Nosotros consideramos que este tipo de experiencia con la composición automatizada no puede ser considerada como una práctica compositiva como lo entendemos en la actualidad, sino como una interacción con el programa para que este produzca unos resultados que no serían los que el usuario podría componer por sí mismo si adquiriese conocimientos. El otro aspecto versa sobre el concepto de inmersión. Naturalmente, ningún ser humano puede componer una música distinta en tiempo real para cada jugador y en un set de condiciones como las que presenta un videojuego, donde según el momento de la partida y los parámetros del personaje pueda sonar una u otra música. Pero la IA no sólo se limita a rellenar incapacidades del ser humano, sino que soluciona todos los problemas en donde la

Realidad Virtual requiera esta adaptación musical en tiempo real⁴⁷. Estas aplicaciones de la IA suponen grandes avances científicos, siendo innumerables sus aplicaciones, así como las posibilidades potenciales de desarrollo. Este nos parece, sin duda, uno de los usos más prometedores de la IA en música.

Por otro lado, de entre los artículos mencionados como precedentes del núcleo investigativo, donde se expresa con mayor contundencia la función del software inteligente es en “Automatic Real-Time Music Generation for Games”, (2015), firmado por Steve Engels, Fabian Chan, and Tiffany Tong, donde se concluye que:

El resultado de este trabajo es una herramienta que puede producir música original en tiempo real, en el estilo de una pieza de entrenamiento. Puede cambiar estilos de una región del juego a otra y presenta muy poca carga en el procesador [...] El resultado es una herramienta que permite a los estudios de videojuegos contar con música original para sus juegos, mientras se minimiza el tiempo, la memoria o el coste financiero de requerir a compositores humanos (Engels *et al.* 2015, 221).

Como ya hemos comentado, competir contra este tipo de situaciones es realmente difícil. En este caso concreto, con música para videojuegos en tiempo real, es imposible. Así que la función es clara: la IA genera posibilidades más eficientes, baratas y rápidas para las empresas, aunque cabría discutir los resultados en términos de calidad, lo cual resulta complejo de por sí por la naturaleza subjetiva del propio concepto de “calidad”. Sin embargo, cuando se comercializa una herramienta es evidente que debe de existir una compensación económica y en los casos aquí estudiados, a excepción de Google Magenta, todos pretenden un flujo de trabajo más productivo, rápido y sencillo, favoreciendo las necesidades de la industria musical, que se traducen en ingresos.

Acabamos de resumir los precedentes a nivel conceptual e intencional, respondiendo a las inquietudes sobre cómo estas herramientas han llegado a desarrollarse con estos propósitos y funciones. A nivel de diseño, observamos grandes diferencias con las posibilidades que ofrecían las herramientas del pasado. Estas diferencias residen en el gran avance en cuanto a resultados, como hemos

⁴⁷ Mbryonic. 2019. “8 Best Uses of Virtual Reality in Music 2019”. (Web) Disponible en: <https://mbryonic.com/vr-music/> Última consulta: 28/04/2020

podido experimentar en primera persona, y en la accesibilidad y facilidad de su uso. Apenas tenían una buena interfaz gráfica que permitiese al usuario común experimentar con la herramienta.

Si nos detenemos un momento en el estudio del apartado 3. 2. “Últimos avances de la IA en música (2010-2020)”, recordaremos que ARMIN estaba programado para componer sólo música del estilo Trance; MusicProb 1.0 y Music Neural, presentadas en la tesis de Víctor Padilla Martín-Caro, se centraban en la función de la variación de un tema dado, ni siquiera funcionando, en el caso de MusicNeural, en la música tonal; Diatonic composer, en 2013, creaba piezas musicales combinando distintos motivos diatónicos; AUD.js. funcionaba en base a una combinación aleatoria de una serie de valores para los conceptos de estrés y energía; o, por último, DeepBach, de Gaëtan Hadjeres y François Pachet, que componía corales al estilo de J. S. Bach.

Hemos comprobado que tanto AIVA, como OrbComposer, como Amper Score presentan una gran evolución a este respecto, combinando las posibilidades de sus precedentes en un solo formato y teniendo una interfaz gráfica totalmente actualizada que mejora la experiencia del usuario común a todos los niveles, ya que no hemos encontrado ninguna dificultad ni de instalación ni de uso. No ha sido necesario un manual ni un tutorial para aprender el funcionamiento de ninguna de las herramientas. Sin embargo, es necesario señalar que Google Magenta se sitúa más en la línea de sus precedentes históricos debido a su apuesta por la simplicidad en el diseño y la división de funciones (usabilidad), ya que por ejemplo no trata la polifonía o la armonización y tampoco la instrumentación.

Sin duda, las herramientas con las que hemos experimentado suponen un ejemplo de evolución y, a nuestro parecer, resultan un buen compendio de las funciones divididas entre el resto de software precedentes, dando unos resultados muy mejorados.

5.1.2. Respuestas a las preguntas de investigación.

Se presentan a continuación las conclusiones obtenidas sobre las preguntas de investigación formuladas bajo la hipótesis principal tratando de cumplir con los objetivos propuestos. Estas respuestas se derivan de la reflexión sobre las aportaciones teóricas expuestas a lo largo del cuerpo del estudio y la experimentación directa con las herramientas tratadas.

¿Estos sistemas pueden ser considerados como creativos? ¿Qué diferencias existirían entre la creatividad humana y la artificial, si es que existen? ¿Puede un sistema de IA tomar decisiones estéticas? ¿Cualquier persona podría apreciar las supuestas diferencias?

Tras la experimentación con las herramientas ya fuimos anunciando que realmente no podemos calificar las herramientas como creativas, ya que no se ajustan a la definición de creatividad que hemos obtenido tras nuestro estudio sobre este concepto en el apartado 2. 3. Por otro lado, la creatividad artificial debe su existencia a la consideración previa de que un sistema artificial pueda obtener, con cierta autonomía, resultados realistas o similares a los que podría obtener el ser humano en su ejercicio creativo. Cabe discernir entre el deseo de emular el proceso de creación artística humana de manera artificial, como aspiración científica para completar una o varias áreas del conocimiento, y la obtención de resultados que puedan calificarse como creativos sin importar el proceso generador. O lo que es lo mismo, a la hora de cuestionar si un sistema es creativo hay que valorar si la reproducción automática del proceso creativo resulta relevante o si lo decisivo reside en la obtención de unos resultados que demuestren creatividad con una evaluación auditiva positiva sin importancia del cómo se han producido.

Para que un sistema artificial pudiera demostrar creatividad a través del proceso creativo debería alcanzar un grado de autonomía total del cual no se conoce sistema que lo posea. La creatividad, como hemos visto, resulta de, entre otros aspectos, un proceso natural de interacción del ser humano con el medio que lo rodea y de las experiencias y el conocimiento que obtiene de tal interacción. El ser humano expresa a través de la creatividad esos conocimientos y experiencias, aspecto que la IA y estas herramientas no han conseguido todavía, por lo que no

pueden tomar decisiones estéticas.

Además, como hemos visto en el capítulo anterior, algunas de ellas hasta suponen una deficiencia en términos de creatividad, ya que hemos observado que argumentos como: “crea música rápidamente” (AmperScore) o “ahorra tiempo para las fechas de entrega” (OrbComposer), no pueden ser considerados como favorables a la creatividad. Todavía podría considerarse menos favorable a la creatividad tener que dar crédito artístico a la herramienta según el pago que realices, como en el caso que hemos visto con AIVA.

Por lo tanto, corroboramos que las herramientas no son creativas. Quizás, las herramientas puedan llegar a alcanzar una autonomía absoluta después de ser creadas y puedan “inspirarse” en el contexto para generar material musical. En este caso es posible que puedan considerarse como creativas. Según Barreau, fundador de AIVA:

[...] cuando vi la película “Her” pensé que la música personalizada sería el siguiente cambio más importante en cómo consumimos y creamos música [...] Así que estamos trabajando en esto para aquellos casos donde la creatividad humana no interviene. [...] Imaginad si pudiéramos traer de vuelta a la vida a Beethoven. Y que estuviera sentado a vuestro lado, componiendo música para tu personalidad y tu historia de vida. [...] Esta es nuestra visión en AIVA, personalizar música para que cada uno de vosotros y todo individuo en el mundo pueda tener acceso a una banda sonora personalizada en directo, basada en su historia y personalidad. (Barreau 2018, 4’)

Sin embargo, sí cabe apreciar si los resultados artificiales pueden demostrar creatividad. Esto significa que si valoramos los resultados con desconocimiento del ente generador y, por lo tanto, sin respuestas contundentes a los criterios de novedad e influencias (personales, culturales, históricas) sí podríamos llegar a calificarlos como creativos. Recordamos que los criterios de Romero Cardalda para valorar un resultado como creativo son (Romero 2001, 11 – 12):

Un producto debe ser “bueno” desde el punto de vista de una sociedad.

Un producto creativo debe ser un elemento válido dentro de una cultura y estar “construido” con elementos de la misma.

Un producto creativo debe ser original.

Los criterios de calidad, validez y originalidad son tan complejos y polémicos que darían muchas divergencias a la hora de valorar un resultado como creativo o no, por lo que no vemos factible la aplicación de estos criterios. Por otro lado, en la definición de creatividad contemplábamos que esta es una actividad cotidiana y natural en el ser humano, no original necesariamente, pero que produce algo nuevo en base a la combinación de ideas preexistentes e influencias.

Por ejemplo, Sam Estes, fundador de AmperScore, respondía lo siguiente a la pregunta de si la IA puede ser creativa o demuestra creatividad (apartado 7.2):

Los humanos son creativos. Desde la base de entrenamiento de una IA realizamos decisiones creativas, la IA es sólo un reflejo de la creatividad humana. En otras palabras, la IA no es ni creativa ni no creativa, sino más bien la interpretación de los humanos proyectando su propia creatividad en el proceso (ya sea por observación o a través del entrenamiento/creación de la IA).

Naturalmente, la IA es un reflejo de la creatividad humana, ya que su misma base de datos y su propia existencia se debe a esta cualidad. Por lo que a la hora de realizar tal juicio sobre una de las herramientas estudiadas sí se podría hablar de un resultado creativo, puesto que representa elementos creativos tanto en su base de datos como en su propia estructura funcional, que no es más que un espejo de un planteamiento creativo del ser humano, pero no se podría hablar de que la herramienta sea creativa por sí sola.

Por otro lado, Pierre Barreau respondía lo siguiente a la pregunta de si AIVA es creativa:

Sí, totalmente. Aunque se puede debatir, la definición de creatividad que está, en mi opinión, más aceptada universalmente es “el acto de crear algo estéticamente placentero”. IA puede crear arte estéticamente placentero, por lo que demuestra creatividad. Esto se puede demostrar a través de un test de Turing donde la gente no sabe si está consumiendo arte generado por IA.

Aquí naturalmente existen divergencias sobre el concepto de creatividad, y por ello la conclusión es distinta. Sin embargo, estamos de acuerdo en que realizando un test de Turing sobre los resultados sí que pueden llegar a ser calificados como creativos descuidando el plano teórico y basándonos sólo en una valoración auditiva o de recepción, lo que no deja de resultar interesante, ya que aplicar un campo teórico tan vasto y complejo a cada resultado para que pueda ser

valorado como creativo o no, tampoco es factible ni realista.

Concluimos finalmente que aunque las herramientas no son creativas sus resultados podrían llegar a calificarse como creativos, ya que resultan del reflejo de la creatividad humana. Es decir, existe un plano teórico, que es el aquí estudiado, donde comprobamos que efectivamente las herramientas no son creativas y otro plano pragmático donde la evaluación de los resultados con desconocimiento de su proceso creativo determinaría si estos son creativos o no. Este último caso pragmático lo consideramos como un campo a desarrollar en las líneas investigativas futuras.

Lo que resulta claro es que con la evolución tecnológica surgen nuevos paradigmas que provocan replanteamientos en las teorías y conceptos establecidos, por lo que, según los avances en la materia, las conclusiones siempre continúan abiertas a modificaciones según la dirección que tomen dichos avances.

¿Se requieren conocimientos de programación para componer? ¿Se puede componer música sin saber música?

Como se ha estudiado a lo largo de la tesis, una de las finalidades de la programación en estas herramientas sería la de trabajar una accesibilidad universal reduciendo las interacciones a clics de ratón. De otra manera, no se justificaría el argumento de acercar la composición a cualquier usuario para disfrutar de la experiencia creando música. Resultaría ciertamente incoherente que poseer conocimientos del lenguaje de programación fuese un requisito para componer, aunque muchas funciones asociadas a la composición digital sí lo requieren (Pure Data, p. ej.). Debe comprenderse que considerar como incoherente el requerir conocimientos de programación para componer música no supone negar los beneficios que pudiera aportar dicho conocimiento.

Por otro lado, centrando el debate en el usuario común, los conocimientos musicales tampoco deberían resultar un requisito para usar estas herramientas si se considera el mismo argumento de la accesibilidad universal. Sam Estes, respondía lo siguiente a si el compositor actual debe además ser programador:

No estaría de más: la mayoría de los compositores de medios modernos (no los compositores tradicionales de lápiz y papel) tienen que conocer algún nivel de programación (programación MIDI, programación de instrumentos musicales, de interfaz, red, etc.): la

tecnología está 100% involucrada en el proceso creativo ahora. El lápiz y el papel no son lamentablemente un medio viable para una composición terminada/entregable/vendible en los medios.

En principio, la respuesta de Estes parece estar demasiado vinculada al uso del lenguaje de programación. Los usos a los que él se refiere son asumidos por la mayoría de los compositores como ayuda al proceso creativo sin verse reemplazada ninguna parte del mismo. Es más, en ciertos casos suponen un esfuerzo mayor y una ampliación de trabajo en comparación al escribir una partitura a mano y grabarla directamente con una orquesta. La edición MIDI y la programación de instrumentos virtuales es más barata pero más costosa en términos de tiempo, habiendo profesiones especializadas únicamente en esta fase de posproducción. Realmente el discurso de Estes está muy polarizado entre dos posturas: usar lápiz y papel o aceptar la tecnología.

De cualquier modo, para el tipo de herramientas que aquí se han estudiado, no es necesario poseer conocimientos de programación. Tampoco es un requisito fundamental poseer conocimientos sobre composición musical, aunque manejar los conceptos del lenguaje musical mejoraría la experiencia en casos como en Google Magenta y en el resto de softwares únicamente para comprender completamente sus etiquetas y funciones. Como muy bien justificaban en las presentaciones publicitarias de los productos, uno de los objetivos es hacer accesible la experimentación musical al público general y democratizar la experiencia compositiva. Para ello, es necesario simplificar al máximo las funciones del programa en todos los sentidos, tanto a nivel de programación como musical.

Sin embargo, ya habíamos afirmado, en concreto con el caso de AmperScore, que en realidad no se le puede denominar como experiencia creativa o expresiva musicalmente al uso de estas herramientas, al menos si no va a haber manipulación en los resultados. Es el programa quien compone, a quien hay que pagarle los derechos de autor (AIVA) y donde el usuario actúa como mero selector de condiciones y combinatorias, por lo que no damos por válido el argumento de universalidad. Aun en el caso de que se usara AIVA para, por ejemplo, obtener un tema o un fragmento y que éste luego fuera desarrollado por el humano, se necesitarían conocimientos para realizar tal tarea.

Como conclusión, se obtiene que el ejercicio de estudio y preparación personal para la tarea compositiva se ve suprimido en los programas testados en esta tesis, ya que se reemplaza por el esfuerzo de un programador en una especie de papel de gurú de la composición para el conjunto de usuarios y, aquellos que no saben componer, no experimentan la tarea compositiva como más accesible ya que, en realidad, no componen.

¿Afectará la IA a la definición de ‘compositor’? ¿Encajan por igual en la definición de compositor aquellos que se sirven de la IA que aquellos que no? ¿qué implicaciones tendría para el arte? ¿Habría que redefinir el concepto de arte acotado sólo al ser humano?

En 2002, Andrew R. Brown presenta en la conferencia “Oportunidades para la composición musical evolutiva” los efectos de la composición evolutiva, entendida aquí como “música que cambia en el tiempo en respuesta a variaciones externas como la interacción con un usuario o intérprete” (Brown 2002, 27), y describe un cambio de perspectiva en cuanto a las técnicas compositivas más tradicionales. Por ejemplo, “en los sistemas de música evolutivos, los resultados estructurales emergen de un proceso interactivo en tiempo real, en vez de estar específicamente diseñados de principio a fin” (Brown 2002, 27). En este marco, el cambio de perspectiva incluye la necesidad de definir las nuevas nuevas teorías compositivas que impliquen a los sistemas evolutivos:

En tales sistemas, la estructura musical se vuelve indeterminable y el uso de paradigmas compositivos estructurales es ineficaz. El desarrollo de un nuevo tipo de técnicas de composición algorítmica ayudará a la creación musical con medios digitales no lineales y se añadirá a las formas y procesos tradicionales que asumen una narrativa musical lineal y predefinida. (Brown 2002, 27-28)

Teniendo en cuenta el contexto, menciona las causas de la aparición de este tipo de sistemas, siendo un “campo que se desarrolla a raíz de la creciente expansión de los medios interactivos que recientemente ha visto al mercado de los videojuegos superar las ventas brutas de la industria cinematográfica” (Brown 2002, 28). Nosotros creemos que si el compositor humano no puede suplir todas las necesidades de una realidad virtual que interacciona en tiempo real con el usuario, la tecnología de la IA lo hará en su lugar, porque esta sí que puede hacerlo. No sólo lo haría en las bandas sonoras de videojuegos, sino, por ejemplo en los

fondos musicales de videos de cualquier tipo de contenido, con usos comerciales o no, que necesite una ambientación musical inmediata para subir a la red. Sin embargo, el autor hace referencia a casos de interacción y no de reemplazamiento. De esta manera, entendemos que esta forma de composición interactiva es sinónima de la improvisación, donde realmente la estructura o los paradigmas compositivos que el autor mencionaba anteriormente no resultan un problema o una necesidad a suplir con una teorización que no se haya producido ya.

El autor también referencia otra de las posibles consecuencias que es una redefinición del rol del compositor, aunque no aporta opción alguna a este respecto. Los sistemas evolutivos, expone, ayudan al compositor con una paleta de posibilidades creativas que le permitan afrontar los requisitos “de la expansión de los medios no lineales que seguramente caracterizarán la primera parte de este siglo” y que transformará los procesos compositivos a un nivel comparable “al advenimiento de la grabación de audio que permitió que la música se mantuviera indefinidamente estática” (Brown 2002, 30). Con estas palabras Brown demanda una forma de sistematización de métodos de uso de la IA como un recurso de nuevas ordenaciones del material sonoro en una jerarquía distinta a nuestros precedentes, la no lineal. Con esto, se refiere a la simultaneidad de procesos en la que la IA trabaja a otro nivel jerárquico, paralelo y en vivo, es decir, no linealmente como en la composición que manejamos hasta ahora. Habría, por tanto, que teorizar las técnicas compositivas que hablen de la interacción artificial en vivo y la falta de predicción de resultados.

Nuestro estudio sobre los procesos que forman parte de la composición, tales como la técnica, las propias herramientas, los usos de la obra, etc., demuestran nuestro interés por lo que hemos percibido como un cambio, provocado por la inmersión de la tecnología en prácticamente todos los ámbitos profesionales de esta sociedad. Esta inmersión provoca una redefinición de la misma idea de “compositor” en el caso de la música, donde puedan entrar este tipo de herramientas.

La profesión del compositor, así como cualquier otra, siempre ha sufrido cambios a lo largo de la historia en cuanto a su consideración social, servicios y funciones. Con el devenir tecnológico estos cambios han provocado redefiniciones en las funciones laborales, así como han adaptado el proceso compositivo a las necesidades de la industria.

Por ejemplo, el surgimiento de la imprenta provocó cambios en la notación musical, permitió una mejor divulgación y conservación de las piezas, así como una mercantilización de las mismas. Los sistemas de grabación modificaron los espacios de disfrute de la música y permitieron conservar interpretaciones históricas que crearon nuevas posibilidades de estudio musicológico. La edición digital del audio abrió un sinfín de posibilidades musicales y de nuevas profesiones dentro de la industria musical. El compositor se adapta a todos estos cambios y acaba por ejercer distintos papeles según trabaje en el mundo audiovisual, como productor/compositor de hits musicales o por encargo para una orquesta sinfónica. Sus procesos compositivos requieren distintas herramientas y se estructuran en espacios diferentes con funciones y públicos variados.

En la actualidad, estos paradigmas están naturalmente asimilados y estudiados. No obstante, con la reciente llegada de la IA al mundo musical quedan por conocer los ámbitos profesionales que se verán modificados y con qué intensidad se introducirá en sus procesos creativos. En este trabajo no se puede dar respuesta a estas inquietudes si no es con cierto ejercicio de predicción.

Según lo que hemos averiguado en esta investigación, es posible que la IA pueda realizar una inmersión importante en el mundo audiovisual, especialmente en el ámbito de videojuegos, bandas sonoras (singularmente en videos comerciales) y música personalizada, aunque ya se ha visto su aplicación en la producción de álbumes pop (Taryn Southern) y experimentales (Björk), entre otros ejemplos.

Sin embargo, lo que más afectaría a la concepción actual del compositor es la posibilidad de que un programa pueda hacer música. Denominar a un sistema artificial como compositor supone considerarlo como artista y, por lo tanto, como creador de arte. Se está dando una redefinición de conceptos que ya nada tienen que ver con valorarlos como habilidades únicas del ser humano. Aunque se insista

sobre la idea de que resulta un mero reflejo creativo del programador del software, la actividad en sí está desdoblada del sujeto por automatismo. El producto musical es creado enteramente por un sistema.

Evidentemente, la IA afecta a la definición de compositor. Tendría que hablarse de compositor artificial o automático, de compositor tradicional y de compositor simbiótico. La IA es una manifestación de una actividad humana, que además reproduce una actividad compositiva y que plasma lo imaginado por el ser humano con recursos sonoros a través del lenguaje de programación. No obstante, de momento no interpreta la realidad y no compone con un fin. Esa función la completa el usuario a través de sus elecciones y selecciones en la herramienta. Es un proceso artístico en conjunción en el que la herramienta materializa musicalmente unas elecciones y da la posibilidad de que cualquiera, por lo tanto, pueda actuar como artista sin serlo. Todo esto ya supone un gran cambio y una redefinición de los conceptos mencionados.

Sam Estes reflexiona de la siguiente manera:

La música, o cualquier forma de arte, es la comunicación percibida entre el creador y el observador. La idea de lo que es "arte" ha sido debatida y filosofada durante la mayor parte de nuestra existencia como raza humana. Si miras o escuchas una pieza de "arte" creada solamente por una IA, todavía hay algo que instigaba el "arte", incluso la programación básica, que es arte en sí misma, ¿verdad? Podría reflexionar sobre lo que realmente constituye arte, pero creo que es más lo que nosotros como humanos obtenemos de él; son nuestras respuestas al arte como consumidores las que son importantes (especialmente si hablamos de música en los medios; es un producto para empezar, diseñado para ser consumido).

Se podría concluir, por tanto, que lo que se obtiene de la interacción con la IA es un producto artístico y nuestras reacciones a ese producto forman parte de una experiencia artística, como receptores. Por lo tanto, el usuario no participa directamente como creador del material, al menos no de la misma manera que el compositor que organiza cada elemento sonoro y le da su propia forma a una pieza saltándose los parámetros preestablecidos de las etiquetas del software. El automatismo presente en estas herramientas absorbe parte de esa experiencia artística del usuario en lo que se refiere a la producción del material original. Se le resta importancia a la consideración y al valor de la creación en sí misma y se

centra el interés en la experiencia del usuario, en la recepción.

¿Cómo afecta la IA al proceso compositivo? ¿qué partes concretas del proceso compositivo se ven alteradas y por qué? ¿cuáles son las ventajas y los inconvenientes de la introducción de la IA en la composición musical?

Tal y como se ha comprobado durante el transcurso de la experimentación, el proceso compositivo con la presencia de las herramientas estudiadas difiere notablemente con el cómo resulta en su ausencia. Ciertamente es que los grados de intromisión técnica varían enormemente según la relegación de poder presencial a dichos sistemas. La finalidad de usar estas herramientas es la que provoca estas diferencias en el proceso compositivo. Por otro lado, parece más comprensible servirse de ella cuando hay una imposibilidad natural de obtener ideas o, por ejemplo, cuando los costes económicos y temporales compensan la inversión en estos programas.

Antes de ver cómo afectan estas herramientas al proceso compositivo en detalle, conviene recordar cómo los teóricos estudiados lo estructuraban en distintas partes. Dahlstedt (Dahlstedt 2012b, 4) lo reducía a dos procesos cíclicos: la implementación, que lleva la representación conceptual (una descripción del resultado deseado) a la representación material, a través de herramientas y acciones, y la reconceptualización, que supone una descripción que coincida con la representación material. Es, por tanto, en el momento de la implementación cuando se llevan a cabo las acciones compositivas y la toma de decisiones estéticas a través de las herramientas y técnicas escogidas. Posteriormente, durante la fase de reconceptualización, se produce una nueva interacción del material con la representación conceptual inicial, la cual puede sufrir modificaciones y desembocar en otro ciclo interactivo hasta que la representación material concuerde con la conceptual en su resultado definitivo.

Otro esquema más completo del proceso compositivo era el representado por Alvaro *et al* (Alvaro, Miranda y Barros 2005, 2). Entre el ciclo de la concepción del material y el resultado final, se sitúan aquellos aspectos relativos a la creatividad natural, como la intención, la emoción, el conocimiento y la inspiración.

Ahora bien, este proceso se vería afectado por la participación del software estudiado, de modo que, siguiendo el esquema de Alvaro *et al*, las fases de

concepción (intención y emoción) y abstracción (el conocimiento y la inspiración) se verían suprimidas en todos los tipos de herramientas. Esto sucedería al menos en un primer momento de generación del material. A partir de ahí, según se decida modificar los resultados iniciales o no y, por lo tanto, aplicar o no más vueltas en el proceso de análisis y síntesis, podrían aplicarse más acciones de carácter más natural por la intervención directa del usuario.

Es decir, existiría el proceso compositivo totalmente artificial en donde el usuario únicamente participaría en el proceso de concepción (intención) al introducir los parámetros de la composición (que no sería ni necesario si se escoge el modo automático, p. ej., en AIVA), actuando como activador del proceso y en el de análisis, para valorar los resultados. O, por otro lado, existiría el proceso compositivo simbiótico entre usuario e IA, en donde se añadiría una segunda vuelta al proceso que se entendería como únicamente artificial para que el usuario pudiese actuar en la fase de corrección y modificar el material hasta la consecución del resultado deseado. Es precisamente esta fase de corrección la que diferencia el proceso compositivo artificial del simbiótico.

Los usuarios que actúen como meros activadores del proceso, como por ejemplo aquellos que se vean en la situación de tener que generar un material compositivo careciendo de conocimientos musicales, sacarán a relucir la presencia de la herramienta (o del desarrollador o desarrolladores de la misma), cuyos algoritmos la definen como compositora del material. Por último, en el proceso simbiótico se produce una colaboración entre usuario y herramienta donde ambos actúan como compositores y en donde el resultado puede ser más o menos natural según las correcciones realizadas sobre el mismo. Claramente, en el primer caso, la composición sería un proceso totalmente mecanizado. Sin embargo, cabe considerar que pueda darse el momento en el que ninguno de esos casos sea discernible durante la escucha. Al oyente no se le exige conocer qué tipo de proceso se lleva a cabo durante la composición. Recordamos que estos tipos de uso de las herramientas los abordamos en el apartado 2. 4. con la aportación de P. Dahlstedt (como herramienta, parte de un sistema o como agente autónomo, Dahlstedt 2021, 877):

En 1981, Lejaren Hiller comentaba lo siguiente (Hiller 1921, 7):

Escribir algoritmos compositivos me obliga a analizar el proceso compositivo. Tengo que ser consciente de cómo la lógica compositiva funciona realmente y de cómo se organizan las prioridades en la composición. Trabajando con ordenadores, me vienen ideas musicales que probablemente de otra manera no habría imaginado.

Nítidamente, se extrae de las palabras de Hiller que existen usos computacionales aplicados a la música que resultan efectivos, beneficiosos, en términos de creatividad, especialmente si sirven para generar ideas, como es el caso al que se refiere, o para despertar la consciencia de las acciones que se ven implicadas durante el proceso. Hiller destaca estas ventajas en las que el ordenador puede inducir el surgimiento de nuevas ideas, entendiéndolo como una herramienta estimulante que ofrece otros enfoques del proceso compositivo de los que el compositor puede servirse también para expandir la imaginación y experimentar con las posibilidades ofrecidas por el mismo. Pero es cierto que se refiere, en este texto en concreto, al proceso de escribir los algoritmos como el lenguaje paralelo que le obliga a reflexionar y a desentrañar los pasos que conforman la composición, en una traducción de elementos que desemboca en un ejercicio de estudio del que se obtiene un mayor conocimiento y consciencia del propio proceso en sí. Así, habría que diferenciar entre el rendimiento obtenido durante el proceso de desarrollo de la herramienta para conseguir unos resultados deseados y el uso de la misma, donde el usuario no interacciona con estas estructuras, tal y como hemos comprobado en el apartado de experimentación de esta tesis.

Por otro lado, Sam Estes respondía a estas preguntas de investigación (¿cómo afecta la IA al proceso compositivo?, ¿está la IA haciendo de la música un proceso mecánico?) lo siguiente:

Esperemos que sea una fuente de inspiración (al igual que escuchar música de otra persona), pero de esta manera, en lugar de tener un papel en blanco, tienes una bola de arcilla semiformada con la que probar que tú, como persona creativa, puedes formar de la manera que quieras.

Al no dar respuesta a la totalidad de las preguntas, se posiciona únicamente en el aspecto positivo del uso de la IA durante el proceso compositivo. Para él, parece que la IA incide especialmente en la inspiración atajando el camino de la concepción a la implementación. A priori parece un tanto extraño que un sistema artificial asista especialmente en el proceso de inspiración. Ahora bien, desmitificando la inspiración, el concepto se reduce a una obtención de ideas, en este caso musicales, que el humano genera para sí con un sentido simbólico y expresivo. En la IA, este sentido simbólico y expresivo, o la intencionalidad, es inexistente.

Realmente esto sucede de manera similar en el proceso comunicativo artístico tradicional. El receptor en muchas ocasiones no puede conocer con seguridad el sentido inspirador, expresivo y simbólico de la obra, puede percibir ciertas intencionalidades pero nunca con total certeza. Es decir, realmente tomar la inspiración como un concepto relevante y decisivo para discernir lo humano de lo artificial no resultaría determinante a efectos de resultados, al menos no en términos de recepción.

Uno de los estudios futuros a considerar sería precisamente el plano de la recepción de la obra generada por IA o, de otra manera, la posición social que alcanzaría la herramienta y los efectos de su existencia en las redes sociales. Es preciso matizar que estas valoraciones no son ciencia ficción. Se ha comprobado que herramientas como AIVA, que poseen canal de YouTube o SoundCloud, han dado lugar a una forma de interacción y experimentación compartida en las redes, como sucede en su foro de la página web oficial, en donde se intercambian resultados, se valoran y se comentan. Cabe añadir que AIVA tiene 19500 seguidores en YouTube y 2413 en SoundCloud, con cientos de miles de reproducciones.⁴⁸

La composición con materiales en y para la nube y la creación colectiva en colaboración con herramientas artificiales son los nuevos paradigmas del proceso compositivo. Son los nuevos espacios de la creación y del disfrute musical. Por otro lado, esto no implicaría la eliminación de los precedentes como consecuencia, pero sí que afecta notablemente a los usos y consumos de la música, como ya viene

⁴⁸ Datos a día 29 de septiembre de 2021

sucedido desde los comienzos de la computación, siendo un paso más en el devenir histórico – musical.

Para explicar un posible inconveniente de la IA en el proceso compositivo podemos servirnos como ejemplo de la influencia de los diferentes niveles de posproducción en ciertos estilos musicales. Hoy en día no resulta complicado tener la oportunidad de participar en la grabación de un álbum teniendo unas mínimas cualidades y habilidades, por ejemplo, como vocalista. Las técnicas de producción han avanzado a tal nivel que la corrección de defectos como la desafinación (también en directo), entre otras muchas posibilidades, permite obtener resultados a posteriori que distan mucho de la realidad no digital. Esto resulta una buena evidencia del cambio en el proceso creativo tradicional: se resta el estudio, la práctica y el talento del intérprete que se traslada al estudio, la práctica y el talento del ingeniero de sonido.

Ahora bien, uno puede apoyarse en estas herramientas de producción para adoptar una técnica de estilo (voluntariamente o por imposición de mercado) o recurrir a ellas por dependencia tecnológica para camuflar defectos en la interpretación musical. No parece haber problema en estas posturas, al menos que esta dependencia tecnológica se considere una estafa al consumidor por camuflar la autenticidad del resultado ofrecido, quedando a criterio del mismo la valoración del producto en términos de calidad. En todo caso las herramientas tecnológicas acaban por incorporarse al proceso creativo dando lugar, consecuentemente, a unos efectos que cristalizan en el resultado estilístico final y que pueden formalizar un movimiento.

Trasladando esto a la composición, las herramientas de la IA que componen automáticamente pueden camuflar parte de la identidad del compositor al restarle actividad en el proceso creativo, al igual que sucede durante la posproducción de las voces, donde la herramienta adquiere presencia y protagonismo sobre el intérprete. Un ejemplo muy claro de esta situación es el uso del AutoTune, empleado de forma voluntariamente exagerada como componente de estilo y no sólo como corrector de desafinación.

¿Puede la IA competir con la calidad compositiva de un ser humano?

Tan sólo hace unos años la respuesta a esta pregunta presentaba una clara rotundidad en su tendencia negativa, ya que los resultados musicales artificiales distaban mucho de poseer la naturalidad y el sentido musical suficiente a oídos de cualquier público (entendido en música o no), siendo necesaria una única escucha para percibir su origen artificial. No obstante, tras la experimentación con AmperScore, AIVA, OrbComposer y Google Magenta, observamos que estos programas han evolucionado con respecto a los precedentes y vemos necesario el estudiar si estas composiciones podrían ser reconocidas como artificiales o no sólo a través de la escucha. Creemos que, como investigación futura, sería necesario comprobar estas posibilidades con un test de Turing. Esto, por tanto, conlleva a plantear la pregunta que encabeza este apartado, así como todas las que se derivaron de la hipótesis a la hora de iniciar esta investigación.

Matthew Elton comentaba ya en 1995: “está claro que la nueva tecnología puede actuar como ayuda a la creatividad generando nuevas herramientas, pero hay una cuestión añadida que es si existe la posibilidad de que las máquinas compitan con la labor creativa humana” (Elton 1995). Parece que durante ese periodo, en el cual la IA se encontraba todavía en una etapa madurativa en el ámbito de la composición, quedan asimiladas las ventajas de la IA como asistente creativo, pero la duda sobre la posibilidad de traspasar esos límites del servicio al reemplazamiento de funciones todavía no queda resuelta. En la actualidad ya se ha comentado en qué aspectos habría riesgo de reemplazamiento de funciones: música adaptada y música personalizada. No existiría sólo riesgo, sino la probabilidad de que suceda, al cubrir una serie de incapacidades del ser humano para establecer competencia en las mismas circunstancias. Habría también que corroborar de la misma manera que hemos expuesto en el párrafo anterior si lo hace en términos de calidad.

Esta inquietud sobre las posibilidades de que la máquina reemplace al ser humano no resulta nada novedosa, ni tampoco es objetivo principal de este trabajo especular a este respecto. En cambio, tomando como referencia otras situaciones en los precedentes históricos, y tratando de dar respuesta a dicha pregunta, es inevitable considerar la posibilidad de que sí se dé cierto tipo de reemplazamiento

funcional en algunos casos. Si efectivamente la IA puede competir en términos de calidad compositiva con el ser humano, como ya se ha dicho, haciendo complicada la diferenciación entre música humana o artificial, es acertado pensar que puede reemplazar a humanos, especialmente en esos casos donde además la IA sobrepasa la capacidad humana.

Aún contando con los resultados mejorados de la IA y viendo cada vez más clara la situación, el debate sigue presente y la preocupación de observar cómo la IA va tomando ventaja en todos los sentidos sobre el ser humano no remite. Hemos visto cómo los propios desarrolladores de las herramientas evitan contribuir a la creencia inevitable del reemplazamiento de funciones. Tienden, quizás por estrategia comercial o por propio convencimiento, a defender la colaboración entre humano y máquina. Es evidente que aunque la intencionalidad sea la colaboración, en términos de productividad, la eficiencia y el ahorro de costes en el ámbito industrial, prevalece.

Drew Silverstein (cofundador de AmperScore) comentaba lo siguiente a este respecto:

Creo que la colaboración entre humanos e IA para hacer música es una evolución natural. En 100 años echaremos la vista atrás y diremos, “por supuesto, es sólo como descubrir la electricidad”, o cualquier cosa que hoy se da por sentado. Como especie humana siempre valoraremos la música creada por humanos, es parte de lo que nos hace ser quienes somos. Pero desde una capacidad tecnológica, Amper ciertamente podrá componer al mismo nivel. La gente tiende a ser escéptica porque están asustados y hay un miedo general a que esto vaya a echar a la gente de sus trabajos. Pero nuestra perspectiva es que esta es una herramienta para ayudar a mejorar las vidas de los creativos, ya sean músicos o no. Es un compañero colaborador; una tecnología para mejorar, no para desplazar. (Griffiths 2017)

No habría nada discutible en las palabras de Silverstein. Es cierto que la colaboración entre humanos e IA resulta una evolución natural. Cabe matizar que esta evolución se produce dentro de un contexto de necesidad, como ya confirmaba Sam Estes anteriormente (p. 285). Un contexto que, en esa evolución, adquiere las características de una industria exigente en términos de producción y capital, creando la necesidad de desarrollo tecnológico para que el humano pueda integrarse o adaptarse a un torrente de mercado capitalista cada vez más fuerte cuyo rumbo genera todas las incertidumbres y polémicas asociadas.

Sam Estes, compañero de Silverstein, respondía lo siguiente a la cuestión principal:

Sí, en algunos casos puede. Depende de donde esté el umbral de calidad utilizable lista para el mercado “aceptable”. ¿Es este un simple video donde la música es 100% funcional? ¿O es un épico cinematográfico de gran éxito? La música hecha por IA ya puede competir al 100% con la música funcional, como música, pero ¿compite con los compositores y sus puestos de trabajo? Mi argumento es que todavía se necesita un humano para instigar la generación del arte de alguna manera, ya sea seleccionando algo generado, generando algo a través del amoldamiento o edición de algo existente o empezando desde una página en blanco y comenzando desde cero.

Es cierto que existe un umbral de calidad a día de hoy que la IA no logra, pero tal umbral también son las limitaciones de cada ser humano en la calidad propia alcanzable. No todos los compositores son Wagner, Stravinsky o Chopin, así que puede decirse que la IA compite con la calidad compositiva en términos generales y funcionales pero no, todavía, con las mejores muestras de genialidad del ser humano. Por otro lado, dentro de ese funcionalismo, la consideración de lo aceptable y presentable para el mercado tiene un límite indefinido, así como el mismo concepto de “calidad”, que resulta muy debatible. Al final son los usos y aplicaciones de las herramientas los que demuestran y delimitan ese umbral. Si las empresas compran la herramienta y la usan para musicalizar sus productos en vez de contratar al compositor humano, el funcionalismo se cumple y el reemplazamiento también.

Existe la posibilidad de que la industria se encuentre en posiciones de determinación extremista y tengan que valorar si se prefiere un nivel de calidad artística mayor del producto o una funcionalidad suficiente para el objetivo marcado. No obstante, la propia existencia de las herramientas inclina la balanza hacia la segunda opción. La confirmación decisiva vendrá con los estudios de mercado venideros sobre el éxito de las herramientas y las posibles investigaciones que den continuación a esta tesis. Estos ya existen y ya proporcionan datos claros, como se verá a continuación; sin embargo, se cree necesaria cierta perpetuidad temporal para establecer un carácter decisivo.

En 2016 la Industria Fonográfica Británica (BPI, British Phonographic Industry) elaboraba un informe sobre el impacto de la IA en la música, y en él encontramos datos de gran interés de los cuales pueden destacarse, por ejemplo, los siguientes (Record of the day 2016):

- Geoff Taylor, Director Ejecutivo de BPI & BRIT Awards, comenta: "[...] La IA está permitiendo la creación de listas de reproducción hiperpersonalizadas usando datos contextuales y análisis profundos de la relación entre las canciones, mientras que los artistas y los sellos discográficos ahora usan chatbots para involucrar a los fans en las campañas".
- A medida que crecen los servicios de streaming, estamos entrando en un mundo de hiperpersonalización, en el que los consumidores esperan servicios adaptados a sus propios gustos y preferencias. El poder de "big data" puede ser usado para comprender mejor los comportamientos humanos y proporcionar una experiencia más individualizada.
- Spotify, Apple Music y Deezer usan IA para analizar el comportamiento de los usuarios y comprender la relación entre las canciones y así mezclar nuevas pistas relevantes entre las favoritas del usuario.
- Ha surgido una nueva variedad de tecnología de IA que puede tener en cuenta los datos contextuales: Google Play ahora combina señales como la ubicación y el clima con el aprendizaje automático sobre la escucha musical de un usuario para ofrecer la canción correcta en el momento correcto.

Los datos parecen apuntar a que no sólo la IA tendrá un lugar definitivo en la industria musical, y por tanto también las herramientas estudiadas, sino que hace sólo unos pocos años se estaba asegurando toda la casuística para que el torrente artificial siga en continuo avance hacia, en este caso, la música personalizada, como se ha confirmado finalmente con la aparición de LifeScore en 2020.

Otra muestra ejemplar de la situación sucedió cuando Pierre Barreau (AIVA), en 2018, proponía el siguiente desafío: "Escuchen estas dos melodías y adivinen cuál fue creada por un algoritmo y cuál por un humano" (Jaimovich 2018). Aunque él ya conocía cuál sería la respuesta, ya que en una entrevista realizada al equipo de AIVA durante el año anterior se publicaba lo siguiente:

¿Será la música compuesta por IA indistinguible del trabajo de los músicos humanos? Bueno, según el equipo, ya se han llevado a cabo varios Test de Turing pidiendo a profesionales que escucharan las piezas de AIVA y ninguno de ellos fue capaz de decir que fueron compuestas por una IA. (Kalegasi 2017)

Por tanto, hoy en día, la IA podría competir en términos de calidad con algunos de los resultados musicales humanos, aunque todavía no lo hace con las muestras de la mayor genialidad compositiva.

¿Con qué intención crean las empresas software inteligente?

Esta pregunta ha sido ampliamente discutida en el apartado anterior, por lo que resumimos esquemáticamente aquí las distintas respuestas que hemos encontrado. Las empresas crean software inteligente con las siguientes intenciones:

- Permitir “a los estudios de videojuegos contar con música original para sus juegos, mientras se minimiza el tiempo, la memoria o el coste financiero de requerir a compositores humanos.” (Engels *et al.* 2015, 221)
- “Componer música personalizada en cuestión de segundos, recuperando el tiempo perdido en buscar música de stock”. (AmperScore™ 2019)
- Ahorrar tiempo para las fechas de entrega. (Hexachords 2019).
- Crear borradores basados en ideas del usuario.
- “Ayudar a la inspiración y crear ideas y canciones más rápido” “ya que reduce el tiempo para experimentar con nuevas ideas y así apurar en el proceso compositivo”. (Hexachords 2019).
- Reemplazar el flujo de trabajo, permitiendo que un asistente artificial haga la carga pesada requerida para ciertas tareas que normalmente tenemos que hacer como compositores (desde maquetas de MIDI, ajustes de sincronización, etc.), permitiendo al humano realizar todas las decisiones creativas. (Sam Estes)
- Mejorar el proceso creativo (Sam Estes) expandiendo la capacidad del ser humano (Google Magenta).
- Ayudar a aficionados, profesionales o aspirantes a compositores a crear mejor música dándoles un sinfín de ideas. (Pierre Barreau)
- Servir en nuevos casos donde los métodos tradicionales de composición no pueden funcionar, tales como (Pierre Barreau):

- Creando infinitas bandas sonoras personalizadas para videojuegos.
- Creando bandas sonoras personalizadas para personas que evolucionan a lo largo de tu día, basadas en las diferentes actividades de las que tomas parte.
- Experimentar con la instrumentación. (Sam Estes)

Por otro lado, pensamos que algunas de estas intenciones y otras finalidades anunciadas no se ven satisfechas durante el uso de los software. Las empresas anuncian unas herramientas creativas, aunque ya hemos visto que realmente no lo son. Por otro lado, sobre las intenciones manifiestas, no consideramos que los borradores que puedan proporcionar se basen en ideas del usuario, sino en meras elecciones de parámetros. Entendemos que para cumplir esa intencionalidad el programa debiera desarrollar un tema musical propuesto por el usuario, posibilidad que no ofrecen o, si lo hacen (AIVA), no funciona correctamente.

Sobre el proceso creativo, ya hemos expuesto que no consideramos una mejora el hecho de reemplazar las partes de concepción musical con la intención de ahorrar tiempo. Puede ser una mejora productiva, pero no encontramos justificación a que lo sea desde el punto de vista creativo, donde el tiempo no es un parámetro a valorar.

Tampoco consideramos como un logro de estas herramientas la posibilidad de experimentar con la instrumentación, ya que no podemos considerar una experimentación instrumental el manejar distintos sonidos sintetizados a través de un ordenador, sino más bien una experimentación tímbrica.

Por último, tampoco creemos que estas herramientas ayuden a aficionados, profesionales o aspirantes a compositores a crear mejor música dándoles un sinfín de ideas. El concepto de "mejor música" encierra una problemática al ser una valoración sujeta a la subjetividad y, por otro lado, dar "un sinfín de ideas" no contribuye necesariamente al proceso de creación musical.

Cabe destacar que hablamos de las intenciones manifestadas por los autores, lo que significa que puede existir otra realidad intencional que desconozcamos. Además, que las intenciones sean las recogidas en la lista anterior no significa que realmente sean usadas con esa finalidad. Lo que sí manifiesta esta lista es una justificación al porqué y para qué existen programas de composición automática.

CAPÍTULO 5:
CONCLUSIONES

Este trabajo ha servido para la consecución de un objetivo principal muy definido, que era el de experimentar y conocer cómo la IA está afectando al proceso compositivo a través de las herramientas actuales más importantes. Para ello, nos propusimos tanto experimentar directamente con las herramientas, como investigar la realidad contextual de las mismas para justificar el porqué y para qué existen.

Tras el desarrollo de la investigación, hemos concluido que, en primer lugar, no podemos calificar a estas herramientas como creativas. En el estado de la cuestión valoramos los distintos aportes teóricos al concepto de creatividad, llegando a proponer nuestra propia definición como resultado de la síntesis de esos aportes. Tras la experimentación, comprobamos que, efectivamente, usar estas herramientas automáticas con el fin de obtener resultados musicales listos para ser usados no se puede definir como un proceso creativo, ya que en ningún momento interaccionan con el medio ni expresan experiencias personales, así como tampoco el sistema alcanza un grado de autonomía total, necesitando del humano para activar el proceso.

El ser humano expresa a través de la creatividad conocimientos y experiencias personales, aspectos que la IA no ha conseguido todavía. Sin embargo, sí creemos que los resultados pueden llegar a ser valorados como creativos, ya que son reflejo de la creatividad humana. Recordamos que existe una diferencia entre describir un resultado como creativo y definir un proceso como creativo, puesto que podemos evaluar unos resultados de manera independiente a su proceso generador, más aún cuando ésta puede ser una información de la que no dispongamos. En esta situación, similar a una prueba tipo test de Turing, no encontramos justificación ni practicidad al tener que aplicar un examen a cada resultado musical para poder determinar, a través de su proceso generador, si es creativo o no.

Estamos, por tanto, ante un problema que crea un nuevo paradigma artístico. Esto ha sido lo que, de la misma manera, nos ha llevado a considerar una redefinición del concepto de compositor. Consideramos que, en algunos casos, tras experimentar con las herramientas, obtuvimos unos resultados equiparables a una producción humana, argumento que se ve avalado, en el caso de AIVA, con los test

de Turing realizados por los diseñadores. Sin embargo, no podríamos diferenciar con seguridad si la composición es artificial o no, desconociendo el proceso de obtención.

Aun así, en este marco, llegamos a la conclusión de que podemos diferenciar entre tres tipos de compositor: tradicional, artificial y simbiótico. Según los grados de intromisión de la herramienta, entendida como la responsable de los procesos automatizados, en el proceso compositivo estaremos ante alguno de estos tres casos:

El compositor tradicional, el cual no utiliza herramientas de inteligencia artificial. Esto no quiere decir que no pueda servirse de la tecnología, pero no usa herramientas que le proporcionen borradores ni muestras generadas automáticamente. Elabora él mismo sus propios materiales en todas las fases del proceso creativo.

Compositor artificial sería la denominación de la herramienta que se ve activada por un usuario que no compone y cuyo papel se relega a automatizar los procesos compositivos por completo, pudiendo también seleccionar etiquetas de estilo u otros parámetros previos que no implican una acción directa sobre la manipulación del sonido. El resultado final permanece fundamentalmente inalterado o sufre modificaciones que no se adentran en el plano compositivo (edición de audio, por ejemplo).

Por último, el compositor simbiótico, es el que fusiona, en algún momento de su proceso creativo, los resultados de las herramientas automáticas con los creados por él mismo, integrándolos, modificándolos o usándolos como borradores iniciales.

Esta clasificación del compositor coincide con los diferentes usos del ente artificial que habíamos estudiado en las aportaciones de P. Dahlstedt (Dahlstedt 2021, 877):

- Como herramienta: Puede ser usada como una sistema de caja negra operado por un artista humano, para generar un lote de resultados que pueden ser usados de distinta manera por el compositor, en distintas fases del proceso creativo, como por ejemplo, un sonido generado para incluirlo en una canción o como material para desarrollarse o editarse manualmente en una composición.

- Como parte de un sistema: puede ser parte de un sistema interactivo que consista en tanto agentes humanos como maquinarios, el cual se usa para crear arte y música.
- Como un agente autónomo: puede formar un sistema autónomo que crea arte sin ninguna interacción con agentes humanos.

Para nosotros, los dos primeros puntos convergen en el mismo caso.

Según esta clasificación, el proceso creativo que incluye presencia artificial se ve afectado de dos maneras: en el caso de ser totalmente artificial, donde el usuario no compone y únicamente participaría como activador del proceso, se suprimen las fases de concepción (intención y emoción) y abstracción (el conocimiento y la inspiración); en el caso de ser simbiótica, se añadiría a lo anterior una fase de corrección y de modificación o reconceptualización del material, donde se da una nueva interacción del material con la representación conceptual inicial, pudiendo interactuar de esta manera cíclicamente hasta la consecución del resultado deseado.

Por otro lado, hemos concluido también que no se requieren conocimientos musicales ni de programación para utilizar estos programas. Hemos criticado el argumento de universalización de la composición musical, como intención de las compañías para acercar la música a cualquier usuario. Con este argumento, sería incoherente que el usuario requiriese conocimientos de una materia u otra. Además, hemos concluido lógicamente a este respecto que cuanto menos conocimiento musical se posea más dependencia de la herramienta artificial existirá. Esto creaba una paradoja argumental con el discurso expuesto por Google Magenta sobre su herramienta, que había sido diseñada para evitar la dependencia del compositor del conocimiento teórico.

Esta paradoja argumental de la dependencia se desarrolla en el sentido de que se anuncia un beneficio, aportado por la herramienta, para evitar que el usuario necesite o dependa del conocimiento musical. Resulta un aspecto criticable el que esto se considere un beneficio en sí mismo, ya que la alternativa es solventarlo con otra dependencia, que sería el uso de la propia herramienta. Por lo tanto concluimos que, sea cual sea el caso, se sustituye una dependencia por otra, siendo este un aspecto complejamente abordable y extrapolable a otros ámbitos tecnológicos.

Otro aspecto fundamental de nuestra investigación, relacionado directamente con la hipótesis principal, versaba sobre la posible automatización de las funciones profesionales del compositor en la industria musical. Concluimos definitivamente que la IA ofrece una productividad con la que el ser humano no puede competir, y que esto implica una afirmación de tal posibilidad. Esto sucede, sin ninguna duda, en aquellos casos descritos por los investigadores referenciados donde afirman la necesidad de la IA para suplir la incapacidad humana, como es el caso de la música adaptada en tiempo real en los videojuegos o la música personalizada.

Hasta aquí hemos llegado con nuestras conclusiones fundamentadas en la experimentación. Ahora bien, también hemos encontrado algunos problemas y limitaciones durante el transcurso de la investigación. Una de las dificultades encontradas para la realización de esta investigación fue la falta de tiempo por parte de algunos investigadores para poder ser entrevistados y que sus contribuciones fueran incluidas aquí. Hubiera sido realmente enriquecedor poder contrastar las opiniones de los desarrolladores de Orb Composer y del equipo de Google Magenta, pero no ha sido posible.

Por su parte, en varias de las herramientas descritas en el apartado histórico con las que deseamos experimentar sólo se facilitaba el código en plataformas como GitHub, por lo que no hemos podido acceder a ellas. Esto supone una limitación importante para los investigadores de otras áreas distintas a la programación que deseen estudiar este tipo de herramientas y limita las aproximaciones multidisciplinares a este campo.

Líneas de investigación futuras.

En primer lugar, sería necesario investigar la presencia de este tipo de herramientas en los campos profesionales, analizando los usos y destinos de las mismas, así como los beneficios productivos que pueden aportar a las empresas, comprobando si realmente acaban reemplazando totalmente al humano y en qué ámbitos profesionales concretos lo hacen. A nosotros sólo nos consta lo que AIVA denomina como primera banda sonora artificial en el videojuego Battle Royale de

Pixelfield⁴⁹, pero un estudio empírico sobre cómo se están utilizando de forma pragmática estos software nos ofrecería una información muy valiosa para analizar el papel que la IA está realmente teniendo en la composición actual.

En segundo lugar, se abre un gran abanico de posibilidades de investigación en cuanto al crédito de autoría y derechos de autor. Ya hemos visto que AIVA tiene crédito artístico, así que cabría investigar la recaudación de las herramientas a este respecto. Por otro lado, al ser un ente artificial que compone sin limitaciones, sería un problema a considerar la infinita cantidad de muestras por combinatoria que pudiese generar, teniendo que evitar el plagio tanto por parte de la herramienta como por parte del ser humano, que puede llegar a plagiar una muestra artificial por casuística.

En tercer lugar, existe la posibilidad de un análisis de tipo sociológico valorando la presencia y la consideración social que una herramienta artificial pueda tener como artista en redes sociales e internet o, incluso, en conciertos y otras manifestaciones en el mundo tangible. Resultaría interesante investigar el impacto en el mercado de un álbum enteramente artificial y el papel que se le atribuye en la industria musical.

En cuarto lugar, cabe estudiar si la IA podrá inspirarse en el medio y en las experiencias, como anunciaba Pierre Barreau con respecto a la música personalizada, y cómo esto afectará a las conclusiones que nosotros hemos obtenido aquí. Sería un estudio que implicaría analizar la influencia del Big Data para la creación de la música personalizada.

Por último, creemos necesario seguir comprobando a través de encuestas (tipo test de Turing) si los resultados artificiales evolucionan en la recepción del público, tanto a nivel de apreciación de calidad como si se diferencian o no de una composición humana.

⁴⁹ https://www.luxinnovation.lu/wp-content/uploads/sites/3/2018/01/pr-pixelfield-aiva.pdf?fbclid=IwAR0ak93jsRONwvlRCEpBqg76kWoEhc376gGTNxrlhHQDiX_043ikrSauG4s

Sin duda, quedan abiertas las puertas hacia un mundo donde las expectativas generadas por la IA mantienen un interés científico multifactorial entre los investigadores. Creemos que la música personalizada, junto a la expansión del Big Data, puede ser uno de los grandes logros de la composición artificial, acarreado una cadena de consecuencias a nivel de mercado que también habrá que investigar. De la misma manera, pensamos que la experiencia del videojuego se verá mejorada considerablemente con la música adaptada donde quizás, hablaremos de gustos musicales, con respecto a las BSO, según la compañía creadora. No hablaremos de compositores preferidos, sino de sistemas de composición.

Esta realidad debe ser cuestionada y plasmada en los distintos campos de investigación a través de su análisis objetivo, sin olvidar los riesgos que pueden acarrear aspectos como el pensamiento de superación de la capacidad humana, la dependencia tecnológica y el sobrepasar los límites morales o éticos. Nosotros, con nuestro trabajo, hemos contribuido a este respecto constatando los avances del adentramiento artificial en el proceso creativo musical presentando sus efectos como una realidad inmediata, con herramientas accesibles online para todo el mundo y que proporcionan resultados contrastantes con sus precedentes.

Hemos valorado y argumentado las distintas problemáticas presentadas por la presencia de estas herramientas en el mundo de la composición musical, así como la razón de su existencia. Hemos abierto también un campo de discusión o de reflexión sobre los conceptos de compositor, de creatividad, de obra de arte y de proceso compositivo. Por esto, creemos haber aportado una información importante para este campo científico que permitirá la fundamentación y el desarrollo de la realidad musical venidera como fusión de lo tangible con lo virtual.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Adam, T. 2014. "Procedural music generation and adaptation based on game state". Tesis doctoral. Faculty of California Polytechnic State University, Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/4e3a/1aa68638f3ccb3cfb83f08ba0fda547a8aa6.pdf>

Adams, T. 2010. "David Cope: 'You Pushed The Button And Out Came Hundreds And Thousands Of Sonatas'". *The Guardian*. Disponible en: <https://www.theguardian.com/technology/2010/jul/11/david-cope-computer-composer> Última consulta: 02/06/2020

Aikin, J. 1996. "The Limitations Of EMI". *Computer Music Journal* 20 (3): 5. doi:10.2307/3680812.

AIVA. 2019. <https://www.beta.aiva.ai> Última consulta: 24/09/2019

Álvarez, R. 2018. "Bill Gates: 'Si Un Robot Reemplaza El Trabajo De Un Humano, Este Robot Debe Pagar Impuestos Como Un Humano'". *Xataka.Com*. Disponible en: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/bill-gates-si-un-robot-reemplaza-el-trabajo-de-un-humano-este-robot-debe-pagar-impuestos-como-un-humano> Última consulta: 22/08/2019

Alvaro, J. L. y Barros, B. 2013. "A New Cloud Computing Architecture For Music Composition". *Elsevier; Journal of Network and Computer Applications* 36: 429 – 443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2012.04.015>

Alvaro, J. L., Miranda, E. y Barros, B. 2005. "Representación del Conocimiento para la Composición Musical". *Proceedings of 11th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence*. Santiago de Compostela.

ALVY. 2016. "El Póster De Las Redes Neuronales." *Microsiervos.Com*. Disponible en: <https://www.microsiervos.com/archivo/ordenadores/poster-redes-neuronales.html> Última consulta: 30/07/2020

Amazon. 2020. "AWS Deepcomposer". *Amazon Web Services, Inc*. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/deepcomposer/> Última consulta: 20/05/2020

AmperScore™. 2019. "AI Music Composition Tools For Content Creators." Disponible en: <https://www.ampermusic.com/> Última consulta:

07/09/2019

Andana, J. y Duran, R. 2015. "Software para la implementación de mapas auto-organizados de Kohonen (SOM) para la clasificación de las acciones de la bolsa de Chile. Universidad del Bio-Bio. Red de Bibliotecas – Chile.

Ariza, C. 2009. "The Interrogator As Critic: The Turing Test And The Evaluation Of Generative Music Systems". *Computer Music Journal* 33 (2): 48-70. doi:10.1162/comj.2009.33.2.48. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/40301027> Última consulta: 14/02/2018

Artfromcode. Sin fecha. "Red Neuronal En Python Con Numpy – Parte 1. Art From Code." *Wordpress* Disponible en: <https://artfromcode.wordpress.com/2017/04/18/red-neuronal-en-python-con-numpy-parte-1/> Última consulta: 30/07/2020

Assayag, G. 1998. "Computer Assisted Composition Today". *1st Symposium on Music and Computers. Applications on Contemporary Music Creation, Esthetic and Technical aspects*. Corfu, Greece.

Barreau, P. 2018. "How AI Could Compose A Personalized Soundtrack To Your Life." *Ted Talks*. Disponible en: https://www.ted.com/talks/pierre_barreau_how_ai_could_compose_a_personalized_soundtrack_to_your_life?language=en#t-264598 Última consulta: 01/05/2020

Bauman, Z. 2003. "Modernidad líquida". Fondo de Cultura Económica: México.

Beer, J. 2016. "Brian Eno Talks About Using Artificial Intelligence To Create Music And Art." *FastCompany*. Disponible en: <https://www.fastcompany.com/3061088/brian-eno-talks-about-using-artificial-intelligence-to-create-music-and-art> Última consulta: 02/02/2020

Bent, I. 1980. "Analysis". *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (1): p. 340. London: MacMillan.

Beyls, P. 1991. "Chaos And Creativity: The Dynamic Systems Approach To Musical Composition." *Leonardo Music Journal* 1 (1): p. 31. doi:10.2307/1513118.

Boden, M. 1998. "Creativity And Artificial Intelligence". *Artificial Intelligence* 103 (1-2): 347-356. doi:10.1016/s0004-3702(98)00055-1.

Bolter, D. J. 1984. "Artificial Intelligence". *The MIT Pres on behalf of American Academy of Arts and Sciences. Daedalus* (113) 3, *Anticipations*: 1-18. Disponible en: www.jstor.org/stable/20024925 Última consulta: 06/02/2019

Boulanger-lewandowski, N., Bengio, Y. y Vincent, P. 2012. "Modeling temporal dependencies in high-dimensional sequences: Application to polyphonic music generation and transcription." *Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning*. Edimburgo.

Brown, A. R. 2002. "Opportunities for Evolutionary Music Composition". En, Doornbusch, P. (Ed.) *Australasian Computer Music Conference*. Melbourne: ACMA, pp. 27-34.

Brown, D. 2012. "Mezzo: An Adaptive, Real-Time Composition Program for Game Soundtracks". *Musical Metacreation: Papers from de 2012 AIIDE Workshop. AAAI Technical Report WS-12-16*.

Brownlee, J. 2017. "A Gentle Introduction To Backpropagation Through Time". *Machine Learning Mastery*. Disponible en: <https://machinelearningmastery.com/gentle-introduction-backpropagation-time/> Última consulta: 30/07/2020

Brush, R., Hauser, M., Spencer, G. y Standish J. 1993. "Computers And Musical Style. Review". *Computer Music Journal* 17(1): 78 - 81. doi:10.2307/3680579. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3680579> Última consulta: 16/02/2018

Bughin, J., Chul, M. y Manyika J. 2010. "Clouds, big data, and smart assets: Ten tech-enabled business trends to watch". *McKinsey Quarterly. Conferencia en la escuela de bellas artes en Nîmes*.

Cabrales, O. 2012. "La aceleración del tiempo en relación con la idea de progreso y la crisis del trabajo". *Entramado*, 8 (2), 106-122. ISSN: 1900-3803. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2654/265425848007> Última consulta: 28/01/2020

Cassidi, K. 2015. "Composer Roundtable: 5 Music Masters Talk Anxiety, Demanding Directors And When No Sound Is Better". *Billboard*. <https://www.billboard.com/articles/news/6770193/composer-roundtable-sicario-the-martian-steve-jobs-inside-out-carol> Última consulta 22/07/2020

CBS News. 2018. "Computer Creativity: When AI Turns Its Gaze To Art". Disponible en: <https://www.cbsnews.com/news/when-artificial-intelligence-turns-its-gaze-to-art/> Última consulta: 30/04/2020

Chadabe, J., Belgum, E., Curtis, R., Tobenfeld, E. y Spiegel L. 1988. "A Turing Test for "Musical Intelligence"?" *Computer Music Journal* (12) 4: 7-9. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3680146> Última consulta: 14/02/2018

Chalmers, D. J. 1992. "Subsymbolic Computation and the Chinese Room". J. Dinsmore (ed.), *The Symbolic and Connectionist Paradigms: Closing the Gap*: pp. 25-48. Disponible en: <http://consc.net/papers/subsymbolic.pdf> Última consulta: 18/06/2019

Chan, M., Potter, J.M., Schubert, E. 2006. "Improving algorithmic music composition with machine learning". Demorest, S. M., Morrison, S. J., Campbell, P. S. (eds.) *ICMPC11, 9th International Conference of Music Perception and Cognition, Causal Productions*. Seattle, Washington USA, pp. 557 – 557.

Chowdhury, G. 2003. "Natural language processing". *Annual Review of Information Science and Technology*, 37. pp. 51-89. ISSN 0066-4200.

Chu, H., Urtasun, R. y Fidler, S. 2016. "Song from PI: A Musically Plausible Network for Pop Music Generation". *Presentado en la ICLR (International Conference on Learning Representations)*. Archivo de la universidad de Cornell. Disponible en: [arXiv:1611.03477](https://arxiv.org/abs/1611.03477) Última consulta: 07/05/2019

Clarke, D. 2017. "North Indian Classical Music And Lerdahl And Jackendoff'S Generative Theory – A Mutual Regard". *MTO: A Journal Of The Society For Music Theory*. Disponible en: <http://mtosmt.org/issues/mto.17.23.3/mto.17.23.3.clarke.html> Última consulta: 26/08/2019

Clocksinn, W. F. 2003. "Artificial intelligence and the future". *Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences* 361(1809):1721-48 DOI: 10.1098/rsta.2003.1232

Columbia Entrepreneurship. 2016. "Amper Music". Disponible en: <https://entrepreneurship.columbia.edu/2016/09/22/amper-music/> Última consulta: 30/04/2020

Conklin, D. y Witten, I. H. 1993. "Multiple Viewpoint Systems For Music Prediction". Working Paper.

Cooke, C. 2017. "AI may replace some forms of music composition, but it will enhance others". *Complete Music Update*. Disponible en: <http://www.completemusicupdate.com/article/ai-may-replace-some-forms-of-music-composition-but-it-will-enhance-others/> Última consulta: 13/04/2017.

Cope, D. (sin fecha). "Experiments In Musical Intelligence". *David Cope Website*. Disponible en: <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.htm> Última consulta: 07/04/2019

Cope, D. 1996. "Bach By Design (Review In CMJ 19(3))". *Computer Music Journal* 20 (1): 10-12. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3681261> Última consulta: 16/02/2018

Cope, D. 1997. "The Limitations Of EMI". *Computer Music Journal* 21 (1): 7-8. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3681204>

Cope, D. 1998. "Signatures and Earmarks: Computer Recognition of Patterns in Music". Walter B. Hewlett y Eleanor Selfridge-Field (eds.). *MIT Press*. Cambridge.

Dahlstedt, P. 2012 (a). "Between Material And Ideas: A Process-Based Spatial Model Of Artistic Creativity". *Computers And Creativity*, 205-233. doi:10.1007/978-3-642-31727-9_8.

Dahlstedt, P. 2012 (b). "Turn-Based Evolution as a Proposed Implementation of Artistic Creative Process". *World Congress on Computational Intelligence*, Brisbane (Australia).

Dahlstedt, P. y McBurney, P. 2006. "Musical Agents: Toward Computer-Aided Music Composition Using Autonomous Software Agents". *Leonardo* 39 (5): 469-470. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/20206298>. Última consulta: 14/02/2018

Dahlstedt, P. 2021. "Musicking with Algorithms: Thoughts on Artificial Intelligence, Creativity and Agency". E. R. Miranda (eds.). *Handbook of Artificial Intelligence for Music*. Springer: pp. 873 – 914. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72116-9_31

Dani, D. 2019. "Amazon'S New "AI Keyboard" Is Confusing Everyone". *The Verge*. Disponible en: <https://www.theverge.com/2019/12/4/20994203/amazon-web-services-deepcomposer-ai-keyboard-confusing-everyone>. Última consulta: 21/05/2020

Dobrian, C. 1993. "Music and Artificial Intelligence". *UCI Claire Trevor School of the Arts*. Disponible en: <http://music.arts.uci.edu/dobrian/CD.music.ai.htm> Última consulta: 13/04/2017

Dos Santos, C. G. 2016. "Trance e Dance: Série de reportagens sobre o gênero da música electrónica". Universidade de Brasília.

Doyle, P. 1997. "Natural language. AI Qual Summary". *Stanford University*. Disponible en: <http://www-cs-students.stanford.edu/~pdoyle/quail/notes/pdoyle/natlang.html#ATN> Última consulta: 13/04/2020

Ebcioğlu, K. 1990. "An Expert System For Harmonizing Four-Part Chorales". *Computer Music Journal* 12 (3): 43. doi:10.2307/3680335.

Ebcioğlu, K. 1990. "An Expert System For Harmonizing Chorales In The Style Of J.S. Bach". *The Journal Of Logic Programming* 8 (1-2): 145-185. doi:10.1016/0743-1066(90)90055-a.

Eck, D. y Schmidhuber, J. 2002. "A First Look at Music Composition using LSTM Recurrent Neural Networks". *Technical Report*, No. ISDSIA-07-02.

Eigenfeldt, A., Bown, O. y Carey, B. 2015. "Collaborative Composition with Creative Systems: Reflections on the First Musebot Ensemble". *Proceedings of the Sixth International Conference on Computational Creativity*. Park City, Utah, USA.

Elton, M. 1995. "Artificial Creativity: Enculturing Computers". *Leonardo* 28 (3): 207. doi:10.2307/1576076.

EMDoku. 2020. "Internationale Dokumentation Elektroakustischer Musik". *EMDoku.de* Disponible en: <http://www.emdoku.de/> Última consulta: 31/07/2020

Engels, S., Chan, F. y Tong, T. 2015. "Automatic Real-Time Music Generation for Games". *Proceedings, The Eleventh AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment (AIIDE-15)*, University of California, Santa Cruz.

Erol, K., Hendler, J. y Nau, D. S. 1994. "UMCP: A Sound and Complete Procedure for Hierarchical Task-Network Planning". *Computer Science Department, Institute for Systems Research and Institute for Advanced Computer Studies*. Maryland.

Escrig, T., Pacheco, J. y Toledo, F. 2001. "El lenguaje de programación PROLOG". Disponible en: <http://mural.uv.es/mijuanlo/PracticasPROLOG.pdf> Última consulta: 30/07/2020

Espinoza, M. y Torretti, R. 2004. "Pensar la Ciencia". Tecnos: Madrid.

Eveardo, F. O. y Aguilera, F. A. 2011. "Armin: Automatic Trance Music Composition using Answer Set Programming". *Fundamenta Informaticae* (113): 79-96. DOI:10.3233/FI-2011-600.

Fernandez, J. D. y Vico, F. 2013. "AI Methods In Algorithmic Composition: A Comprehensive Survey". *Journal Of Artificial Intelligence Research* (48): 513-582. doi:10.1613/jair.3908.

FMFMstaff. 2015. "Autotune: Historia De La Corrección De Tono. Future Music – Sonicplug" *Tecnología Musical Y Sonido*. Disponible en: <http://www.futuremusic-es.com/historia-de-la-correccion-de-tono/> Última consulta: 28/04/2020

Folgieri, R. 2016. "Technology, Artificial Intelligence and Keynes". En *Utopia: A Realized Prediction? Utopian Discourses Across Cultures. Scenarios in Effective Communication to Citizens and Corporations*. Miriam Bait, Marina Brambilla, Valentina Crestani (eds.). Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctv2t4bv7.8> Última consulta: 22/08/2019

Franco, J. C. 2010. "Metodología para testing de software basado en componentes". *Universidad EAFIT*. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/413/JuanCamilo_Franco_Ochoa_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y Última consulta: 28/01/2022

Freedman, R. 2018. "La música en el Renacimiento". Madrid: Akal Música.

G 14. 2016. "Musical Metacreation: Musebot Test (Music Generated With AI) | G14 Studios". *YouTube*. Disponible en: <https://youtu.be/DISSxeRRkkw> Última consulta: 26/01/2022

Gandomi, A. y Murtaza Haider. 2015. "Beyond The Hype: Big Data Concepts, Methods, And Analytics". *International Journal Of Information Management* 35 (2): 137-144. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007.

Gay, A. y Ferreras, M. A. 2002. "La ciencia, la técnica y la tecnología". La Educación tecnológica, Cap. V (79 - 94). *Instituto Nacional de Educación Tecnológica*. Disponible en: <http://bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL007256.pdf> Última consulta: 27/05/2019

Gestal, M., Rivero, D., Rabuñal, J. R., Dorado, J. y Pazos, A. 2010. "Introducción a los algoritmos genéticos y la programación genética". *Servizo de Publicacións Monografías*, nº 140. Universidade da Coruña. ISBN: 978-84-9749-422-9

Global-supercomputing (sin fecha de publicación). "Biografía de Kemal Ebcioglu". *Global - Supercomputing.com* Disponible en: <http://global-supercomputing.com/people/kemal.ebcioglu/bio.html> Última consulta: 22/08/2021

GlobeNewswire. 2018. "Amper Music Raises \$4M To Fuel Growth Of Artificial Intelligence Music Composition Technology". *Globenewswire News Room*. Disponible en: <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/03/22/1444075/0/en/Amper-Music-Raises-4M-to-Fuel-Growth-of-Artificial-Intelligence-Music-Composition-Technology.html> Última consulta: 30/04/2020

Gil Grande, R. 2016. "Inteligencia Artificial Que Aprende De Bach Para Componer Música Clásica". *RTVE.Es*. Disponible en: <http://www.rtve.es/noticias/20161216/inteligencia-artificial-aprende-bach-para-componer-musica-clasica/1455403.shtml>. Última consulta: 18/09/2019

Google Magenta (sin fecha de publicación). *Opensource.Google.Com*. Disponible en: <https://opensource.google/projects/magenta>. Última consulta: 04/01/2020

Goldberg, S. 1994. "Culture Clash: Law and Science in America". *New York University Press*. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctt9qfqbm.12> Última consulta: 06/02/2019

Gpvillamil. 2019. Magenta Studio not running Ableton Live 10.1 #27. *Github.com* Disponible en: <https://github.com/magenta/magenta-studio/issues/27> Última

consulta: 19/02/2022

Greenberg, D. y Rentfrow, P. 2017. "Music And Big Data: A New Frontier". *Current Opinion In Behavioral Sciences* 18: 50-56. doi:10.1016/j.cobeha.2017.07.007.

Griffiths, E. 2017. "Analysis interviews AI's role in the future of music: a conversation with Amper CEO Drew Silverstein". *Synchtank*. Disponible en: <https://www.synchtank.com/blog/ais-role-in-the-future-of-music-a-conversation-with-amper-ceo-drew-silverstein/> Última consulta: 30/04/2020

Grupo.us (sin fecha) "Conceptos básicos de Redes Neuronales". Disponible en: <http://grupo.us.es/gtocom/pid/pid10/RedesNeuronales.htm> Última consulta: 30/07/2020

Guiffrida, F. y Podesta, P. 1990. "Report on The European Workshop on Artificial Intelligence and Music, Genoa, Italy". *Computer Music Journal* 14 (3): 72-73.

Guyon, X. 1999. "Metodos Numéricos por Cadenas de Markov". *Ecole thematique*. Mérida - Venezuela, p. 102.

Hadjeres, G. y Pachet, F. 2016. "DeepBach: a Steerable Model for Bach chorales generation". Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/311430645> Última consulta: 28/08/2019

Hadjeres, G. 2017 (a). "Interactive Chorale Composition Using Deepbach". *YouTube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=OkkKjy3WRNo> Último acceso: 18/09/2019

Hadjeres, G. 2017 (b). "Ghadjeres/Deepbach". *Github*. Disponible en: <https://github.com/Ghadjeres/DeepBach> Última consulta: 18/09/2019

Harley, J. 1995. "Generative Processes in Algorithmic Composition: Chaos and Music". *Leonardo* 28 (3): 221-224. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1576078> Última consulta: 14/02/2018

Henz, M., S. Lauer, y D. Zimmermann. 1996. "Compoze-Intention-Based Music Composition Through Constraint Programming". *Proceedings Eighth IEEE International Conference On Tools With Artificial Intelligence*. doi:10.1109/tai.1996.560441.

- Hexachords. 2019. "ORB COMPOSER | AI For Music Composers". Disponible en: <https://www.orb-composer.com/> Última consulta: 19/10/2019
- Hiller, L. 1981. "Composing With Computers: A Progress Report". *Computer Music Journal* 5 (4): 7. doi:10.2307/3679501.
- Hörnel, D. y Ragg, T. 1996. "Learning Musical Structure and Style by Recognition, Prediction and Evolution". *SemanticScholar* <https://pdfs.semanticscholar.org/5455/34dfd13f9c0b8f7b317d0ce0411e2e11d173.pdf>
- Hörnel, D. 1998 "A Multi-scale Neural-Network Model for Learning and Reproducing Chorale Variations." *Computing in Musicology*, 11.
- Huberty, M. 2017. "An Artificial Intelligence song for National Day?". *Delano* Disponible en: <https://delano.lu/d/detail/news/artificial-intelligence-song-national-day/145508> Última consulta: 04/05/2020
- Huidobro, T. 2004. "Una definición de la creatividad a través del estudio de 24 autores seleccionados". *Tesis*. Universidad Complutense de Madrid. ISBN: 978-84-669-2375-0
- Iglesias Solano, A. M. y Bezaleel Iglesias, A. 2011. "La Computación Evolutiva y sus Paradigmas". Investigación y desarrollo en TIC, Vol. 2, nº 1. Disponible en: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/view/2456> Última consulta: 29/08/2021
- Isasi Viñuela, P. y Galván León, I. 2004. "Redes de neuronas artificiales". Madrid: Pearson.
- Jaimovich, D. 2018. "El cerebro humano detrás de AIVA, el primer robot en ser reconocido oficialmente como compositor". *Infobae*. Disponible en: <https://www.infobae.com/tecnologia/2018/03/23/el-cerebro-humano-detras-de-aiva-el-primer-robot-en-ser-reconocido-oficialmente-como-compositor/> Última consulta: 01/05/2020
- Jaques, N., Gu, S., Turner, Richard E. y Douglas, E. 2016. "Generating Music by Fine-Tuning Recurrent Neural Networks with Reinforcement Learning". *Deep Reinforcement Learning Workshop, NIPS*. Disponible en: <https://ai.google/research/pubs/pub45871> Última consulta: 18/05/2019

Jaques, N. 2016. "Tuning Recurrent Neural Networks With Reinforcement Learning". *Magenta.Tensorflow.Org*. Disponible en: <https://magenta.tensorflow.org/2016/11/09/tuning-recurrent-networks-with-reinforcement-learning>. Última consulta: 18/05/2019

Juan de Dios, M. y Roquer, J. 2020. "La producción musical: un reto para la musicología del siglo XXI". *Cuadernos de Etnomusicología*. Nº15 (2). Disponible en: https://www.sibetrans.com/etno/public/docs/5-intro-dossier-produccion_1.pdf Última consulta: 19/02/2022

Kaleagasi, B. 2017. "A New AI Can Write Music as Well as a Human Composer. The future of art hangs in the balance". *Futurism*. Disponible en: <https://futurism.com/a-new-ai-can-write-music-as-well-as-a-human-composer> Última consulta: 04/05/2020

Kalinak, K. M. 1992. "Settling The Score: Music And The Classical Hollywood Film (Wisconsin Studies In Film)". Wisconsin: University of Wisconsin Press.

Kaplan, A. y Haenlein, M. 2019. "Siri, Siri, In My Hand: Who'S The Fairest In The Land? On The Interpretations, Illustrations, And Implications Of Artificial Intelligence". *Business Horizons* 62 (1): 15-25. DOI:10.1016/j.bushor.2018.08.004.

Kazi, N. y Bhatia, S. 2013. "Various Artificial Intelligence Techniques For Automated Melody Generation". *International Journal of Engineering Research and Technology* 2 (7): 1646 - 1652. ISSN: 2278-0181. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/291043514_Various_Artificial_Intelligence_Techniques_for_Automated_Melody_Generation Última consulta: 06/02/2019

Kimball, C. 2006. "2Song: A Guide To Art Song Style And Literature". Milwaukee: Hal Leonard Corporation.

Kolodner, J. L. 1992. "An Introduction To Case-Based Reasoning". *Artificial Intelligence Review* 6 (1): 3-34. doi:10.1007/bf00155578.

Kultima, A. 2015. "Definig Game Jam". University of Tampere. Disponible en: https://www.academia.edu/download/38283283/paper_92.pdf Última consulta: 6/09/2021

Lerdahl, F. y Jackendoff, R. S. 1982. "A Generative Theory of Tonal Music". *The MIT Press*. ISBN: 9780262120944

Leswing, K. 2016. "Hollywood Bigshots Gave This Startup Founder The Idea To Write Music With Robots". *Business Insider*. Disponible en: <https://www.businessinsider.com/amper-media-machine-generated-music-profile-2016-9?IR=T> Última consulta: 07/09/2019

López Cano, R. 2002. "Entre el giro lingüístico y el guiño hermenéutico: tópicos y competencia en la semiótica musical actual." *Cuicuilco*, Vol. 9, núm.25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35102509> Última consulta: 23/08/2021

López Cano, R. 2007. "Música e intertextualidad". *Pauta. Cuadernos de teoría y crítica musical* 104: pp. 30-36. Última consulta: 23/08/2021

López de Mantaras, R. y Arcos, J. L. 2002. "AI and Music. From Composition to Expressive Performance". *AI Magazine* 23 (3). Doi: 0738-4602-2002

Mallawaarachchi, V. 2017. "How to define a Fitness Function in a Genetic Algorithm". *Towardsdatascience.com* Disponible en: <https://towardsdatascience.com/how-to-define-a-fitness-function-in-a-genetic-algorithm-be572b9ea3b4> Última consulta: 30/07/2020

McCarthy, J. 2004. "What is Artificial Intelligence?" Disponible en: https://homes.di.unimi.it/borghese/Teaching/AdvancedIntelligentSystems/Old/IntelligentSystems_2008_2009/Old/IntelligentSystems_2005_2006/Documents/Symbolic/04_McCarthy_whatissai.pdf Última consulta: 11/08/2021

Malgaonkar, S., Nag, Y. B., Devadiga, R. y Hirave, T. 2013. "An AI Based Intelligent Music Composing Algorithm: Concord". *2013 International Conference On Advances In Technology And Engineering (ICATE)*. Doi:10.1109/icadte.2013.6524723.

Márquez, I. 2012. "Nostalgia videolúdica: un acercamiento al movimiento chiptune" *Trans. Revista Transcultural de Música*, núm. 16, pp. 1-21. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=82224815002> Última consulta: 06/09/2021

Mayer-Schönberger, V. y Cukier, K. (2013). "Big data, a revolution that will transform how we live, work, and think". 1st ed. Boston: Houghton Mifflin

Harcourt.

Mbryonic. 2019. "8 Best Uses of Virtual Reality in Music 2019". *MBryonic*. Disponible en: <https://mbryonic.com/vr-music/> Última consulta: 28/04/2020

Meehan, J. R. 1980. "An Artificial Intelligence Approach To Tonal Music Theory". *Computer Music Journal* 4 (2): 60. doi:10.2307/3680083. The MIT Press. Disponible en: www.jstor.org/stable/3680083. Última consulta: 03/04/2019

Miranda, E. R. 2000. "Readings in Music and Artificial Intelligence". *Routledge*. ISBN 90-5755-094-6

Moroni, A., Manzolli, J., Von Zuben, F. y Ribeiro, R. 2000. "Vox Populi: Evolutionary Computation for Music Evolution". https://www.researchgate.net/publication/2610640_Vox_Populi_Evolutionary_Computation_for_Music_Evolution

Mozer, M. 1994. "Neural Network Music Composition By Prediction: Exploring The Benefits Of Psychoacoustic Constraints And Multi-Scale Processing". *Connection Science* 6 (2-3): 247-280. doi:10.1080/09540099408915726.

Muñoz, E., Cadenas, J. M., Soon Ong, Y. y Acampora, G. 2016. "Memetic Music Composition". *IEEE Transactions On Evolutionary Computation* 20 (1): 1-15. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/285317659>

Muscutt, K. y Cope, D. 2007. "Composing with Algorithms: An Interview with David Cope". *Computer Music Journal* 31 (3): 10-22. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/40072590> Última consulta: 08/10/2018

Musically. 2018. "Amper Music: 'AI's not going to replace your job - it's going to change it'" *Musically.com* Disponible en: <https://musically.com/2018/04/04/amper-music-ai-replace-job-change/> Última consulta: 09/08/2020

Nagore, M. 2005. "El análisis musical: entre el formalismo y la hermenéutica". *Análise Musical*. Universidade do Estado de Santa Catarina.

Narmour, E. 1977. "Beyond Schenkerism: the need for alternatives in music analysis". University of Chicago Press, Chicago.

Nasanovsky, N. 2017. "El Futuro Del Trabajo: Cómo Las Máquinas Reemplazarán A

Los Humanos". *Infobae*. <https://www.infobae.com/def/desarrollo/2017/12/29/el-futuro-del-trabajo-como-las-maquinas-reemplazaran-a-los-humanos/> Última consulta: 22/08/2019

Naushad, A. y Muhammad, T. 2013. "Condition Driven Adaptive Music Generation for Computer Games". *International Journal of Computer Applications* (64) 8. Disponible en: <https://www.arxiv.org/pdf/1306.1746.pdf> Última consulta: 20/04/2019

Navarro, F. 2017. "Taburete: Al Éxito Musical Por El 'Big Data'". *EL PAÍS*. Disponible en: https://www.elpais.com/cultura/2017/03/15/actualidad/1489607603_172367.html Última consulta 18/06/2019

Navarro, M., Corchado, J. M. y Demazeau, Y. 2016. "MUSIC-MAS: Modeling A Harmonic Composition System With Virtual Organizations To Assist Novice Composers". *Expert Systems With Applications* 57: 345-355. doi:10.1016/j.eswa.2016.01.058.

Needham, J. 2017. "We Are The Robots: Is the future of music artificial?". *FACT Magazine: Music News, New Music*. Disponible en: <http://www.factmag.com/2017/02/19/we-are-the-robots-could-the-future-of-music-be-artificial/> Última consulta: 13/04/2017

Nelson Jr, Keith. 2018. "Taryn Southern Made An Album Entirely Produced By Artificial Intelligence". *Digital Trends*. Disponible en: <https://www.digitaltrends.com/music/artificial-intelligence-taryn-southern-album-interview/> Última consulta: 11/09/2019

Newborn, M. 1996. "Kasparov v. Deep Blue". New York: Springer.

Nicholson, C. 2019. "A Beginner's Guide To Generative Adversarial Networks (Gans)". *Pathmind.com*. Disponible en: <https://pathmind.com/wiki/generative-adversarial-network-gan> Última consulta: 28/07/2020

Ochoa, G. 2015. "Introducción a la Computación Evolutiva y la Morfogénesis Artificial". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268262650_Introduccion_a_la_Computacion_Evolutiva_y_la_Morfogenesis_Artificial Última consulta: 25/08/2021

Openai. 2020. *Jukebox*. Disponible en: <https://openai.com/blog/jukebox/> Última consulta: 08/08/2020

Orjuela, C., Rojas, C., Páez, J., Ramírez, J. L. 2011. "Reglas y símbolos con L-sistemas". En Perry, Patricia (Ed.), *Memorias 20° Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones*: pp. 385-395. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

Padilla Martín-Caro, V. 2012. "Probabilidad, redes neuronales e Inteligencia Artificial en composición musical. Desarrollo de los sistemas Musicprob y Musicneural". *Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias del Turismo Departamento de Ciencias de la Educación, el Lenguaje, la Cultura y las Artes*. Universidad Rey Juan Carlos.

Padilla Martín-Caro, V. y Palmer Aparicio, A. 2015. "Aplicando probabilidades e Inteligencia Artificial a la composición musical". *Revista Música del RCSMM* 22: pp. 69 – 84. I.S.S.N: 0541-4040

Papadopoulos, G. y Wiggins, Geraint. 1999. "AI methods for algorithmic composition: A survey, a critical view and future prospects". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/209436205_AI_methods_for_algorithmic_composition_A_survey_a_critical_view_and_future_prospects Última consulta: 21/06/2019

Passman, J. 2017. "Music As A Commodity: Songwriting with artificial intelligence". *UCI Claire Trevor School of the Arts*. Disponible en: <http://music.arts.uci.edu/dobrian/CD.music.ai.htm> Última consulta: 13/04/2017

Pathmind. Sin fecha. "A beginner's Guide to LSTMs and Recurrent Neural Networks". *Pathmind.com*. Disponible en: <https://skymind.ai/wiki/lstm#recurrent> Última consulta: 30/07/2020

Peredo, M. 2005. "Geometría del pensamiento". *Acta Nova*, 3 (1): pp. 120 – 130.

Persson, S. 1964. "An Introduction To Artificial Intelligence". Wiley on behalf of The Scandinavian Journal of Economics. *Ekonomisk Tidskrift*, 66 (2): pp. 88-112. Disponible en: www.jstor.org/stable/3438581 Última consulta: 06/02/2019

Plaugic, L. 2017. "Musician Taryn Southern On Composing Her New Album Entirely With AI". *The Verge*. Disponible en:

<https://www.theverge.com/2017/8/27/16197196/taryn-southern-album-artificial-intelligence-interview> Última consulta: 28/01/2020

Prechtl, A. 2015. "Adaptive Music Generation for Computer Games". Tesis Doctoral, *Faculty of Mathematics, Computing and Technology*. The Open University (UK).

Quartz. 2017. "Bill Gates Thinks We Should Tax The Robot That Takes Your Job". *Youtube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=nccryZOcrUg> Última consulta: 30/01/2020

Record of the day. 2016. "New BPI report into Artificial Intelligence and its impact on music". Disponible en: <https://www.recordoftheday.com/news-and-press/new-bpi-report-into-artificial-intelligence-and-its-impact-on-music> Última consulta: 03/06/2020

Reeke, G. N. y Edelman, G. 1988. "Real brains and Artificial Intelligence". *Daedalus* 117 (1), Artificial Intelligence: 143-173. Disponible en: www.jstor.org/stable/20025142 Última consulta: 06/02/2019

Ribeiro, P., Pereira, F., Ferrand, M. y Cardoso, A. 2002. "Case-based Melody generation with MuzaCazUza". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/2494372_Case-based_Melody_generation_with_MuzaCazUza Última consulta: 28/01/2020

Roads, C. 1985. "Research In Music And Artificial Intelligence". *ACM Computing Surveys* 17 (2): 163-190. doi:10.1145/4468.4469.

Roberts, A., Engel, J., Mann, Y., Gillick, J., Kayacik, C., Nørly, S., Dinculescu, M., Radebaugh, C., Hawthorne, C. y Eck, D. 2019. "Magenta Studio: Augmenting Creativity with Deep Learning in Ableton Live". *Google Research*. Disponible en: <https://research.google/pubs/> Última consulta: 25/05/2020

Rocha Iturbide, M. 2018. "La Composición Musical A Través De Una Concepción Cuántica Del Sonido (I)". *Sul Ponticello*. <http://www.sulponticello.com/la-composicion-musical-a-traves-de-una-concepcion-cuantica-del-sonido-i/#.XWuopZMzbR0> Última consulta: 01/09/2019

Rodríguez Magda, R. M. 2010. "Transmodernidad". *Blogspot*. Disponible en: <http://www.transmodernitat.blogspot.com/2000/12/transmodernidad.html>

Última consulta: 28/01/2020

Rodríguez Magda, R. M. 2008. "La globalización como totalidad transmoderna". *Blogspot*. Disponible en: <http://www.transmodernitat.blogspot.com.es/> Última consulta: 06/01/2020

Romero Cardalda, J. 2001. "Metodología Evolutiva Para La Construcción De Modelos Cognitivos Complejos. Exploración De La 'Creatividad Artificial' En Composición Musical". Tesis Doctoral, Universidade da Coruña.

Romero Cardalda, J., Johnson, C., McCormack, J. y Santos, I. 2019. "Understanding Aesthetics And Fitness Measures In Evolutionary Art Systems". *Hindawi Complexity* 2019: 1-14. doi:10.1155/2019/3495962.

Rondeleux, Luc. 1999. "The digital computer as an instrument of musical creation: 1957-1997". *Leonardo* 32 (4): 305. Disponible en: www.jstor.org/stable/1576726. Última consulta: 03/04/2019

Sancho, X. 2020a. "Autotune: Así Suena El Siglo XXI". *EL PAÍS*. Disponible en: https://elpais.com/cultura/2018/02/02/babelia/1517593406_662880.html Última consulta: 28/04/2020

Sancho, F. 2020b. "Aprendizaje supervisado y no supervisado". *Fernando Sancho Caparrini*. Disponible en: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=77> Última consulta: 30/08/2021

Scirea, M., Togelius, J., Eklund, P. y Risi, S. 2017. "Affective Evolutionary Music Composition With Metacompose". *Genetic Programming And Evolvable Machines* 18 (4): 433-465. doi:10.1007/s10710-017-9307-y.

Scola, N. 2013. "Obama, the 'big data' president". *The Washington Post*. Disponible en: https://www.washingtonpost.com/opinions/obama-the-big-data-president/2013/06/14/1d71fe2e-d391-11e2-b05f-3ea3f0e7bb5a_story.html?noredirect=on&utm_term=.860a9da36ca2 Última consulta: 18/06/2019

Searle, J. R. 1980. "Minds, brains and programs". *Behavioral and Brain Sciences*, (3): 417-424.

Selfridge-Field, E. 1992. "Computers and Musical Style. The Computer Music and

Digital Audio Series, Volume 6 by David Cope. (Review)". *Journal of the American Musicological Society* 45 (3): 535-545. University of California Press on behalf of the American Musicological Society. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/831720>. Última consulta: 03/04/2019

Shannon, C. E. 1951. "Prediction And Entropy Of Printed English". *Bell System Technical Journal* 30 (1): 50-64. doi:10.1002/j.1538-7305.1951.tb01366.x.

Sienra, R. 2020. "Björk y Microsoft crean música generada por Inteligencia Artificial que cambia con el clima". *MyModernMet.com* Disponible en: <https://www.mymodernmet.com/es/bjork-microsoft-ia/> Última consulta: 28/01/2020

SONY CSL. 2019. "Deepbach: Harmonization In The Style Of Bach Generated Using Deep Learning". *Youtube*. Disponible en: www.youtube.com/watch?v=QiBM7-5hA6o Última consulta: 22/09/2019

Stein, S. 2020. "AI-generated Björk hotel lobby soundscape made me hear the weather". *CNET.com* Disponible en: <https://www.cnet.com/culture/entertainment/ai-generated-bjork-hotel-lobby-soundscape-made-me-hear-the-weather/> Última consulta: 08/05/2022

Tarasti, E. 2008. "Los signos en la historia de la música: historia de la semiótica musical". *Tóp. Sem* [online]. n.19. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-12002008000100002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2594-0619 Última consulta: 23/08/2021

Taube, H. 1997. "An Introduction To Common Music". *Computer Music Journal* 21 (1): 29 - 34. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3681213> Última consulta: 03/04/2019

Techstars. 2020. "5 Questions With Bob Moczydlowsky". *Techstars*. Disponible en: <https://www.techstars.com/the-line/5-questions/bob-moczydlowsky> Última consulta: 30/04/2020

Temperley, D. 2001. "The Cognition of Basic Musical Structures Cambridge". *MIT Press*: 404. ISBN 0-262-20134-8.

- Turing, A. M. 1950. "Computing Machinery and Intelligence". *Mind* 49: 433-460.
- Unadkat, S. B., Ciocoiu, M. y Medsker, L. R. 2001. "Recurrent Neural Networks". L.R. Medsker, L.C. Jain. Boca Raton (Eds) *CRC Press*. London, New York, Washington, D.C.
- Universidad de Alcalá. 2020. "Ventajas Y Desventajas Del Uso De Inteligencias Artificiales." *Máster En Deep Learning : Universidad De Alcalá - Madrid*. Disponible en: <https://master-deeplearning.com/ventajas-desventajas-inteligencia-artificial/>.
Última consulta: 19/10/2020
- Velardo, V., Groves, R. y Tronhjem, C. 2018. "AI Music Composition in VR". (Conferencia) *Re:publica* 18. Disponible en: <https://18.republica.com/de/session/ai-music-composition-vr> Última consulta: 28/04/2020
- Viana, I. 2017. "Lucas Vidal: «En Hollywood Se Vive Con Mucha Ansiedad»". *Abc.Es*. Disponible en: https://www.abc.es/cultura/musica/abci-lucas-vidal-hollywood-vive-mucha-ansiedad-201712192212_noticia.html. Última consulta 22/07/2020
- Villa Rodríguez, G., Enciso Ospina, F., González Bautista, E. A . y Olivares Parada, G. A. 2006. "Los compositores en la sociedad de la Ilustración". *El Artista*, (3),180-186. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=874/87400316>
Última consulta: 20/10/2020
- Vincent, J. 2016. "Can You Tell The Difference Between Bach And Robobach?". *The Verge*. Disponible en: www.theverge.com/2016/12/23/14069382/ai-music-creativity-bach-deepbach-csl Última consulta: 22/09/2019
- Weber, B. 1996. "It's Man Over Machine As Chess Champion Beats Computer He Calls Tough Opponent". *Nytimes.com*. Disponible en: <https://www.nytimes.com/1996/02/18/us/it-s-man-over-machine-as-chess-champion-beats-computer-he-calls-tough-opponent.html> Última consulta: 10/04/2020
- Wiggins, G. 2001. "Towards a more precise characterisation of creativity in AI". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/2920880_Towards_a_more_precise_characterisation_of_creativity_in_AI Última consulta: 20/04/2020
- Wiggins, G. 2008. "Computer Models Of Musical Creativity: A Review Of Computer

Models Of Musical Creativity By David Cope". *Literary And Linguistic Computing* 23 (1): 109-116. doi:10.1093/llc/fqm025.

Wiggins, G., Harris, M. y Smaill A. 1992. "Representing Music Symbolically".

Wiggins, G. y Pearce, M. 2007. "Evaluating Cognitive Models of Musical Composition". *Computational Creativity*. University of London.

Wiggins, G., Stapleford, T., de Quincey, A. y Robertson, J. 1998. "Real-Time Music Generation for a Virtual Enviroment". Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/2891679_Real-Time_Music_Generation_for_a_Virtual_Environment Última consulta: 20/04/2020

Williams, D., Kirke, A., Miranda, E., Daly, I., Hwang, F., Weaver, J. y Nasuto, S. 2017. "Affective Calibration Of Musical Feature Sets In An Emotionally Intelligent Music Composition System". *ACM Transactions On Applied Perception* 14 (3): 1-13. doi:10.1145/3059005. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/316848954> Última consulta: 18/05/2019

Wolfe, A. 1991. "Mind, Self, Society and Computer: Artificial Intelligence ande the Sociology of Mind". *American Journal of Sociology* (96) 5: 1077. The University of Chicago Press. Disponible en: www.jstor.org/stable/2781336 Última consulta: 06/02/2019

Xie, Jing y Liu, Chen-Ching. 2017. "Multi-agent systems and their applications". *Journal of International Council on Electrical Engineering* 7 (1): 188-197, DOI: [10.1080/22348972.2017.1348890](https://doi.org/10.1080/22348972.2017.1348890)

Yu, Huang. 2019. "Robot Threat or Robot Dividend? A Struggle between Two Lines" En *Dog Days. Made in China Yearbook 2018*. Ivan Franceschini, Nicholas Loubere, Kevin Lin, Elisa Nesossi, Andrea E. Pia, Christian Sorace (Eds.) Anu Press. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctvfrxqcz.13> Última consulta: 22/08/2019

8. ANEXOS.

8.1. Glosario

A lo largo de esta sección se describirán los principales términos que sirven o forman parte del proceso de creación de música con Inteligencia Artificial (IA), con la finalidad de facilitar la comprensión de la tesis.

Algoritmo

Un algoritmo es una receta paso por paso para alcanzar una meta específica. [...]. Nosotros usamos rutinariamente algoritmos computacionales cuando comprobamos nuestra ortografía, cuando usamos los motores de búsqueda en Internet, extraemos particellas de una partitura orquestal, etc. La música algorítmica es, por lo tanto, una receta paso por paso para crear nuevas composiciones. (Cope 2007, 10)

Dentro de la generalidad de la idea de algoritmo existen ciertas especificaciones según su diseño. En el mundo de la IA el tipo de algoritmo evolutivo cobra mucha fuerza, especialmente el denominado algoritmo genético:

Algoritmo genético

Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de selección natural y de la genética natural. Combinan la supervivencia del más apto entre estructuras de secuencias con un intercambio de información estructurado, aunque aleatorizado, para constituir así un algoritmo de búsqueda que tenga algo de las genialidades de las búsquedas humanas. (Gestal *et al*, 11)

El valor del algoritmo genético, a diferencia de los restantes, es que toma la mejor solución de entre las posibles, donde además, entran en juego aspectos como el aprendizaje por ensayo – error o por predeterminación.

Determinismo e indeterminismo

En esta “toma de decisiones” que realiza el sistema dentro de las distintas posibilidades, se pueden aplicar perspectivas deterministas e indeterministas, es decir, procesos que estén definidos por el programador con una predicción de los resultados o, por otro lado, dejar lugar a la aleatoriedad, al azar, desconociendo qué resultados se obtendrían con exactitud. Estas perspectivas buscan, de alguna manera, establecer una relación con los procesos humanos del pensamiento, considerando su comportamiento para el acercamiento a la reproducción de la creatividad humana.

Hierarchical Task Network [HTN]

Por otro lado, algunas estructuras de programación algorítmica cobran forma a través de una red jerárquica de tareas (Hierarchical Task Network [HTN]) donde se distinguen tres tipos (Erol et al 1994, 1):

Tareas-meta (*goal tasks*): Propiedades que deseamos hacer verdad en el mundo.

Tareas primitivas: son aquellas que podemos conseguir directamente ejecutando la acción correspondiente, como por ejemplo, accionar un interruptor para encender la luz.

Tareas compuestas: denotan el deseo de un cambio e implican distintas tareas-meta y primitivas, como por ejemplo, la construcción de un edificio que requiere que muchas tareas se lleven a cabo.

Estas se utilizan como algoritmo de planificación automática.

Procesamiento Natural del Lenguaje

El Procesamiento Natural del Lenguaje (*Natural-language processing*) (NLP) comprende un área de investigación donde se explora cómo los humanos entienden y usan el lenguaje, para que así se desarrollen herramientas y técnicas apropiadas y que los sistemas computacionales puedan entender y manipular lenguajes naturales para realizar las tareas deseadas (Chowdhury 2003).

LISP

El lenguaje LISP (ListProcessing) es ampliamente utilizado en los sistemas de programación a lo largo de la historia y se caracteriza por apoyarse en el lenguaje matemático y por estructurar la información en listas a través de funciones formadas por símbolos y números. De todos los dialectos que presenta, el COMMONLISP es el más universal.

PROLOG (Programming in Logic)

PROLOG tiene un punto de vista más descriptivo o declarativo, es decir, especifica aquello que se quiere conseguir para resolver el problema, no cómo se va a resolver. [...] es un lenguaje de programación especialmente indicado para modelar problemas que impliquen objetos y las relaciones entre ellos. Está basado en los siguientes mecanismos básicos: unificación, estructuras de datos basadas en árboles y backtracking automático. La sintaxis del lenguaje incluye la declaración de hechos, preguntas y reglas. [...] ampliamente utilizado (junto con el lenguaje de programación LISP) en aplicaciones que utilizan técnicas de Inteligencia Artificial. PROLOG tiene sus fundamentos en la lógica matemática. (Escrig 2001,

1)

Cadenas de Markov

Las cadenas de Markov son eventos estocásticos sin memoria donde la sucesión de elementos dependen en probabilidad del estado del justamente anterior, o todo aquello que es analizado en el tiempo t es resultado de la situación en $t - 1$: “la ley de X_{n+1} condicional al pasado $(X_n, X_{n-1}, \dots, X_1, X_0)$ depende únicamente del estado del último instante” (Guyon 1999). Es una secuencia de probabilidades de estados.

Los **modelos ocultos de Markov**, Hidden Markov models (HMMs), se pueden utilizar para describir el comportamiento estocástico de una o más secuencias probabilísticas independientes donde una está oculta (sin observador). El proceso de observación es condicionalmente independiente dado el proceso oculto, siendo este una cadena de Markov de primer orden. El objetivo consistiría en determinar los valores ocultos según los parámetros observables.

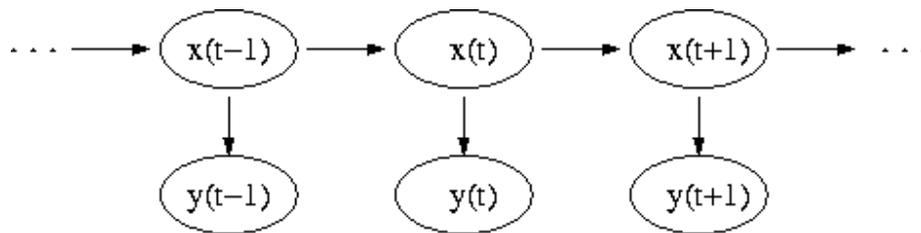


Ilustración 169: Cadenas Markov

Red Neuronal Artificial (RNA)

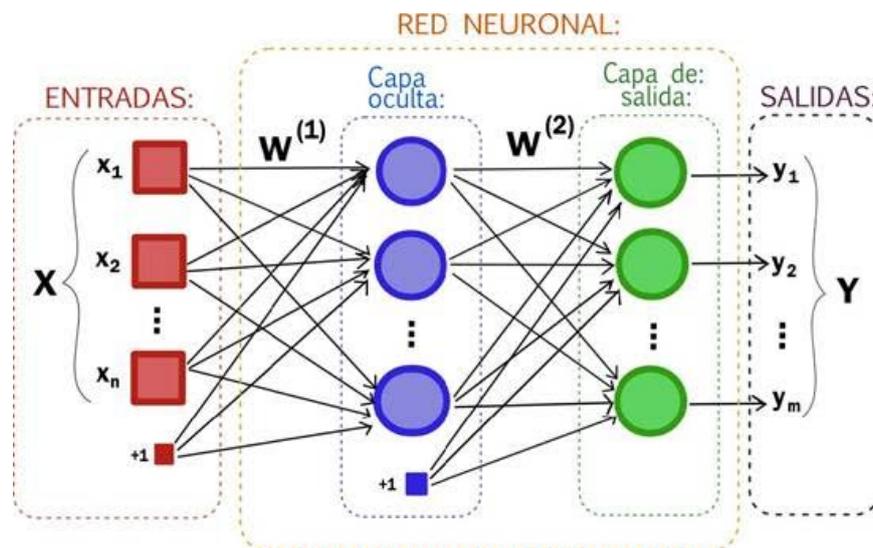


Ilustración 170: Red Neuronal (Artfromcode)

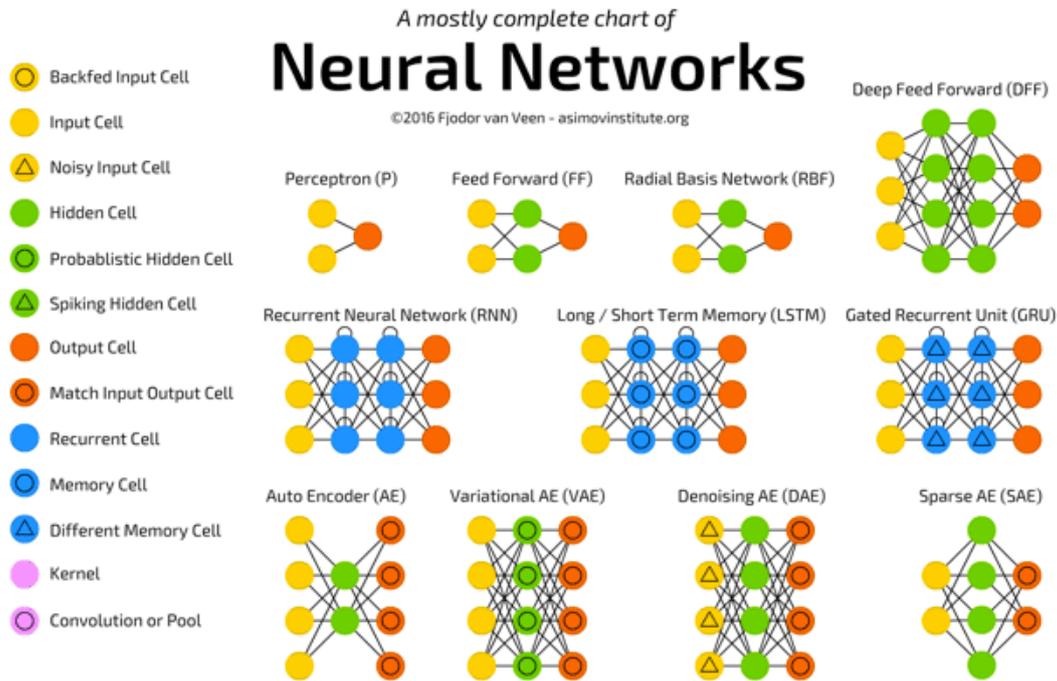


Ilustración 171. Cuadro resumen de Redes Neuronales (ALVY 2016)

Este modelo de redes conexionistas reciben el nombre de ‘neuronales’ debido a su intención de imitar el funcionamiento y estructura de las neuronas biológicas a la hora de tratar la información.

En la ilustración 83 puede observarse que a la izquierda se encuentran una serie de entradas, las cuales reciben la salida de otra neurona en la red:

La estructura básica de interconexión entre células es la de la red multicapa. [...] El primer nivel lo constituyen las células de entrada; estas unidades reciben los valores de unos patrones representados como vectores que sirven de entrada a la red. A continuación hay una serie de capas intermedias, llamadas ocultas, cuyas unidades responden a rasgos particulares que pueden aparecer en los patrones de entrada. Puede haber uno o varios niveles ocultos. (Isasi and Galván 2004, 7)

Existe una fase de aprendizaje donde los valores que son evaluados por los pesos de las conexiones (W) se van ajustando para la obtención de los resultados deseados.

La parte más importante de una RNA es el aprendizaje. El esquema de aprendizaje de una red es lo que determina el tipo de problemas que será capaz de resolver. Las RNA son sistemas de aprendizaje basados en ejemplos. La capacidad de una red para resolver un problema estará ligada de forma fundamental al tipo de ejemplos de que dispone en el proceso de aprendizaje. (Isasi y Galván 2004, 10)

En música esos ejemplos estarán en la base de datos en forma de partituras MIDI.

Para que el aprendizaje sea efectivo ha de guardar una serie de características fundamentales, como por ejemplo, en el número de muestras y su diversidad. “Si un conjunto de aprendizaje tiene muchos más ejemplos de un tipo que del resto, la red se especializará en dicho subconjunto” (Isasi and Galván 2004, 10).

Durante esta fase de aprendizaje se pueden aplicar diversos métodos que vienen determinados según la forma de actuación. En un **aprendizaje supervisado** se tratarían de modificar los pesos de la red para que produzcan el resultado deseado, por lo que han de conocerse los valores de salida. Si desde un principio la red produce resultados similares a los esperados, los pesos no han de modificarse; sin embargo, si los resultados son muy discrepantes a los esperados, han de ir adaptándose los pesos hasta que la red produzca la salida esperada.

Como contraposición, existe el **aprendizaje no supervisado**, donde la misma red es la encargada de ajustar por sí sola (autoorganizada) los pesos según los valores de entrada que recibe.

Por último, el **aprendizaje de refuerzo** consiste en ‘una variación del aprendizaje supervisado en el que no se dispone de información concreta del error cometido por la red para cada ejemplo de aprendizaje, sino que simplemente se determina si la salida producida para dicho patrón es o no adecuada.’ (Isasi and Galván, 2004: p. 13).

Recurrent Neural Network

En las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) se da un tipo de conexión que no se produce en las anteriormente descritas. Donde antes las neuronas no podían conectarse entre ellas en forma de bucle, aquí tal restricción desaparece. Las neuronas pueden aparecer conectadas consigo mismas o con neuronas de la misma capa, dando lugar a las llamadas ‘conexiones recurrentes’.

Estas, son redes más complejas ya que se produce un aumento de parámetros ajustables durante el aprendizaje.

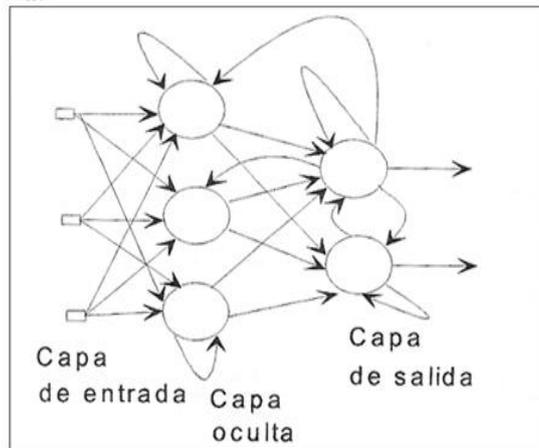


Ilustración 172: Ejemplo de RNN (Grupo.us)

Además, estas redes trabajan con el factor tiempo, entendiendo que por primera vez disponen de memoria. Estas se distinguen de las anteriores a este respecto (que son las **feedforward networks**) porque el bucle les permite estar conectadas con las decisiones del pasado.

Augmented Transition Network (ATN)

Es aquella en la que el análisis se describe como una transición de un estado inicial a un estado final en una red de transición correspondiente a la gramática inglesa. [...] Los arcos en una ATN pueden contener palabras, categorías, pueden moverse a otras redes o realizar procesos. (Doyle 1997)

Backpropagation y Backpropagation Through Time (BP, BPTT)

El sistema backpropagation se da en las redes feedforward y consiste en una vista atrás con el dato obtenido sobre el error final a través de los outputs, pesos e inputs de cada capa escondida. Es el mecanismo por el cual se corrige la desviación entre el resultado deseado con el obtenido para minimizar el error, por lo que se aplica dentro de los aprendizajes supervisados.

Por otro lado, las RNN disponen de una extensión de lo anterior, el BPTT, añadiendo el factor tiempo:

Conceptualmente, la BPTT funciona desenrollando todas las entradas en todos los pasos del tiempo. Cada paso de tiempo tiene un peso de entrada, una copia de la red y una salida. Los errores son entonces calculados y se van acumulando en cada punto del tiempo. La red se enrolla de nuevo y se actualizan los pesos. (Brownlee 2017)

Long Short-Term Memory (LSTM)

A mediados de los 90 Sepp Hochreiter y Juergen Schmidhuber crean la LSTM, que son unas células de memoria que ayudan a preservar el error que se puede propagar a lo largo del tiempo y de las capas. Manteniendo un error más constante, permiten a las redes continuar aprendiendo a lo largo de muchos puntos temporales (sobre 1000) (Pathmind).

Estas contienen la información de forma separada a la RNN en una célula con puertas de entrada, 'olvido' y salida, y donde la información puede ser guardada o consultada. Esta célula decide qué guardar, cuando dejar leer la información y cuando borrarla a través de esas puertas. Tales decisiones son aprendidas a través de la fase de aprendizaje en base a las actuaciones tomadas con el error del proceso backpropagation y mediante los ajustes de los pesos.

Fitness function

También conocida como la **Función de Evaluación**, evalúa cuánto de cerca está una solución dada a la solución óptima del problema deseado. Determina cuán adecuada es una solución (Mallawaarachchi 2017).

8.2. Contribuciones de profesionales.

- **SAM ESTES (creador de AmperScore)**

While I was researching about Amper I found that you, and your mates, were Hollywood composers. How much has this to do with having the idea of creating AmperScore? Have you experienced the anxiety of impossible deadlines, loads of work? or AmperScore was only thought to be for non musicians at the beginning?

Yes, Amper was mostly conceived from the problems we were having as working Hollywood composers, largely surrounding budgeting and timing constraints. As you know, a composer could be asked to do 3 minutes of original music for \$100. The 3-min asked for is pretty basic in structure and need, and for most composers would take about 6-8 hours to make (starting from a new template). Then there are revisions to this 3 min, changing instruments, adjusting rhythms, etc - in all you'd spend about 10-20 hours of work for \$100 - the economics don't make sense at all (\$5/hr??), if you could cut that down to 1hr, then it makes sense, right?

Our goal was never to replace composers, but to replace the workflow - allowing an artificial assistant do some of the heavy lifting required for certain tasks that we usually have to do as composers (from MIDI mockups, to cue conforming, etc), and allow the human do do all the creative decisions. Which is why we have never thought of Amper as a direct replacement, but an enhancement to the creative process.

What do you think is the main purpose of developing tools that compose music automatically?

As a composer it's speed of workflow, when time is absolutely an issue - not to get the "exact" piece of music from your head, but to help guide you to a sound pallet, and even a rhythmic and harmonic pallet as well (if one so desired). Then a way for you (the creative) to interact and create something you actually want.

Can be AI creative or it demonstrates creativity?

Humans are creative - from the very basis of training an AI we make creative decisions, AI is only a reflection of the creativity of humans. In otherwords, AI is neither creative or non-creative, but rather the interpretation of humans

projecting their own creativity into the process (either by observation or by training/creating the AI)

Are nowadays composers required to acquire programming knowledge?

Wouldn't hurt - most modern media composers (not traditional pen-paper composers) have to know some level of programming (MIDI programming, Digital Instrument Programming, Interface Programming, Network, etc) - technology is 100% involved in the creative process now, Pen and Paper are sadly, not a viable medium for a "finished/deliverable/sellable" composition in media any more

What purpose has AI on these kind of programs? to save time and effort while composing? Which implications could this have on market for a professional composer? is it an imposition from industry?

I think it's not only a time saver but also a way for non-musicians to communicate ideas better to composers, a director could use Amper to communicate a general idea - iterating with the composer on pallet ideas, etc (a better way of doing "Temp" music). Ideally if you are hiring a composer you would let them come up with a lot of the creative ideas, but good communication is always a time-saver in this industry, and Amper is there to help assist in that. Will it change how people work? - we hope for the better. Is it an Imposition? Doubtful, with any new technology there is an adoption and learning curve - but ultimately we hope it's for the better.

Will AI affect to the definition of 'composer'? and 'art'?

Not sure I understand this question - Will this change the definition of composer what the idea of art is? No. Music, or any artform, is the perceived communication between creator to the observer. The idea of what "art" is has been debated and philosophized for most of our existence as the human race. If you look or hear a piece of "art" created solely by an AI, there was still something that instigated the "art" - even the baseline programming, which is art in-and-of-itself, right? I could muse on what actually constitutes art, but I think it is more what we as humans get out of it; it's our responses to art as a consumer that are important (especially if we are talking about music in media - it IS a product to begin with, designed to be consumed).

How does affect AI to the creative process? Is AI making music a mechanical process?

Hopefully it's a inspiration sparker (just like listening to someone else's music) - but this way, instead of having a blank paper, you have a semi-formed ball of clay to mess with, that you, as a creative, can form in any way you wish.

Can AI music generated compete with human generated?

Yes, in some cases it can. It depends on where the threshold of "acceptable" market-ready, usable quality is. Is this a simple "how-to" video where the music is 100% functional? or is this a block-buster cinematic epic? AI music already can compete 100% with the functional music, "as music" - but does it compete with composers and their jobs? My argument is you still need a human to instigate the art generation in some way, either by selecting something generated, generating it through molding/editing something existing, or starting from a blank page and going from scratch.

Foro de aiva (Discord) en la web oficial.

Sofia Oriana Infante09/24/2019

who is a real composer here?

robert09/24/2019

define real composer

Sofia Oriana Infante09/24/2019

like not using AI to compose, having a degree on music composition or work professionally composing. I would like to open a debate.

chocobitz82509/24/2019

Shoot

robert09/24/2019

Well I have a room full of music production gear, synthesizers, sequencers, mixers, etc which i use daily

Sofia Oriana Infante09/24/2019

is someone worried or thinking about how AI is gonna affect the composer job?

robert09/24/2019

not worried

chocobitz82509/24/2019

No

Sofia Oriana Infante09/24/2019

at all?

robert09/24/2019

not worried at all

chocobitz82509/24/2019

As a professional performer, songwriter and composer. No. Because it's taking your job whether you accept it or not. More reason for "real composers" to be involved in the process of shaping AI for their use. Rather than as their replacements

robert09/24/2019

Aiva presents me musical ideas that challenge me and I write according to those challenges, it's another tool to use not a replacement. Aiva is a long way from being able to write a decent pop song for example.

chocobitz82509/24/2019

Either way, whether it's AI or just time, we'll all become obsolete eventually. AI could be the tool that helps us scale beyond previous capacity or helps us stay current with the trends. Many ways where it helps more than hurts us

Sofia Oriana Infante09/24/2019

okay, here is my point:

robert09/24/2019

I agree with @chocobitz825

Sofia Oriana Infante09/24/2019

so when a company, a big one, needs to use music fast with no copyright infringement, is gonna obviously going to prefer to buy AIVA or Amper license than paying a human composer for every job

chocobitz82509/24/2019

Yes

Sofia Oriana Infante09/24/2019

that's a real situation where human replacement is happening for economic interest

robert09/24/2019

Amper isn't free of copyright, they only license the music

chocobitz82509/24/2019

But they could just hire a cheap composer who throws stuff together with loop packages instead of a skilled high wage composer. Their business concerns for cheap over quality will always be a compromising position where skilled professional lose work to cheaper options. Or they just try to force good composers to work harder and faster for cheaper

Sofia Oriana Infante09/24/2019

and I think that, what you are saying, that is totally true, has a wider effect on society.. like devaluating the concept of music

chocobitz82509/24/2019

It already devalues music

robert09/24/2019

Aiva is good and getting better but it is a long way from making production ready music. Amper only licenses music and the users of Amper weren't going to

commission a top tier composer anyway

chocobitz82509/24/2019

No one loves music more than musicians. Most people don't even understand music. That's why they can consume cheap alternatives. Like people taking junk food instead of fresh food. Consumption doesn't really mean passion for quality product.

robert09/24/2019

What genre of music do you work with @Sofia Oriana Infante ?

Sofia Oriana Infante09/24/2019

I write music for films mainly, but also concert music

robert09/24/2019

would one of your clients think that anything Aiva produces out of the box competes with you?

Sofia Oriana Infante09/24/2019

In my perception what I see is that AI is taking a place where the composer does not even have to know music... so it is surreal for me. I don't think so, but in the future... maybe

chocobitz82509/24/2019

Aiva with a skilled musicians guidance vs aiva with an amateur touch presents different results

Sofia Oriana Infante09/24/2019

I see that this is improving dramatically

robert09/24/2019

I think that future is a long way away, Aiva can't accept a brief as input

chocobitz82509/24/2019

Think of aiva as a writing assistant with a good melodic idea

Sofia Oriana Infante09/24/2019

Artificial creativity I mean

chocobitz82509/24/2019

It still takes a good producer and arranger and marketing plan to make any of that work well

robert09/24/2019

Aiva can't look at a piece of film and orchestrate to the film

Sofia Oriana Infante09/24/2019

but, if the results are good .. who cares if AIVA can't do that

chocobitz82509/24/2019

No one. But individualism is all we have

Sofia Oriana Infante09/24/2019

It is like Turing test

robert09/24/2019

and in other genres, you don't need AI to devalue music. Look at sites like <https://airbit.com/> - so much pop, hip hop, trap and other music made by humans that easily matches top producers

chocobitz82509/24/2019

If we mean to survive. Doing the things no one else can do

Sofia Oriana Infante09/24/2019

yes

chocobitz82509/24/2019

My ideal for AI for professionals would be a tool that learns how you write And speeds up your process by arranging the way you do and growing with you as you create more and more

robert09/24/2019

you can buy a hip hop beat from beatstars or airbit for \$30 and turn it into a gold record - it's been done

chocobitz82509/24/2019

You give it a motif, and it arranges around that and then you fine tune and it continues to grow with you, so that your AI is an extension of you and no one could duplicate that

robert09/24/2019

as a society we are awash with music

Sofia Oriana Infante09/24/2019

For me, AI helping a composer to have ideas is sad. It is like a painter asking AI to draw a sun in a landscape. Where is personal style and technique? the same happens with ostinatos. if you ask a program to make you the ostinato (or loops) you are making a collage, not your own composition

chocobitz82509/24/2019

That's fine

Sofia Oriana Infante09/24/2019

I don't know if i am explaining myself

chocobitz82509/24/2019

Pasta isn't pasta if you use sauce from a bottle. From the side of the person consuming it, they don't know and likely don't care If they feel something from the moment they're consuming. It

robert09/24/2019

have you played with Aiva much yet Sofia?

Sofia Oriana Infante09/24/2019

I am on it. I am writing my PhD on this topic: AI as a compositional tool. I would like to know what is going to happen with these programs and who uses it

chocobitz82509/24/2019

There are such broad uses, it's incredibly exciting

Sofia Oriana Infante09/24/2019

by the moment I only read about industry's interests: how to save money, time, etc

robert09/24/2019

do you think what Aiva composes challenges your already established talent though? From my point of view it's a great ideas tool but it can't come close to creating EDM or great pop songs

chocobitz82509/24/2019

That's the most irrelevant part I feel

Because those interests exist without AI

Sofia Oriana Infante09/24/2019

but AI do that better than a human. AI can write much faster for less money

chocobitz82509/24/2019

For AI in general, People can make their own relaxation playlists with AI with unique personalized original music. People could have an AI that syncs up with their Apple Watch and have it create music based on their heart rate.

Independent creators can have soundtracks made for their projects on a budget that fits their needs

AI can extend the potential of great composers and be their virtual composition assistant

Whether it be arranging, or notation, or even the songwriting side

Imagine it being a cowriter with ideas to provide, that doesn't get offended when you say you don't like what it provided

From the top down, potentially big studios could stop using composers, but from the bottom up, it levels the playing field.

People with no budget, or limited education get a chance to experience the and learn and produce bigger production and ideas

Some one will lose a job to AI, but that job was never guaranteed, and the potential is great for the tech

robert09/24/2019

example from Jukedeck

torsten09/24/2019

who is a real composer here?

Here in the Aiva team, we have several colleagues who studied composition, and I am one of them.

is someone worried or thinking about how AI is gonna affect the composer job?

Personally, my view is that tools like Aiva will affect but cannot replace professional composers in the foreseeable future, because all these tools lack the ability of aesthetic judgement. These tools can algorithmically generate music that is statistically similar to some given corpus of music, or that meets certain set conditions -- and we are working hard that Aiva gets pretty good that that :slight_smile: -- but the tool itself cannot judge whether humans when listening to that output will find it interesting or even exciting, funny, boring, ...

In my view, for generating some background music using some algorithmically generated music as-is might be good enough, but as soon as you have any aesthetic purpose (e.g., want to compose a cue that supports a certain film scene in a specific way), using results as-is will usually not be good enough and you will instead want to involve a human refining the output. Now, such refinement might simply be generating a lot of tracks and then cherry-picking from those some music that is suitable for your artistic goal. For more fine-grained control you want to play around with settings, or regenerate certain sections (i.e. cherry-picking at section level) or ultimately open the result in your DAW and revise it there further (e.g., combine sections from multiple Aiva-generated tracks, add some part by hand

here and there or remove some of Aiva's notes, refine the orchestration...).

The advantage of having a tool like Aiva for composers is that the production process is considerably faster if you do not need to start from scratch. Also, it lowers the threshold for entering into composition: pretty much everyone can cherry pick results :slight_smile:

Sofia Oriana Infante09/27/2019

To torsten: about the aesthetic judgement: I have read articles by Wiggins talking about this and finding solutions. Also, it is true that these tools generate music similar to a given corpus: like the human being! Creativity has a component of novelty, but from the combination of learned things (or, by contrast, avoiding them). In addition, I think about connecting this tools to Big Data and analysing statistics from Spotify or Youtube to make aesthetic decisions. AI is a pretty young field. If I have to make a prediction... mainstream musical products and films (or fb videos, publicity, etc) are going to be all scored with AI (bye bye humans here), even in Hollywood where nowadays almost all scores are build up with ostinatos and very simple melodies... (very easy to imitate with AI) because they already use software with predefined textures, due to the lack of time they have to write: they are seen as machines of products, not artistic creators.

torsten09/28/2019

even in Hollywood [...] due to the lack of time they have to write: they are seen as machines of products

In such a context, actual machines can help, giving the composer more time to focus on the artistic side :slight_smile:

Sofia Oriana Infante09/30/2019

the artistic process includes all composition process. I don't get what you mean

robert09/30/2019

if you use a DAW, or a sequencer then Aiva is just an evolutionary step

Sofia Oriana Infante09/30/2019

an evolutionary step to where?

robert09/30/2019

more productive composing

Sofia Oriana Infante09/30/2019

productive? in terms of time and money, not artistic purposes

robert09/30/2019

if you were a purist you'd be scoring your music by hand on music paper with a piano

Sofia Oriana Infante09/30/2019

I understand when the software makes composing easier for example to copy/paste material

I am not!

MasterofPuppets_09/30/2019

I believe what @torsten means is that the basic writing process (chord progressions, melody lines...) can be replaced by the machine and that the editing part and adding lines/motives is left for the composer

Sofia Oriana Infante09/30/2019

the thing is when the software gives you something as a preset, something you can modify or play with it. But I see that as you are not creating from your heart/mind/original ideas

i don't know if i am explaining myself

robert09/30/2019

then don't use it

Sofia Oriana Infante09/30/2019

of course :wink:

robert09/30/2019

nobody is forcing anyone to use AI in composition

Sofia Oriana Infante09/30/2019

I am just researching for my thesis

robert09/30/2019

but those who embrace it will end up the winners in the evolutionary process

Sofia Oriana Infante09/30/2019

and I must take into account your perspectives

alright

I would love to be the loser

this time

robert09/30/2019

look into the outcry that Switched on Bach by Wendy Carlos caused when it was

released

the synthesizer was going to kill music

narrator: it didn't

Sofia Oriana Infante09/30/2019

you see that as the same case than with AI?

robert09/30/2019

yes

MasterofPuppets_09/30/2019

AI is a tool and that's what I seek with my thesis, not to replace human thinking, but to be a complement to it

robert09/30/2019

question: does the average listener of a fine piece of music care how it was made?

Haalford09/30/2019

Synthesizers were new instruments, whereas Aiva is a composing tool. The difference is great, because using synth in music is a lot more audible to the listener than using Aiva.

In one case, it changes the experience of the listener. In the other, it's the writing experience that is changed.

Sofia Oriana Infante09/30/2019

I would like to see that but, as a composer, I only see that every time less musical knowledge is needed and compositions are getting very predictable and less interesting. Anyone can take AIVA and create music... without musical ideas

It is true, the average listener does not care about that

robert09/30/2019

In the 19th century, a radical faction called the luddites destroyed textile machinery as a form of protest because it was going to kill their craft, guess who won?

MasterofPuppets_09/30/2019

Imagine if you're an artist with a formed idea but not knowing out to give it that extra spice, so if you can get anything done from that riff or chord progression, wouldn't it be great? Happened to me more times than I've remembered, and I usually ask someone about what fits there, but with AI sometimes that could be saved time

pierre09/30/2019

Actually, synths changed the writing experience, you don't write for synths the same way you do for other instruments.

Also, your level of skill with music defines how far you can take AIVA's outputs. More skilled composers make music that's a lot better with AIVA than less skilled composers

Sofia Oriana Infante09/30/2019

the thing is that i don't NEED aiva at all

pierre09/30/2019

that's fine for me :slight_smile:

robert09/30/2019

if you don't need Aiva, where exactly is the problem?

Sofia Oriana Infante09/30/2019

because I am trained, i studied, i have my own ideas. And I am not a genius

MasterofPuppets_09/30/2019

Yes, but it's more of a tool, not a replacement... From my composing experience, I confess that sometimes having a little help from AI could do wonders (or not), but being up to me to judge, I wouldn't be bothered, I could simply retry

Sofia Oriana Infante09/30/2019

the problem is about what i said before. Composers in the industry being forced to use AI to be able to produce in the required time of the company requests, losing the artistic side, getting this as a trend, replacing human COMPOSERS (not programmers): being part of a process where only the benefits of a industry are important

robert09/30/2019

oh spare me, nobody is forcing you to use AI

pierre09/30/2019

Do you have data to back that point? Afaik, Hans Zimmer composes fine without AIVA :smile:

Sofia Oriana Infante09/30/2019

How can I say it...

aha... Hans Zimmer...

MasterofPuppets_09/30/2019

Of course this goes with a bunch of music ethics, and if creativity is purely human, among other things... But no, AI isn't really replacing humans at composing

Sofia Oriana Infante09/30/2019

he writes stuff that AI will do very easily

robert09/30/2019

I'm out of this conversation, I'm going to go back to creating 20 nice piano pieces with Aiva

Sofia Oriana Infante09/30/2019

alright

MasterofPuppets_09/30/2019

I believe you're overestimating current music AI

But in the near future, that might be the case

Haalford09/30/2019

But Aiva alone isn't creative enough to replace composers. It is a tool because humans are still needed.

And if AI becomes good enough to entirely replace humans, then yes they will replace composers, because they will be better than them

Better as more creative, more artistic

But we are still far from it

Sofia Oriana Infante09/30/2019

when you say nobody forces me to use AIVA is totally true, but the composers working under pressure of capitalism in the film industry will feel like that, as a part of a machine

yes, I am always referring to a near future

Computers create more faster, and they will do it better too, I guess

companies will only have to pay one license

robert09/30/2019

someone let me know when Godwin's law has been invoked in this discussion
:slight_smile:

MasterofPuppets_09/30/2019

I mean, my teacher wants to create an AI for writing Fado as his ultimate goal, and that would include lyrics and other stuff... So that's human replacement right there... And you're totally right for being against that need

It would be amusing to have something like that working, yes

But also kinda frightening of course

But in the long run, that AI was human made, so there's some credit to it, I believe

Sofia Oriana Infante09/30/2019

let's see!

:stuck_out_tongue:

MasterofPuppets_09/30/2019

Btw, what's your thesis about @Sofia Oriana Infante ?

Sofia Oriana Infante09/30/2019

Artificial Intelligence as a compositional tool ;P

Haalford09/30/2019

If music can be created faster and faster, and technologies like Aiva are used to create monstrously huge musical databases that are all copyrighted, will there still be a place for new compositions ?

More precisions about this question : i don't think that AI is replacing composers, and that is actually not what I want to discuss. It's just that it's theoretically possible to have a copyright on EVERY musical idea (from chord progressions to melodic lines, or rythmic patterns...) with an automated system that automatically acquires copyright on each and every track that it's generating, if it's generating music fast enough and long enough.

So in this situation, would any composer (with or without AI assistance) still be able to compose without plagiarizing copyrighted content ? Would the very concept of copyright needs to evolve ?

robert09/30/2019

Have you ever worked out the massive number of possible combinations over just 4 bars of music? then extrapolate that to a track, the numbers are huge

Haalford09/30/2019

I know the numbers, but computational power continues to grow, and data storage does the same. In a few decades we might even see quantum computers, who knows.

This is highly theoretical and still far from now, but it doesn't strike me as impossible

robert09/30/2019

In Australia you don't need to register copyright, it exists from the moment of creation. I can't imagine what the lawyers will do with AI music in the future but a seismic shift in computing power would be required to come up with every variation

torsten09/30/2019

will there still be a place for new compositions ?

Usually, only certain areas in the very large space of possible scores get explored. In the past, if human composers felt that a certain area has been explored too extensively so that results are too repetitive (and way before all possible musical results have been explored), then they move on to another area in that overall space, creating a new genre/style... There so are many parameters that can be changed to create new styles that we can happily do this even concurrently with various styles in parallel. Personally, I assume with computer-generated music we will follow this pattern as well, because in the end the ultimate judge over whether the music is interesting are human listeners.

chocobitz82509/30/2019

I just stumbled over an Instagram post that felt relevant to the topic somewhat I feel this is the same with AI and music. Most of the complaints made about it, act as if AI is bringing a problem that humans, and the industry aren't already experiencing.

There's no harm it can really do that we aren't already doing now. At its best good composers can use it to be more competitive. At its worst, it's a cheap alternative to good composers for companies that don't care about quality and wouldn't have paid a composer well anyway.

robert10/03/2019

Someone asked recently whether Aiva could create every possible song, here's some interesting math on the subject. <https://plus.maths.org/content/how-many-melodies-are-there>

plus.maths.org

How many melodies are there?

The equivalent of a writer staring at a blank page, wondering how to fill it, is a composer staring at the 88 black and white notes on a piano wondering how to compose a melody that's never been heard before. How can one possibly take the

eight notes of a standard scale and w...

Zedd10/03/2019

@robert -- Thanks for that. I haven't read it yet, but it is definitely a topic of interest. I have the browser page loaded and will look forward to reading it.

torsten10/03/2019

Brief summary: the author only considers pitch and duration combinations of monophonic lines (i.e. not at all taking accompaniment into account, tempo, pitch range, or tuning, not to mention sound...), but he allows for all possible combinations. "There are around 82,500,000,000,000,000 melodies that are 10 notes long. That's a fair few to work through! A very rough approximation shows it's over 2.6 trillion years worth of material."

robert10/03/2019

yep, there's still a lot of original material to be made and well beyond the lifespan of our planet :slight_smile: