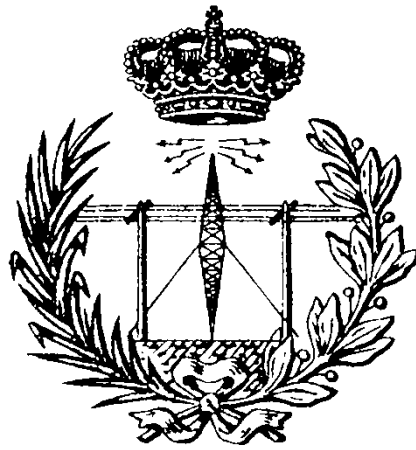


ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS LARÍNGEAS MEDIANTE ELECTROGLOTOGRAFÍA

Titulación: Ingeniería de Telecomunicación

Autor: José P. González Torres

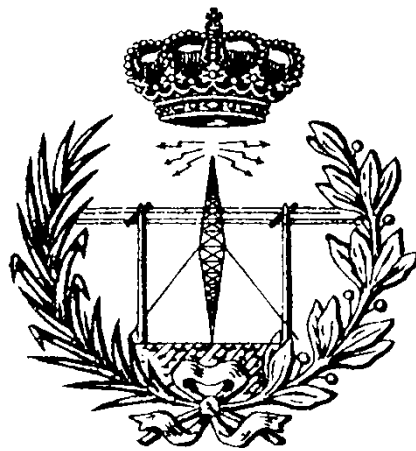
Tutores: Dr. Jesús B. Alonso Hernández

Dr. Carlos Travieso González

Dr. José de León y de Juan

Fecha: Junio 2017

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS LARÍNGEAS MEDIANTE ELECTROGLOTOGRAFÍA

HOJA DE FIRMAS

Alumno

Fdo.: José González Torres

Tutor

Fdo.: Dr. Carlos Travieso González

Fecha: Junio 2017

Tutor

Fdo.: Dr. Jesús B. Alonso Hernández

Tutor

Fdo.: Dr. José de León y de Juan

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS LARÍNGEAS MEDIANTE ELECTROGLOTOGRAFÍA

HOJA DE EVALUACIÓN

Calificación: _____

Presidente

Fdo.:

Vocal

Fdo.:

Secretario/a

Fdo.:

Fecha: Junio 2017

Agradecimientos

*A mis tutores, por la ayuda y la disposición mostrada,
pero sobre todo por la paciencia durante estos años.*

*A Angelita, por el apoyo, la compañía y las fuerzas para poder terminar,
este proyecto y todos los que tenemos por delante.*

*A mi hermano, por haber estado los años que yo no pude y siempre,
por sus ánimos y lealtad.*

*A mi madre, por la oportunidad de llegar hasta aquí, por confiar en mí,
por los esfuerzos realizados y las noches sin dormir.*

*A mi padre, por todo, por querernos tanto,
por quererte tanto, porque te echamos de menos.*

Índice

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Forma de Onda EGG	4
1.2 Antecedentes	6
1.3 Objetivos	10
1.4 Metodología	10
1.5 Estructura de la memoria	11
Capítulo 2 Metodología del Estudio	13
2.1 Diagrama de bloques del Proyecto	15
2.2 Tratamiento previo al estudio	16
2.3 Módulo Parametrizador	17
2.4 Módulo Clasificador	18
2.5 Experimentación	19
2.5.1 Vocal grabada.....	20
2.5.2 Tamaños de Ventana	21
2.5.3 Porcentajes de entreno de la SVM	21
2.5.4 Parámetros propios de la SVM	21
Capítulo 3 Base de Datos	23
3.1 Estadísticas.....	25
Capítulo 4 Extracción de Características	31
4.1 Dominio temporal.....	31
4.1.1 Amplitud	32
4.1.2 Momentos.....	33
4.1.3 Intervalos de tiempo de duración	33
4.2 Dominio espectral	35
4.3 Dominio cepstral.....	36
4.4 Medidas Estadísticas.....	37
Capítulo 5 Clasificación	41
5.1 Clasificador SVM	41
5.2 Clasificación por decisión EER	44
5.3 Receiver Operator Characteristic (ROC)	45
Capítulo 6 Resultados.....	49
6.1 Presentación de los resultados	50
6.1.1 Cálculo de los porcentajes óptimos.....	51
6.1.1.1 Vocal A.....	51
6.1.1.1.1 Ventana = 30ms	52
6.1.1.1.2 Ventana = 30ms con solapamiento	55
6.1.1.1.3 Ventana = 50ms	58
6.1.1.1.4 Ventana = 50ms con solapamiento	61
6.1.1.1.5 Ventana = 70ms	64
6.1.1.1.6 Ventana = 70ms con solapamiento	67
6.1.1.1.7 Resumen de resultados Vocal A	70
6.1.1.2 Vocal I	71
6.1.1.2.1 Ventana = 30ms	72

6.1.1.2.2	Ventana = 30ms con solapamiento	75
6.1.1.2.3	Ventana = 50ms	78
6.1.1.2.4	Ventana = 50ms con solapamiento	81
6.1.1.2.5	Ventana = 70ms	84
6.1.1.2.6	Ventana = 70ms con solapamiento	87
6.1.1.2.7	Resumen resultados Vocal I	90
6.1.1.3	Vocal U	91
6.1.1.3.1	Ventana = 30ms	92
6.1.1.3.2	Ventana = 30ms con solapamiento	95
6.1.1.3.3	Ventana = 50ms	98
6.1.1.3.4	Ventana = 50ms con solapamiento	101
6.1.1.3.5	Ventana = 70ms	104
6.1.1.3.6	Ventana = 70ms con solapamiento	107
6.1.1.3.7	Resumen resultados Vocal U	110
6.1.2	Cálculo de los parámetros óptimos	111
6.1.2.1	Vocal A	111
6.1.2.1.1	Ventana = 30ms	112
6.1.2.1.2	Ventana = 30ms con solape	115
6.1.2.1.3	Ventana = 50ms	118
6.1.2.1.4	Ventana = 50ms con solape	121
6.1.2.1.5	Ventana = 70ms	124
6.1.2.1.6	Ventana = 70ms con solape	127
6.1.2.1.7	Resumen resultados Vocal A	130
6.1.2.2	Vocal I	131
6.1.2.2.1	Ventana = 30ms	132
6.1.2.2.2	Ventana = 30ms con solape	135
6.1.2.2.3	Ventana = 50ms	138
6.1.2.2.4	Ventana = 50ms con solape	141
6.1.2.2.5	Ventana = 70ms	144
6.1.2.2.6	Ventana = 70ms con solape	147
6.1.2.2.7	Resumen resultados Vocal I	150
6.1.2.3	Vocal U	151
6.1.2.3.1	Ventana = 30ms	152
6.1.2.3.2	Ventana = 30ms con solape	155
6.1.2.3.3	Ventana = 50ms	158
6.1.2.3.4	Ventana = 50ms con solape	161
6.1.2.3.5	Ventana = 70ms	164
6.1.2.3.6	Ventana = 70ms con solape	167
6.1.2.3.7	Resumen resultados Vocal U	170
Capítulo 7	Discusión	173
7.1	Vocal grabada	174
7.2	Tamaño de ventanas	175
7.3	Porcentajes de entrenamiento	176
7.4	Parámetros SVM	177
Capítulo 8	Conclusiones	179
8.1	Líneas futuras	181
Anexo A	Estado del arte en el uso de la SVD	183
Anexo B	Aplicaciones Clínicas	187
Bibliografía	191

Índice de Figuras

Figura 1-1: Esquema de una electroglotografía.....	2
Figura 1-2: Método de procesamiento.....	3
Figura 1-3: Apertura y cierre de la glotis	4
Figura 1-4: Mecanismo Laríngeos.....	5
Figura 1-5: Esquema de la forma de onda de la señal EGG.....	5
Figura 1-6: Representación EGG en Matlab	6
Figura 1-7: Detección de GOI y GCI mediante umbrales	9
Figura 2-1: Esquema resumido del sistema.....	13
Figura 2-2: Diagrama de bloques general de proyecto.....	15
Figura 2-3: Diagrama de bloques del tratamiento previo de las señales	16
Figura 2-4: Diagrama de bloques módulo parametrizador.....	17
Figura 2-5: Diagrama de bloques módulo clasificador	18
Figura 3-1: Clasificación de las grabaciones realizadas.....	24
Figura 3-2: Separación por sexos para grabaciones sanas.....	25
Figura 3-3: Separación por sexos para grabaciones patológicas	26
Figura 4-1: Representación de los parámetros del modelo LF.....	32
Figura 4-2: Fases de apertura y cierre	34
Figura 5-1: Representación de hiperplano y vectores soporte.....	42
Figura 5-2: Ejemplo de LS-SVM para dos clases	43
Figura 5-3: Curvas de falsa aceptación y falso rechazo	44
Figura 5-4: Curva ROC	46
Figura 6-1: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-30ms.....	52
Figura 6-2: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-30ms	53
Figura 6-3: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-30ms.....	54
Figura 6-4: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-30ms con solape.....	55
Figura 6-5: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-30ms con solape	56
Figura 6-6: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-30ms con solape.....	57
Figura 6-7: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-50ms.....	58
Figura 6-8: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-50ms	59
Figura 6-9: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-50ms.....	60
Figura 6-10: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-50ms con solape.....	61
Figura 6-11: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-50ms con solape	62
Figura 6-12: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-50ms con solape.....	63
Figura 6-13: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-70ms.....	64
Figura 6-14: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-70ms	65
Figura 6-15: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-70ms.....	66
Figura 6-16: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-70ms con solape.....	67
Figura 6-17: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-70ms con solape	68
Figura 6-18: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-70ms con solape.....	69
Figura 6-19: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal A.....	71
Figura 6-20: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-30ms	72
Figura 6-21: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-30ms.....	73
Figura 6-22: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-30ms	74
Figura 6-23: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-30ms con solape	75
Figura 6-24: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-30ms con solape.....	76
Figura 6-25: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-30ms con solape	77

Figura 6-26: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-50ms	78
Figura 6-27: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-50ms	79
Figura 6-28: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-50ms	80
Figura 6-29: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-50ms con solape	81
Figura 6-30: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-50ms con solape	82
Figura 6-31: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-50ms con solape	83
Figura 6-32: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-70ms	84
Figura 6-33: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-70ms	85
Figura 6-34: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-70ms	86
Figura 6-35: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-70ms con solape	87
Figura 6-36: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-70ms con solape	88
Figura 6-37: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-70ms con solape	89
Figura 6-38: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal I.....	91
Figura 6-39: Representación gráfica esp. según porcentajes U-30ms	92
Figura 6-40: Representación gráfica pre. según porcentajes U-30ms.....	93
Figura 6-41: Representación gráfica sen según porcentajes U-30ms	94
Figura 6-42: Representación gráfica esp. según porcentajes U-30ms con solape	95
Figura 6-43: Representación gráfica pre. según porcentajes U-30ms con solape.....	96
Figura 6-44: Representación gráfica sen. según porcentajes U-30ms con solape	97
Figura 6-45: Representación gráfica esp. según porcentajes U-50ms	98
Figura 6-46: Representación gráfica pre. según porcentajes U-50ms.....	99
Figura 6-47: Representación gráfica sen. según porcentajes U-50ms	100
Figura 6-48: Representación gráfica según esp. porcentajes U-50ms con solape	101
Figura 6-49: Representación gráfica pre. según porcentajes U-50ms con solape.....	102
Figura 6-50: Representación gráfica sen. según porcentajes U-50ms con solape	103
Figura 6-51: Representación gráfica esp. según porcentajes U-70ms	104
Figura 6-52: Representación gráfica pre. según porcentajes U-70ms.....	105
Figura 6-53: Representación gráfica sen. según porcentajes U-70ms	106
Figura 6-54: Representación gráfica esp. según porcentajes U-70ms con solape	107
Figura 6-55: Representación gráfica pre. según porcentajes U-70ms con solape.....	108
Figura 6-56: Representación gráfica sen. según porcentajes U-70ms con solape	109
Figura 6-57: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal U	111
Figura 6-58: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-30ms	112
Figura 6-59: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-30ms	113
Figura 6-60: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-30ms	114
Figura 6-61: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-30ms con solape ...	115
Figura 6-62: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-30ms con solape ...	116
Figura 6-63: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-30ms con solape ...	117
Figura 6-64: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-50ms	118
Figura 6-65: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-50ms	119
Figura 6-66: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-50ms	120
Figura 6-67: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-50ms con solape ...	121
Figura 6-68: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-50ms con solape ...	122
Figura 6-69: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-50ms con solape ...	123
Figura 6-70: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-70ms	124
Figura 6-71: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-70ms	125
Figura 6-72: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-70ms	126
Figura 6-73: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-70ms con solape ...	127
Figura 6-74: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-70ms con solape ...	128
Figura 6-75: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-70ms con solape ...	129

Figura 6-76: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal A.....	131
Figura 6-77: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-30ms	132
Figura 6-78: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-30ms	133
Figura 6-79: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-30ms	134
Figura 6-80: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-30ms con solape	135
Figura 6-81: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-30ms con solape	136
Figura 6-82: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-30ms con solape	137
Figura 6-83: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-50ms	138
Figura 6-84: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-50ms	139
Figura 6-85: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-50ms	140
Figura 6-86: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-50ms con solape	141
Figura 6-87: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-50ms con solape	142
Figura 6-88: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-50ms con solape	143
Figura 6-89: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-70ms	144
Figura 6-90: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-70ms	145
Figura 6-91: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-70ms	146
Figura 6-92: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-70ms con solape	147
Figura 6-93: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-70ms con solape	148
Figura 6-94: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-70ms con solape	149
Figura 6-95: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal I	151
Figura 6-96: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-30ms.....	152
Figura 6-97: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-30ms.....	153
Figura 6-98: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-30ms.....	154
Figura 6-99: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-30ms con solape....	155
Figura 6-100: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-30ms con solape..	156
Figura 6-101: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-30ms con solape..	157
Figura 6-102: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-50ms.....	158
Figura 6-103: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-50ms.....	159
Figura 6-104: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-50ms.....	160
Figura 6-105: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-50ms con solape..	161
Figura 6-106: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-50ms con solape..	162
Figura 6-107: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-50ms con solape..	163
Figura 6-108: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-70ms.....	164
Figura 6-109: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-70ms.....	165
Figura 6-110: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-70ms.....	166
Figura 6-111: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-70ms con solape..	167
Figura 6-112: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-70ms con solape..	168
Figura 6-113: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-70ms con solape..	169
Figura 6-114: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal U.....	171
Figura 7-1: Precisión para cada vocal según tamaño de ventana	174
Figura 7-2: Precisión alcanzada en cada tamaño de ventana.....	175
Figura 7-3: Prestaciones medias del sistema según tamaños de ventana	176
Figura 7-4: Medias de los porcentajes de entrenamiento de la SVM.....	177
Figura 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada	180

Índice de Tablas

Tabla 3-1: Estadísticas de las grabaciones sanas.....	25
Tabla 3-2: Estadísticas de las grabaciones patológicas	26
Tabla 3-3: Clasificación según diagnósticos	27
Tabla 6-1: Especificidad según porcentajes para A-30ms.....	52
Tabla 6-2: Precisión según porcentajes para A-30ms	53
Tabla 6-3: Sensibilidad según porcentajes para A-30ms.....	54
Tabla 6-4: Especificidad según porcentajes para A-30ms con solape.....	55
Tabla 6-5: Precisión según porcentajes para A-30ms con solape	56
Tabla 6-6: Sensibilidad según porcentajes para A-30ms con solape.....	57
Tabla 6-7: Especificidad según porcentajes para A-50ms.....	58
Tabla 6-8: Precisión según porcentajes para A-50ms	59
Tabla 6-9: Sensibilidad según porcentajes para A-50ms.....	60
Tabla 6-10: Especificidad según porcentajes para A-50ms con solape.....	61
Tabla 6-11: Precisión según porcentajes para A-50ms con solape	62
Tabla 6-12: Sensibilidad según porcentajes para A-50ms con solape.....	63
Tabla 6-13: Especificidad según porcentajes para A-70ms.....	64
Tabla 6-14: Precisión según porcentajes para A-70ms	65
Tabla 6-15: Sensibilidad según porcentajes para A-70ms.....	66
Tabla 6-16: Especificidad según porcentajes para A-70ms con solape.....	67
Tabla 6-17: Precisión según porcentajes para A-70ms con solape	68
Tabla 6-18: Sensibilidad según porcentajes para A-70ms con solape.....	69
Tabla 6-19: Especificidad según porcentajes para I-30ms	72
Tabla 6-20: Precisión según porcentajes para I-30ms	73
Tabla 6-21: Sensibilidad según porcentajes para I-30ms	74
Tabla 6-22: Especificidad según porcentajes para I-30ms con solape	75
Tabla 6-23: Precisión según porcentajes para I-30ms con solape	76
Tabla 6-24: Sensibilidad según porcentajes para I-30ms con solape	77
Tabla 6-25: Especificidad según porcentajes para I-50ms	78
Tabla 6-26: Precisión según porcentajes para I-50ms	79
Tabla 6-27: Sensibilidad según porcentajes para I-50ms	80
Tabla 6-28: Especificidad según porcentajes para I-50ms con solape	81
Tabla 6-29: Precisión según porcentajes para I-50ms con solape	82
Tabla 6-30: Sensibilidad según porcentajes para I-50ms con solape	83
Tabla 6-31: Especificidad según porcentajes para I-70ms	84
Tabla 6-32: Precisión según porcentajes para I-70ms	85
Tabla 6-33: Sensibilidad según porcentajes para I-70ms	86
Tabla 6-34: Especificidad según porcentajes para I-70ms con solape	87
Tabla 6-35: Precisión según porcentajes para I-70ms con solape	88
Tabla 6-36: Sensibilidad según porcentajes para I-70ms con solape	89
Tabla 6-37: Especificidad según porcentajes para U-30ms.....	92
Tabla 6-38: Precisión según porcentajes para U-30ms	93
Tabla 6-39: Sensibilidad según porcentajes para U-30ms.....	94
Tabla 6-40: Especificidad según porcentajes para U-30ms con solape.....	95
Tabla 6-41: Precisión según porcentajes para U-30ms con solape	96
Tabla 6-42: Sensibilidad según porcentajes para U-30ms con solape.....	97
Tabla 6-43: Especificidad según porcentajes para U-50ms.....	98

Tabla 6-44: Precisión según porcentajes para U-50ms	99
Tabla 6-45: Sensibilidad según porcentajes para U-50ms	100
Tabla 6-46: Especificidad según porcentajes para U-50ms con solape	101
Tabla 6-47: Precisión según porcentajes para U-50ms con solape	102
Tabla 6-48: Sensibilidad según porcentajes para U-50ms con solape	103
Tabla 6-49: Especificidad según porcentajes para U-70ms	104
Tabla 6-50: Precisión según porcentajes para U-70ms	105
Tabla 6-51: Sensibilidad según porcentajes para U-70ms	106
Tabla 6-52: Especificidad según porcentajes para U-70ms con solape	107
Tabla 6-53: Precisión según porcentajes para U-70ms con solape	108
Tabla 6-54: Sensibilidad según porcentajes para U-70ms con solape	109
Tabla 6-55: Especificidad según parámetros SVM para A-30ms	112
Tabla 6-56: Precisión según parámetros SVM para A-30ms	113
Tabla 6-57: Sensibilidad según parámetros SVM para A-30ms	114
Tabla 6-58: Especificidad según parámetros SVM para A-30ms con solape	115
Tabla 6-59: Precisión según parámetros SVM para A-30ms con solape.....	116
Tabla 6-60: Sensibilidad según parámetros SVM para A-30ms con solape	117
Tabla 6-61: Especificidad según parámetros SVM para A-50ms	118
Tabla 6-62: Precisión según parámetros SVM para A-50ms	119
Tabla 6-63: Sensibilidad según parámetros SVM para A-50ms	120
Tabla 6-64: Especificidad según parámetros SVM para A-50ms con solape	121
Tabla 6-65: Precisión según parámetros SVM para A-50ms con solape	122
Tabla 6-66: Sensibilidad según parámetros SVM para A-50ms con solape	123
Tabla 6-67: Especificidad según parámetros SVM para A-70ms	124
Tabla 6-68: Precisión según parámetros SVM para A-70ms	125
Tabla 6-69: Sensibilidad según parámetros SVM para A-70ms	126
Tabla 6-70: Especificidad según parámetros SVM para A-70ms con solape	127
Tabla 6-71: Precisión según parámetros SVM para A-70ms con solape	128
Tabla 6-72: Sensibilidad según parámetros SVM para A-70ms con solape	129
Tabla 6-73: Especificidad según parámetros SVM para I-30ms.....	132
Tabla 6-74: Precisión según parámetros SVM para I-30ms	133
Tabla 6-75: Sensibilidad según parámetros SVM para I-30ms.....	134
Tabla 6-76: Especificidad según parámetros SVM para I-30ms con solape.....	135
Tabla 6-77: Precisión según parámetros SVM para I-30ms con solape	136
Tabla 6-78: Sensibilidad según parámetros SVM para I-30ms con solape.....	137
Tabla 6-79: Especificidad según parámetros SVM para I-50ms.....	138
Tabla 6-80: Precisión según parámetros SVM para I-50ms	139
Tabla 6-81: Sensibilidad según parámetros SVM para I-50ms.....	140
Tabla 6-82: Especificidad según parámetros SVM para I-50ms con solape.....	141
Tabla 6-83: Precisión según parámetros SVM para I-50ms con solape	142
Tabla 6-84: Sensibilidad según parámetros SVM para I-50ms con solape.....	143
Tabla 6-85: Especificidad según parámetros SVM para I-70ms.....	144
Tabla 6-86: Precisión según parámetros SVM para I-70ms	145
Tabla 6-87: Sensibilidad según parámetros SVM para I-70ms.....	146
Tabla 6-88: Especificidad según parámetros SVM para I-70ms con solape.....	147
Tabla 6-89: Precisión según parámetros SVM para I-70ms con solape	148
Tabla 6-90: Sensibilidad según parámetros SVM para I-70ms con solape.....	149
Tabla 6-91: Especificidad según parámetros SVM para U-30ms	152
Tabla 6-92: Precisión según parámetros SVM para U-30ms	153
Tabla 6-93: Sensibilidad según parámetros SVM para U-30ms	154

Tabla 6-94: Especificidad según parámetros SVM para U-30ms con solape	155
Tabla 6-95: Precisión según parámetros SVM para U-30ms con solape	156
Tabla 6-96: Sensibilidad según parámetros SVM para U-30ms con solape	157
Tabla 6-97: Especificidad según parámetros SVM para U-50ms	158
Tabla 6-98: Precisión según parámetros SVM para U-50ms	159
Tabla 6-99: Sensibilidad según parámetros SVM para U-50ms	160
Tabla 6-100: Especificidad según parámetros SVM para U-50ms con solape	161
Tabla 6-101: Precisión según parámetros SVM para U-50ms con solape	162
Tabla 6-102: Sensibilidad según parámetros SVM para U-50ms con solape	163
Tabla 6-103: Especificidad según parámetros SVM para U-70ms	164
Tabla 6-104: Precisión según parámetros SVM para U-70ms	165
Tabla 6-105: Sensibilidad según parámetros SVM para U-70ms	166
Tabla 6-106: Especificidad según parámetros SVM para U-70ms con solape	167
Tabla 6-107: Precisión según parámetros SVM para U-70ms con solape	168
Tabla 6-108: Sensibilidad según parámetros SVM para U-70ms con solape	169
Tabla 7-1: Valores de sigma y gamma que optimizan el sistema	177
Tabla 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada	180
Tabla 8-2: Configuración óptima del sistema.....	181

Capítulo 1

Introducción

La electroglotografía (EGG en adelante) es un método para monitorizar los movimientos de las cuerdas vocales mediante el estudio del paso de una corriente eléctrica débil a través los tejidos blandos del cuello. Es una técnica de fácil manejo y completamente no-invasiva por lo que es comúnmente usado en clínicas de voz y laboratorios fonéticos.

Fue Fabre en 1957 el primero en informar sobre los fenómenos eléctricos percutáneos medibles en función de los movimientos vibratorios en las cuerdas vocales durante la fonación. Llamó a este nuevo método *glotografía de alta frecuencia* [1]. Actualmente el término glotografía denota todos los métodos fisiológicos que estudian las vibraciones de las cuerdas vocales.

La electroglotografía hace uso de la conductividad eléctrica de los tejidos corporales. Dos electrodos de metal aproximadamente de 3cm^2 a 9cm^2 se colocan en la piel a cada lado del cuello en la región tiroidea a la altura de la glotis (Figura 1-1 [52]). Con los tejidos corporales funcionando como conductores con una cierta impedancia, se hace pasar una corriente eléctrica a través de los electrodos y, dependiendo de la construcción del instrumento utilizado (voltaje constante o corriente constante) se mide la cantidad de corriente o la impedancia a través de los tejidos. Obviamente la corriente ha de ser suave,

que no cause daño a los tejidos ni provoque contracciones en los músculos o impulsos nerviosos. Normalmente se usan corrientes alrededor de 20mA o menos, produciendo un voltaje alrededor del cuello de unos 0.5V. Realmente la corriente no es perceptible para el sujeto, ya que es de alta frecuencia (normalmente entre 300Khz y 5MHz). El correcto emplazamiento de los electrodos, vertical y horizontalmente es crítico para obtener una buena señal EGG. La posición de los mismos debe ser juzgada controlando la amplitud de la señal en un osciloscopio [31].

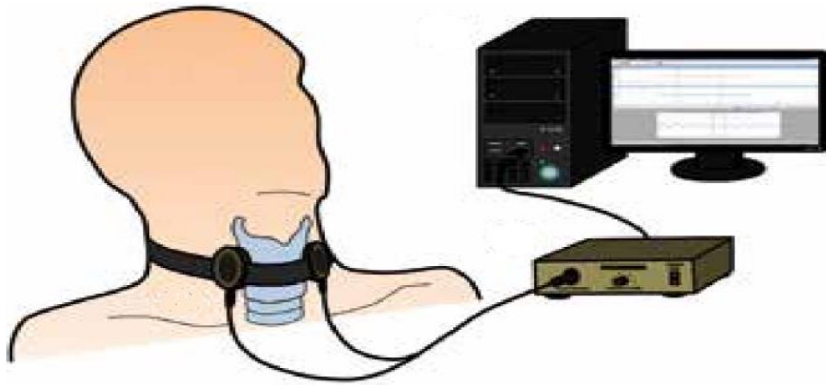


Figura 1-1: Esquema de una electroglotografía

La impedancia de los tejidos depende de su composición química, por ejemplo el tejido adiposo tiene más bien alta impedancia mientras que la impedancia de los tejidos musculares y fluidos corporales como la sangre es baja. Por lo tanto la señal eléctrica puede estar influenciada por las contracciones de los músculos al tragar o por los movimientos respiratorios o articulatorios de la laringe, pero también por cambios en la colocación de los electrodos. Debido a estas posibles variaciones los glotógrafos son equipados con filtros paso alto y controles automáticos de ganancia para estabilizar la amplitud de la parte más interesantes de la señal [2]. Una vez esté correctamente colocado el equipo se indica al paciente que hable, bien sea emitiendo una vocal sostenida o un registro de voz hablada o leída dependiendo de las necesidades. Las variaciones de la impedancia producidas durante la fonación se recogen y procesan por el sistema informático.

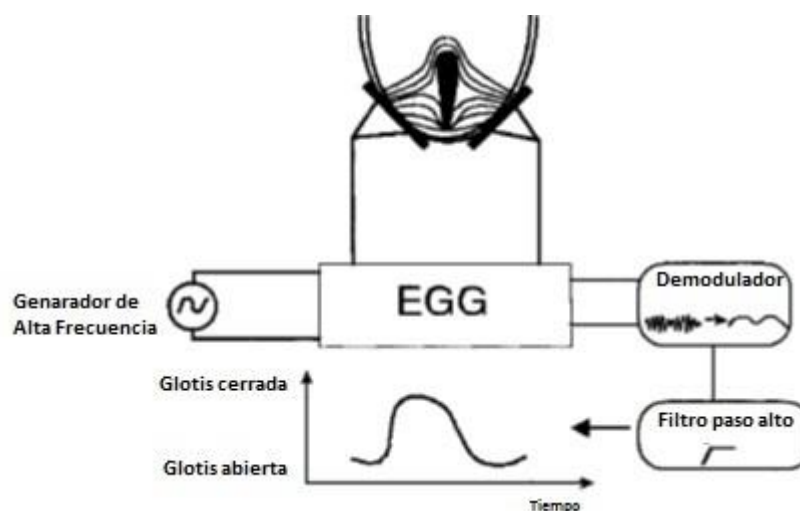


Figura 1-2: Método de procesamiento

La variación de la impedancia causada por los movimientos vibratorios de las cuerdas vocales es el principio en el que se basa la electroglotografía (Figura 1-2 [51]). Como la impedancia del aire es casi infinita, incluso las pequeñas variaciones en el espacio de aire de la glotis durante la fonación influyen en la impedancia total del cuello. Mediante modulación y amplificación, estas variaciones de impedancia pueden ser aisladas y separadas como señales, el electroglotograma.

Las variaciones de impedancia detectadas en el electroglotograma son causadas por variaciones en el área de contacto entre dos cuerdas vocales, de hecho durante la parte del ciclo vibratorio en la que no hay contacto entre las cuerdas, el electroglotograma no es sensible a las variaciones del área glotal. Durante la fonación, las cuerdas vocales (tejido humano) son, a veces, separadas por la glotis (aire). Como las cuerdas vocales se mueven independientemente, se abre la glotis, aumentando de este modo la impedancia eléctrica a través de la laringe. Cuando las cuerdas vocales se acercan, el tamaño de la glotis disminuye, disminuyendo de ese modo la impedancia eléctrica a través de la laringe. La señal originada por estos cambios en la impedancia a continuación se muestra en una pantalla. Las fases de apertura y cierre de la glotis se exponen en la Figura 1-3 [13] mediante imágenes de alta velocidad correspondientes a la señal electroglotográfica y su derivada (DEGG - *derivative of electroglotographic signal*), durante la fonación masculina no patológica.

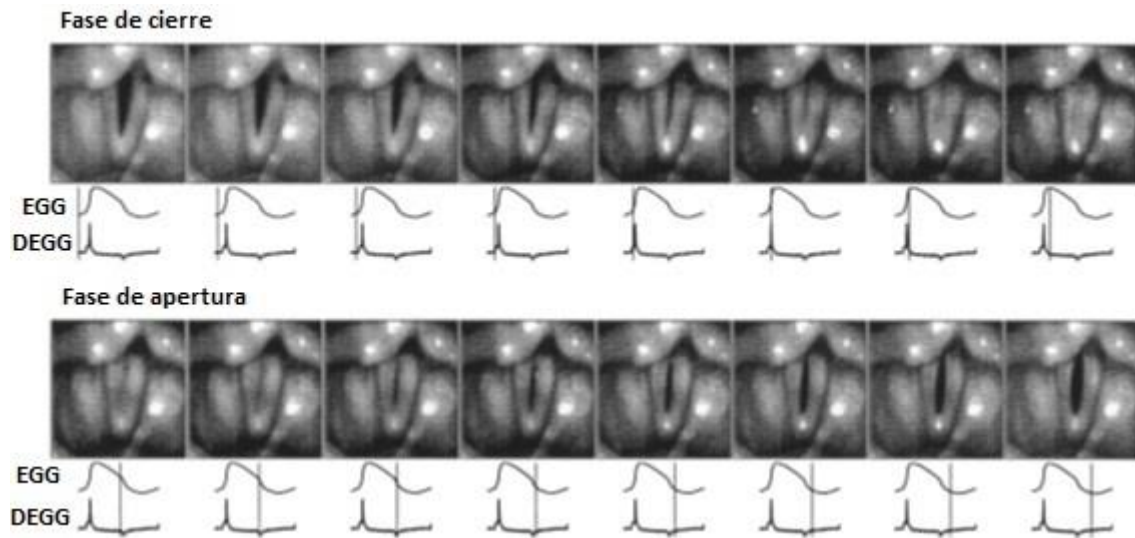


Figura 1-3: Apertura y cierre de la glotis

El electroglotograma se obtiene tan fácilmente que ha llegado a convertirse en protagonista de gran variedad de estudios que reportan información útil tanto de la fonación normal como de la patológica [4] [5] [8].

1.1 Forma de Onda EGG

La producción vocal humana se caracteriza por el uso de cuatro configuraciones distintas de las cuerdas vocales que difieren en la longitud y el grosor de los pliegues vocales y en la tensión de los músculos laríngeos implicados en el proceso vocal. La evidencia que apoya esta clasificación es proporcionada por las transiciones visibles, que pueden por ejemplo ser escuchadas en un glissando (técnica consistente en producir la secuencia completa de todos los sonidos existentes entre dos notas) y detectadas en la señal EGG [7]. La transición de un mecanismo a otro de rango superior se caracteriza por un salto en frecuencia, una reducción de la amplitud de la EGG y un cambio en la forma de su derivada [28] (Figura 1-4, [7]). Los mecanismos laríngeos son los siguientes:

- Mecanismo 0 (M0): Producción de los tonos más bajos.
- Mecanismo 1 (M1): Uso común en el habla y el canto.
- Mecanismo 2 (M2): Uso común en el habla y el canto.
- Mecanismo 3 (M3): Se utiliza para producir los tonos más altos.

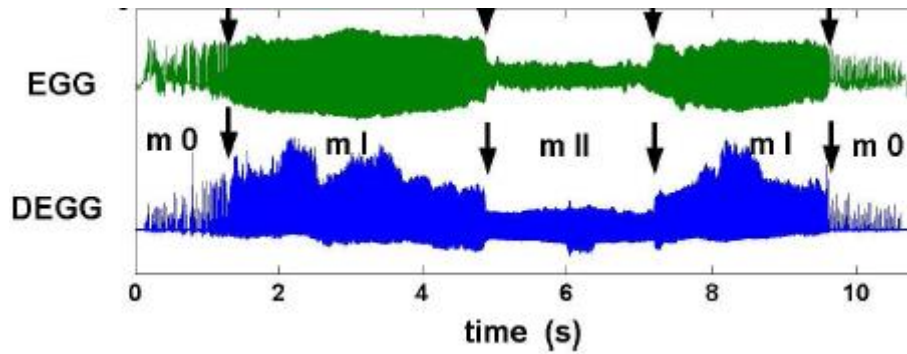


Figura 1-4: Mecanismo Laríngeos

En M1 las cuerdas vocales son gruesas, lo que lleva a diferencias de fase verticales durante la vibración. Tiene unas fases de apertura y cierre más largas que M2, donde los pliegues vocales son delgados y vibran sin ninguna diferencia de fase. Basándonos en esta clasificación una descripción esquemática de la señal EGG para los mecanismos 1 y 2 se muestra en la Figura 1-5 [13].

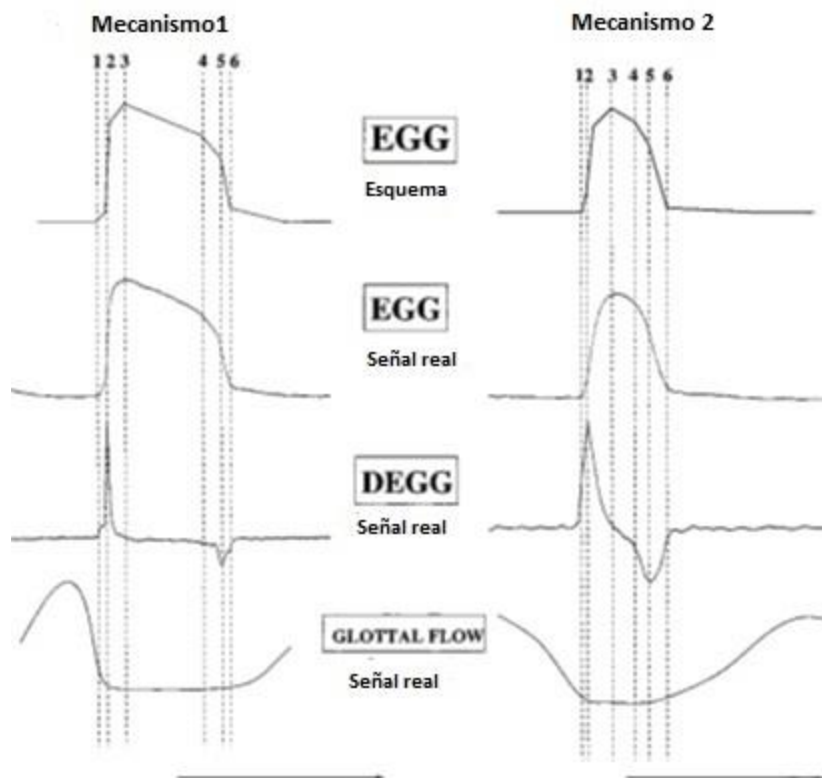


Figura 1-5: Esquema de la forma de onda de la señal EGG

Durante un ciclo de vibración de las cuerdas vocales, la señal EGG correspondiente puede ser descrita por cuatro fases principales [13]:

- **1→3** Fase de cierre: El contacto se inicia a lo largo de los márgenes inferiores de las cuerdas vocales (1→2) propagándose después a los márgenes superiores (2→3). Como el cierre es generalmente más rápido que la apertura, esta fase se caracteriza por una fuerte pendiente en la señal EGG. El instante de máxima pendiente se puede encontrar en 2, que corresponde a un pico positivo en la derivada de la señal de EGG (DEGG).
- **3→4** Fase cerrada: Las cuerdas vocales están en pleno contacto, impidiendo que el aire pase a través de la glotis.
- **4→6** Fase de apertura: Los márgenes inferiores de las cuerdas vocales comienzan a separarse gradualmente (4→5) seguidos por la separación de los superiores (5→6). El instante de máxima pendiente se puede encontrar en 5, coincidiendo con el pico negativo de la DEGG.
- **6→1** Fase abierta: Las cuerdas vocales están separadas. Se observa una señal relativamente plana, ya que hay poca variación en la admitancia.

Finalmente en la Figura 1-6 se muestran varios ciclos completos de una señal EGG real. Estos datos pertenecen a un paciente femenino normal y están recogidos en la base de datos de referencia usada para este proyecto “*Saarbruecken Voice Database*”.

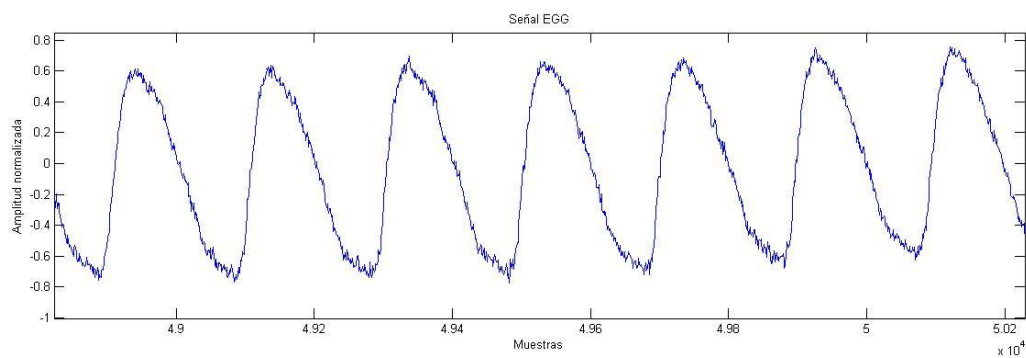


Figura 1-6: Representación EGG en Matlab

1.2 Antecedentes

Son diversas las publicaciones dedicadas al estudio de la EGG y sus posibles aplicaciones, debido, en gran parte, a que la instrumentación es de fácil adquisición, ya sea personalizándola o mediante alguno de los dispositivos disponibles en el mercado.

El estudio desarrollado en [3] muestra la posibilidad de usar la electroglotografía como método para discriminar entre una función laríngea normal y otra patológica. La hipótesis sobre la que se basa consiste en suponer que una laringe patológica mostrará un

patrón de vibración anormal. La señal EGG también puede ser útil para ayudar al análisis, síntesis y reconocimiento de la voz por lo que se propone como una ayuda para el diagnóstico de la disfunción laríngea y el análisis preciso de la voz. Misma finalidad tiene el estudio presentado en [4] en el que se utilizan técnicas de procesado de señal para discriminar individuos con patología laríngea entre una población normal, partiendo de dos conjuntos de datos consistentes en señales acústicas y electroglotográficas registradas simultáneamente. El conjunto experimental estaba formado por 12 hombres y una mujer, cada uno de los cuales tenía diagnosticada clínicamente una patología laríngea. El grupo de control estaba compuesto de 8 hombres y 3 mujeres los cuales no contaban con antecedentes de patología laríngea. Se pidió a todos los sujetos la fonación sostenida de la vocal / i / durante la cual se registraron las señales simultáneamente. En [5] se evalúa la relación entre patologías laríngeas y las perturbaciones en amplitud y frecuencia de la señal EGG asociadas a la fonación de vocales. Con estas perturbaciones en el tono fundamental y en la amplitud de pico de la señal de EGG obtenidas mediante un sistema de 4 electrodos y utilizando técnicas de modulación-demodulación se tiene el propósito de desarrollar un criterio de decisión para la identificación de la función laríngea. Las muestras para el estudio consistieron en 30 pacientes con diversas patologías de la laringe (pólipos vocales, voz ronca, cáncer de laringe) y 30 adultos normales para fines de control, a los que se les pidió que mantuvieran las 5 vocales durante aproximadamente 3 segundos. El análisis de perturbaciones en amplitud y periodo del tono de la señal de voz sonora es una técnica común para la detección de trastornos laríngeos. Dado que la forma de onda EGG es menos compleja que la señal de voz, y se ve relativamente poco afectada por la resonancia acústica del tracto vocal, se considera que es más ventajosa que la señal de voz para el análisis de dichas perturbaciones [3] [4]. Se desarrolla en [6] una investigación para la obtención de medidas cuantitativas para la evaluación de la función laríngea usando voz y datos electroglotográficos. Se usan dos procedimientos para la detección de patologías laríngeas: medida de distorsión espectral y análisis de la señal EGG. El propósito final de este trabajo fue determinar si las señales de voz y de EGG se podrían utilizar para extraer vectores que ayuden a la detección de los trastornos vocales. Las muestras usadas en este estudio fueron 23 (8 hombres, 15 mujeres) pacientes con un trastorno o patología vocal y 52 sujetos con laringe normal, emitiendo ciertas frases, vocales y otras expresiones. Además se les pidió a cada uno sostener la vocal / i / durante al menos 2 s.

La frecuencia fundamental (F_0), se define como el número de contactos entre las cuerdas vocales durante 1 segundo y refleja varias características laríngeas y extralaríngeas

del hablante, como el tamaño de la laringe o la presión subglótica. Una ventaja de la EGG es que permite determinar con precisión la frecuencia fundamental (F_0) de la vibración vocal y sus variaciones con el tiempo. En [12] se diseña un estudio para desarrollar una base de datos que contenga mediciones electroglotográficas de la frecuencia fundamental (F_0) en sujetos normales durante el funcionamiento del habla, para referencia en el diagnóstico y seguimiento de pacientes disfónicos. Se incluyó a 20 voluntarios sanos de sexo masculino sin trastorno laríngeo.

Personas con discapacidad auditiva pre-lingual tienen un patrón anormal de la vibración de las cuerdas vocales y la electroglotografía se ha utilizado para describir cualitativamente estas anomalías [25]. Tres grupos con distintos niveles de discapacidad, moderadamente graves, graves y profundos fueron sometidos a análisis electroglotográfico y se compararon los resultados con los de un grupo control. Los datos obtenidos pueden ser utilizados en la evaluación de la voz de discapacitados auditivos, así como en la planificación de la intervención terapéutica para mejorar la calidad de la voz.

Otro tipo de estudios se apoyan en la electroglotografía para describir diferentes aspectos de la función laríngea. Con el fin de producir una amplia gama de tonos, la producción vocal humana se caracteriza por el uso de cuatro configuraciones distintas de la laringe [7]. La evidencia de tal división está dada por transiciones notables en la señal de audio, la señal EGG y en su derivada durante la producción de un glissando. Para definir estos mecanismos y entender más acerca de ellos, la electroglotografía es elegida como un método muy simple y no invasivo para la exploración indirecta del proceso vibratorio de las cuerdas vocales. Una manera intuitiva para evaluar rápidamente los fenómenos de contacto de las cuerdas vocales y su variación en el tiempo mediante el análisis y la visualización de las señales EGG y su primera derivada (DEGG) es presentado en [8]: “*The electroglottographic wavegram*”. Para ello se desarrolla un algoritmo que muestra cómo la forma de onda EGG cambia con el tiempo, de un ciclo a otro, en una sola imagen llamada “*wavegram*”.

La estimación de varios parámetros glotales se puede llevar a cabo haciendo uso de la EGG, basándose en la obtención de los instantes de cierre de la glotis (GCI) y los instantes de apertura glótica (GOI) que se pueden calcular por diferentes métodos, como utilización umbrales de cruce de la señal de EGG (Figura 1-7 [26]) o los picos que aparecen en su derivada. El parámetro GCI es comúnmente usado en el procesamiento del habla, es muy útil en el análisis y síntesis de la voz síncrona, mientras que GOI es útil para la estimación de la calidad de voz. A su vez se utilizan para calcular otras medidas como la frecuencia

fundamental o el cociente de apertura glotal. La estimación precisa de los GCIs y GOIs es importante en aplicaciones de procesamiento del habla y en el estudio de la voz patológica. En [26] [30] son determinados haciendo uso de métodos de productos multi-escala, mientras que en [9] se describe un algoritmo para la detección de la actividad glotal, de los instantes de apertura y cierre de la glotis basado en EGG, que presenta una gran precisión sobre la totalidad de los segmentos de voz llamado SIGMA (*Singularity in EGG by Multiscale Analysis*). Como alternativa en [10] se propone el algoritmo YAGA (*Yet Another GCI/GOI Algorithm*) para el análisis de señales habladas y EGG comparándolo con las prestaciones ofrecidas por el SIGMA.

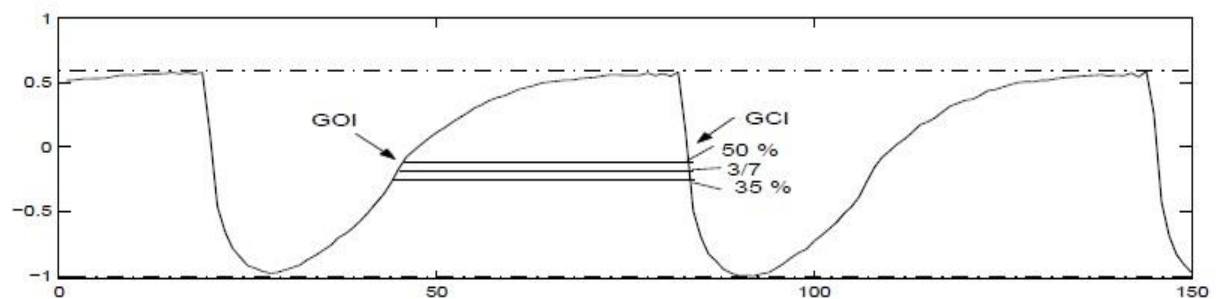


Figura 1-7: Detección de GOI y GCI mediante umbrales

Como complemento de la señal EGG existen investigaciones que hacen uso de su derivada DEGG. Mediante la aplicación de una base de datos consistente en 18 cantantes entrenados, en [13] se propone una guía para dar utilidad a esta señal, usándola para la caracterización de la fonación no patológica aprovechando que la apertura y cierre de los instantes glotales están relacionados con los picos de la señal; este último puede ser utilizado para medir parámetros tales como la frecuencia fundamental. En la literatura, los principales métodos se basan en la EGG para detectar el cierre y la apertura de la glotis y no en su derivada.

Como diversificación, en [11] se utiliza la electroglotografía como técnica fiable para el estudio de la estructura sonora de las lenguas debido a su carácter no invasivo que permite obtener la forma de onda de la actividad glotal sin interferencias y directamente del cartílago tiroideos. Ejemplo el estudio llevado a cabo en [23] donde se usa como herramienta para investigar los cambios en el tipo de fonación durante la combinación de los diferentes cambios acústicos de un lenguaje euroasiático.

1.3 Objetivos

El objetivo para este proyecto consiste en la intención de diseñar un nuevo mecanismo de clasificación que ayude a discriminar entre pacientes sanos y patológicos por medio de la técnica no invasiva de la electroglotografía. Además se trata de aportar nuevas observaciones y la aplicación de diversos parámetros a los estudios ya realizados en este campo.

Aprovechando el uso abierto de la “*Saarbruecken Voice DataBase*” [9] (Base datos utilizada para el proyecto) se trata de profundizar en el campo de la diagnosis laríngea, evaluando perturbaciones en la señal EGG que puedan estar asociadas a patologías laríngeas, durante la fonación sostenida de vocales simples.

1.4 Metodología

La metodología a seguir para la realización de este proyecto consiste en el desarrollo de seis grandes bloques:

- Estado del arte
- Preprocesado. Estudio y clasificación de la base de datos.
- Parametrización de las señales que componen la base.
- Clasificación: Sano/Patológico.
- Experimentación.
- Presentación de resultados.

Fase 1: Primeramente y como actividad necesaria para al desarrollo del proyecto, se lleva a cabo una investigación sobre la técnica de la Electroglotografía y los estudios que han sido publicados hasta la fecha referentes tanto a sus aplicaciones clínicas como a la detección de voz patológica, objetivo fundamental de este proyecto.

Fase 2: Seguidamente se trabaja sobre la base de datos, identificando y analizando las grabaciones con las que cuenta y separándolas, diferenciando entre voces sanas o patológicas, vocal grabada o sexo del paciente.

Fase 3: A continuación, se diseñan los algoritmos que dan lugar a la clasificación de los pacientes. Se realiza un estudio de los parámetros más extendidos en la caracterización de la voz en los distintos dominios: temporal, espectral y cepstral y se implementan en un primer bloque que descompone las señales en una matriz de dichos parámetros.

Fase 4: Una vez realizada la parametrización se procede al diseño de un clasificador que partiendo de esta matriz de entrada es capaz de discriminar entre voz patológica o voz sana.

Fase 5: Parte importante del proyecto resulta la experimentación y estudio que se realiza en diferentes estadios del ensayo, tanto a nivel del muestreo de las señales de la base, utilizando ventanas de parametrización de diferentes tamaños, como de variación de parámetros propios del clasificador (valores gamma y sigma de la máquina de vectores soporte) o del porcentaje de señales sanas y patológicas que se usan de la base para entrenar dicho clasificador.

Fase 6: Finalmente se incluye un estudio de los resultados obtenidos mostrando el grado de viabilidad del sistema.

Una vez completado el estudio y realizada la clasificación de las señales presentes en la base, mediante comparación de los resultados obtenidos con los reales de cada paciente, se lleva a cabo un estudio, representado en diferentes tablas, a cerca de la viabilidad del sistema como discriminador de voces patológicas y la relación que tienen diversos parámetros que afectan a la decisión del clasificador consiguiendo mayores o menores índices de acierto.

Las prestaciones del sistema son evaluadas en función de los resultados que cada conjunto experimentado consiga al enfrentarlos a las medidas de precisión, sensibilidad y especificidad.

1.5 Estructura de la memoria

El estudio realizado en este proyecto es presentado en esta memoria de la siguiente manera:

1. La primera parte o *Introducción* consiste en describir la técnica de la EGG, en qué se basa, cuáles son sus parámetros característicos así como presentar algunos trabajos que hayan intentado aplicar esta técnica y que nos hayan llevado a su estudio.

Para la consecución de los objetivos descritos, se identifican de manera resumida las partes o fases de las que se va a componer este estudio.

2. A continuación se describe más cuidadosamente la *Metodología del Estudio* aplicada. En este apartado se examinan las partes de las que consta el proyecto, dividiéndolo en sus diferentes algoritmos y explicándolos mediante diagramas de

bloques que muestran la evolución de los datos a través de los diferentes módulos de los que se compone el proyecto.

Finalmente se da una visión de cómo y a través de que parámetros van a ser evaluados los resultados.

3. Como parte previa a la manipulación de las señales, en el siguiente apartado se presenta la **Base de Datos** utilizada. Mediante diagramas y tablas se resumen sus estadísticas.
4. En el cuarto apartado, se explican los parámetros que se han utilizado para realizar la **Extracción de Características** de cada señal de la base. Se presenta cada parámetro por separado atendiendo al dominio al que pertenezca.
5. En el apartado cinco de la memoria, se describe la **Clasificación** utilizada, y el uso de una SVM (*support vector machine*) como la herramienta elegida para la toma de decisiones. Adicionalmente, para intentar mejorar las prestaciones de la clasificación, se presenta la técnica de *Equal Error Rate* (EER) usada para afinar la discriminación entre las señales una vez caracterizadas.
6. La presentación de los **Resultados** en base a los parámetros que indican la tasa de éxito del algoritmo se describen para cada grupo de señales independientes, mostrando la configuración que optimiza el estudio.
Precisión, sensibilidad y especificidad son representados y comparados para cada terna de parámetros experimentada (tamaño de ventana de muestreo, porcentajes de entrenamiento y test y parámetros propios gamma y sigma de la SVM), dando como resultado e identificando la combinación más exitosa.
7. En el capítulo 7 se establece una **Discusión** sobre los resultados presentados en el capítulo anterior. Partiendo de la experimentación realizada para encontrar la configuración óptima del sistema, se analizan los datos obtenidos.
8. Finalmente se lleva a cabo una recopilación y síntesis de los resultados que es presentado como **Conclusión** del proyecto, en la que se discute la viabilidad y confiabilidad de este método de diagnóstico.
9. **Anexo A:** Estado del Arte
10. **Anexo B:** Aplicaciones Clínicas
11. **Bibliografía**

Metodología del Estudio

En este apartado se describen, las diferentes partes o módulos en los que se divide el sistema. Básicamente la implementación del sistema de detección supone la programación de dos grandes bloques interconectados entre sí:

- Módulo Parametrizador.
- Módulo de Clasificación.

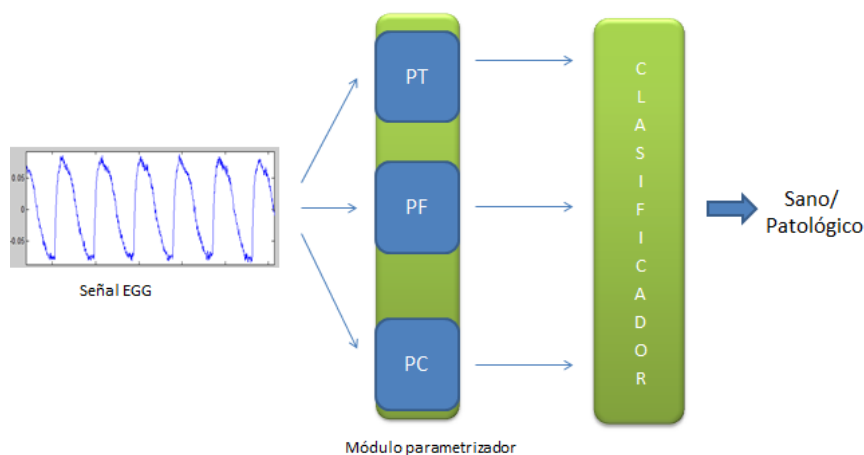


Figura 2-1: Esquema resumido del sistema

En la Figura 2-1 se expone un esquema resumido del sistema propuesto. Las señales EGG atacan al módulo parametrizador compuesto por bloques que calculan los parámetros pertenecientes a cada dominio:

- PT: Parámetros temporales
- PF: Parámetros frecuenciales
- PT: Parámetros cepstrales

Con las señales descompuestas en sus respectivos vectores de parámetros, estos se utilizan como entrada del módulo clasificador que realizará la discriminación sano/patológico.

Previamente al tratamiento de las señales, estas han tenido que ser descargadas desde el servidor que las aloja, separadas y clasificadas mediante un preprocesado que consigue la separación de señales por vocal grabada y calidad de la voz (sana o patológica).

Con las señales preparadas, las hacemos pasar por los módulos anteriores, obteniendo una predicción para un conjunto de señales de test que es comparado con la situación real del sujeto en estudio, consiguiendo un grupo de parámetros como precisión, sensibilidad y especificidad que evalúan la viabilidad del sistema.

2.1 Diagrama de bloques del Proyecto

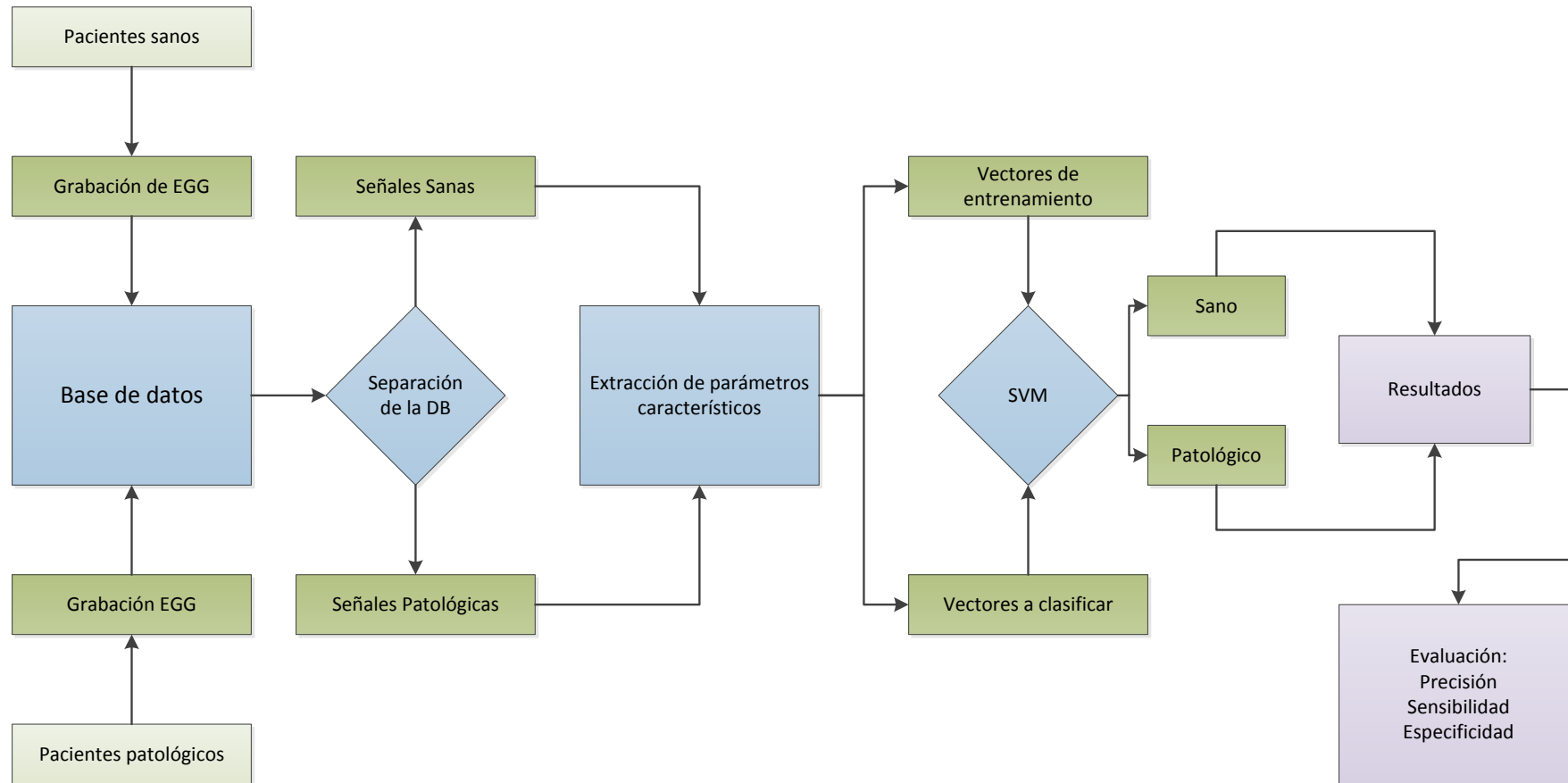


Figura 2-2: Diagrama de bloques general de proyecto

2.2 Tratamiento previo al estudio

Una vez descargados desde el servidor donde se encontraban alojados los ficheros, se comienza el proceso de separación y clasificación de cada señal.

Mediante un algoritmo que discrimina las señales, según el tipo de grabación inicialmente y luego atendiendo al diagnóstico de cada paciente, separamos las señales de manera que podamos contar con una clasificación de cada fichero para poder parametrizarlo y compararlo correctamente.

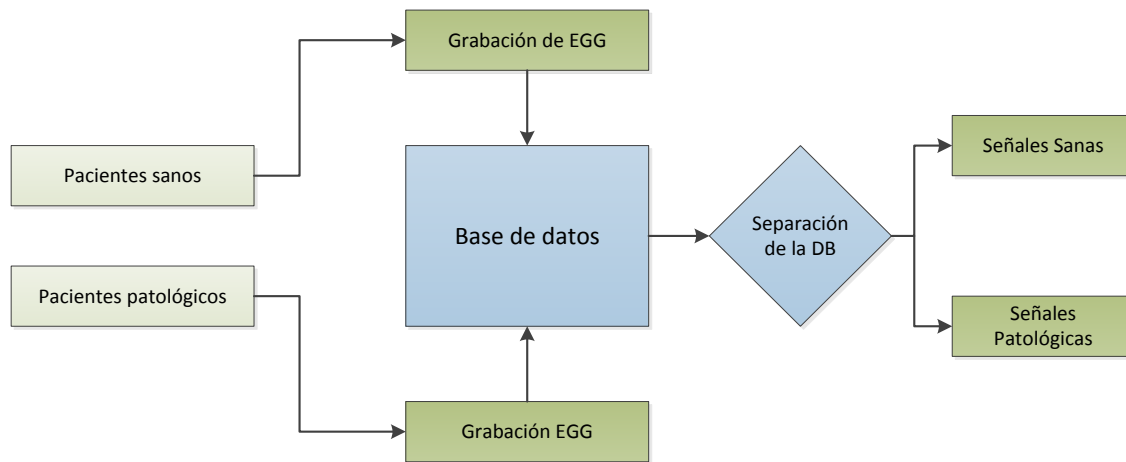


Figura 2-3: Diagrama de bloques del tratamiento previo de las señales

- **Pacientes sanos/patológicos:** Representan el conjunto de individuos que fueron evaluados clínicamente y se prestaron a formar parte de la base de datos sobre la que se fundamenta el proyecto.
- **Grabación EGG:** Cada uno de las grabaciones que se realizaron a los pacientes aplicándoles la técnica de la electroglotografía.
- **Base de datos:** Es el conjunto de los ficheros (grabaciones) que se realizaron a cada individuo y que suponen la totalidad de las señales a estudio.
- **Separación de la DB:** Primer algoritmo implementado en Matlab que acorde a los datos que se aportan en la hoja de características de la base de datos, clasifica cada señal descargada. Por un lado las correspondientes a pacientes sanos y por otro las correspondientes a pacientes patológicos.
- **Señales Sanas:** Conjunto de las señales de pacientes sanos ya separadas anteriormente.

- *Señales Patológicas*: Conjunto de las señales de pacientes patológicos ya separadas anteriormente.

2.3 Módulo Parametrizador

Es el encargado de recibir la señal EGG y aplicarle diferentes tratamientos para obtener los parámetros que buscamos en el dominio temporal, frecuencial y cepstral. Una vez analizada la señal, se obtiene la matriz de resultados que contiene todos los parámetros hallados para una señal de entrada. La salida de este módulo ataca directamente al módulo de clasificación.

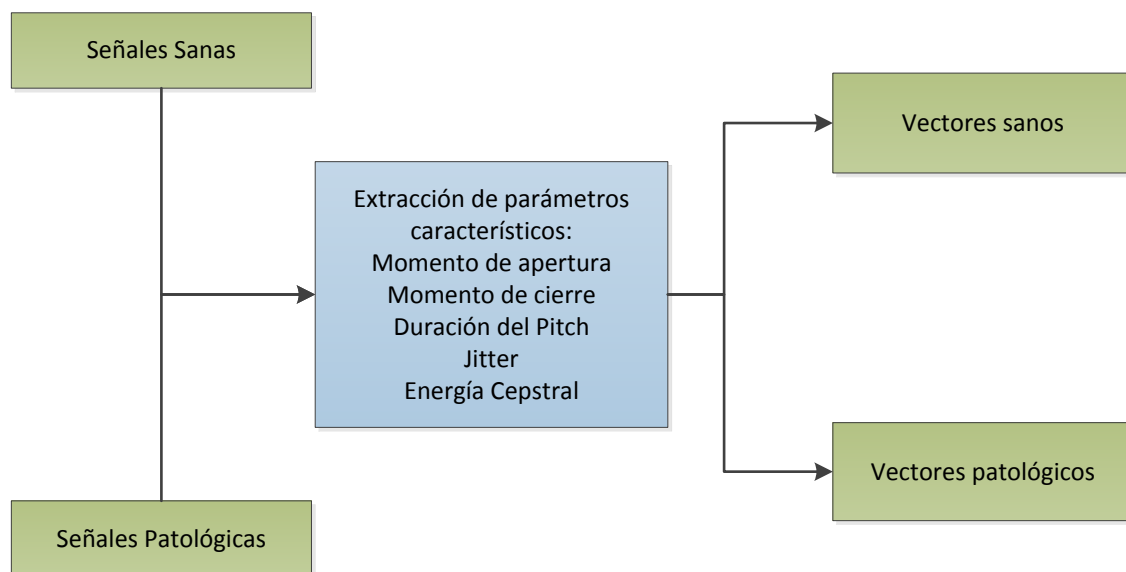


Figura 2-4: Diagrama de bloques módulo parametrizador

- *Señales Sanas/Patológicas*: Son las entradas del módulo parametrizador. Señales de la base de datos separadas previamente.
- **Extracción de parámetros**: Es el bloque principal del módulo parametrizador, en él, se realiza el tratamiento de las señales de la base, descomponiendo cada una de ellas en una matriz de parámetros previamente seleccionados que representan sus características más relevantes.
- *Vectores Sanos/Patológicos*: Relación de las señales descompuestas en parámetros y que serán los vectores (inputs) del clasificador.

2.4 Módulo Clasificador

Mediante un algoritmo de clasificación (máquina de vectores soporte), este módulo es el encargado de, evaluando los datos de entrada, establecer si el paciente al que corresponde la muestra en estudio responde a las características de una voz sana o por el contrario muestra síntomas patológicos.

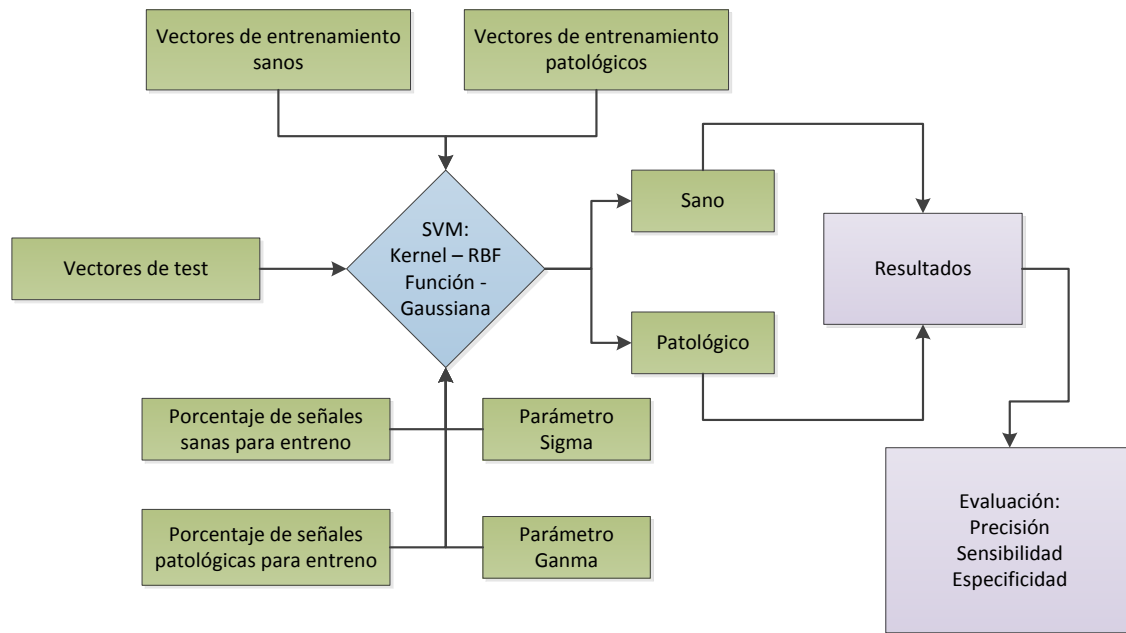


Figura 2-5: Diagrama de bloques módulo clasificador

- *Vectores de entrenamiento sanos/patológicos*: Parte de los vectores obtenidos del módulo anterior son escogidos de manera aleatoria y en un porcentaje determinado para cada tipo de vector (sano o patológico) para realizar el entrenamiento de la SVM.
- *Vectores de test*: Con el resto de vectores que no han sido utilizados para el entrenamiento se ataca el clasificador, ya entrenado.
- *Porcentaje de señales sanas para entreno*: Entrada de la función clasificadora que varía el porcentaje de vectores de señales sanas de la base de datos que es utilizado para entrenar la SVM.
- *Porcentaje de señales patológicas para entreno*: Entrada de la función clasificadora que varía el porcentaje de vectores de señales patológicas de la base de datos que es utilizado para entrenar la SVM.

- **Parámetro sigma:** Es un parámetro característico de las máquinas de vectores soporte. En este estudio se le asignan distintos valores que modifican el grado de acierto en la clasificación.
- **Parámetro gamma:** Segundo parámetro característico de la máquina de vectores soporte con el que se experimenta en este proyecto. Se le asignan distintos valores que modifican el grado de acierto en la clasificación.
- **SVM:** Bloque principal del estudio en esta fase. Se usa como clasificador una SVM, que atendiendo a sus parámetros de entrada establecerá una clasificación discriminando las señales con las que es atacada entre las pertenecientes a la clase sana y las pertenecientes a la clase patológica.
- **Sano/Patológico:** La salida de la etapa de clasificación establece la división de las señales en estas dos clases.
- **Resultados:** A la hora de estudiar los resultados, se comprende que estos pueden presentar variaciones dependiendo de los valores que se hayan utilizado para obtener la predicción. Parámetros como la cantidad de muestras de cada clase usadas en el entrenamiento de la máquina de vectores soporte, los valores gamma y sigma presentes en la llamada a la función de entreno, el valor del umbral de decisión que hace decantarse al sistema por un resultado u otro, la vocal grabada o el tamaño de la ventana en la que dividimos cada señal al parametrizarla, arrojan diferentes resultados que serán presentados en tablas y gráficos que representen el conjunto de valores óptimo que logran la mejor aproximación.
- **Evaluación:** El sistema será evaluado en función de los parámetros de precisión, sensibilidad y especificidad, obtenidos tras hacer pasar la salida del clasificador por un sistema de ajuste como es el EER (*Equal Error Rate*) para el que previamente se habrán hallado, comparando la discriminación hecha por la SVM y los valores reales, los Verdaderos Positivos (TP), Verdaderos Negativos (TN), Falsos Positivos (FP) y los Falsos Negativos (FN).

2.5 Experimentación

Con las señales de la base de datos separadas en sus dos clases (sanas y patológicas), definidas mediante su descomposición en los parámetros característicos y posteriormente clasificadas mediante la máquina de vectores soporte, comienza la fase de experimentación en la que el sistema es presentado en su conjunto y evaluado para cada una de las posibles

combinaciones que se han llevado a estudio: Vocal grabada, tamaño de ventana, porcentajes de entreno, parámetros propios de la SVM.

Los datos obtenidos se comparan con los valores reales utilizados en los test. Para ponderar la calidad de la aproximación se definen los siguientes parámetros [67]:

- **Precisión:** Medida de la confiabilidad del sistema.
- **Sensibilidad:** Medida de la capacidad del sistema para detectar el tipo de señal probada. Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad del test para detectar la enfermedad [71].
- **Especificidad:** Mide la dificultad de confundir el diagnóstico. Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano, es decir, la probabilidad de que para un sujeto sano se obtenga un resultado negativo. Se puede definir la especificidad como la capacidad para detectar pacientes sanos.

La Precisión, Sensibilidad y Especificidad se presentan en tablas que muestran su valor para cada combinación específica (por ejemplo vocal: a, tamaño ventana: 30 ms, porcentaje de entrenamiento sano: 50%, porcentaje de entrenamiento patológico: 50%, gamma: 0.001, sigma: 0.1) y se apoyan en una representación visual a modo de gráfica bidimensional.

2.5.1 Vocal grabada

Haciendo uso de las posibilidades que nos da la base de datos, la primera de las variaciones a estudiar consiste en comprobar los resultados obtenidos cuando el paciente a examinar realiza una grabación con una determinada vocal u otra. Las alternativas que ofrece la base son:

- Vocal grabada, “**a**”
- Vocal grabada, “**i**”
- Vocal grabada, “**u**”

2.5.2 Tamaños de Ventana

Los diferentes muestreos que se realizan de las señales, representan la segunda variante del estudio. La descomposición de las grabaciones en sus parámetros característicos se efectúa sobre ventanas más pequeñas de la propia señal que varían en número en cada caso según el tamaño de la misma. Además, para cada tamaño, se realiza el estudio sobre ventanas solapadas un 50% sobre la anterior. Las ventanas estudiadas son:

- Tamaño ventana: **30 ms**
- Tamaño ventana: **30 ms con solapamiento**
- Tamaño ventana: **50 ms**
- Tamaño ventana: **50 ms con solapamiento**
- Tamaño ventana: **70 ms**
- Tamaño ventana: **70 ms con solapamiento**

2.5.3 Porcentajes de entreno de la SVM

Los clasificadores, como las máquinas de vectores soporte, previamente a la obtención de resultados necesitan ser entrenadas mediante entradas que representen cada una de las clases a identificar. Durante este proceso, y como tercera experimentación del estudio, se varía el porcentaje de señales tanto sanas como patológicas que se usan para este entreno, de manera que se obtenga aquel que mejores resultados consiga. El rango de porcentajes usados es el siguiente (con incrementos del 5%):

- Porcentaje de entreno de señales sanas (PES): **10% - 90%**
- Porcentaje de entreno de señales patológicas (PEP): **10% - 90%**

2.5.4 Parámetros propios de la SVM

Como parámetros propios de la máquina de vectores soporte, también se ha actuado sobre los valores de sigma y gamma como última parte de la experimentación. Estos parámetros se usan para fijar el margen de separación entre observaciones contiguas [70] y forman parte tanto del entreno del clasificador como de la simulación posterior. En este estudio se les han variado de forma exponencial:

Detección de patologías laríngeas mediante EGG

- Gamma: **0.001, 00.5 – 10000, 50000**
- Sigma: **0.001, 0.005 – 10000, 50000**

Capítulo 3

Base de Datos

Saarbruecken Voice DataBase es una colección de grabaciones de voz de más de 2.000 personas (2043) realizada por el grupo de Fonética y Fonología del departamento de Lingüística y Fonética Computacional de la Saarland University. Cada entrada de la base realizada por cada paciente, contiene dos tipos de grabaciones: voz normal y electroglotografía, almacenadas en archivos separados.

Una sesión de grabación contiene los siguientes registros:

- La grabación de las vocales [i, a, u] en tonos normales, alto y bajo
- La grabación de las vocales [i, a, u] en tono creciente y decreciente
- La grabación de la frase "*Guten Morgen, wie geht es Ihnen?*" (Buenos días, ¿cómo estás?)

El conjunto total de las grabaciones da como resultado un total de 16 archivos por sesión. Para la realización de este proyecto sólo se han utilizado las grabaciones de vocales sostenidas en tonos normales.

La longitud de las vocales sostenidas está entre 1 y 3 segundos. Todas las grabaciones se muestrean a 50 kHz y su resolución es de 16 bits. Un total de 71 patologías diferentes están recogidas en esta base de datos.

Cualquier comentario sobre las grabaciones se incluye en un archivo de texto asociado. Dependiendo de la calidad de la grabación, hay algunas sesiones de grabación en las que no todas las vocales están presentes.

La base de datos cuenta con un interfaz web para su acceso. Mediante la elección de diferentes criterios (edad, género, patología,...) que discriminan entre un sujeto u otro, se pueden descargar las grabaciones (posibilidad de formato WAV) o reproducir directamente la muestra seleccionada. Desde el enlace aportado en [32] se accede a esta web y a su manual de uso, donde se explica claramente el procedimiento a seguir.

De los 2043 sujetos de los que se compone la base, 1356 eran patológicos (629 hombres y 727 mujeres, con 1625 diagnósticos en total) y 687 normales (259 hombres y 428 mujeres) con edades que van desde las 9 hasta los 94 años. Las grabaciones se realizaron entre 1997 y 2004 y han sido etiquetadas por especialistas médicos.

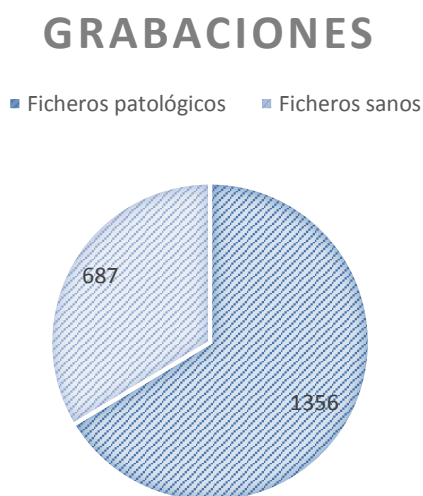


Figura 3-1: Clasificación de las grabaciones realizadas

3.1 Estadísticas

Realizando un estudio de los ficheros que componen la base, obtenemos los siguientes resultados estadísticos que la definen:

Tabla 3-1: Estadísticas de las grabaciones sanas

Ficheros Sanos			
	Hombres	Mujeres	Total
Locutores	259	428	687
Edad mínima	16	9	9
Edad máxima	69	84	84
Media	31.22	25.10	27.41
Des. típica	11.82	11.06	11.72
Mediana	28	21	22

Hombres: Grabaciones realizadas entre el 20/11/1997 y el 10/03/2004

Mujeres: Grabaciones realizadas entre el 20/11/1997 y el 07/01/2004

FICHEROS SANOS

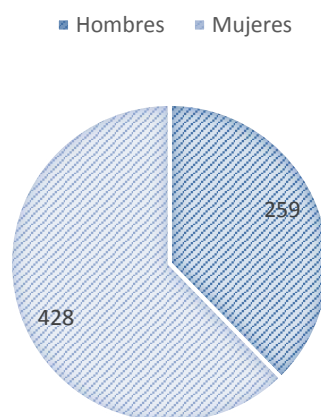


Figura 3-2: Separación por sexos para grabaciones sanas

Tabla 3-2: Estadísticas de las grabaciones patológicas

Ficheros Patológicos			
	Hombres	Mujeres	Total
Locutores	629	727	1356
Edad mínima	6	9	6
Edad máxima	89	94	94
Media	53.26	48.20	50.55
Des. típica	15.75	15.40	15.76
Mediana	57	49	52

Hombres: Grabaciones realizadas entre el 21/01/1998 y el 16/06/2004

Mujeres: Grabaciones realizadas entre el 20/01/1998 y el 16/06/2004

FICHEROS PATOLÓGICOS

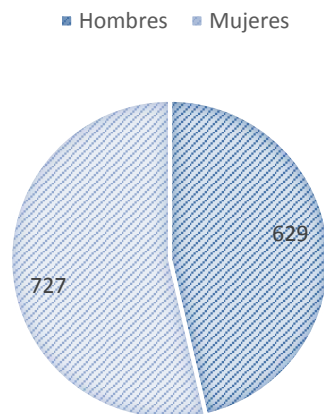


Figura 3-3: Separación por sexos para grabaciones patológicas

De la totalidad de locuciones patológicas de las que se compone la base, se encuentran diagnosticadas un total de 71 patologías diferentes distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 3-3: Clasificación según diagnósticos

Diagnósticos	Casos
Disfonía híper-funcional	213
Parálisis de las cuerdas vocales	213
Laringitis	140
Disfonía funcional	112
Disfonía	101
Disfonía psicógena	91
Contacto paquidermia	71
Edema de Reinke	68
Disfonía espasmódica	64
Corpectomía	59
Disodia	56
Pólipo	45
Leucoplasia oral	41
Presbifonía	40
Laringectomía parcial frontolateral	35
Carcinoma de las cuerdas vocales	22
Tartamudeo	20
Disartrofonía	19
Rinofonía abierta	18
Voz de canto	17
Nódulo de fonación	17
Disfonía hipo-funcional	16
Trastorno motor laríngeo	14
Pliegues vestibulares	11
Mutación en falsete	10
Fonastenia	10
Dislocación aritenoide	6
Quiste	6
Tumor hipo-faríngeo	6

Detección de patologías laríngeas mediante EGG

Diplofonía	5
Disfonía hipotónica	5
Tumor de laringe	5
Granulomas de intubación	4
Sigmatismo	4
Reflujo Gastroesofágico	3
Daños de intubación	3
Laringocele	3
Monocorditis	3
Lesión del nervio laríngeo superior	3
Neuralgia del nervio laríngeo superior	3
Síndrome Polter	3
Esclerosis Lateral Amiotrófica	2
Parálisis bulbar	2
Fibroma	2
Granuloma	2
Mutación	2
Falta de fluidez	2
Nódulos del cantante	2
Sinarquía	2
Hiperplasia pliegue vestibular	2
Cirugía velo faríngea	2
Carcinoma in situ	1
Condroma	1
Hiperostosis esquelética idiopática difusa	1
Displasia disfónica	1
Displasia laríngea	1
Carcinoma de la epiglotis	1
Híper-astenia	1
Daño del músculo vocal	1
Disfonía juvenil	1

Quiste línea media del cuello	1
Tumor mesofaringe	1
Síndrome Down	1
Párkinson	1
Dispraxia verbal	1
Papiloma	1
Afonía psicógena	1
Microfonía psicógena	1
Rinofonia cerrada	1
Rinofonia mixta	1
Quiste vallecular	1
TOTAL	1625

Extracción de Características

La parametrización de las señales se obtiene dividiendo cada señal en ventanas de tamaño variable sobre las que se calcula la totalidad de los parámetros a tener en cuenta. Una vez realizado el cálculo, se halla la media, varianza, skewness y kurtosis para cada uno de los parámetros calculados, dando como resultado para cada señal una matriz que contendrá estos valores para cada parámetro estudiado.

Basándonos en estudios previos sobre la calidad de la voz [66][68][69], podemos concluir que para un análisis en profundidad es necesaria la evaluación de la señal de voz en diferentes dominios.

Para este trabajo se han tenido en cuenta los parámetros asociados a los dominios: temporal, frecuencial y cepstral.

4.1 Dominio temporal

Los parámetros elegidos sobre el dominio temporal son los pertenecientes al modelo LF (Liljencrants-Fant)[35], que es el modelo más utilizado a la hora de representar y parametrizar el flujo glotal y que se pueden observar en la Figura 4-1 [33].

Para determinar estos valores, se ha utilizado el método de estimación directa, DE method (*Direct Estimation Method*), que consiste en obtener estos parámetros a través de operaciones aritméticas (mínimos, máximos, argumentos, cruces por cero) frente al FE method (*Fit Estijation Method*) que calcula los mismos parámetros usando un algoritmo iterativo.[36]

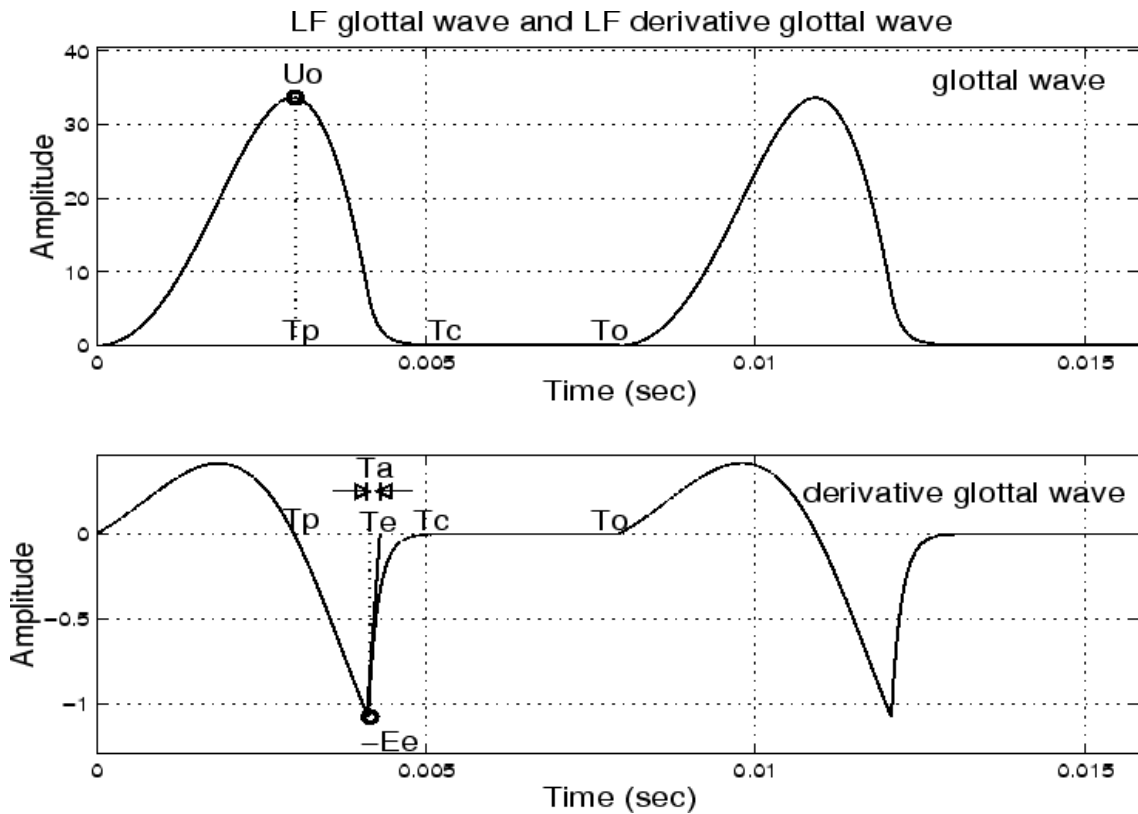


Figura 4-1: Representación de los parámetros del modelo LF

Estos parámetros pueden ser divididos en varios grupos de los cuales se han implementados siguientes:

4.1.1 Amplitud

- **Ee:** Fuerza de la excitación.

$$Ee = \min (dUg) \quad (Ec. 1.1)$$

dUg: Señal derivada del flujo glótico

- **U_o**: Pico del flujo glotal.

$$U_o = \max (U_g) \quad (\text{Ec. 1.2})$$

U_g: Señal de flujo glótico

4.1.2 Momentos

- **t_o**: Momento de apertura
- **t_p**: Momento del pico en U_g

$$t_p = \arg \max (U_g) \quad (\text{Ec. 1.3})$$

- **t_e**: momento de excitación.

$$t_e = \arg \min (dU_g) \quad (\text{Ec. 1.4})$$

- **t_c**: Momento del cierre.

4.1.3 Intervalos de tiempo de duración

- **T_o**: Duración de un periodo de pitch

$$T_o = \frac{1}{F_o} \quad (\text{Ec. 1.5})$$

- **T_a**: Duración del intervalo entre 't_e' y la proyección de la tangente de dU_g en 't_e' sobre el eje de tiempo.

Partiendo de estos parámetros pertenecientes al modelo LF, se han obtenido otros tres valores representativos de la voz en el dominio temporal [66] cuya relación se observa en la Figura 4-2 [34]:

- **Coefficiente de apertura (OQ):** Relación entre el tiempo en el que las cuerdas vocales están abiertas y el tiempo equivalente del periodo fundamental.

$$OQ = \frac{(tc - to)}{T} \quad (\text{Ec. 1.6})$$

T: Periodo fundamental

- **Coefficiente de Velocidad (SQ):** Relación entre el tiempo de apertura y tiempo de cierre de las cuerdas vocales.

$$SQ = \frac{(tp - to)}{(tc - tp)} \quad (\text{Ec. 1.7})$$

- **Coefficiente de cierre (CQ):** Relación entre el tiempo en el que se cierran las cuerdas vocales y el tiempo equivalente del periodo fundamental.

$$CQ = \frac{(tc - tp)}{T} \quad (\text{Ec. 1.8})$$

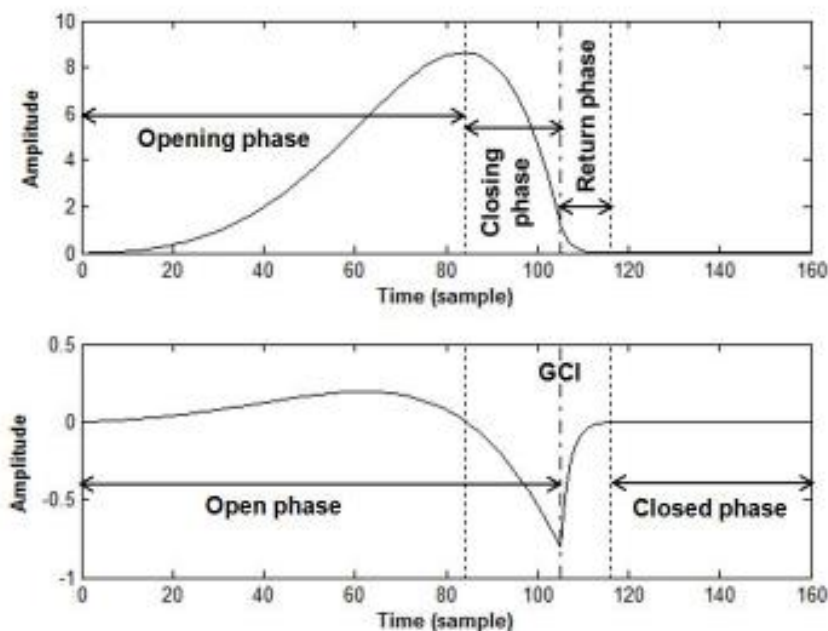


Figura 4-2: Fases de apertura y cierre

4.2 Dominio espectral

En el dominio de la frecuencia el estudio se ha basado principalmente en la detección de las variaciones de energía que sufre el espectro de la señal EGG entre las grabaciones sanas y patológicas.

Para ello se ha obtenido tanto la energía total de la señal como la relación de los valores de energía en las diferentes regiones del espectro.

Los rangos en las regiones utilizadas son los siguientes [37]:

- Región 0: 60Hz - 400Hz
- Región 1: 400Hz - 2kHz
- Región 2: 2kHz – 5kHz
- Región 3: 5kHz – 8kHz

La fórmula que calcula la relación entre las diferentes regiones es la siguiente:

$$LiLj = \frac{\sum_{f \in \text{región } i} |Htrama(f)|^2}{\sum_{f \in \text{región } j} |Htrama(f)|^2} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

$|Htrama(f)|$ = Espectro de la trama de voz analizada

Como parámetro adicional al estudio de las energías espectrales, se ha introducido el cálculo del **jitter** como medida que cuantifica la riqueza espectral de una señal [42].

$$PP = \left(\frac{1}{N-1}\right) \left(\frac{1}{|SPmax|}\right) \sum_{i=1}^{N-1} |SP(i+1) - SP(i)| \quad (\text{Ec. 2.2})$$

PP: Valor de la perturbación del pitch a lo largo del tiempo.

SP: Valor del pitch para cada una de las tramas i .

SPmax: Valor máximo del pitch

N: Número de tramas/ventanas en las que se divide el audio analizado.

Otra medida que se ha implementado, debido a su especial manifestación en locutores con baja calidad de voz consiste en cuantificar la variación a lo largo del tiempo del espectro de la señal de voz durante la fonación de un sonido sostenido [38].

$$D_{\text{módulo}} = \frac{1}{L} \sum_{f=f_0}^{f(L-1)} \left| |T(f)| - |T_{\text{ref}}(f)| \right| \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Dmódulo: Valor de la medida de la distancia de los módulos.

$|T(f)|$: Módulo de la transformada de Fourier de la trama de voz que se analiza, calculada mediante FFT

$|T_{\text{ref}}(f)|$: Módulo de la transformada de Fourier del modelo de la trama anterior.

L: Longitud de la FFT.

Mediante la ecuación anterior (variación del espectro a lo largo del tiempo), se realiza la estimación de una distancia espectral entre el espectro de una trama (ventana) y el espectro de la anterior.

4.3 Dominio cepstral

Como tercera parte para la descomposición de las señales EGG en parámetros, se incorporan al estudio los más significativos correspondientes al dominio cepstral [39]:

- **Energía Cepstral**

$$CE = \frac{1}{N_{\text{tramas}}} \sum_{n=1}^{N_{\text{tramas}}} PC_n \quad (\text{Ec. 3.1})$$

PC_n: Amplitud máxima del pico cepstral principal de los cepstrum complejos de la trama n.

N_{tramas}: Número de tramas en los que se divide la señal.

Mediante este parámetro se estudia la información que proporcionan los cepstrum complejos sobre la excitación de una voz sonora. Voces de alta calidad (pacientes sanos), obtienen máximos en los cepstrum complejos sobre las voces de peor calidad (pacientes patológicos)[40].

- **Energía Cepstral del pitch**

Este parámetro, da información sobre la capacidad del paciente de mantener la vibración de las cuerdas vocales a una misma frecuencia a lo largo de la grabación.

$$PECM = \frac{E \text{ pulso del pitch}}{E \text{ total de la trama}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

La **PECM** mide la relación entre la energía cepstral contenida en el pulso de pitch y la energía cepstral total de cada ventana para los cepstrum de potencia rectificadas [41].

$$E \text{ pulso de pitch} = \sum_{n=n \text{ inicio}}^{n=n \text{ fin}} C(n) \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$C(n)$: Coeficientes cepstrales que forman el pulso del pitch.

$n \text{ inicio}$: Número de muestras después del último cruce por cero que se produce a la izquierda de la posición cepstral del pitch.

$n \text{ fin}$: Número de muestras después del último cruce por cero que se produce a la derecha de la posición cepstral del pitch.

- **Energía Cepstral total**

$$E \text{ total de la trama} = \sum_{n=0}^L C(n) \quad (\text{Ec. 3.4})$$

4.4 Medidas Estadísticas

Cada uno de los parámetros descritos anteriormente son calculados para todas las señales de la base en cada una de las ventanas resultantes según el tamaño de las mismas. Es por esto por lo que se recurre a medidas estadísticas para conseguir valores representativos de estos parámetros en cada señal. Todas las señales de la base son parametrizadas de la siguiente manera:

1. Las señales (S_i) se dividen en ventanas (V_i) de longitud variable (30 ms, 50ms, 70ms), siendo j el número total de señales de la base y n el número de ventanas obtenidas.

$$\begin{matrix} S_1 \\ \vdots \\ S_j \end{matrix} = \begin{bmatrix} V_1 & \cdots & V_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_1 & \cdots & V_n \end{bmatrix}$$

2. Para cada una de las ventanas resultantes de la descomposición de la señal, se calculan los 21 parámetros descritos anteriormente.

$$\begin{matrix} P_1 \\ \vdots \\ P_{21} \end{matrix} \begin{bmatrix} V_1 & \cdots & V_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_1 & \cdots & V_n \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} P_1(V_1) & \cdots & P_1(V_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{21}(V_1) & \cdots & P_{21}(V_n) \end{bmatrix}$$

3. Finalmente, se obtienen las medidas estadísticas de los 21 parámetros que caracterizan cada señal y que serán los vectores de entrada del clasificador.

- **Media:** Valor característico de una serie de datos cuantitativos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

n : Longitud de la muestra.

$$\text{Media} \begin{bmatrix} P_1(V_1) & \cdots & P_1(V_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{16}(V_1) & \cdots & P_{16}(V_n) \end{bmatrix}$$

- **Varianza:** Medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$\text{Varianza} \begin{bmatrix} P_1(V_1) & \cdots & P_1(V_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{16}(V_1) & \cdots & P_{16}(V_n) \end{bmatrix}$$

- **Skewness:** Medida de la asimetría de la distribución de probabilidad de una variable aleatoria de valor real alrededor de su media.

$$Skewness = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n - 1)S^3} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$Skewness \begin{bmatrix} P1(V1) & \dots & P1(Vn) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P16(V1) & \dots & P16(Vn) \end{bmatrix}$$

- **Kurtosis:** Medida que sirve para analizar el grado de concentración que presentan los valores de una variable analizada alrededor de la zona central de la distribución de frecuencias.

$$Kurtosis = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n - 1)S^4} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$Kurtosis \begin{bmatrix} P1(V1) & \dots & P1(Vn) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P16(V1) & \dots & P16(Vn) \end{bmatrix}$$

Clasificación

La clasificación de las señales, detectando su pertenencia a los estados *sano/patológico* es el segundo (tras la parametrización) de los grandes bloques de programación y computación que componen este proyecto.

Para efectuar esta clasificación se ha confiado en una máquina de vectores soporte (SVM). La utilización de una máquina de vectores soporte tiene especial sentido cuando se usa para clasificar datos que únicamente pueden pertenecer a dos clases. En este estudio se utilizará para discriminar los datos que proceden de los pacientes grabados y que pueden pertenecer a la clase sano o la clase patológico.

5.1 Clasificador SVM

Las SVM sugirieron por primera vez para la clasificación de la mano de Vladimir Vapnik y su equipo en los laboratorios AT&T en la década de 1960, y se han convertido en un área de intensa investigación debido a la evolución de las técnicas de regresión y estimación de densidad [44].

Las máquinas de vectores soporte son un algoritmo de entrenamiento para la clasificación por aprendizaje (reconocen patrones basados en la metodología de aprendizaje supervisado) siendo una poderosa herramienta para resolver problemas de clasificación y regresión y funciones de estimación de densidad. En clasificación supervisada, los casos pertenecientes al conjunto de datos tienen asignada una clase o etiqueta a priori, siendo el objetivo encontrar patrones o tendencias de los casos pertenecientes a una misma clase.

Como en el aprendizaje supervisado con cualquier modelo, la clasificación mediante SVM incluye dos fases: entrenamiento y prueba. Primeramente se ha de entrenar la máquina de vectores de soporte. En esta fase de entrenamiento o training, un conjunto de datos inicial es usado para decidir que parámetros deberán ser ponderados y combinados con el objetivo de separar las clases y de esta manera construir un clasificador para la fase siguiente. El aprendizaje intenta descubrir una representación óptima a partir del conjunto de datos cuya etiqueta de clase es conocida por el investigador. En la fase de prueba o testeo, el clasificador determinado en la fase de entrenamiento es aplicado a un conjunto de datos u objetos (conjunto de prueba) cuyas etiquetas de clase se desconocen. De esta forma se clasifican los elementos y se comparan cruzando los resultados con los datos reales para determinar la efectividad del modelo y validar el clasificador [46].

Una SVM clasifica los datos mediante la búsqueda del mejor hiperplano que separa todos los puntos de datos de una clase de los de la otra clase. El mejor hiperplano de una SVM significa el que tiene el mayor margen entre las dos clases. Los vectores de soporte son los datos más cercanos al hiperplano que los separa (ver Figura 5-1 [43])

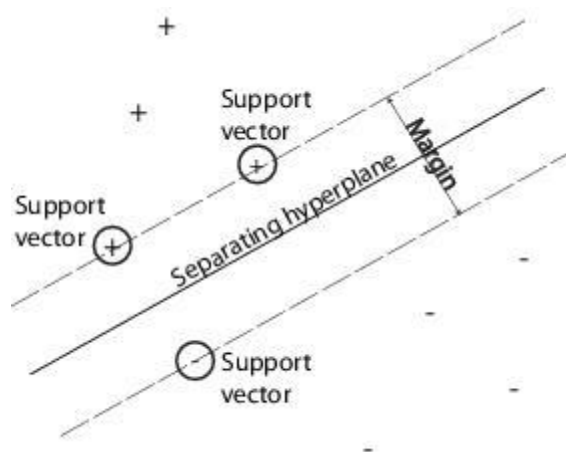


Figura 5-1: Representación de hiperplano y vectores soporte

Para obtener una precisión predictiva satisfactoria, se pueden utilizar diversas funciones del kernel de la SVM o ajustar los parámetros de las funciones del núcleo (sigma cuadrado o gamma).

Uno de los principales problemas de los algoritmos que utilizan una SVM como método de clasificación, es su elevado coste computacional al necesitar recurrir a programación cuadrática para resolver varias situaciones matemáticas. Es por esto que otras técnicas han sido propuestas para tratar de reducir este costo, como la técnica de los mínimos cuadrados, LS-SVM (*Least Square Square Support Vector Machine*), que soluciona el problema a través de un conjunto de ecuaciones lineales [47]. Este método puede tratar una cantidad mayor de datos de entrenamiento disminuyendo considerablemente el costo de procesamiento de los datos.

Para la implementación del clasificador en Matlab, se ha hecho uso de una toolbox gratuita, LS-SVMlab [45] que incorpora la reformulación de la SVM estándar, la LS-SVM.

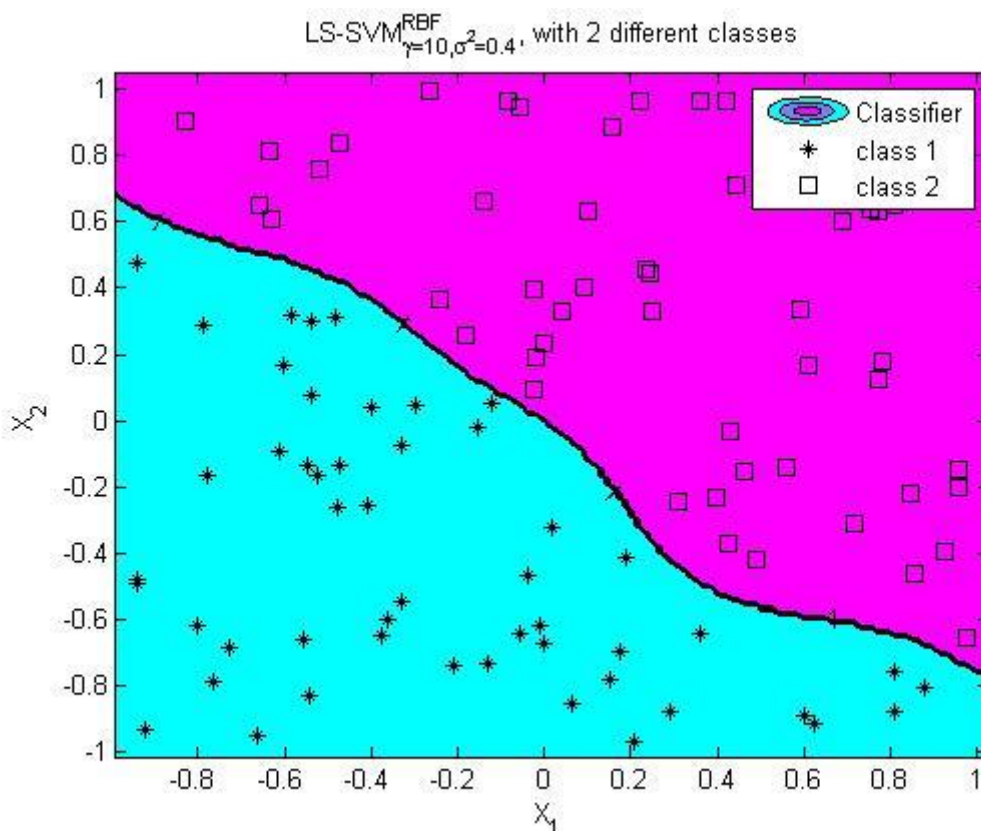


Figura 5-2: Ejemplo de LS-SVM para dos clases

5.2 Clasificación por decisión EER

La técnica de toma de decisiones basada en el EER (*equal error rate*), es una técnica comunmente aplicada en otros campos como biometría, que minimiza el error y es usada para separar usuarios correctos frente a impostores comparando una puntuación frente a un umbral.

La discriminación de las señales entre sanas y patológicas a la salida de la maquina de vector soporte, se llevará a cabo aplicando este método. Por medio de esta técnica, se decide que valor representa el umbral óptimo a partir del cual una muestra será considerada perteneciente a una clase u otra (sano/patológico).

Se conoce como EER aquel punto donde se cortan la curva de falsa aceptación (FAR), curva que indica la aceptación de una muestra dentro de una clase cuando verdaderamente no pertenece a ella, y la curva de falso rechazo (FRR) que muestra el rechazo a muestra que debería haber sido aceptada (Figura 5-3).

El algoritmo de búsqueda toma una decisión basada en el umbral, que evalúa que tan cerca está una entrada de considerarse perteneciente a una clase u otra. Si el umbral es reducido, habrá menos falsos rechazos pero más falsos aceptados. Igualmente, aumentando el umbral, reduciremos los falsos aceptados pero incrementaremos los falsos rechazos.

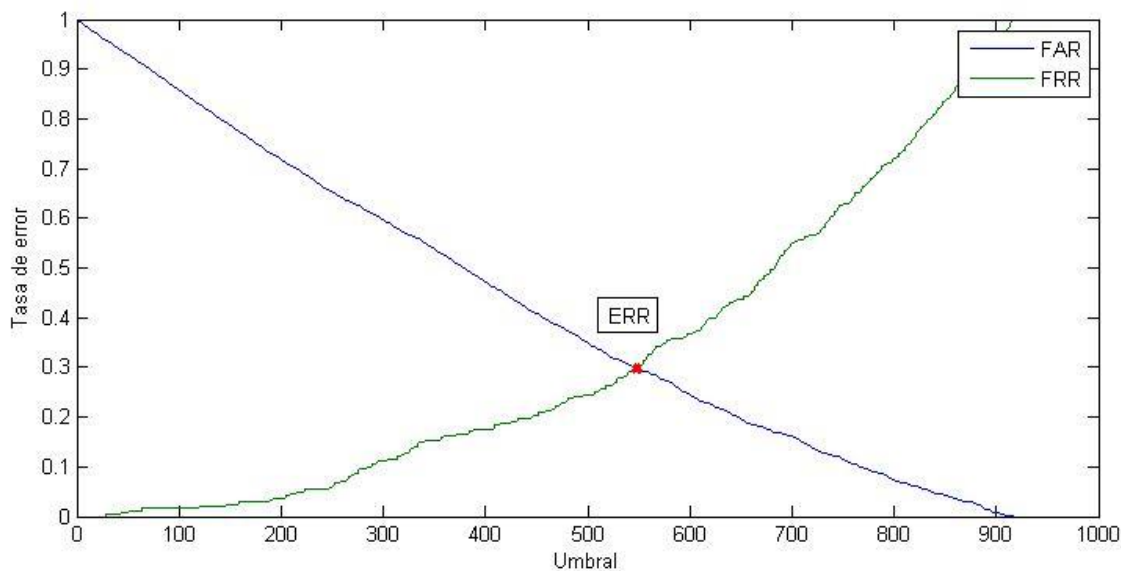


Figura 5-3: Curvas de falsa aceptación y falso rechazo

Inevitablemente, las señales de una clase generarán patrones que serán confundidos por el clasificador, de manera que no importa cómo se elija el umbral, siempre se producirán

algunos errores de clasificación. Dependiendo del mismo, un rango entre todos o ninguno de los patrones es aceptado falsamente por el sistema.

El EER es usado en este sistema como etapa de realimentación de la SVM. Se toman los resultados obtenidos por el clasificador en una primera aproximación y se obtienen las tasas de falsos positivos (FP), falsos negativos (FN), verdaderos positivos (TP) y verdaderos negativos (TN). El cálculo de estos valores se ha realizado mediante la aplicación de la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Con estos datos, se procede a la obtención de las curvas representadas en la Figura 5-3, FAR y FRR:

$$FAR = FN/AP \quad (\text{Ec. 5.1})$$

AP: Número total de positivos (para este proyecto, número total de patológicos)

$$FRR = FP/AN \quad (\text{Ec. 5.2})$$

AN: Número total de negativos (para este proyecto, número total de pacientes sanos)

Con estas dos curvas caracterizadas, se obtiene el punto en el que se cortan, donde se localiza el EER, que será el umbral que minimiza el error en la clasificación. Dicho umbral se inserta como parámetro de entrada en una nueva simulación de la SVM, obteniendo la clasificación definitiva.

5.3 Receiver Operator Characteristic (ROC)

En la detección patológica, una de las métricas tradicionales para evaluar el desempeño de un sistema clasificador consiste en la caracterización de la curva ROC (Figura 5-4). Esta curva representa la sensibilidad del sistema (tasa de verdaderos positivos), frente a su especificidad (tasa de falsos positivos, 1-especificidad) para algoritmos de clasificación binaria en función de un umbral de discriminación. Cumple con las siguientes particularidades [48]:

- Cualquier aumento en la sensibilidad estará acompañado por una disminución en la especificidad.
- Cuanto más cerca esté la curva de los bordes izquierdo y superior del espacio ROC, mayor precisión obtendrá la clasificación.

- Cuanto más cerca esté la curva de la posición diagonal, 45° en el espacio ROC, menos precisa será la prueba.
- El área debajo de la curva (AUC – *area under ROC curve*) es una medida de la precisión del sistema. Cuanto mayor sea esta área, mayor acierto obtendremos en la clasificación. Es uno de los parámetros más utilizados para validar sistemas de clasificación [49,50].

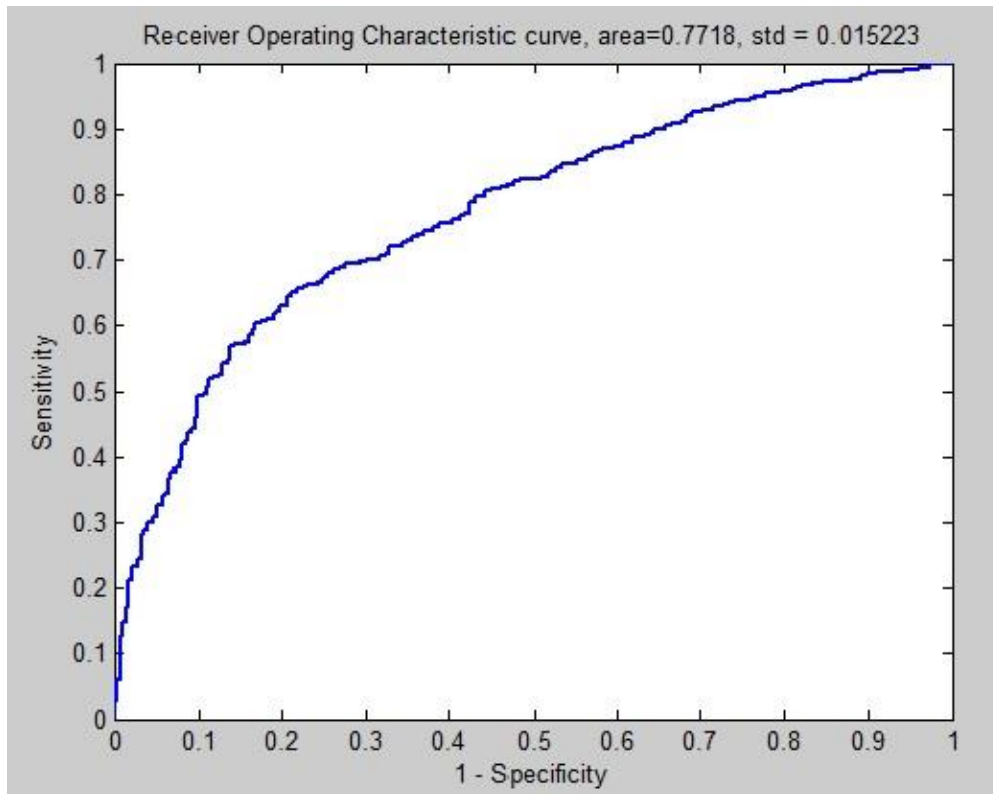


Figura 5-4: Curva ROC

La toolbox LS-SVMLab, presentada anteriormente, proporciona una función capaz de calcular todos los parámetros pertenecientes a la curva ROC. Es por esto que, mediante esta función, se han calculado tanto los valores para la obtención de las curvas FAR y FRR que determinan el EER, como los valores de Especificidad, Precisión y Sensibilidad del sistema.

- **Precisión:** Medida de la confiabilidad del sistema → Un valor de ‘1’ para este parámetro indicaría la perfección del sistema. La totalidad de las veces que se realiza una prueba, se acierta en la clasificación.

- **Sensibilidad:** Medida de la capacidad del sistema para detectar el tipo de señal probada → Interesa un valor cercano al '1', el cual indicaría que el sistema detecta correctamente a que clase pertenece la señal que se está probando.
- **Especificidad:** Mide la dificultad de confundir el diagnóstico → Igual que para la sensibilidad interesa un valor próximo al '1', el cual indicaría que el sistema acierta en su clasificación en la mayoría de ocasiones.

Capítulo 6

Resultados

La presentación y análisis de resultados se dividirá, como se indicó en el apartado 2.5, en diferentes grupos, atendiendo en primer lugar a la vocal que se usó para la grabación de la señal de audio (a, i, u) y en segundo lugar al tamaño de la ventana en el que se descompuso cada señal para parametrizarla, 30, 50 o 70 ms incluyendo un solape de cada uno de estos tamaños al 50%.

Cada grupo de señales atacará al clasificador sobre el que se van variando los parámetros de entrada de la SVM hasta que, basándonos en los datos obtenidos, encontremos los que resulten óptimos. En concreto variaremos los siguientes pares de parámetros de la siguiente manera:

1. Porcentaje de entreno de la SVM de señales sanas (PES) y señales patológicas (PEP), variando cada una desde el 10% hasta el 90% en incrementos del 5%.
2. Ejecutaremos el algoritmo de clasificación repetidas veces incrementando de manera exponencial los valores de sigma cuadrado y gamma.

Para ello en ambos casos se ejecutará el algoritmo en veinte ocasiones y se almacenarán los resultados para calcular su media tratando de minimizar la aleatoriedad del resultado.

La forma en la que se evalúa el rendimiento del sistema consistirá en el cálculo de los parámetros: Precisión, Sensibilidad y Especificidad. Parámetros que se calculan de la siguiente manera [67]:

$$\text{Especificidad} = \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FP}} \quad (\text{Ec. 6.1})$$

$$\text{Precisión} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (\text{Ec. 6.2})$$

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \quad (\text{Ec. 6.3})$$

6.1 Presentación de los resultados

Atendiendo a los resultados arrojados por el algoritmo de clasificación, se calculan y presentan mediante tablas y representaciones gráficas en 2-D los parámetros anteriormente mencionados: Precisión, Sensibilidad y Especificidad. El esquema de presentación de resultados es el siguiente:

- Vocal utilizada (a, i ,u)
 - Tamaño de la ventana (30, 30-solape, 50, 50-s, 70, 70-s) ms
 - Especificidad (tabla y gráfica)
 - Precisión (tabla y gráfica)
 - Sensibilidad (tabla y gráfica)

Esta forma de presentar los resultados se repetirá en dos ocasiones. La primera, con unos parámetros fijos de la SVM (gamma = 0.1 y sigma cuadrado = 100), trata de encontrar la mejor combinación de porcentajes de señales de entreno sanas y patológicas. En la segunda, con esos porcentajes obtenidos para cada vocal, se varía el par parámetros sigma cuadrado-gamma.

Como último apartado dentro del análisis de cada vocal, se incluye un resumen en el que se presenta la combinación que consigue mejores prestaciones para los parámetros de rendimiento.

6.1.1 Cálculo de los porcentajes óptimos

6.1.1.1 Vocal A

Estudio de la vocal 'A' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70 ms. Obtención de porcentajes de entreno óptimos para la SVM.

Se varía el porcentaje de grabaciones sanas utilizadas para entrenar la SVM (PES) entre el 10% y el 90% de la base de datos. Igualmente se hace con el porcentaje de entreno de señales patológicas (PEP). Los valores asignados por defecto a sigma cuadrado y gamma son 100 y 0.1 respectivamente.

En los próximos apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para los parámetros de Especificidad, Precisión y Sensibilidad.

6.1.1.1.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-1: Especificidad según porcentajes para A-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,665	0,670	0,667	0,670	0,668	0,669	0,671	0,668	0,671	0,671	0,672	0,664	0,668	0,664	0,666	0,664	0,667
15	0,676	0,678	0,675	0,677	0,683	0,679	0,674	0,681	0,681	0,677	0,677	0,679	0,679	0,674	0,678	0,678	0,674
20	0,674	0,681	0,683	0,679	0,681	0,681	0,686	0,688	0,679	0,686	0,685	0,682	0,682	0,686	0,685	0,688	0,686
25	0,679	0,677	0,684	0,684	0,687	0,688	0,685	0,689	0,692	0,688	0,686	0,690	0,691	0,691	0,690	0,686	0,686
30	0,682	0,689	0,687	0,684	0,688	0,690	0,688	0,691	0,693	0,691	0,688	0,687	0,689	0,694	0,702	0,688	0,693
35	0,686	0,686	0,685	0,692	0,694	0,693	0,690	0,697	0,694	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,699	0,698	0,686
40	0,680	0,685	0,691	0,693	0,694	0,689	0,690	0,696	0,693	0,691	0,697	0,697	0,696	0,696	0,693	0,696	0,700
45	0,686	0,692	0,689	0,693	0,693	0,693	0,692	0,693	0,694	0,694	0,694	0,697	0,693	0,698	0,694	0,693	0,700
50	0,686	0,690	0,693	0,693	0,691	0,694	0,695	0,700	0,698	0,701	0,703	0,696	0,699	0,699	0,695	0,697	0,702
55	0,683	0,689	0,694	0,692	0,697	0,694	0,698	0,695	0,695	0,696	0,696	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693	0,701
60	0,686	0,693	0,696	0,695	0,697	0,692	0,696	0,694	0,701	0,700	0,703	0,697	0,701	0,701	0,709	0,704	0,697
65	0,681	0,692	0,692	0,692	0,697	0,698	0,699	0,699	0,693	0,701	0,700	0,706	0,705	0,702	0,706	0,707	0,700
70	0,687	0,696	0,695	0,693	0,698	0,698	0,696	0,697	0,698	0,698	0,696	0,704	0,697	0,701	0,700	0,700	0,698
75	0,685	0,694	0,693	0,694	0,703	0,696	0,698	0,696	0,696	0,700	0,706	0,699	0,697	0,705	0,700	0,702	0,711
80	0,688	0,688	0,692	0,697	0,700	0,694	0,691	0,693	0,699	0,701	0,696	0,702	0,695	0,694	0,702	0,705	0,698
85	0,686	0,697	0,691	0,702	0,700	0,700	0,698	0,703	0,705	0,699	0,705	0,700	0,705	0,704	0,703	0,705	0,703
90	0,684	0,694	0,701	0,692	0,695	0,707	0,699	0,698	0,706	0,704	0,702	0,705	0,711	0,695	0,698	0,702	0,704

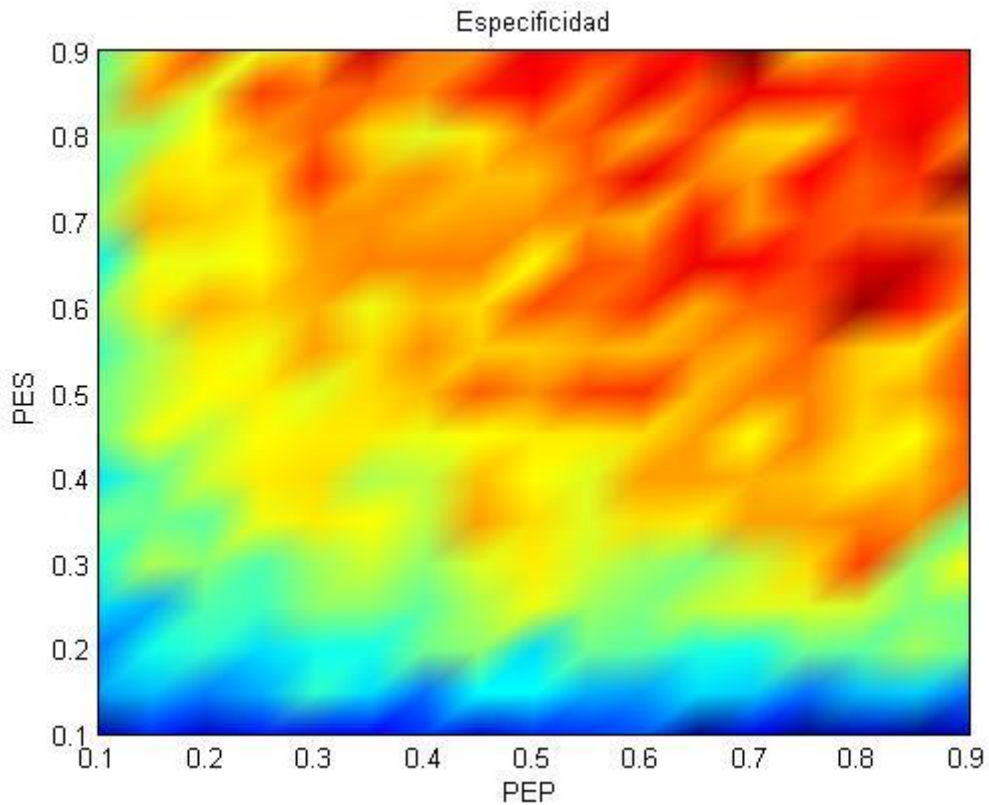


Figura 6-1: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-2: Precisión según porcentajes para A-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,665	0,670	0,667	0,670	0,668	0,669	0,671	0,668	0,671	0,672	0,672	0,664	0,668	0,664	0,666	0,664	0,667
15	0,676	0,678	0,675	0,677	0,683	0,679	0,674	0,681	0,681	0,677	0,676	0,679	0,679	0,674	0,678	0,678	0,674
20	0,674	0,681	0,683	0,679	0,681	0,681	0,686	0,687	0,679	0,686	0,685	0,682	0,682	0,686	0,685	0,688	0,686
25	0,679	0,677	0,684	0,684	0,687	0,688	0,685	0,689	0,692	0,688	0,686	0,690	0,691	0,691	0,690	0,686	0,686
30	0,682	0,689	0,687	0,684	0,688	0,690	0,687	0,692	0,693	0,691	0,688	0,687	0,689	0,694	0,702	0,688	0,693
35	0,686	0,686	0,685	0,692	0,694	0,693	0,690	0,697	0,694	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,699	0,698	0,686
40	0,680	0,685	0,690	0,693	0,694	0,689	0,690	0,696	0,693	0,692	0,697	0,697	0,696	0,696	0,693	0,696	0,700
45	0,686	0,692	0,690	0,693	0,693	0,693	0,692	0,693	0,694	0,693	0,695	0,697	0,693	0,698	0,694	0,693	0,700
50	0,686	0,690	0,693	0,694	0,691	0,694	0,695	0,700	0,698	0,701	0,703	0,695	0,699	0,698	0,695	0,697	0,702
55	0,684	0,689	0,693	0,692	0,697	0,694	0,698	0,695	0,695	0,696	0,696	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693	0,700
60	0,686	0,693	0,696	0,695	0,697	0,692	0,696	0,694	0,701	0,700	0,703	0,697	0,700	0,701	0,709	0,704	0,697
65	0,681	0,692	0,692	0,692	0,697	0,698	0,699	0,699	0,692	0,701	0,700	0,706	0,704	0,702	0,706	0,707	0,700
70	0,687	0,696	0,695	0,693	0,698	0,698	0,697	0,697	0,698	0,698	0,696	0,704	0,697	0,701	0,700	0,700	0,699
75	0,686	0,694	0,693	0,694	0,703	0,695	0,697	0,696	0,696	0,700	0,705	0,699	0,697	0,704	0,700	0,702	0,712
80	0,687	0,688	0,692	0,697	0,701	0,695	0,691	0,693	0,699	0,701	0,696	0,701	0,695	0,694	0,702	0,705	0,697
85	0,686	0,697	0,692	0,701	0,699	0,700	0,698	0,704	0,705	0,698	0,705	0,700	0,706	0,705	0,703	0,705	0,704
90	0,684	0,694	0,700	0,692	0,695	0,708	0,699	0,698	0,706	0,704	0,702	0,705	0,711	0,695	0,699	0,701	0,705

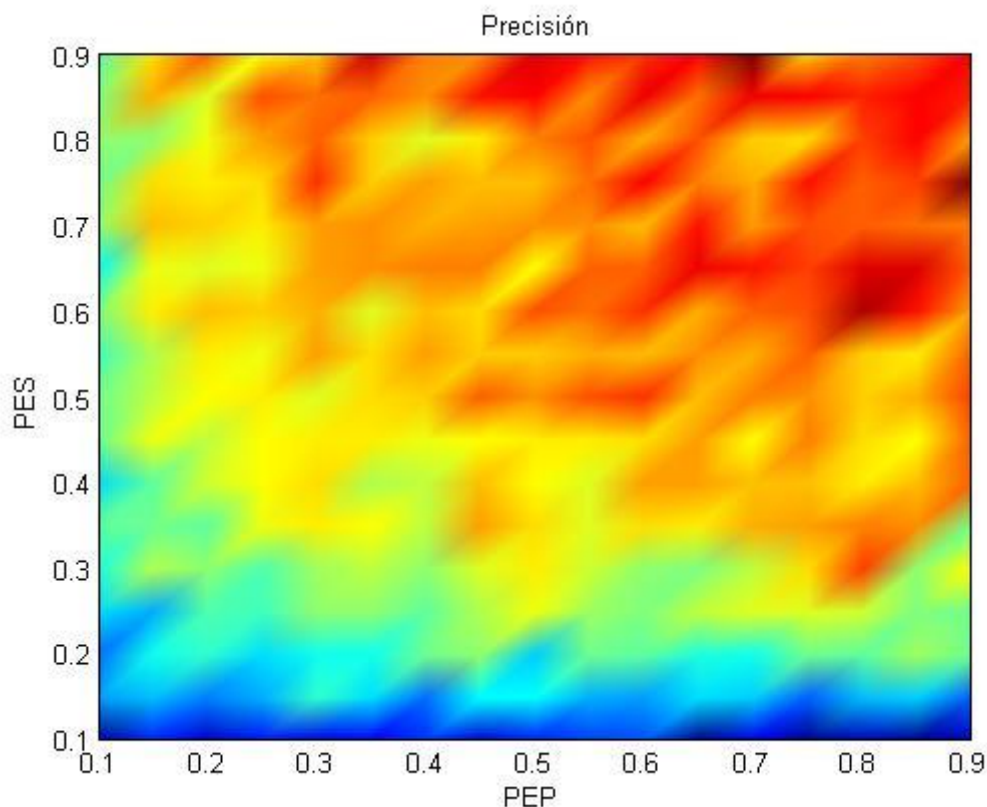


Figura 6-2: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-3: Sensibilidad según porcentajes para A-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,665	0,670	0,667	0,670	0,668	0,669	0,671	0,668	0,671	0,672	0,672	0,664	0,668	0,664	0,666	0,664	0,667
15	0,676	0,678	0,675	0,677	0,683	0,679	0,674	0,681	0,681	0,677	0,676	0,679	0,679	0,674	0,678	0,678	0,674
20	0,674	0,681	0,683	0,679	0,681	0,681	0,686	0,687	0,679	0,686	0,685	0,682	0,682	0,686	0,685	0,688	0,686
25	0,679	0,677	0,684	0,683	0,687	0,688	0,685	0,689	0,692	0,688	0,686	0,690	0,691	0,691	0,690	0,686	0,686
30	0,682	0,689	0,687	0,684	0,688	0,690	0,687	0,692	0,693	0,691	0,688	0,687	0,689	0,694	0,702	0,687	0,693
35	0,686	0,686	0,685	0,692	0,694	0,693	0,690	0,697	0,694	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,699	0,698	0,687
40	0,680	0,685	0,690	0,693	0,694	0,689	0,690	0,696	0,693	0,692	0,697	0,697	0,696	0,695	0,693	0,696	0,700
45	0,686	0,692	0,690	0,693	0,694	0,693	0,692	0,693	0,694	0,693	0,695	0,697	0,693	0,699	0,694	0,693	0,700
50	0,686	0,690	0,693	0,694	0,691	0,694	0,695	0,700	0,698	0,701	0,703	0,695	0,699	0,698	0,695	0,697	0,702
55	0,684	0,689	0,693	0,692	0,697	0,694	0,698	0,695	0,695	0,696	0,696	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693	0,700
60	0,686	0,694	0,696	0,695	0,697	0,692	0,695	0,694	0,701	0,700	0,703	0,697	0,700	0,701	0,709	0,704	0,697
65	0,681	0,692	0,692	0,692	0,697	0,698	0,699	0,699	0,692	0,701	0,700	0,706	0,704	0,702	0,706	0,706	0,701
70	0,687	0,696	0,695	0,693	0,698	0,698	0,697	0,697	0,698	0,698	0,696	0,704	0,697	0,701	0,701	0,700	0,699
75	0,686	0,694	0,693	0,694	0,703	0,695	0,697	0,696	0,696	0,700	0,705	0,699	0,697	0,704	0,700	0,701	0,712
80	0,687	0,688	0,692	0,697	0,701	0,695	0,691	0,693	0,699	0,701	0,696	0,701	0,695	0,694	0,702	0,705	0,696
85	0,686	0,697	0,692	0,701	0,699	0,700	0,698	0,704	0,705	0,698	0,705	0,700	0,706	0,705	0,704	0,704	0,704
90	0,684	0,694	0,700	0,693	0,695	0,708	0,699	0,698	0,707	0,705	0,702	0,705	0,711	0,695	0,699	0,701	0,706

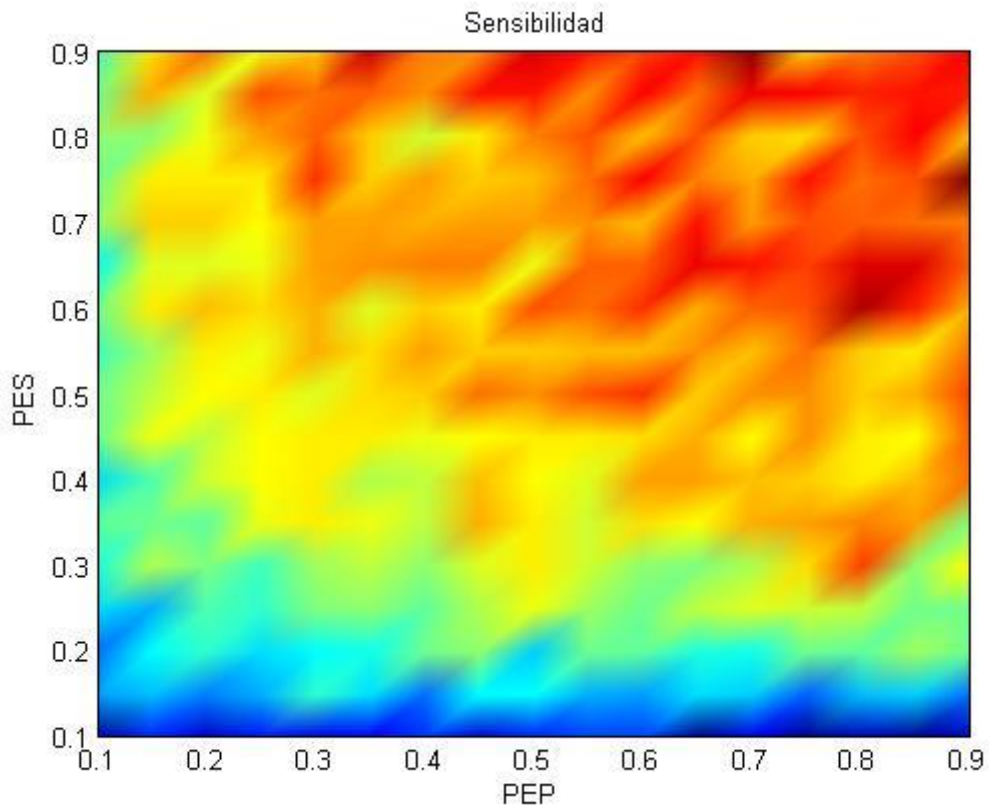


Figura 6-3: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-30ms

6.1.1.1.2 Ventana = 30ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-4: Especificidad según porcentajes para A-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,673	0,673	0,678	0,672	0,677	0,677	0,674	0,679	0,674	0,672	0,676	0,675	0,680	0,673	0,676	0,673	0,674
15	0,672	0,681	0,684	0,678	0,682	0,686	0,682	0,680	0,684	0,687	0,686	0,688	0,679	0,685	0,682	0,675	0,678
20	0,680	0,683	0,686	0,688	0,686	0,689	0,693	0,687	0,689	0,688	0,691	0,695	0,691	0,687	0,699	0,695	0,693
25	0,682	0,686	0,689	0,689	0,693	0,696	0,690	0,691	0,690	0,693	0,697	0,693	0,699	0,692	0,691	0,693	0,693
30	0,685	0,689	0,691	0,691	0,696	0,694	0,691	0,695	0,695	0,695	0,697	0,694	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693
35	0,687	0,689	0,691	0,694	0,700	0,696	0,699	0,698	0,696	0,696	0,701	0,702	0,699	0,701	0,702	0,693	0,697
40	0,690	0,692	0,690	0,695	0,697	0,694	0,698	0,693	0,704	0,697	0,700	0,697	0,699	0,700	0,702	0,701	0,705
45	0,689	0,694	0,691	0,696	0,694	0,701	0,701	0,702	0,699	0,698	0,701	0,701	0,699	0,705	0,697	0,700	0,698
50	0,690	0,695	0,701	0,698	0,701	0,706	0,703	0,701	0,699	0,708	0,698	0,704	0,697	0,704	0,707	0,705	0,701
55	0,692	0,694	0,700	0,703	0,701	0,699	0,702	0,700	0,705	0,705	0,704	0,707	0,702	0,699	0,703	0,705	0,710
60	0,690	0,696	0,703	0,695	0,704	0,697	0,702	0,705	0,703	0,702	0,710	0,710	0,701	0,707	0,707	0,702	0,711
65	0,695	0,700	0,698	0,701	0,700	0,703	0,700	0,705	0,704	0,697	0,705	0,707	0,703	0,702	0,708	0,709	0,707
70	0,690	0,696	0,706	0,696	0,703	0,700	0,706	0,701	0,704	0,706	0,708	0,707	0,702	0,704	0,701	0,710	0,708
75	0,698	0,697	0,698	0,703	0,706	0,706	0,706	0,708	0,706	0,706	0,709	0,707	0,707	0,711	0,706	0,702	0,712
80	0,696	0,700	0,703	0,704	0,709	0,702	0,705	0,706	0,702	0,707	0,712	0,702	0,708	0,705	0,718	0,708	0,714
85	0,700	0,699	0,698	0,706	0,712	0,707	0,705	0,708	0,705	0,709	0,726	0,708	0,708	0,703	0,702	0,711	0,705
90	0,688	0,694	0,707	0,700	0,714	0,707	0,709	0,707	0,715	0,709	0,717	0,700	0,717	0,709	0,718	0,717	0,718

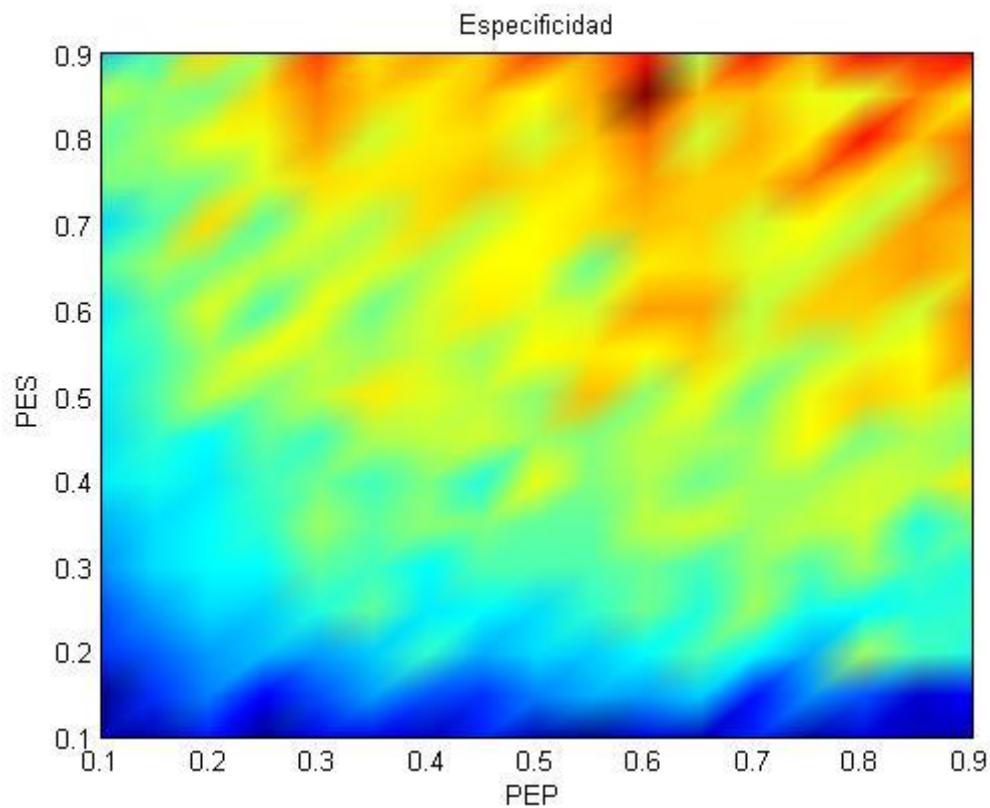


Figura 6-4: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-5: Precisión según porcentajes para A-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,672	0,673	0,678	0,672	0,677	0,677	0,674	0,679	0,674	0,672	0,676	0,675	0,679	0,673	0,676	0,673	0,674
15	0,672	0,681	0,684	0,678	0,682	0,686	0,682	0,680	0,684	0,687	0,686	0,688	0,679	0,685	0,682	0,675	0,678
20	0,680	0,683	0,687	0,688	0,686	0,689	0,693	0,687	0,689	0,688	0,691	0,695	0,691	0,687	0,699	0,695	0,693
25	0,682	0,686	0,689	0,689	0,693	0,696	0,690	0,691	0,690	0,693	0,697	0,693	0,699	0,692	0,691	0,693	0,694
30	0,685	0,689	0,691	0,691	0,696	0,694	0,691	0,695	0,695	0,695	0,697	0,694	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693
35	0,687	0,689	0,691	0,693	0,700	0,696	0,699	0,698	0,696	0,696	0,701	0,702	0,699	0,701	0,702	0,693	0,697
40	0,691	0,692	0,690	0,695	0,697	0,694	0,698	0,693	0,704	0,697	0,700	0,697	0,699	0,700	0,702	0,701	0,705
45	0,690	0,694	0,691	0,696	0,694	0,701	0,701	0,702	0,700	0,698	0,701	0,701	0,699	0,705	0,697	0,701	0,698
50	0,690	0,695	0,701	0,698	0,701	0,706	0,703	0,701	0,698	0,708	0,698	0,704	0,697	0,704	0,707	0,705	0,701
55	0,692	0,694	0,699	0,703	0,701	0,699	0,702	0,700	0,705	0,705	0,704	0,707	0,702	0,699	0,703	0,705	0,710
60	0,690	0,696	0,703	0,695	0,703	0,697	0,702	0,705	0,703	0,702	0,710	0,710	0,701	0,707	0,707	0,702	0,711
65	0,696	0,700	0,698	0,701	0,700	0,703	0,700	0,705	0,704	0,697	0,705	0,707	0,703	0,702	0,708	0,709	0,707
70	0,690	0,696	0,706	0,696	0,703	0,701	0,706	0,701	0,704	0,706	0,708	0,707	0,702	0,705	0,701	0,710	0,708
75	0,698	0,697	0,698	0,703	0,707	0,706	0,707	0,708	0,706	0,706	0,709	0,707	0,707	0,711	0,706	0,702	0,712
80	0,696	0,699	0,703	0,704	0,709	0,702	0,705	0,707	0,702	0,707	0,712	0,702	0,708	0,705	0,718	0,708	0,712
85	0,700	0,699	0,698	0,706	0,711	0,707	0,706	0,708	0,705	0,709	0,726	0,708	0,708	0,704	0,703	0,711	0,705
90	0,690	0,695	0,706	0,700	0,713	0,707	0,711	0,707	0,715	0,709	0,717	0,700	0,717	0,708	0,717	0,715	0,718

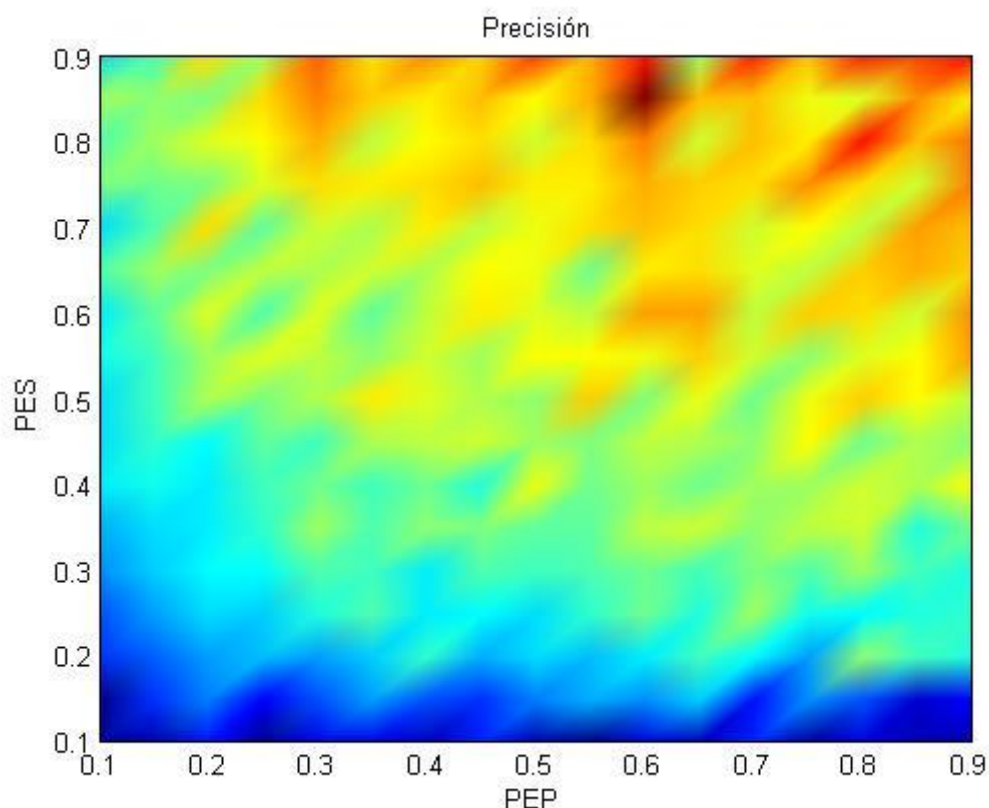


Figura 6-5: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-6: Sensibilidad según porcentajes para A-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,672	0,673	0,678	0,672	0,677	0,677	0,674	0,679	0,674	0,673	0,676	0,675	0,679	0,673	0,676	0,673	0,674
15	0,672	0,681	0,684	0,678	0,682	0,686	0,682	0,680	0,684	0,687	0,686	0,688	0,679	0,685	0,682	0,675	0,678
20	0,680	0,683	0,687	0,688	0,686	0,689	0,693	0,687	0,689	0,688	0,691	0,695	0,691	0,686	0,699	0,695	0,693
25	0,682	0,686	0,689	0,689	0,693	0,696	0,690	0,691	0,690	0,693	0,697	0,693	0,699	0,692	0,691	0,693	0,694
30	0,685	0,689	0,691	0,691	0,696	0,694	0,691	0,695	0,695	0,695	0,697	0,695	0,698	0,696	0,700	0,695	0,693
35	0,687	0,689	0,691	0,693	0,700	0,696	0,699	0,698	0,696	0,696	0,701	0,702	0,699	0,701	0,702	0,693	0,697
40	0,691	0,692	0,690	0,695	0,697	0,694	0,697	0,693	0,704	0,697	0,700	0,697	0,699	0,700	0,702	0,701	0,705
45	0,690	0,694	0,691	0,696	0,694	0,701	0,701	0,702	0,700	0,698	0,701	0,701	0,699	0,705	0,697	0,701	0,699
50	0,690	0,695	0,701	0,698	0,701	0,706	0,703	0,700	0,698	0,708	0,698	0,704	0,697	0,704	0,707	0,705	0,701
55	0,692	0,694	0,699	0,703	0,701	0,699	0,702	0,700	0,705	0,705	0,704	0,707	0,702	0,699	0,703	0,704	0,710
60	0,690	0,696	0,703	0,695	0,703	0,697	0,701	0,705	0,703	0,702	0,710	0,710	0,701	0,707	0,706	0,702	0,711
65	0,696	0,700	0,698	0,701	0,701	0,703	0,700	0,705	0,704	0,697	0,705	0,707	0,703	0,701	0,708	0,709	0,707
70	0,690	0,696	0,706	0,696	0,703	0,701	0,706	0,701	0,704	0,706	0,708	0,706	0,702	0,705	0,701	0,710	0,708
75	0,698	0,697	0,698	0,703	0,707	0,706	0,707	0,708	0,706	0,706	0,709	0,707	0,707	0,711	0,706	0,702	0,712
80	0,696	0,699	0,703	0,704	0,709	0,702	0,705	0,707	0,702	0,707	0,712	0,702	0,708	0,705	0,718	0,708	0,711
85	0,700	0,699	0,698	0,706	0,711	0,707	0,706	0,708	0,705	0,709	0,726	0,708	0,708	0,704	0,703	0,711	0,705
90	0,690	0,695	0,706	0,700	0,713	0,707	0,711	0,707	0,715	0,709	0,717	0,700	0,717	0,708	0,717	0,714	0,718

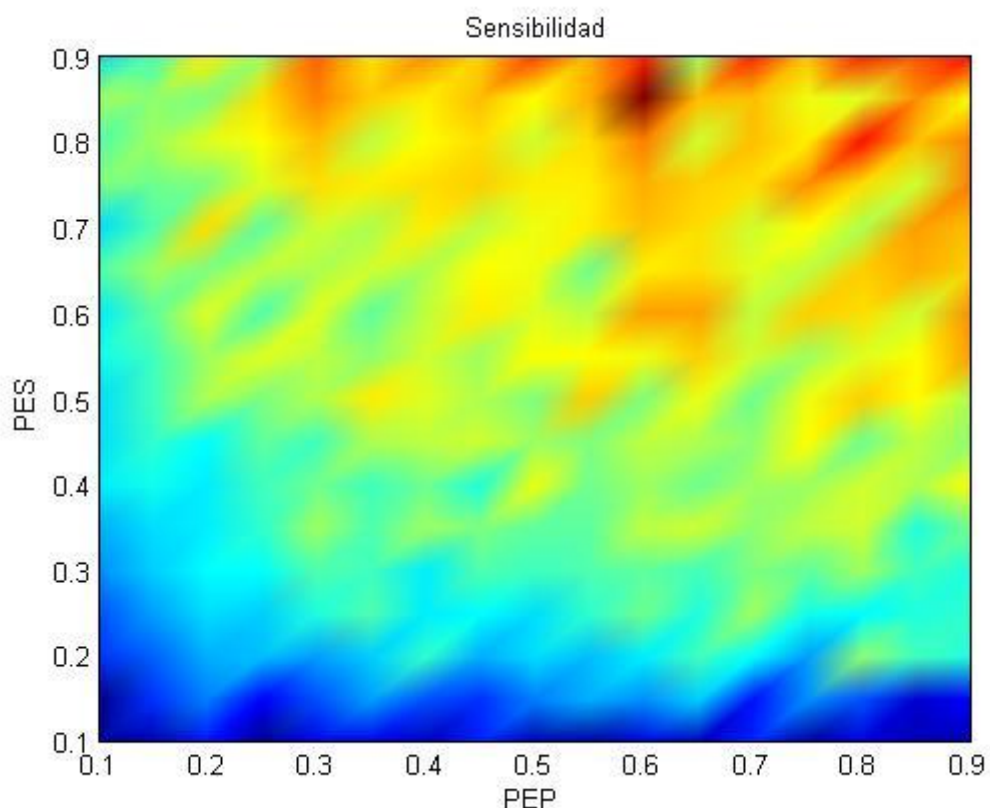


Figura 6-6: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-30ms con solape

6.1.1.1.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-7: Especificidad según porcentajes para A-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,657	0,660	0,659	0,664	0,658	0,661	0,658	0,658	0,659	0,660	0,656	0,658	0,654	0,655	0,651	0,656
15	0,665	0,665	0,669	0,668	0,668	0,670	0,667	0,671	0,672	0,669	0,672	0,671	0,669	0,672	0,666	0,665	0,668
20	0,667	0,669	0,676	0,672	0,676	0,675	0,677	0,676	0,675	0,675	0,671	0,671	0,673	0,670	0,682	0,675	0,675
25	0,671	0,674	0,676	0,678	0,678	0,677	0,679	0,684	0,676	0,679	0,689	0,684	0,675	0,675	0,677	0,680	0,679
30	0,677	0,671	0,677	0,678	0,680	0,681	0,679	0,679	0,685	0,685	0,682	0,684	0,688	0,680	0,682	0,683	0,679
35	0,676	0,680	0,682	0,680	0,679	0,682	0,684	0,685	0,683	0,685	0,684	0,685	0,680	0,695	0,686	0,691	0,697
40	0,677	0,677	0,682	0,682	0,685	0,684	0,685	0,689	0,690	0,687	0,686	0,689	0,687	0,687	0,688	0,685	0,676
45	0,672	0,681	0,682	0,680	0,685	0,689	0,687	0,687	0,686	0,686	0,694	0,685	0,683	0,691	0,687	0,683	0,676
50	0,675	0,683	0,678	0,683	0,680	0,689	0,687	0,688	0,690	0,690	0,691	0,695	0,688	0,692	0,691	0,696	0,680
55	0,677	0,682	0,680	0,684	0,686	0,691	0,691	0,689	0,694	0,693	0,690	0,690	0,691	0,696	0,692	0,704	0,690
60	0,679	0,680	0,688	0,687	0,687	0,685	0,686	0,690	0,693	0,689	0,693	0,692	0,690	0,694	0,690	0,700	0,689
65	0,678	0,684	0,684	0,684	0,688	0,685	0,688	0,697	0,692	0,689	0,692	0,693	0,696	0,699	0,694	0,696	0,699
70	0,677	0,685	0,684	0,692	0,687	0,693	0,691	0,693	0,686	0,693	0,691	0,688	0,701	0,691	0,694	0,687	0,702
75	0,674	0,686	0,688	0,690	0,692	0,694	0,686	0,694	0,688	0,693	0,699	0,697	0,699	0,694	0,692	0,692	0,699
80	0,674	0,688	0,694	0,686	0,694	0,684	0,693	0,692	0,695	0,691	0,691	0,700	0,699	0,688	0,703	0,696	0,700
85	0,673	0,677	0,691	0,690	0,691	0,692	0,693	0,690	0,696	0,702	0,700	0,702	0,699	0,688	0,705	0,696	0,702
90	0,677	0,683	0,688	0,686	0,690	0,696	0,691	0,693	0,696	0,688	0,690	0,691	0,684	0,699	0,706	0,706	0,711

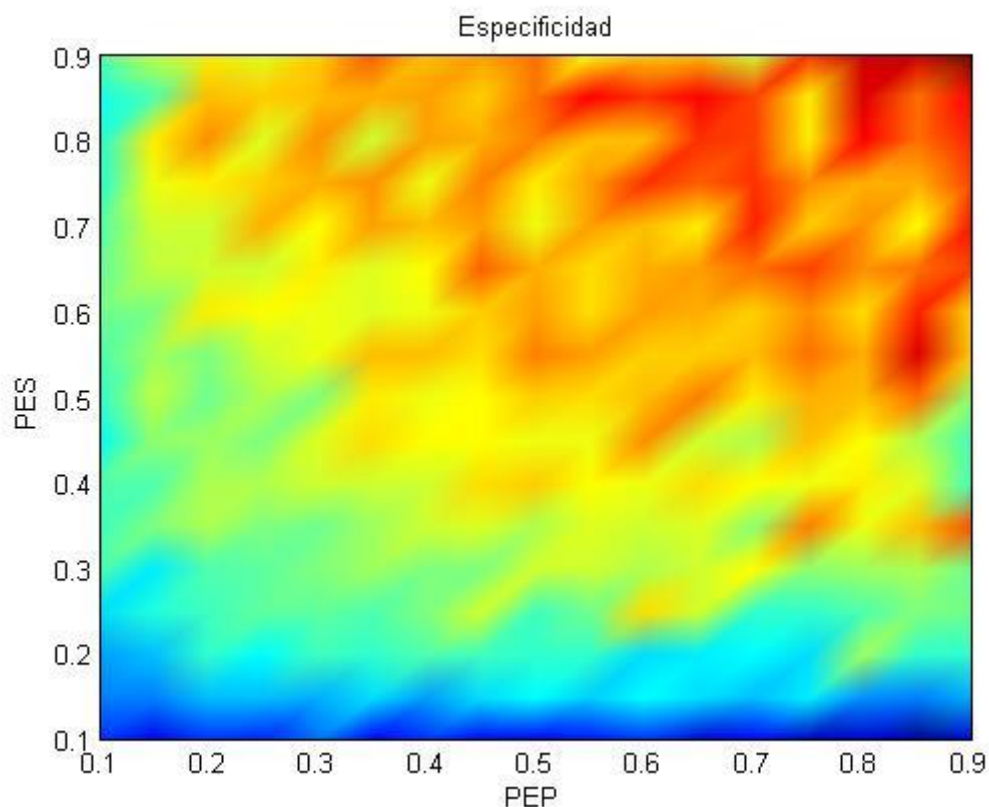


Figura 6-7: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-8: Precisión según porcentajes para A-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,657	0,660	0,659	0,664	0,658	0,661	0,658	0,658	0,659	0,660	0,656	0,658	0,654	0,655	0,651	0,656
15	0,665	0,665	0,669	0,668	0,668	0,670	0,667	0,671	0,672	0,669	0,672	0,671	0,669	0,672	0,666	0,665	0,668
20	0,667	0,669	0,676	0,672	0,676	0,675	0,677	0,676	0,675	0,675	0,671	0,671	0,673	0,670	0,682	0,675	0,675
25	0,670	0,674	0,676	0,678	0,678	0,677	0,679	0,684	0,676	0,678	0,689	0,684	0,675	0,675	0,677	0,680	0,679
30	0,677	0,671	0,677	0,678	0,680	0,681	0,679	0,679	0,685	0,685	0,682	0,684	0,687	0,680	0,682	0,683	0,679
35	0,676	0,680	0,682	0,680	0,679	0,682	0,684	0,685	0,682	0,685	0,684	0,685	0,681	0,695	0,686	0,691	0,697
40	0,677	0,677	0,682	0,682	0,685	0,684	0,685	0,689	0,690	0,687	0,686	0,689	0,687	0,687	0,689	0,685	0,676
45	0,672	0,680	0,682	0,680	0,685	0,689	0,687	0,687	0,686	0,686	0,694	0,685	0,682	0,691	0,687	0,683	0,676
50	0,675	0,683	0,678	0,683	0,680	0,688	0,687	0,688	0,690	0,690	0,691	0,695	0,688	0,691	0,691	0,696	0,680
55	0,676	0,682	0,680	0,684	0,686	0,691	0,691	0,689	0,694	0,693	0,690	0,690	0,691	0,696	0,692	0,704	0,690
60	0,679	0,680	0,688	0,687	0,686	0,686	0,686	0,690	0,693	0,689	0,693	0,692	0,690	0,694	0,689	0,700	0,689
65	0,678	0,684	0,684	0,684	0,688	0,686	0,688	0,697	0,692	0,689	0,692	0,693	0,696	0,699	0,694	0,696	0,699
70	0,677	0,685	0,684	0,692	0,687	0,693	0,691	0,693	0,686	0,693	0,691	0,688	0,701	0,691	0,694	0,688	0,701
75	0,675	0,686	0,688	0,690	0,693	0,694	0,686	0,694	0,689	0,693	0,699	0,698	0,700	0,694	0,692	0,692	0,698
80	0,674	0,688	0,694	0,685	0,694	0,684	0,694	0,692	0,695	0,691	0,691	0,700	0,698	0,688	0,702	0,696	0,699
85	0,673	0,677	0,691	0,691	0,690	0,691	0,693	0,690	0,695	0,703	0,700	0,703	0,698	0,688	0,704	0,695	0,703
90	0,677	0,684	0,690	0,686	0,691	0,697	0,691	0,692	0,696	0,688	0,690	0,692	0,685	0,700	0,706	0,706	0,711

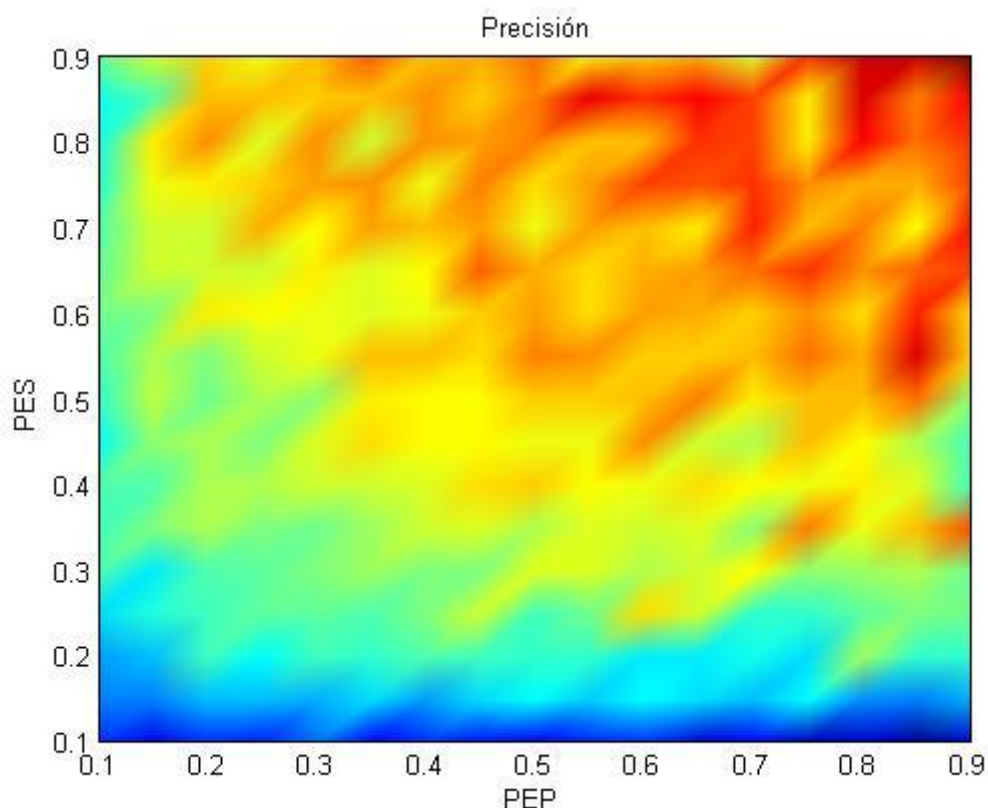


Figura 6-8: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-9: Sensibilidad según porcentajes para A-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,657	0,660	0,659	0,664	0,658	0,661	0,658	0,658	0,659	0,660	0,656	0,658	0,655	0,655	0,651	0,656
15	0,665	0,665	0,669	0,668	0,667	0,670	0,667	0,671	0,672	0,669	0,672	0,671	0,669	0,672	0,666	0,665	0,668
20	0,667	0,669	0,676	0,672	0,676	0,675	0,677	0,676	0,675	0,675	0,671	0,671	0,673	0,670	0,682	0,675	0,675
25	0,670	0,674	0,676	0,678	0,678	0,677	0,679	0,684	0,676	0,678	0,689	0,684	0,675	0,675	0,677	0,680	0,679
30	0,677	0,671	0,677	0,678	0,680	0,681	0,679	0,679	0,685	0,685	0,682	0,685	0,687	0,680	0,682	0,683	0,678
35	0,676	0,680	0,682	0,680	0,679	0,682	0,684	0,685	0,682	0,685	0,684	0,685	0,681	0,695	0,686	0,691	0,697
40	0,677	0,677	0,682	0,682	0,685	0,684	0,685	0,689	0,690	0,687	0,686	0,689	0,687	0,687	0,689	0,685	0,676
45	0,673	0,680	0,682	0,680	0,685	0,689	0,687	0,688	0,686	0,686	0,694	0,685	0,682	0,691	0,687	0,683	0,676
50	0,675	0,683	0,678	0,683	0,680	0,688	0,687	0,687	0,690	0,690	0,691	0,695	0,688	0,691	0,692	0,696	0,680
55	0,676	0,682	0,680	0,684	0,686	0,691	0,691	0,689	0,694	0,693	0,690	0,690	0,691	0,696	0,692	0,705	0,691
60	0,679	0,680	0,688	0,687	0,686	0,686	0,686	0,690	0,693	0,689	0,693	0,692	0,690	0,694	0,689	0,700	0,689
65	0,678	0,684	0,684	0,684	0,688	0,686	0,688	0,697	0,692	0,689	0,692	0,693	0,696	0,699	0,694	0,697	0,699
70	0,677	0,685	0,684	0,692	0,687	0,693	0,691	0,693	0,686	0,693	0,691	0,689	0,701	0,691	0,694	0,688	0,701
75	0,675	0,686	0,688	0,690	0,693	0,694	0,686	0,694	0,689	0,693	0,699	0,698	0,700	0,694	0,692	0,692	0,698
80	0,674	0,688	0,694	0,685	0,694	0,684	0,694	0,692	0,695	0,691	0,691	0,700	0,698	0,688	0,702	0,695	0,698
85	0,673	0,677	0,691	0,691	0,690	0,691	0,693	0,690	0,695	0,703	0,700	0,703	0,698	0,688	0,704	0,695	0,703
90	0,677	0,684	0,690	0,686	0,691	0,697	0,691	0,692	0,696	0,688	0,690	0,692	0,685	0,700	0,706	0,705	0,711

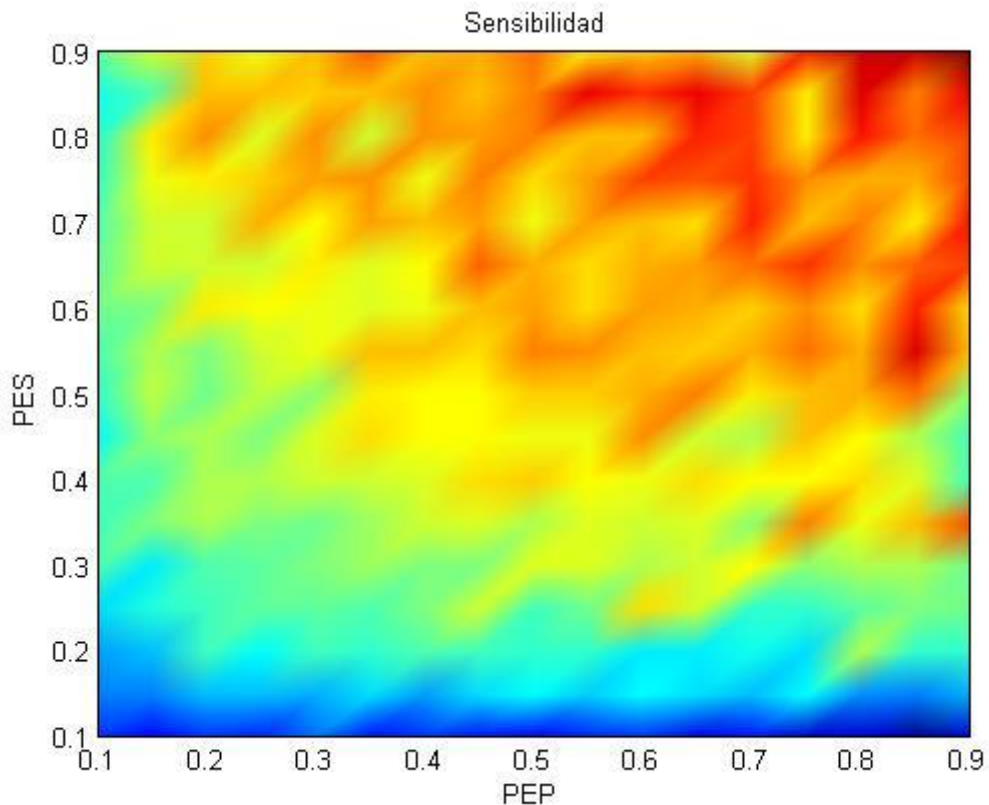


Figura 6-9: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-50ms

6.1.1.1.4 Ventana = 50ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-10: Especificidad según porcentajes para A-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,666	0,666	0,668	0,666	0,667	0,659	0,666	0,664	0,663	0,667	0,664	0,661	0,665	0,662	0,662	0,653	0,672
15	0,670	0,674	0,673	0,670	0,675	0,674	0,674	0,674	0,678	0,675	0,673	0,673	0,680	0,678	0,670	0,671	0,674
20	0,675	0,677	0,680	0,679	0,682	0,681	0,681	0,681	0,682	0,683	0,675	0,676	0,681	0,677	0,682	0,684	0,687
25	0,677	0,680	0,683	0,681	0,685	0,684	0,689	0,688	0,687	0,685	0,693	0,686	0,681	0,688	0,685	0,684	0,682
30	0,682	0,682	0,684	0,685	0,689	0,688	0,686	0,686	0,692	0,688	0,688	0,689	0,690	0,691	0,688	0,692	0,687
35	0,682	0,683	0,686	0,686	0,687	0,688	0,691	0,691	0,688	0,692	0,694	0,693	0,690	0,700	0,696	0,697	0,704
40	0,684	0,687	0,684	0,688	0,691	0,694	0,692	0,693	0,693	0,691	0,694	0,696	0,697	0,691	0,696	0,690	0,681
45	0,678	0,682	0,690	0,691	0,690	0,695	0,694	0,691	0,691	0,689	0,694	0,694	0,695	0,697	0,692	0,689	0,688
50	0,679	0,690	0,689	0,692	0,691	0,693	0,696	0,692	0,699	0,695	0,694	0,703	0,698	0,698	0,698	0,704	0,685
55	0,681	0,687	0,687	0,694	0,693	0,695	0,698	0,694	0,697	0,695	0,696	0,697	0,696	0,698	0,697	0,707	0,702
60	0,681	0,684	0,693	0,689	0,691	0,693	0,693	0,699	0,699	0,694	0,700	0,699	0,694	0,696	0,701	0,703	0,697
65	0,682	0,689	0,689	0,691	0,693	0,693	0,693	0,705	0,699	0,696	0,699	0,702	0,701	0,703	0,697	0,700	0,704
70	0,680	0,692	0,695	0,701	0,695	0,699	0,704	0,699	0,695	0,698	0,696	0,695	0,704	0,697	0,702	0,695	0,704
75	0,680	0,694	0,691	0,696	0,694	0,700	0,700	0,701	0,695	0,701	0,705	0,701	0,703	0,692	0,694	0,700	0,699
80	0,685	0,691	0,696	0,693	0,699	0,697	0,697	0,701	0,703	0,696	0,693	0,703	0,701	0,698	0,705	0,704	0,702
85	0,676	0,682	0,694	0,698	0,698	0,699	0,700	0,694	0,693	0,708	0,696	0,708	0,701	0,701	0,699	0,702	0,710
90	0,680	0,690	0,696	0,693	0,693	0,703	0,696	0,695	0,705	0,692	0,707	0,704	0,695	0,707	0,701	0,705	0,705

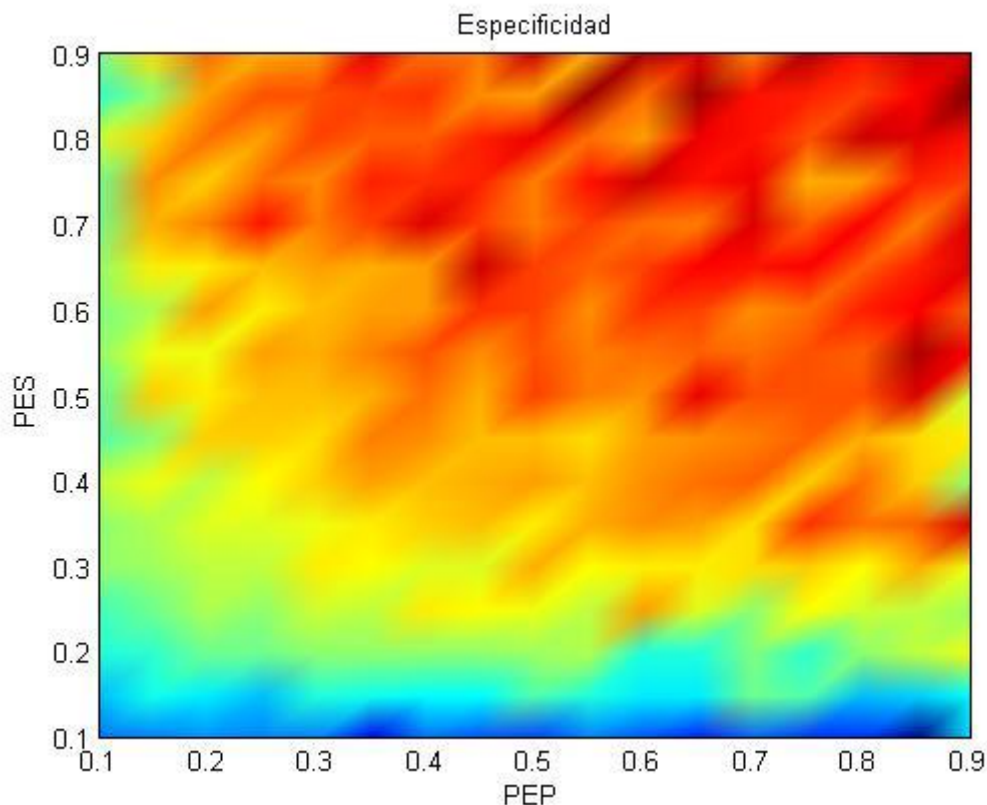


Figura 6-10: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-11: Precisión según porcentajes para A-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,666	0,666	0,668	0,666	0,667	0,659	0,666	0,665	0,663	0,667	0,664	0,661	0,665	0,662	0,662	0,653	0,672
15	0,670	0,674	0,673	0,670	0,675	0,674	0,674	0,674	0,678	0,675	0,673	0,673	0,680	0,678	0,670	0,671	0,674
20	0,675	0,677	0,680	0,679	0,682	0,681	0,681	0,681	0,682	0,683	0,676	0,676	0,681	0,677	0,682	0,684	0,687
25	0,677	0,680	0,683	0,681	0,685	0,684	0,689	0,688	0,687	0,685	0,693	0,686	0,681	0,688	0,685	0,684	0,682
30	0,681	0,682	0,684	0,685	0,689	0,688	0,686	0,686	0,692	0,688	0,688	0,689	0,690	0,691	0,688	0,692	0,687
35	0,682	0,683	0,686	0,686	0,687	0,688	0,691	0,691	0,689	0,692	0,694	0,693	0,690	0,700	0,696	0,697	0,704
40	0,684	0,686	0,684	0,688	0,691	0,694	0,692	0,693	0,693	0,691	0,694	0,696	0,697	0,691	0,696	0,690	0,681
45	0,678	0,682	0,690	0,691	0,690	0,695	0,694	0,691	0,691	0,689	0,694	0,694	0,695	0,697	0,692	0,689	0,688
50	0,679	0,690	0,689	0,692	0,691	0,693	0,696	0,692	0,699	0,695	0,694	0,703	0,698	0,698	0,698	0,704	0,685
55	0,682	0,686	0,687	0,694	0,693	0,695	0,698	0,694	0,697	0,695	0,695	0,697	0,696	0,698	0,697	0,707	0,702
60	0,681	0,684	0,693	0,689	0,691	0,693	0,693	0,700	0,699	0,694	0,700	0,698	0,694	0,696	0,700	0,703	0,696
65	0,682	0,689	0,689	0,691	0,693	0,693	0,693	0,705	0,699	0,696	0,699	0,702	0,702	0,703	0,698	0,700	0,705
70	0,680	0,692	0,695	0,701	0,695	0,699	0,704	0,699	0,695	0,698	0,696	0,695	0,704	0,697	0,702	0,695	0,704
75	0,680	0,694	0,690	0,696	0,694	0,700	0,700	0,700	0,694	0,701	0,705	0,701	0,703	0,692	0,694	0,700	0,699
80	0,685	0,691	0,696	0,693	0,699	0,697	0,697	0,700	0,702	0,696	0,693	0,703	0,701	0,698	0,704	0,704	0,701
85	0,677	0,682	0,693	0,698	0,698	0,699	0,699	0,694	0,693	0,708	0,696	0,708	0,701	0,701	0,699	0,701	0,710
90	0,680	0,691	0,696	0,693	0,693	0,703	0,695	0,697	0,705	0,691	0,707	0,704	0,694	0,707	0,701	0,704	0,706

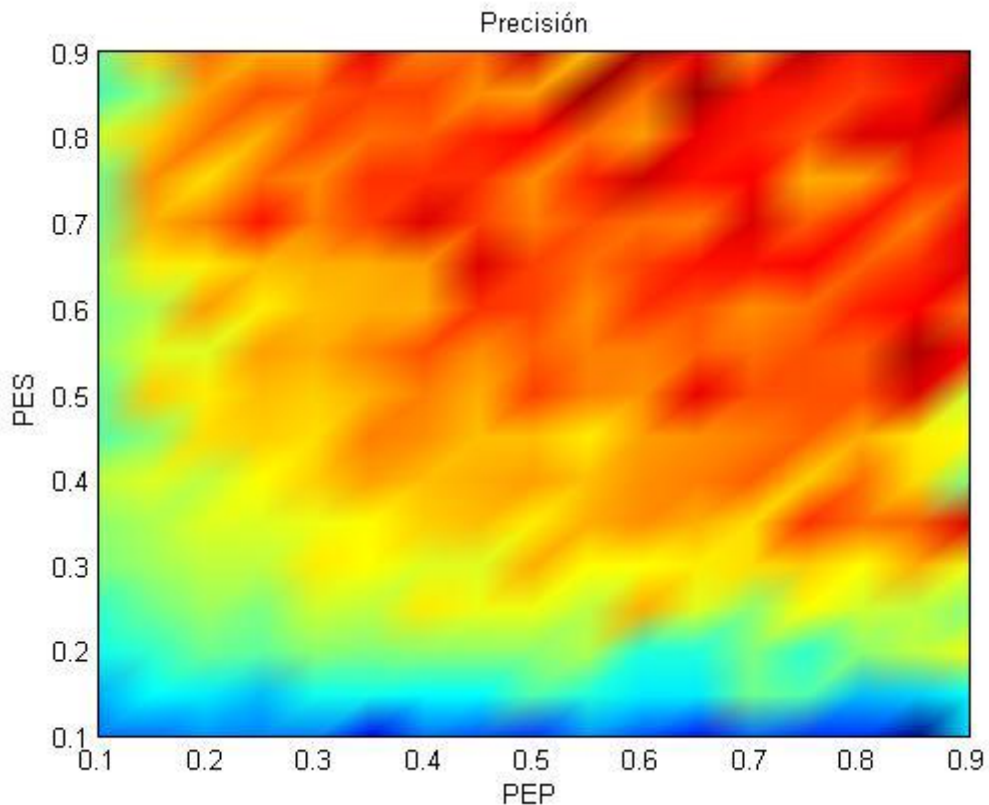


Figura 6-11: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-12: Sensibilidad según porcentajes para A-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,666	0,666	0,668	0,666	0,667	0,659	0,666	0,665	0,663	0,668	0,664	0,661	0,665	0,663	0,663	0,653	0,672
15	0,670	0,674	0,673	0,670	0,675	0,674	0,674	0,674	0,678	0,675	0,673	0,673	0,680	0,678	0,670	0,671	0,674
20	0,675	0,676	0,680	0,679	0,682	0,681	0,681	0,682	0,682	0,683	0,676	0,676	0,680	0,677	0,682	0,684	0,688
25	0,677	0,680	0,683	0,681	0,685	0,685	0,689	0,688	0,687	0,685	0,693	0,686	0,681	0,688	0,685	0,684	0,682
30	0,681	0,683	0,684	0,685	0,689	0,688	0,686	0,686	0,692	0,688	0,688	0,689	0,690	0,691	0,688	0,692	0,687
35	0,682	0,683	0,686	0,686	0,687	0,688	0,691	0,691	0,689	0,692	0,695	0,693	0,690	0,700	0,696	0,698	0,704
40	0,684	0,686	0,684	0,688	0,691	0,694	0,692	0,693	0,693	0,691	0,694	0,696	0,697	0,690	0,696	0,690	0,680
45	0,678	0,681	0,690	0,691	0,690	0,695	0,694	0,692	0,691	0,689	0,694	0,694	0,695	0,697	0,692	0,689	0,689
50	0,679	0,690	0,689	0,692	0,691	0,693	0,696	0,692	0,699	0,695	0,694	0,703	0,698	0,698	0,699	0,704	0,685
55	0,682	0,686	0,686	0,694	0,693	0,695	0,698	0,694	0,697	0,695	0,695	0,697	0,696	0,698	0,697	0,707	0,703
60	0,681	0,684	0,693	0,689	0,691	0,693	0,693	0,700	0,699	0,694	0,700	0,698	0,694	0,696	0,700	0,702	0,696
65	0,682	0,689	0,689	0,691	0,693	0,693	0,693	0,705	0,698	0,696	0,699	0,702	0,702	0,703	0,698	0,700	0,705
70	0,680	0,692	0,695	0,701	0,695	0,699	0,704	0,699	0,695	0,698	0,696	0,695	0,704	0,697	0,702	0,696	0,704
75	0,680	0,694	0,690	0,696	0,694	0,700	0,700	0,700	0,694	0,701	0,705	0,701	0,703	0,692	0,694	0,700	0,699
80	0,685	0,691	0,696	0,693	0,699	0,697	0,697	0,700	0,702	0,696	0,693	0,703	0,700	0,698	0,704	0,704	0,700
85	0,677	0,682	0,693	0,698	0,698	0,699	0,699	0,694	0,693	0,708	0,696	0,708	0,701	0,701	0,699	0,701	0,711
90	0,680	0,691	0,696	0,693	0,693	0,703	0,695	0,697	0,705	0,691	0,707	0,704	0,694	0,707	0,700	0,704	0,706

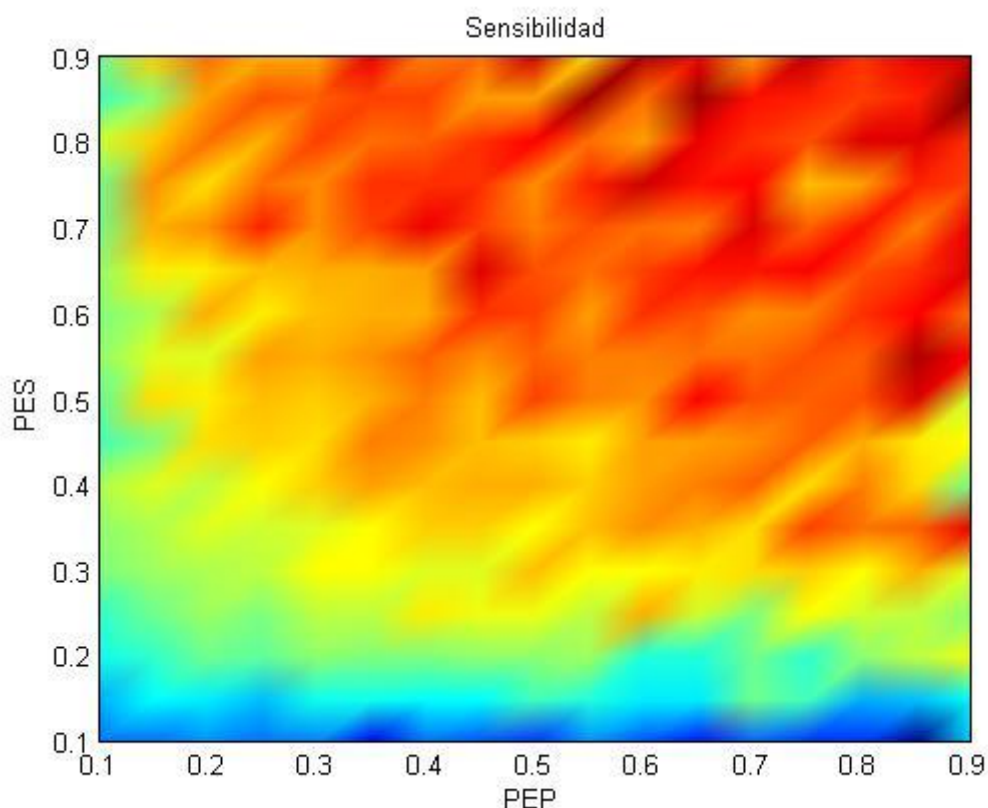


Figura 6-12: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-50ms con solape

6.1.1.1.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-13: Especificidad según porcentajes para A-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,665	0,667	0,664	0,666	0,664	0,666	0,669	0,662	0,662	0,663	0,669	0,660	0,657	0,657	0,657	0,652
15	0,671	0,674	0,674	0,675	0,668	0,672	0,671	0,672	0,671	0,675	0,674	0,676	0,673	0,667	0,675	0,669	0,671
20	0,676	0,680	0,680	0,678	0,682	0,682	0,684	0,679	0,680	0,680	0,680	0,678	0,685	0,680	0,678	0,677	0,679
25	0,675	0,679	0,683	0,681	0,685	0,685	0,685	0,687	0,686	0,679	0,685	0,681	0,686	0,686	0,686	0,682	0,679
30	0,679	0,679	0,687	0,687	0,688	0,686	0,686	0,681	0,684	0,690	0,689	0,688	0,687	0,689	0,693	0,685	0,689
35	0,677	0,682	0,685	0,688	0,688	0,693	0,689	0,685	0,691	0,691	0,688	0,689	0,697	0,690	0,688	0,686	0,689
40	0,681	0,685	0,688	0,688	0,690	0,694	0,692	0,691	0,687	0,696	0,689	0,695	0,695	0,692	0,691	0,692	0,688
45	0,682	0,685	0,690	0,688	0,692	0,693	0,692	0,691	0,693	0,689	0,691	0,689	0,694	0,692	0,692	0,698	0,699
50	0,682	0,684	0,688	0,692	0,690	0,692	0,693	0,696	0,692	0,692	0,693	0,697	0,695	0,694	0,696	0,700	0,694
55	0,688	0,687	0,691	0,693	0,694	0,694	0,696	0,701	0,696	0,698	0,696	0,694	0,696	0,695	0,697	0,699	0,695
60	0,690	0,686	0,690	0,695	0,695	0,695	0,695	0,698	0,693	0,693	0,699	0,692	0,695	0,696	0,702	0,692	0,701
65	0,685	0,691	0,690	0,697	0,694	0,687	0,697	0,697	0,695	0,694	0,702	0,691	0,696	0,692	0,696	0,704	0,701
70	0,686	0,691	0,690	0,692	0,698	0,700	0,699	0,694	0,699	0,700	0,699	0,701	0,706	0,695	0,700	0,709	0,706
75	0,686	0,691	0,696	0,696	0,694	0,697	0,695	0,698	0,699	0,695	0,698	0,699	0,701	0,701	0,698	0,701	0,697
80	0,688	0,688	0,695	0,692	0,698	0,700	0,689	0,695	0,699	0,697	0,701	0,699	0,698	0,700	0,701	0,695	0,705
85	0,686	0,692	0,694	0,696	0,695	0,692	0,704	0,706	0,702	0,705	0,696	0,703	0,708	0,713	0,707	0,701	0,701
90	0,686	0,687	0,690	0,699	0,703	0,703	0,700	0,705	0,708	0,693	0,694	0,699	0,701	0,694	0,701	0,699	0,701

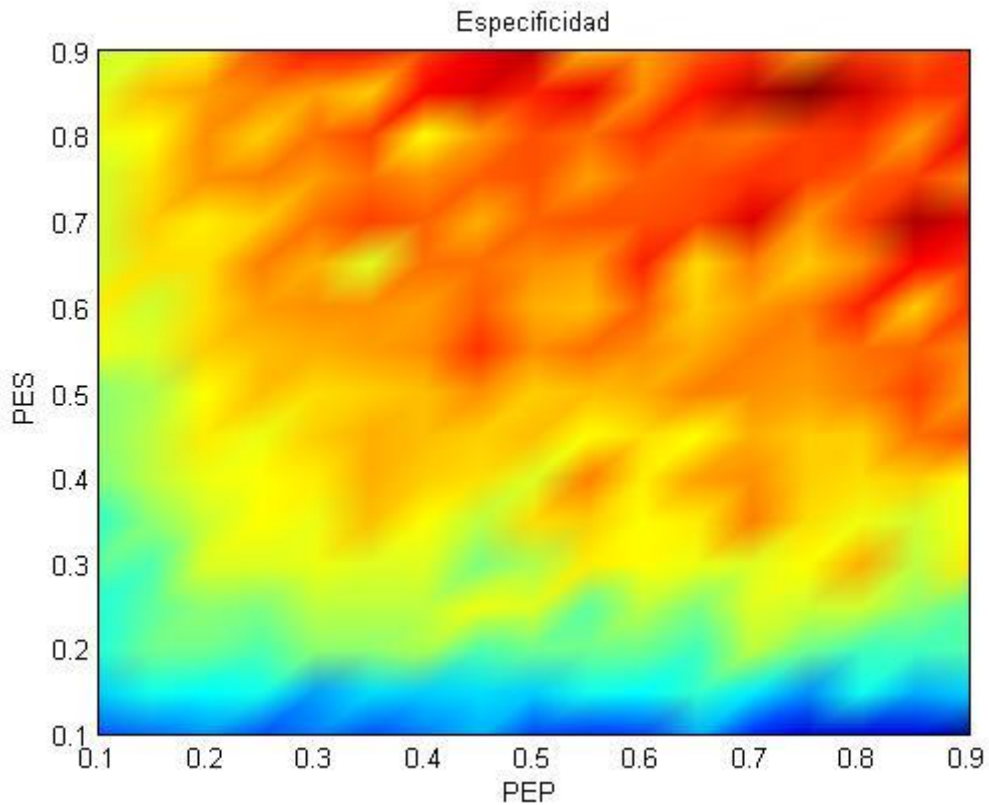


Figura 6-13: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-14: Precisión según porcentajes para A-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,665	0,667	0,664	0,666	0,664	0,666	0,669	0,662	0,662	0,663	0,669	0,660	0,657	0,657	0,657	0,652
15	0,671	0,674	0,674	0,675	0,668	0,672	0,671	0,672	0,671	0,675	0,674	0,676	0,673	0,667	0,675	0,669	0,671
20	0,675	0,680	0,680	0,678	0,682	0,682	0,684	0,679	0,680	0,680	0,680	0,678	0,685	0,680	0,678	0,677	0,678
25	0,675	0,679	0,682	0,681	0,685	0,685	0,685	0,687	0,687	0,679	0,685	0,681	0,686	0,686	0,686	0,682	0,679
30	0,679	0,679	0,687	0,687	0,688	0,686	0,686	0,681	0,684	0,690	0,689	0,688	0,687	0,689	0,693	0,685	0,689
35	0,677	0,682	0,686	0,688	0,688	0,693	0,689	0,685	0,691	0,691	0,688	0,689	0,696	0,690	0,688	0,686	0,689
40	0,681	0,684	0,687	0,688	0,690	0,694	0,692	0,691	0,687	0,696	0,689	0,695	0,695	0,692	0,691	0,692	0,688
45	0,682	0,684	0,690	0,688	0,692	0,693	0,692	0,692	0,693	0,689	0,691	0,689	0,694	0,692	0,692	0,698	0,699
50	0,682	0,684	0,688	0,692	0,690	0,692	0,692	0,696	0,692	0,692	0,693	0,697	0,695	0,694	0,696	0,700	0,694
55	0,688	0,687	0,691	0,693	0,694	0,694	0,696	0,701	0,696	0,698	0,696	0,693	0,696	0,695	0,697	0,699	0,695
60	0,690	0,686	0,690	0,695	0,696	0,695	0,695	0,698	0,693	0,693	0,699	0,692	0,695	0,696	0,701	0,692	0,701
65	0,686	0,691	0,690	0,696	0,694	0,688	0,697	0,697	0,696	0,694	0,702	0,691	0,696	0,692	0,696	0,704	0,701
70	0,686	0,691	0,690	0,692	0,698	0,700	0,698	0,694	0,699	0,700	0,699	0,701	0,706	0,695	0,700	0,710	0,707
75	0,686	0,690	0,696	0,696	0,695	0,697	0,695	0,698	0,700	0,695	0,698	0,699	0,701	0,701	0,698	0,700	0,697
80	0,689	0,688	0,695	0,692	0,698	0,700	0,689	0,695	0,699	0,697	0,701	0,699	0,698	0,701	0,701	0,695	0,704
85	0,686	0,691	0,694	0,696	0,694	0,691	0,705	0,706	0,702	0,706	0,696	0,703	0,709	0,712	0,707	0,702	0,702
90	0,686	0,687	0,689	0,698	0,703	0,703	0,702	0,704	0,708	0,693	0,694	0,698	0,701	0,695	0,701	0,699	0,702

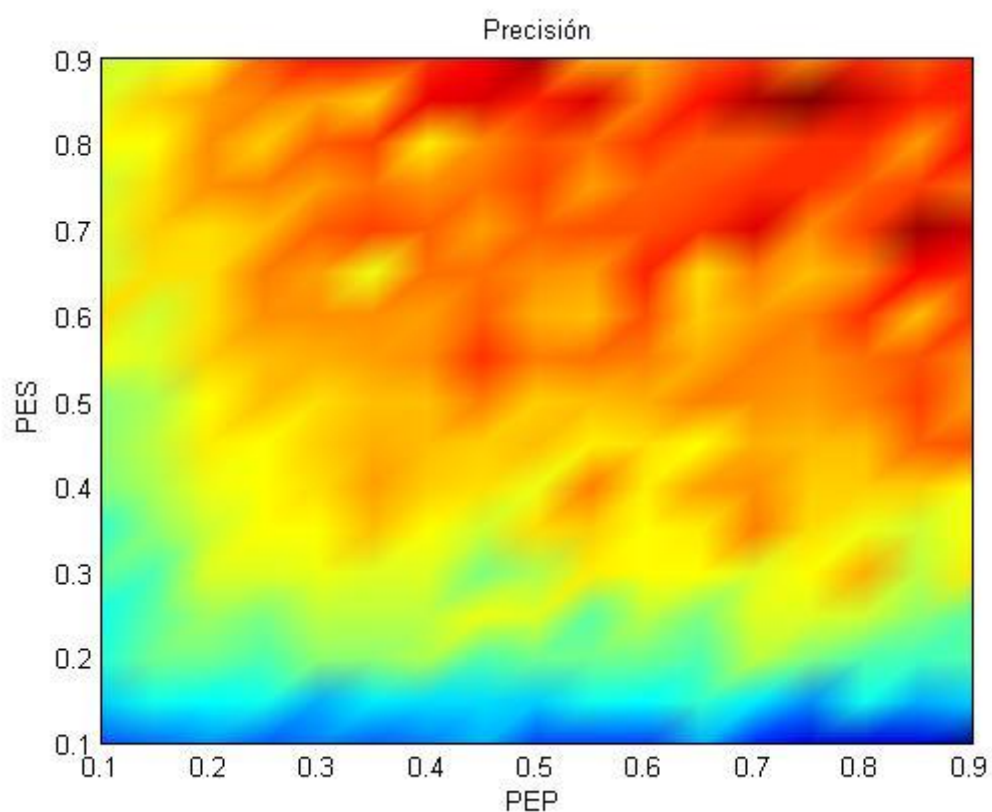


Figura 6-14: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-15: Sensibilidad según porcentajes para A-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,665	0,667	0,664	0,666	0,664	0,666	0,669	0,662	0,662	0,663	0,669	0,660	0,657	0,657	0,657	0,651
15	0,671	0,674	0,674	0,675	0,668	0,672	0,671	0,672	0,671	0,675	0,674	0,676	0,673	0,667	0,675	0,669	0,671
20	0,675	0,680	0,680	0,678	0,682	0,682	0,684	0,679	0,680	0,680	0,681	0,678	0,685	0,681	0,678	0,677	0,678
25	0,675	0,679	0,682	0,681	0,685	0,685	0,685	0,687	0,687	0,679	0,685	0,681	0,686	0,686	0,686	0,682	0,679
30	0,679	0,679	0,687	0,687	0,688	0,686	0,686	0,681	0,684	0,690	0,689	0,688	0,687	0,689	0,693	0,685	0,690
35	0,677	0,682	0,686	0,688	0,688	0,693	0,689	0,685	0,691	0,692	0,688	0,689	0,696	0,690	0,688	0,686	0,689
40	0,681	0,684	0,687	0,688	0,690	0,694	0,692	0,691	0,687	0,696	0,689	0,695	0,695	0,691	0,691	0,692	0,688
45	0,682	0,684	0,689	0,688	0,692	0,693	0,692	0,692	0,693	0,689	0,691	0,689	0,693	0,692	0,692	0,698	0,699
50	0,682	0,684	0,688	0,692	0,690	0,692	0,692	0,696	0,692	0,693	0,693	0,697	0,695	0,694	0,696	0,700	0,694
55	0,688	0,687	0,691	0,693	0,694	0,694	0,696	0,701	0,696	0,698	0,696	0,693	0,696	0,695	0,697	0,699	0,695
60	0,690	0,686	0,690	0,695	0,696	0,695	0,695	0,698	0,693	0,693	0,699	0,692	0,694	0,696	0,701	0,692	0,701
65	0,686	0,691	0,690	0,696	0,694	0,688	0,698	0,697	0,696	0,694	0,702	0,691	0,697	0,692	0,696	0,704	0,701
70	0,686	0,691	0,690	0,692	0,698	0,700	0,698	0,694	0,699	0,700	0,699	0,701	0,706	0,695	0,700	0,710	0,707
75	0,686	0,690	0,696	0,696	0,695	0,697	0,695	0,698	0,700	0,695	0,699	0,700	0,701	0,701	0,698	0,700	0,697
80	0,689	0,688	0,695	0,692	0,698	0,700	0,689	0,695	0,699	0,697	0,701	0,699	0,698	0,701	0,700	0,695	0,703
85	0,686	0,691	0,694	0,696	0,694	0,691	0,705	0,706	0,702	0,706	0,696	0,703	0,709	0,712	0,707	0,702	0,702
90	0,686	0,687	0,688	0,698	0,703	0,703	0,702	0,704	0,708	0,693	0,694	0,698	0,700	0,695	0,701	0,699	0,702

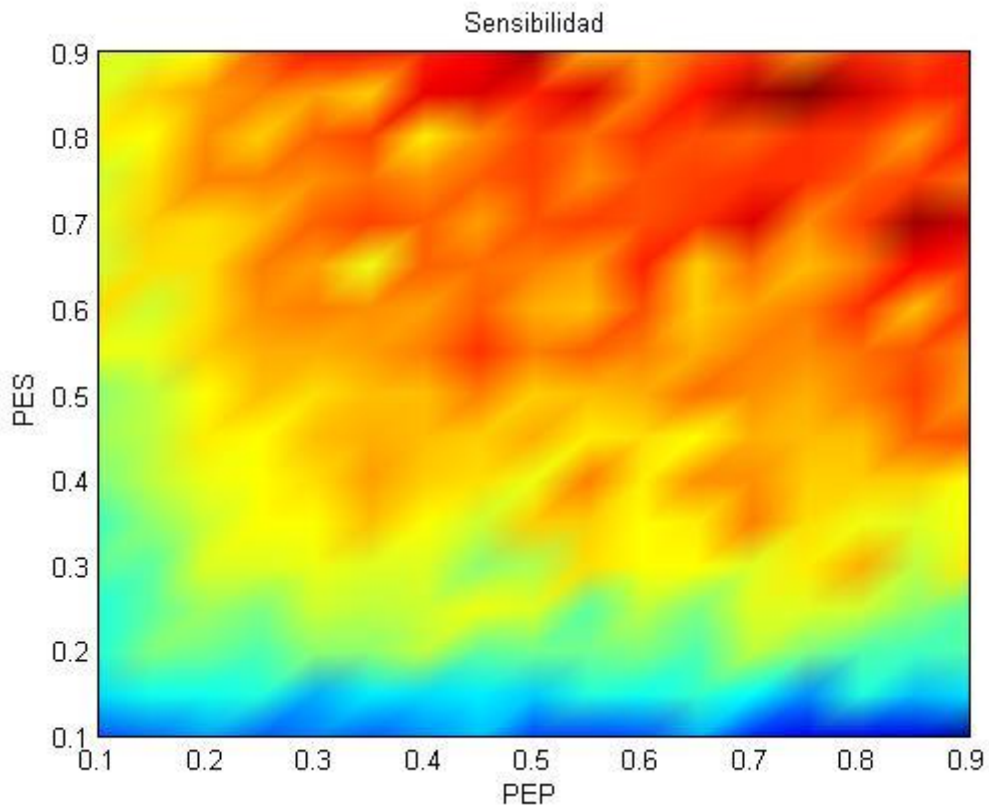


Figura 6-15: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-70ms

6.1.1.1.6 Ventana = 70ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-16: Especificidad según porcentajes para A-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,669	0,665	0,670	0,670	0,667	0,669	0,667	0,669	0,671	0,661	0,660	0,668	0,665	0,663	0,658	0,669	0,663
15	0,670	0,678	0,674	0,675	0,674	0,676	0,676	0,677	0,679	0,673	0,676	0,679	0,674	0,673	0,681	0,678	0,676
20	0,679	0,679	0,681	0,682	0,685	0,682	0,686	0,680	0,685	0,683	0,681	0,681	0,682	0,683	0,679	0,677	0,683
25	0,677	0,681	0,683	0,688	0,687	0,685	0,683	0,685	0,689	0,684	0,688	0,688	0,687	0,691	0,687	0,682	0,679
30	0,681	0,680	0,692	0,688	0,685	0,688	0,693	0,685	0,689	0,693	0,690	0,693	0,690	0,691	0,688	0,685	0,691
35	0,683	0,684	0,688	0,689	0,689	0,694	0,687	0,691	0,691	0,691	0,694	0,693	0,697	0,693	0,689	0,695	0,689
40	0,681	0,687	0,689	0,692	0,692	0,694	0,690	0,687	0,689	0,695	0,695	0,697	0,696	0,696	0,693	0,691	0,687
45	0,688	0,692	0,694	0,691	0,694	0,693	0,696	0,692	0,696	0,692	0,694	0,692	0,694	0,691	0,700	0,700	0,698
50	0,684	0,691	0,692	0,696	0,690	0,695	0,698	0,694	0,693	0,696	0,695	0,698	0,697	0,697	0,694	0,695	0,699
55	0,691	0,691	0,693	0,702	0,693	0,695	0,697	0,703	0,696	0,701	0,702	0,700	0,702	0,697	0,698	0,696	0,695
60	0,691	0,691	0,696	0,700	0,699	0,699	0,697	0,696	0,698	0,699	0,704	0,695	0,694	0,697	0,705	0,694	0,703
65	0,692	0,691	0,693	0,700	0,700	0,692	0,699	0,701	0,698	0,700	0,703	0,695	0,696	0,698	0,696	0,699	0,700
70	0,686	0,692	0,696	0,699	0,704	0,704	0,695	0,701	0,707	0,706	0,703	0,705	0,707	0,696	0,706	0,705	0,701
75	0,688	0,692	0,696	0,702	0,697	0,703	0,703	0,699	0,706	0,699	0,701	0,703	0,701	0,700	0,698	0,707	0,694
80	0,691	0,691	0,697	0,696	0,706	0,702	0,699	0,701	0,703	0,696	0,700	0,700	0,702	0,695	0,699	0,702	0,702
85	0,688	0,697	0,698	0,701	0,697	0,695	0,703	0,704	0,710	0,706	0,701	0,708	0,711	0,709	0,706	0,711	0,704
90	0,689	0,696	0,688	0,699	0,707	0,701	0,710	0,701	0,716	0,698	0,702	0,692	0,707	0,698	0,698	0,704	0,693

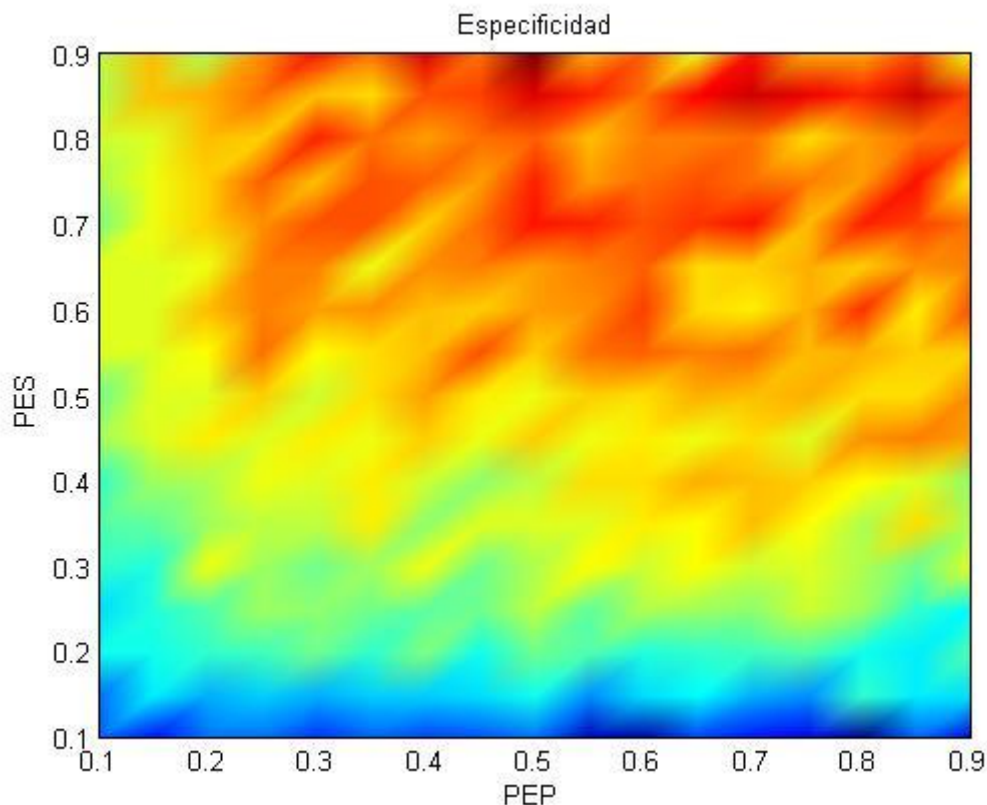


Figura 6-16: Representación gráfica esp. según porcentajes para A-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-17: Precisión según porcentajes para A-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,669	0,665	0,670	0,670	0,666	0,669	0,668	0,669	0,671	0,661	0,660	0,668	0,665	0,663	0,658	0,669	0,663
15	0,670	0,678	0,674	0,675	0,674	0,676	0,676	0,677	0,679	0,672	0,676	0,679	0,674	0,673	0,681	0,678	0,676
20	0,679	0,679	0,681	0,682	0,685	0,681	0,686	0,680	0,685	0,683	0,681	0,681	0,682	0,683	0,679	0,677	0,683
25	0,677	0,680	0,683	0,688	0,687	0,685	0,684	0,685	0,689	0,684	0,688	0,688	0,687	0,691	0,687	0,682	0,678
30	0,681	0,680	0,692	0,688	0,685	0,688	0,693	0,685	0,689	0,693	0,690	0,693	0,690	0,691	0,688	0,685	0,691
35	0,683	0,684	0,688	0,689	0,689	0,694	0,687	0,691	0,691	0,691	0,694	0,693	0,697	0,693	0,689	0,695	0,689
40	0,681	0,687	0,689	0,692	0,691	0,694	0,690	0,687	0,689	0,695	0,695	0,697	0,697	0,696	0,693	0,691	0,686
45	0,688	0,692	0,694	0,691	0,694	0,693	0,696	0,692	0,696	0,692	0,694	0,692	0,695	0,691	0,700	0,700	0,698
50	0,684	0,691	0,692	0,696	0,690	0,695	0,698	0,694	0,692	0,696	0,695	0,698	0,697	0,697	0,695	0,695	0,699
55	0,691	0,691	0,693	0,702	0,693	0,695	0,697	0,703	0,696	0,701	0,702	0,700	0,702	0,697	0,698	0,696	0,696
60	0,692	0,691	0,696	0,700	0,699	0,699	0,697	0,696	0,698	0,699	0,704	0,695	0,694	0,697	0,705	0,694	0,703
65	0,692	0,691	0,693	0,700	0,700	0,692	0,699	0,701	0,698	0,700	0,703	0,695	0,696	0,698	0,696	0,699	0,700
70	0,687	0,692	0,696	0,699	0,704	0,703	0,695	0,701	0,707	0,706	0,703	0,705	0,707	0,696	0,706	0,705	0,701
75	0,688	0,692	0,696	0,702	0,696	0,704	0,703	0,698	0,706	0,699	0,701	0,703	0,701	0,700	0,698	0,707	0,694
80	0,691	0,692	0,697	0,696	0,706	0,702	0,699	0,702	0,702	0,697	0,700	0,700	0,701	0,695	0,698	0,702	0,701
85	0,689	0,697	0,697	0,701	0,697	0,695	0,703	0,704	0,709	0,706	0,701	0,708	0,710	0,709	0,706	0,710	0,705
90	0,689	0,696	0,689	0,700	0,706	0,702	0,709	0,701	0,714	0,698	0,703	0,693	0,706	0,698	0,698	0,703	0,694

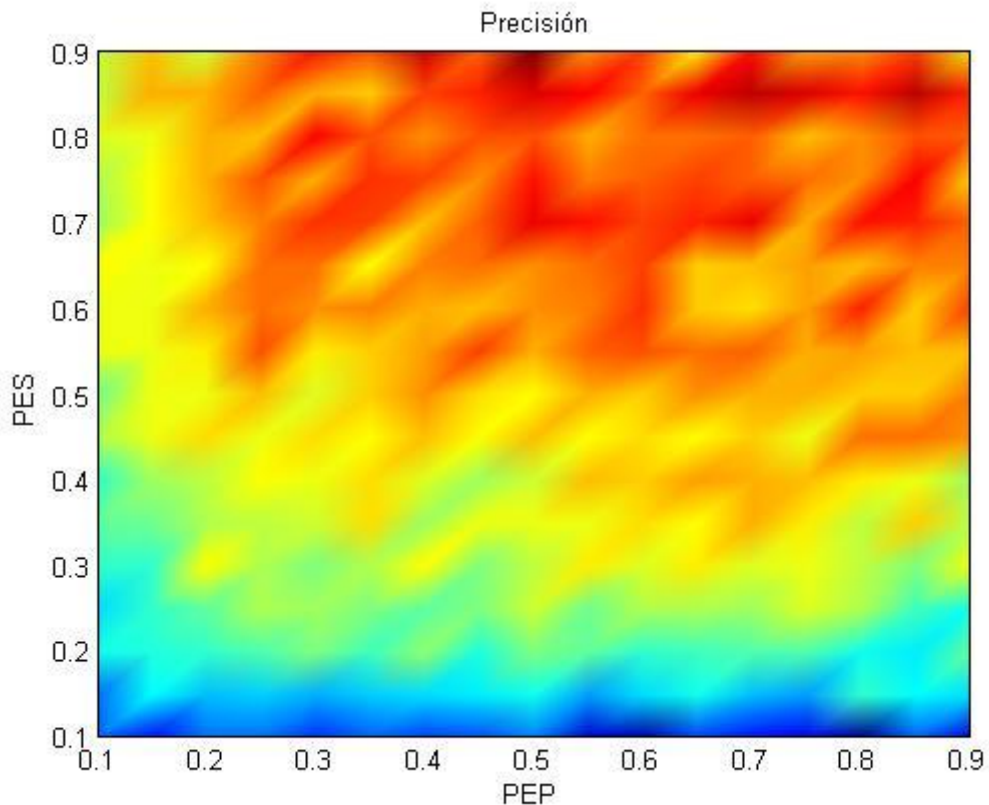


Figura 6-17: Representación gráfica pre. según porcentajes para A-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-18: Sensibilidad según porcentajes para A-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,669	0,665	0,670	0,670	0,666	0,670	0,668	0,669	0,671	0,661	0,660	0,667	0,665	0,663	0,658	0,669	0,663
15	0,670	0,678	0,674	0,676	0,674	0,676	0,676	0,677	0,679	0,672	0,676	0,679	0,674	0,673	0,680	0,678	0,676
20	0,679	0,679	0,681	0,682	0,685	0,681	0,686	0,680	0,685	0,683	0,681	0,681	0,682	0,683	0,679	0,678	0,683
25	0,677	0,680	0,683	0,688	0,687	0,685	0,684	0,685	0,689	0,684	0,688	0,688	0,686	0,691	0,687	0,682	0,678
30	0,681	0,680	0,692	0,688	0,685	0,688	0,693	0,685	0,689	0,693	0,690	0,693	0,690	0,691	0,689	0,685	0,691
35	0,683	0,684	0,688	0,689	0,689	0,694	0,687	0,691	0,691	0,691	0,694	0,692	0,697	0,694	0,689	0,695	0,689
40	0,681	0,687	0,689	0,692	0,691	0,694	0,690	0,687	0,689	0,696	0,695	0,697	0,697	0,696	0,693	0,691	0,686
45	0,688	0,691	0,694	0,691	0,694	0,693	0,696	0,693	0,696	0,692	0,694	0,692	0,695	0,691	0,700	0,700	0,699
50	0,684	0,691	0,692	0,696	0,690	0,695	0,698	0,694	0,692	0,696	0,695	0,698	0,697	0,697	0,695	0,695	0,699
55	0,691	0,691	0,693	0,702	0,693	0,695	0,697	0,703	0,696	0,701	0,702	0,700	0,702	0,697	0,698	0,696	0,696
60	0,692	0,691	0,696	0,700	0,699	0,699	0,697	0,696	0,698	0,699	0,704	0,695	0,694	0,697	0,705	0,695	0,703
65	0,692	0,691	0,693	0,700	0,700	0,692	0,699	0,701	0,698	0,700	0,703	0,695	0,696	0,698	0,696	0,699	0,699
70	0,687	0,692	0,695	0,699	0,704	0,703	0,695	0,701	0,707	0,705	0,703	0,705	0,707	0,696	0,706	0,705	0,701
75	0,688	0,692	0,696	0,702	0,696	0,704	0,703	0,698	0,706	0,699	0,701	0,702	0,701	0,701	0,698	0,707	0,695
80	0,691	0,692	0,697	0,696	0,706	0,702	0,699	0,702	0,702	0,697	0,700	0,700	0,701	0,696	0,698	0,702	0,700
85	0,689	0,697	0,697	0,701	0,697	0,695	0,703	0,704	0,709	0,706	0,701	0,708	0,710	0,709	0,706	0,710	0,705
90	0,689	0,696	0,689	0,700	0,705	0,702	0,709	0,701	0,714	0,698	0,703	0,693	0,706	0,698	0,699	0,703	0,694

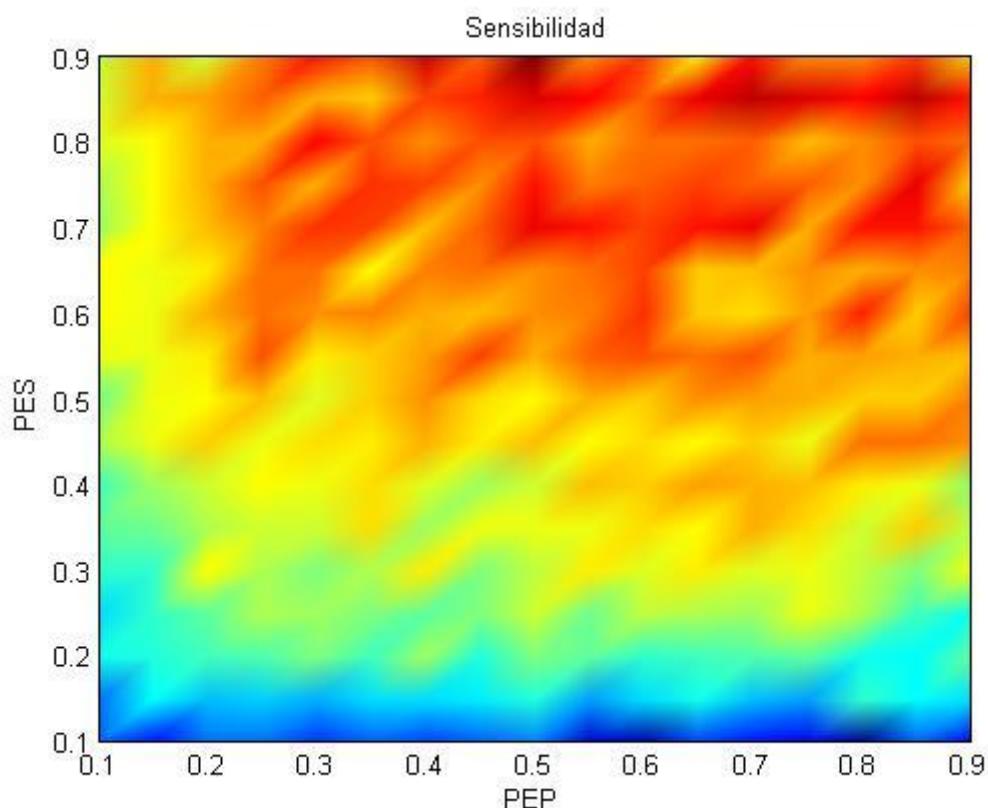


Figura 6-18: Representación gráfica sen. según porcentajes para A-70ms con solape

6.1.1.1.7 Resumen de resultados Vocal A

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los tres valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
75	90	0.711	0.712	0.712

- Venta de 30 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	60	0.726	0.726	0.726

- Venta de 50 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	90	0.711	0.711	0.711

- Venta de 50 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	90	0.710	0.710	0.711

- Venta de 70 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	75	0.713	0.712	0.712

- Venta de 70 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	50	0.716	0.714	0.714

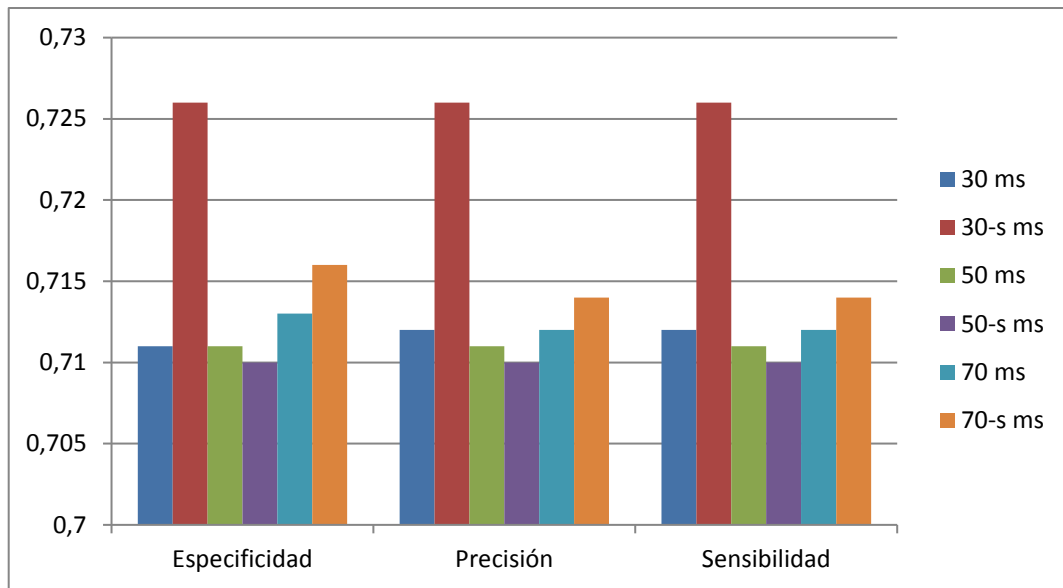


Figura 6-19: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal A

6.1.1.2 Vocal I

Estudio de la vocal 'I' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70 ms. Obtención de porcentajes de entreno óptimos para la SVM.

Se varía el porcentaje de grabaciones sanas utilizadas para entrenar la SVM (PES) entre el 10% y el 90% de la base de datos. Igualmente se hace con el porcentaje de entreno de señales patológicas (PEP). Los valores asignados por defecto a sigma cuadrado y gamma son 100 y 0.1 respectivamente.

Durante los siguientes apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para los parámetros de Especificidad, Precisión y Sensibilidad:

6.1.1.2.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-19: Especificidad según porcentajes para I-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,666	0,663	0,668	0,666	0,663	0,670	0,664	0,666	0,666	0,666	0,662	0,664	0,662	0,664	0,669	0,662
15	0,670	0,668	0,675	0,671	0,673	0,677	0,675	0,677	0,671	0,680	0,673	0,682	0,676	0,671	0,674	0,679	0,673
20	0,668	0,679	0,679	0,678	0,678	0,683	0,681	0,685	0,682	0,680	0,678	0,680	0,684	0,680	0,680	0,684	0,688
25	0,678	0,680	0,678	0,682	0,683	0,684	0,687	0,689	0,689	0,684	0,686	0,683	0,682	0,683	0,684	0,690	0,688
30	0,674	0,679	0,685	0,683	0,687	0,685	0,686	0,685	0,689	0,690	0,688	0,688	0,694	0,687	0,688	0,689	0,698
35	0,678	0,683	0,683	0,687	0,689	0,688	0,693	0,690	0,685	0,687	0,690	0,691	0,696	0,691	0,695	0,698	0,695
40	0,680	0,682	0,687	0,684	0,686	0,689	0,689	0,694	0,692	0,693	0,691	0,692	0,694	0,692	0,695	0,697	0,697
45	0,683	0,684	0,689	0,687	0,690	0,695	0,692	0,696	0,693	0,697	0,695	0,695	0,697	0,686	0,690	0,699	0,705
50	0,684	0,687	0,687	0,682	0,691	0,694	0,694	0,693	0,697	0,696	0,695	0,691	0,690	0,694	0,693	0,701	0,701
55	0,681	0,684	0,689	0,690	0,694	0,692	0,698	0,700	0,695	0,699	0,702	0,694	0,698	0,700	0,701	0,703	0,695
60	0,681	0,690	0,691	0,693	0,693	0,697	0,696	0,697	0,691	0,700	0,696	0,697	0,701	0,701	0,697	0,696	0,694
65	0,684	0,688	0,692	0,693	0,695	0,691	0,696	0,699	0,699	0,699	0,696	0,700	0,703	0,697	0,698	0,707	0,692
70	0,681	0,690	0,693	0,688	0,697	0,693	0,699	0,703	0,700	0,699	0,702	0,699	0,702	0,708	0,698	0,696	0,699
75	0,677	0,691	0,689	0,687	0,695	0,698	0,696	0,704	0,698	0,698	0,705	0,703	0,698	0,699	0,701	0,706	0,704
80	0,684	0,690	0,695	0,698	0,693	0,694	0,699	0,693	0,699	0,696	0,700	0,705	0,702	0,701	0,708	0,703	0,701
85	0,688	0,684	0,694	0,696	0,698	0,694	0,699	0,699	0,699	0,700	0,706	0,703	0,695	0,698	0,703	0,711	0,706
90	0,674	0,686	0,688	0,684	0,698	0,692	0,698	0,691	0,702	0,711	0,691	0,707	0,697	0,701	0,708	0,708	0,709

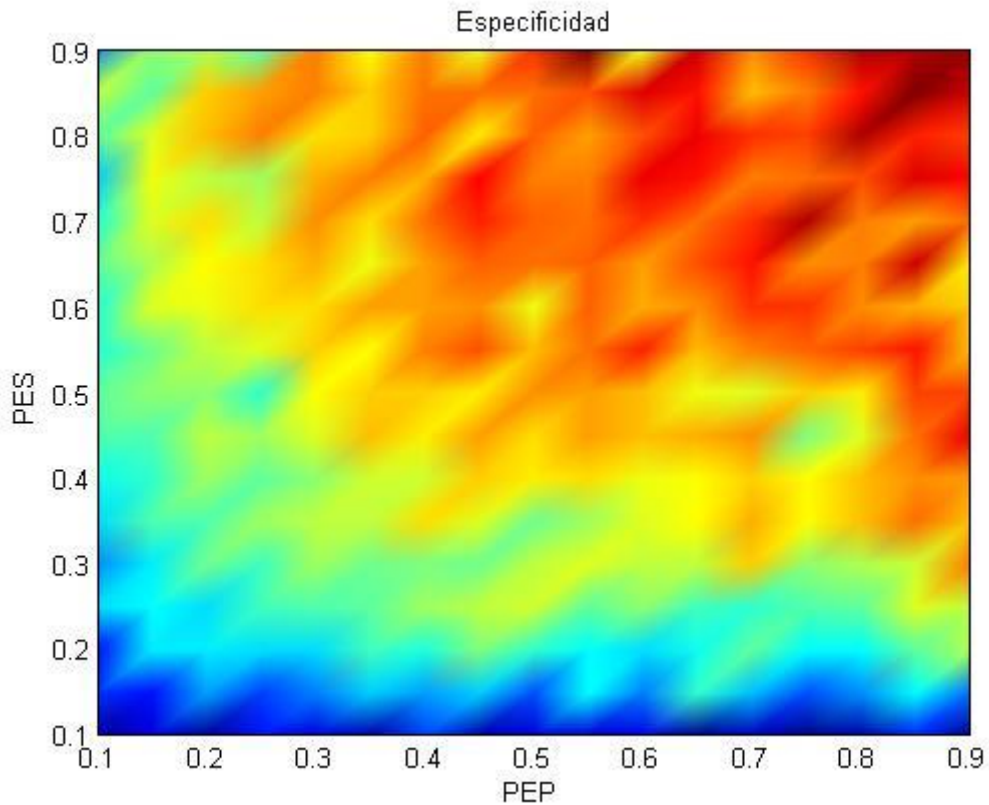


Figura 6-20: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-20: Precisión según porcentajes para I-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,666	0,663	0,668	0,666	0,663	0,670	0,664	0,666	0,666	0,666	0,662	0,664	0,662	0,664	0,669	0,662
15	0,670	0,668	0,675	0,670	0,673	0,677	0,675	0,677	0,671	0,680	0,673	0,682	0,676	0,671	0,674	0,679	0,673
20	0,668	0,678	0,679	0,678	0,678	0,683	0,681	0,685	0,682	0,680	0,678	0,680	0,684	0,680	0,680	0,684	0,688
25	0,677	0,680	0,678	0,682	0,683	0,684	0,687	0,689	0,689	0,684	0,686	0,683	0,682	0,684	0,684	0,690	0,688
30	0,674	0,679	0,685	0,683	0,687	0,684	0,686	0,685	0,689	0,690	0,688	0,688	0,694	0,687	0,688	0,689	0,698
35	0,678	0,683	0,683	0,687	0,689	0,689	0,693	0,690	0,685	0,687	0,690	0,692	0,696	0,691	0,695	0,699	0,695
40	0,680	0,682	0,687	0,684	0,686	0,689	0,689	0,694	0,692	0,693	0,691	0,692	0,694	0,692	0,695	0,697	0,697
45	0,683	0,684	0,689	0,687	0,690	0,695	0,692	0,696	0,693	0,697	0,695	0,695	0,697	0,686	0,690	0,699	0,705
50	0,684	0,686	0,687	0,682	0,691	0,694	0,694	0,693	0,697	0,696	0,695	0,691	0,690	0,694	0,693	0,701	0,701
55	0,681	0,684	0,688	0,690	0,694	0,692	0,698	0,700	0,695	0,698	0,702	0,695	0,698	0,700	0,701	0,703	0,695
60	0,681	0,690	0,691	0,693	0,693	0,696	0,696	0,697	0,691	0,700	0,696	0,698	0,701	0,701	0,697	0,696	0,694
65	0,684	0,688	0,692	0,693	0,695	0,691	0,697	0,699	0,699	0,699	0,697	0,700	0,703	0,697	0,698	0,707	0,692
70	0,681	0,690	0,693	0,688	0,698	0,693	0,698	0,703	0,699	0,698	0,702	0,699	0,702	0,708	0,698	0,697	0,699
75	0,678	0,690	0,688	0,687	0,695	0,698	0,696	0,704	0,698	0,698	0,705	0,704	0,698	0,699	0,700	0,706	0,704
80	0,684	0,690	0,694	0,698	0,693	0,694	0,699	0,693	0,699	0,696	0,700	0,705	0,702	0,701	0,708	0,703	0,700
85	0,689	0,685	0,694	0,696	0,698	0,695	0,699	0,699	0,698	0,701	0,705	0,703	0,695	0,697	0,703	0,710	0,706
90	0,674	0,685	0,688	0,685	0,699	0,691	0,698	0,691	0,702	0,710	0,691	0,706	0,698	0,702	0,709	0,707	0,709

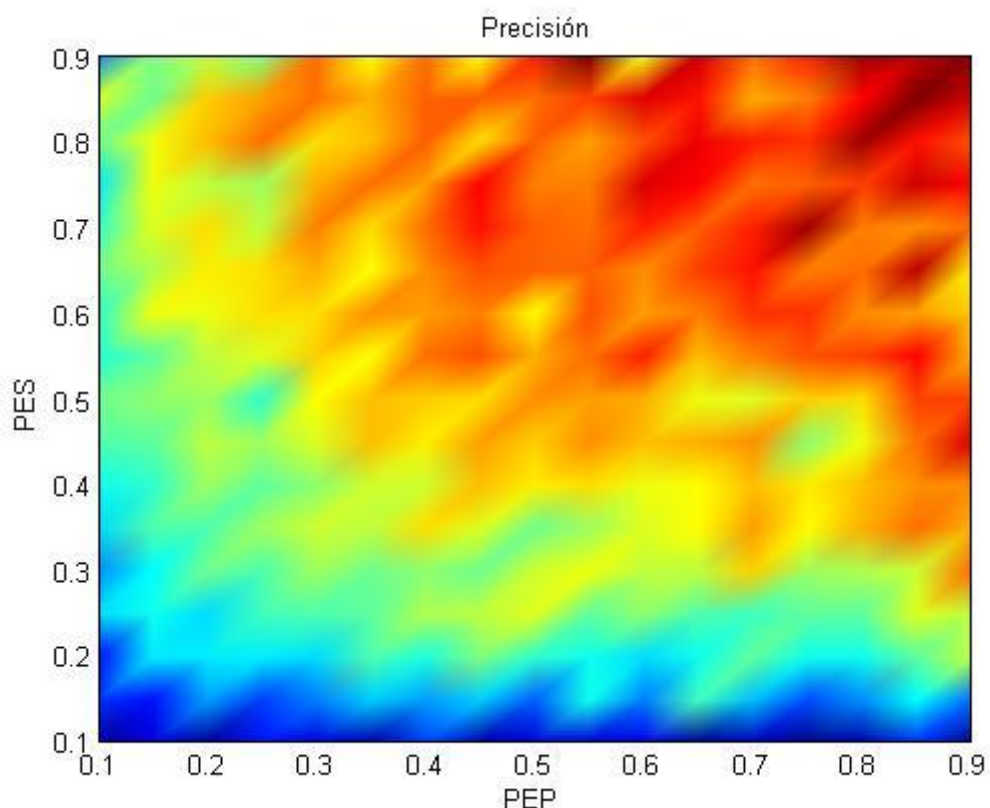


Figura 6-21: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-21: Sensibilidad según porcentajes para I-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,666	0,663	0,668	0,666	0,663	0,670	0,664	0,666	0,666	0,666	0,662	0,664	0,662	0,664	0,669	0,663
15	0,670	0,668	0,675	0,670	0,673	0,677	0,675	0,677	0,671	0,680	0,673	0,682	0,676	0,671	0,674	0,679	0,673
20	0,668	0,678	0,679	0,678	0,678	0,683	0,681	0,685	0,682	0,680	0,678	0,680	0,684	0,680	0,680	0,684	0,688
25	0,677	0,680	0,678	0,682	0,683	0,684	0,687	0,689	0,690	0,684	0,686	0,683	0,682	0,684	0,684	0,690	0,688
30	0,674	0,679	0,685	0,683	0,687	0,684	0,686	0,685	0,689	0,690	0,688	0,689	0,694	0,687	0,688	0,689	0,698
35	0,678	0,683	0,683	0,687	0,689	0,689	0,693	0,690	0,685	0,687	0,690	0,692	0,696	0,691	0,695	0,699	0,694
40	0,680	0,681	0,687	0,684	0,686	0,689	0,689	0,694	0,692	0,693	0,691	0,692	0,695	0,692	0,695	0,696	0,696
45	0,683	0,684	0,689	0,687	0,690	0,695	0,692	0,696	0,693	0,697	0,695	0,695	0,697	0,686	0,690	0,699	0,705
50	0,684	0,686	0,687	0,682	0,692	0,694	0,694	0,693	0,697	0,696	0,695	0,691	0,690	0,693	0,693	0,701	0,701
55	0,681	0,684	0,688	0,690	0,694	0,691	0,698	0,700	0,695	0,698	0,702	0,695	0,698	0,700	0,701	0,703	0,695
60	0,681	0,690	0,691	0,693	0,693	0,696	0,696	0,697	0,691	0,700	0,696	0,698	0,701	0,701	0,696	0,696	0,694
65	0,684	0,688	0,692	0,693	0,695	0,691	0,697	0,699	0,699	0,699	0,697	0,700	0,703	0,697	0,698	0,707	0,693
70	0,681	0,690	0,693	0,688	0,698	0,693	0,698	0,703	0,699	0,698	0,702	0,699	0,702	0,708	0,698	0,697	0,698
75	0,678	0,690	0,688	0,687	0,695	0,698	0,696	0,704	0,698	0,698	0,705	0,704	0,698	0,699	0,700	0,706	0,703
80	0,684	0,690	0,694	0,698	0,693	0,694	0,699	0,693	0,699	0,696	0,700	0,705	0,702	0,701	0,708	0,703	0,699
85	0,689	0,685	0,694	0,696	0,698	0,695	0,700	0,699	0,698	0,701	0,705	0,703	0,695	0,697	0,704	0,710	0,706
90	0,674	0,685	0,688	0,685	0,699	0,691	0,698	0,691	0,702	0,710	0,691	0,706	0,698	0,703	0,709	0,707	0,709

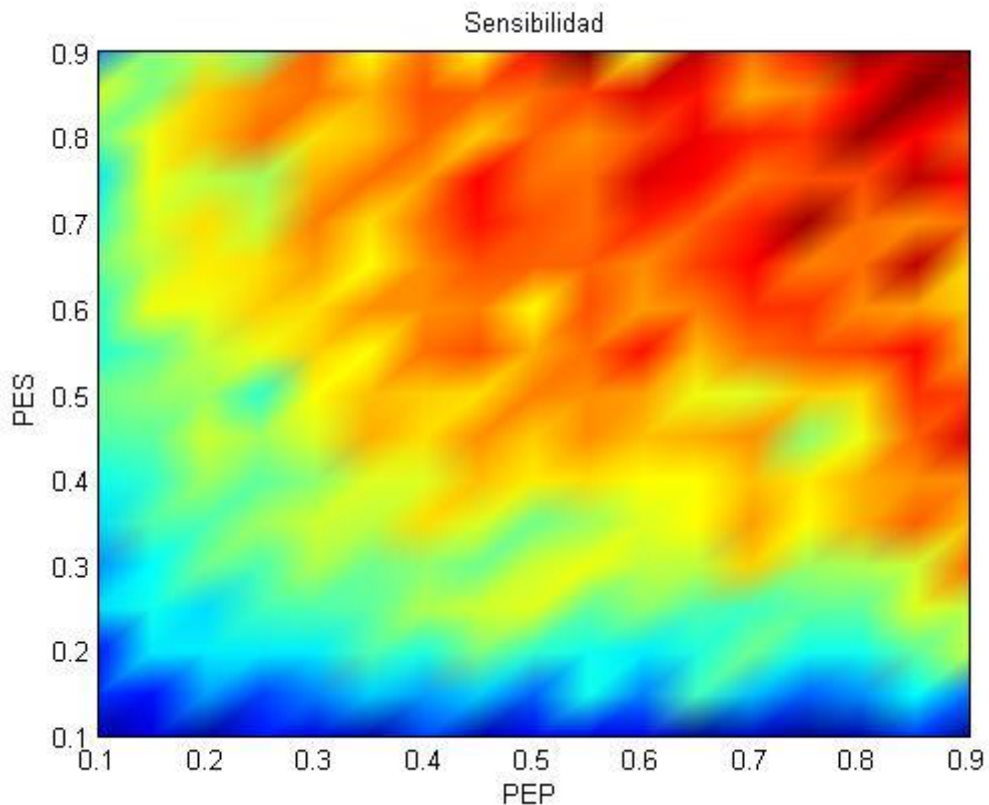


Figura 6-22: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-30ms

6.1.1.2.2 Ventana = 30ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal 'I', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-22: Especificidad según porcentajes para I-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,671	0,673	0,678	0,680	0,672	0,674	0,676	0,674	0,677	0,679	0,677	0,677	0,673	0,679	0,673	0,667
15	0,676	0,678	0,686	0,679	0,685	0,683	0,686	0,686	0,686	0,688	0,686	0,685	0,684	0,682	0,681	0,685	0,682
20	0,683	0,682	0,685	0,685	0,688	0,689	0,685	0,689	0,690	0,688	0,687	0,691	0,694	0,685	0,692	0,689	0,692
25	0,682	0,687	0,687	0,687	0,696	0,691	0,691	0,694	0,691	0,695	0,694	0,696	0,691	0,698	0,694	0,693	0,694
30	0,688	0,686	0,692	0,692	0,696	0,694	0,701	0,697	0,698	0,691	0,698	0,696	0,696	0,696	0,700	0,694	0,695
35	0,685	0,691	0,693	0,692	0,692	0,699	0,701	0,697	0,695	0,699	0,698	0,698	0,701	0,700	0,704	0,697	0,702
40	0,687	0,690	0,695	0,693	0,698	0,699	0,700	0,693	0,699	0,704	0,701	0,703	0,708	0,700	0,705	0,702	0,701
45	0,687	0,692	0,695	0,697	0,697	0,696	0,702	0,702	0,703	0,706	0,704	0,706	0,709	0,707	0,702	0,703	0,706
50	0,685	0,695	0,694	0,698	0,704	0,701	0,701	0,703	0,711	0,703	0,708	0,706	0,705	0,707	0,714	0,708	0,713
55	0,689	0,691	0,699	0,704	0,697	0,701	0,699	0,707	0,704	0,704	0,705	0,709	0,710	0,708	0,711	0,717	0,698
60	0,695	0,696	0,697	0,702	0,706	0,700	0,706	0,710	0,706	0,710	0,703	0,709	0,709	0,710	0,709	0,713	0,717
65	0,691	0,698	0,706	0,700	0,704	0,706	0,704	0,704	0,708	0,708	0,713	0,707	0,710	0,709	0,706	0,710	0,703
70	0,687	0,697	0,706	0,713	0,702	0,710	0,706	0,712	0,707	0,709	0,712	0,715	0,714	0,711	0,712	0,714	0,712
75	0,687	0,694	0,698	0,700	0,710	0,706	0,713	0,709	0,708	0,710	0,713	0,710	0,712	0,714	0,718	0,710	0,722
80	0,693	0,700	0,699	0,702	0,704	0,713	0,702	0,707	0,711	0,713	0,708	0,716	0,714	0,722	0,719	0,716	0,718
85	0,687	0,699	0,709	0,704	0,702	0,708	0,718	0,715	0,712	0,708	0,717	0,721	0,712	0,705	0,711	0,716	0,710
90	0,691	0,699	0,704	0,707	0,704	0,715	0,723	0,722	0,717	0,715	0,710	0,712	0,713	0,717	0,721	0,730	0,712

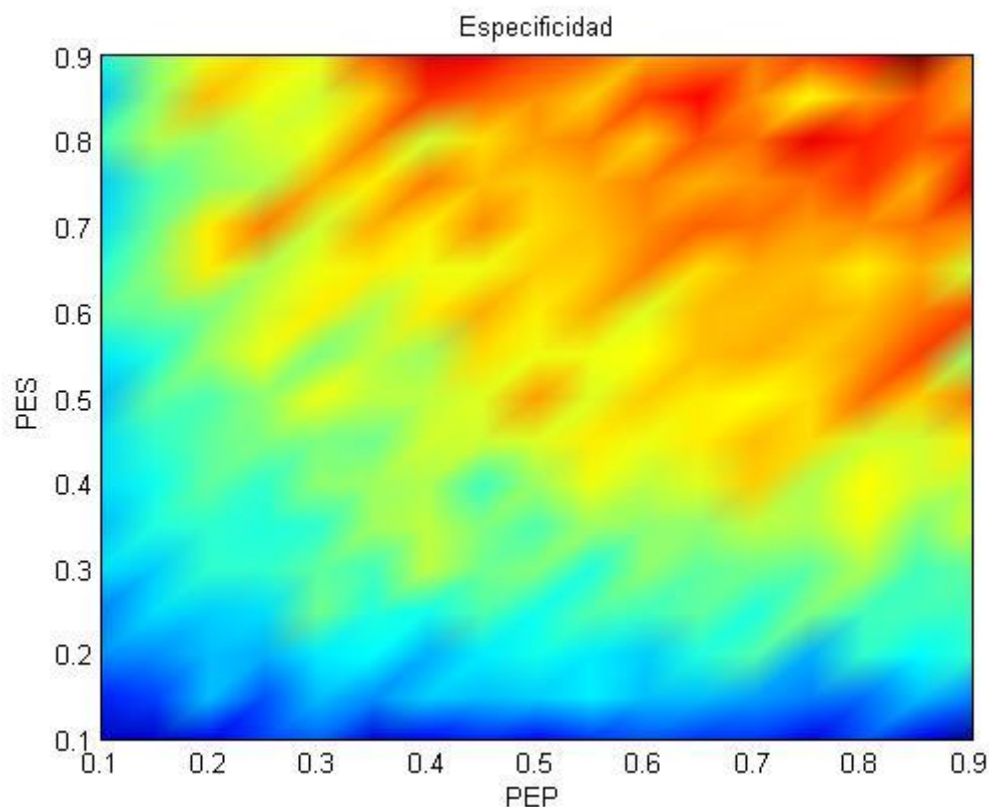


Figura 6-23: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-23: Precisión según porcentajes para I-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,671	0,672	0,678	0,679	0,672	0,674	0,676	0,674	0,677	0,679	0,677	0,677	0,673	0,679	0,673	0,667
15	0,676	0,678	0,686	0,679	0,685	0,683	0,686	0,686	0,686	0,688	0,686	0,686	0,684	0,682	0,681	0,685	0,682
20	0,683	0,682	0,685	0,685	0,688	0,689	0,685	0,689	0,690	0,688	0,687	0,691	0,694	0,685	0,692	0,689	0,692
25	0,681	0,687	0,687	0,687	0,696	0,691	0,691	0,694	0,690	0,695	0,694	0,695	0,691	0,698	0,693	0,693	0,694
30	0,688	0,686	0,692	0,692	0,696	0,694	0,701	0,696	0,697	0,691	0,698	0,696	0,696	0,696	0,700	0,694	0,695
35	0,685	0,692	0,692	0,692	0,692	0,699	0,701	0,697	0,695	0,699	0,698	0,698	0,701	0,700	0,704	0,697	0,702
40	0,687	0,690	0,695	0,692	0,698	0,699	0,700	0,693	0,699	0,704	0,701	0,703	0,708	0,700	0,705	0,702	0,701
45	0,687	0,692	0,695	0,697	0,697	0,697	0,702	0,703	0,703	0,706	0,704	0,706	0,709	0,707	0,702	0,702	0,706
50	0,685	0,695	0,694	0,698	0,704	0,701	0,701	0,703	0,711	0,703	0,708	0,706	0,705	0,706	0,714	0,708	0,713
55	0,689	0,691	0,699	0,704	0,697	0,701	0,699	0,707	0,704	0,704	0,705	0,709	0,710	0,708	0,711	0,717	0,698
60	0,694	0,696	0,697	0,702	0,706	0,700	0,706	0,710	0,706	0,710	0,703	0,708	0,708	0,710	0,709	0,713	0,717
65	0,691	0,698	0,706	0,700	0,704	0,706	0,704	0,704	0,708	0,708	0,713	0,706	0,710	0,709	0,706	0,710	0,702
70	0,688	0,697	0,706	0,713	0,702	0,710	0,706	0,713	0,707	0,709	0,712	0,715	0,714	0,711	0,712	0,714	0,712
75	0,687	0,694	0,698	0,700	0,710	0,707	0,712	0,709	0,708	0,710	0,713	0,710	0,712	0,714	0,718	0,710	0,722
80	0,694	0,699	0,699	0,702	0,704	0,713	0,702	0,707	0,711	0,713	0,707	0,716	0,713	0,722	0,719	0,716	0,716
85	0,687	0,698	0,708	0,704	0,703	0,707	0,719	0,714	0,713	0,709	0,717	0,721	0,712	0,705	0,711	0,715	0,711
90	0,690	0,698	0,704	0,707	0,704	0,715	0,724	0,723	0,716	0,715	0,710	0,712	0,712	0,718	0,721	0,730	0,713

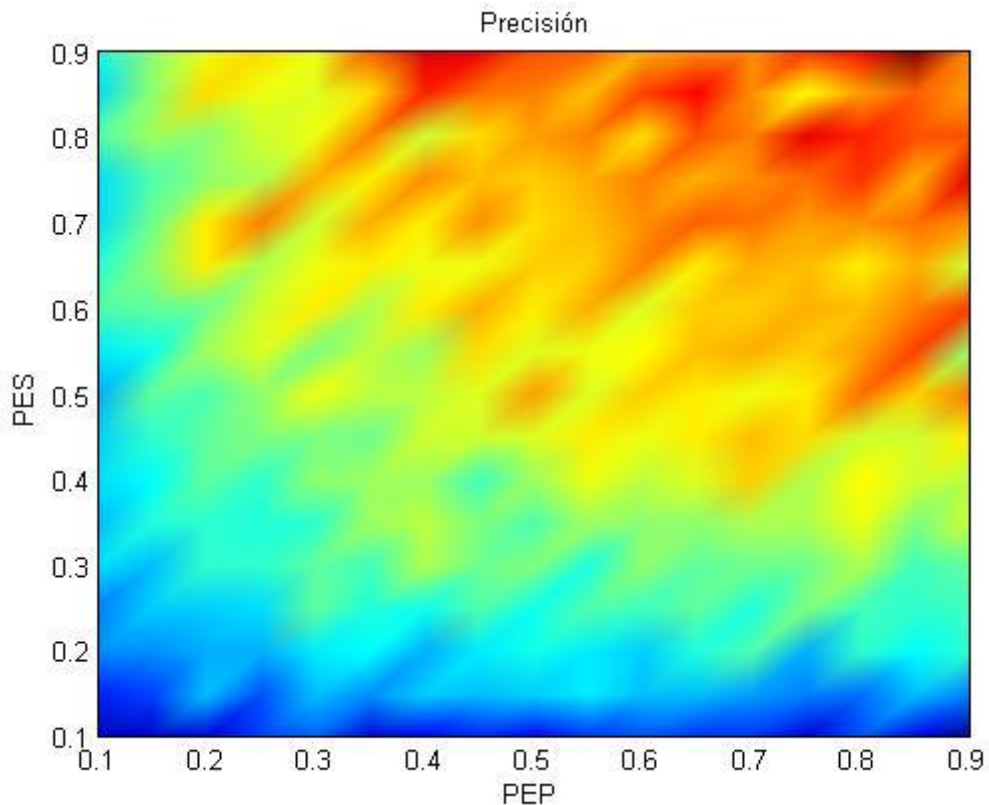


Figura 6-24: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-24: Sensibilidad según porcentajes para I-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,671	0,672	0,678	0,679	0,672	0,674	0,676	0,674	0,677	0,679	0,677	0,677	0,672	0,679	0,673	0,667
15	0,676	0,678	0,686	0,679	0,685	0,683	0,686	0,686	0,686	0,688	0,686	0,686	0,684	0,682	0,681	0,685	0,682
20	0,683	0,682	0,685	0,685	0,688	0,689	0,685	0,689	0,690	0,688	0,687	0,691	0,694	0,685	0,692	0,689	0,692
25	0,681	0,687	0,687	0,688	0,696	0,691	0,691	0,694	0,690	0,694	0,694	0,695	0,691	0,698	0,693	0,693	0,693
30	0,688	0,686	0,692	0,692	0,695	0,694	0,701	0,696	0,697	0,691	0,698	0,696	0,696	0,696	0,700	0,694	0,695
35	0,685	0,692	0,692	0,692	0,693	0,699	0,701	0,697	0,695	0,699	0,698	0,699	0,700	0,700	0,704	0,697	0,702
40	0,687	0,690	0,695	0,692	0,698	0,699	0,700	0,693	0,699	0,704	0,701	0,703	0,708	0,700	0,705	0,702	0,700
45	0,687	0,692	0,695	0,697	0,697	0,697	0,702	0,703	0,703	0,706	0,704	0,705	0,709	0,707	0,702	0,702	0,706
50	0,685	0,695	0,694	0,698	0,704	0,701	0,701	0,703	0,711	0,703	0,708	0,707	0,704	0,706	0,715	0,709	0,713
55	0,689	0,691	0,699	0,704	0,697	0,701	0,699	0,707	0,704	0,704	0,705	0,709	0,710	0,708	0,711	0,717	0,698
60	0,694	0,695	0,696	0,702	0,707	0,700	0,706	0,710	0,706	0,710	0,703	0,708	0,708	0,710	0,709	0,713	0,717
65	0,691	0,698	0,706	0,700	0,704	0,706	0,704	0,704	0,708	0,708	0,713	0,706	0,709	0,709	0,706	0,710	0,702
70	0,688	0,697	0,706	0,713	0,702	0,710	0,706	0,713	0,707	0,709	0,712	0,715	0,714	0,711	0,712	0,715	0,712
75	0,687	0,694	0,698	0,700	0,710	0,707	0,712	0,709	0,708	0,710	0,713	0,710	0,712	0,714	0,718	0,710	0,722
80	0,695	0,699	0,698	0,702	0,704	0,713	0,702	0,707	0,711	0,713	0,707	0,716	0,713	0,722	0,718	0,716	0,715
85	0,687	0,698	0,707	0,704	0,703	0,707	0,719	0,714	0,713	0,709	0,718	0,721	0,712	0,705	0,711	0,715	0,711
90	0,690	0,698	0,704	0,707	0,704	0,715	0,724	0,723	0,716	0,715	0,710	0,712	0,712	0,718	0,721	0,730	0,713

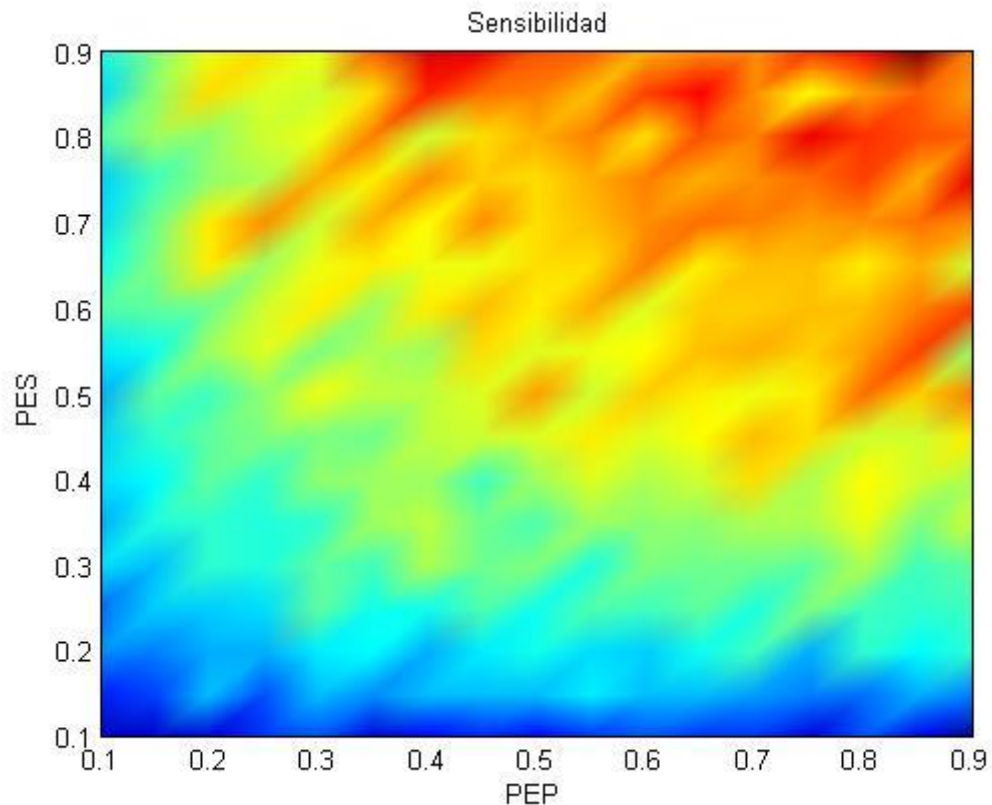


Figura 6-25: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-30ms con solape

6.1.1.2.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-25: Especificidad según porcentajes para I-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,656	0,662	0,664	0,661	0,660	0,662	0,657	0,653	0,658	0,658	0,659	0,653	0,657	0,655	0,658	0,649	0,658
15	0,667	0,668	0,671	0,667	0,673	0,667	0,668	0,672	0,676	0,668	0,670	0,671	0,665	0,667	0,663	0,665	0,664
20	0,671	0,674	0,672	0,675	0,676	0,675	0,674	0,673	0,671	0,673	0,669	0,681	0,680	0,672	0,675	0,674	0,673
25	0,670	0,680	0,678	0,680	0,677	0,678	0,680	0,677	0,676	0,681	0,682	0,685	0,679	0,681	0,674	0,674	0,679
30	0,676	0,680	0,685	0,682	0,680	0,684	0,681	0,681	0,685	0,683	0,681	0,687	0,682	0,676	0,689	0,675	0,685
35	0,673	0,678	0,679	0,681	0,682	0,684	0,682	0,684	0,685	0,681	0,683	0,686	0,686	0,695	0,692	0,686	0,693
40	0,675	0,683	0,680	0,684	0,683	0,678	0,685	0,687	0,692	0,683	0,688	0,687	0,685	0,688	0,692	0,686	0,682
45	0,673	0,675	0,680	0,681	0,685	0,687	0,685	0,689	0,684	0,690	0,695	0,692	0,685	0,687	0,687	0,681	0,686
50	0,678	0,682	0,684	0,687	0,687	0,688	0,690	0,686	0,693	0,692	0,690	0,693	0,687	0,690	0,687	0,693	0,684
55	0,678	0,682	0,685	0,689	0,684	0,687	0,688	0,687	0,692	0,693	0,692	0,691	0,691	0,692	0,691	0,700	0,698
60	0,674	0,682	0,687	0,686	0,690	0,691	0,687	0,692	0,687	0,690	0,692	0,696	0,691	0,693	0,694	0,697	0,691
65	0,671	0,682	0,688	0,693	0,688	0,690	0,694	0,695	0,692	0,688	0,694	0,693	0,692	0,702	0,694	0,696	0,708
70	0,681	0,687	0,689	0,689	0,685	0,687	0,695	0,690	0,688	0,696	0,695	0,689	0,699	0,697	0,699	0,694	0,697
75	0,676	0,688	0,683	0,694	0,691	0,696	0,690	0,694	0,696	0,694	0,703	0,701	0,694	0,696	0,692	0,692	0,700
80	0,672	0,682	0,690	0,687	0,688	0,692	0,696	0,695	0,700	0,693	0,695	0,696	0,698	0,694	0,693	0,702	0,699
85	0,676	0,680	0,690	0,689	0,697	0,686	0,695	0,697	0,704	0,705	0,701	0,699	0,694	0,697	0,699	0,706	0,703
90	0,674	0,689	0,683	0,691	0,691	0,701	0,699	0,701	0,693	0,701	0,691	0,700	0,691	0,704	0,688	0,701	0,701

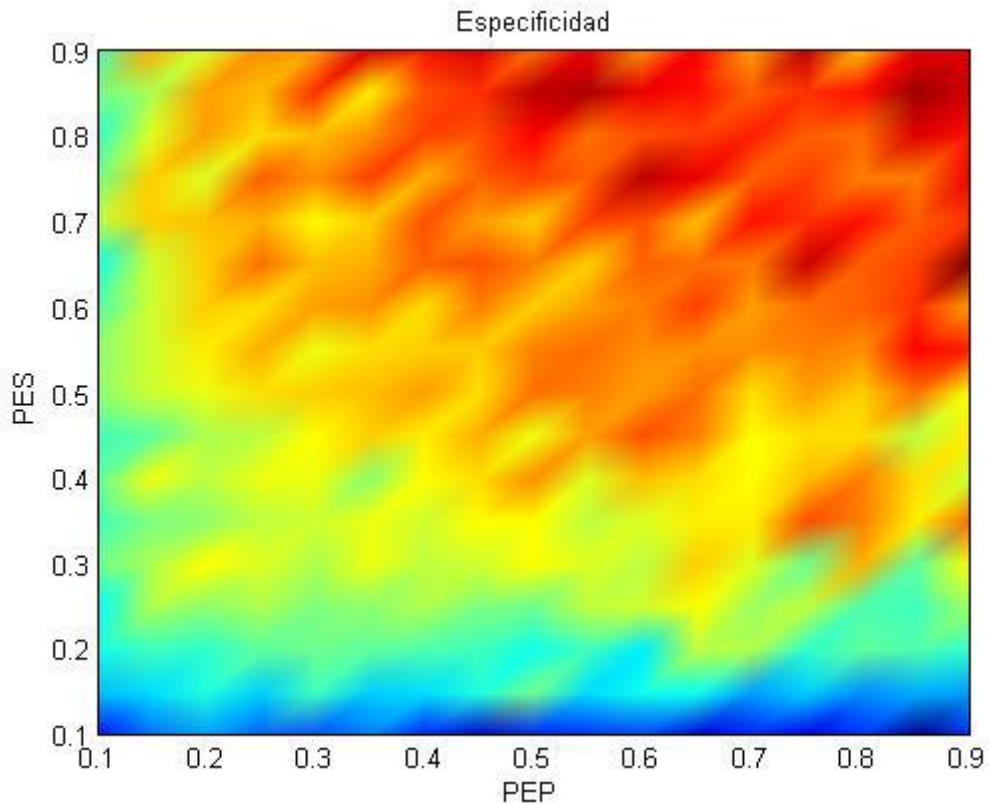


Figura 6-26: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-26: Precisión según porcentajes para I-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,656	0,662	0,664	0,661	0,660	0,662	0,657	0,653	0,658	0,658	0,659	0,653	0,657	0,654	0,658	0,649	0,658
15	0,666	0,668	0,671	0,667	0,673	0,667	0,668	0,672	0,676	0,668	0,670	0,671	0,665	0,667	0,663	0,665	0,664
20	0,671	0,674	0,672	0,675	0,676	0,675	0,674	0,673	0,671	0,673	0,669	0,681	0,680	0,672	0,675	0,674	0,673
25	0,670	0,680	0,678	0,680	0,677	0,678	0,680	0,678	0,676	0,681	0,682	0,685	0,679	0,681	0,674	0,674	0,679
30	0,676	0,680	0,685	0,682	0,679	0,684	0,681	0,681	0,685	0,683	0,681	0,687	0,682	0,676	0,689	0,676	0,685
35	0,673	0,677	0,678	0,680	0,682	0,684	0,682	0,684	0,685	0,680	0,683	0,686	0,686	0,695	0,692	0,686	0,693
40	0,675	0,683	0,680	0,684	0,683	0,678	0,685	0,687	0,691	0,683	0,688	0,687	0,685	0,688	0,692	0,686	0,682
45	0,673	0,675	0,680	0,681	0,685	0,687	0,685	0,689	0,684	0,690	0,695	0,692	0,685	0,687	0,687	0,681	0,686
50	0,678	0,681	0,683	0,687	0,688	0,689	0,690	0,686	0,693	0,692	0,690	0,693	0,687	0,690	0,687	0,693	0,684
55	0,678	0,682	0,685	0,689	0,683	0,687	0,688	0,687	0,692	0,693	0,692	0,691	0,691	0,692	0,691	0,700	0,698
60	0,674	0,681	0,687	0,686	0,690	0,691	0,687	0,692	0,687	0,690	0,692	0,696	0,691	0,693	0,694	0,697	0,691
65	0,671	0,682	0,687	0,693	0,688	0,690	0,694	0,695	0,692	0,688	0,694	0,693	0,692	0,702	0,694	0,696	0,708
70	0,681	0,687	0,689	0,689	0,685	0,687	0,695	0,690	0,688	0,696	0,695	0,689	0,699	0,697	0,698	0,695	0,697
75	0,677	0,688	0,683	0,694	0,692	0,697	0,690	0,694	0,697	0,694	0,703	0,701	0,695	0,696	0,692	0,692	0,700
80	0,673	0,682	0,690	0,687	0,688	0,691	0,696	0,695	0,699	0,693	0,695	0,696	0,698	0,694	0,692	0,702	0,697
85	0,677	0,679	0,689	0,689	0,696	0,686	0,695	0,697	0,704	0,705	0,701	0,699	0,694	0,697	0,699	0,705	0,703
90	0,675	0,689	0,683	0,691	0,690	0,701	0,699	0,701	0,692	0,700	0,691	0,700	0,690	0,704	0,689	0,699	0,702

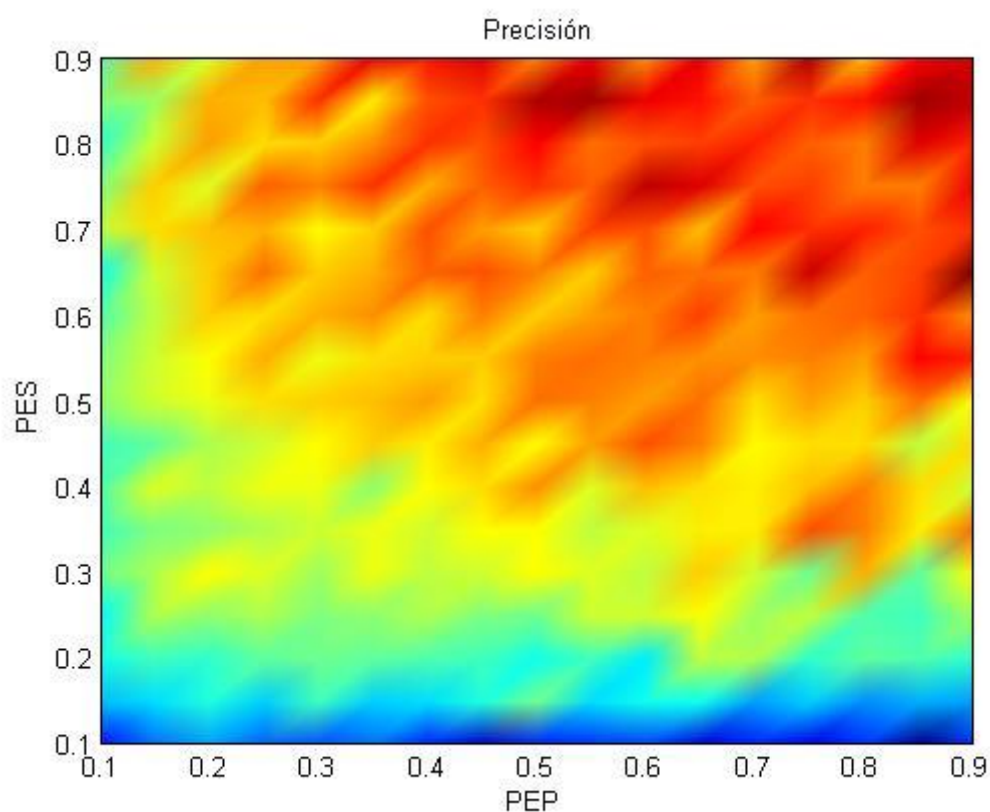


Figura 6-27: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-27: Sensibilidad según porcentajes para I-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,656	0,662	0,664	0,661	0,660	0,662	0,657	0,653	0,658	0,658	0,658	0,653	0,657	0,654	0,658	0,649	0,658
15	0,666	0,668	0,671	0,667	0,673	0,667	0,668	0,672	0,676	0,668	0,670	0,671	0,665	0,667	0,663	0,665	0,664
20	0,671	0,674	0,672	0,675	0,676	0,675	0,674	0,673	0,671	0,673	0,669	0,681	0,680	0,672	0,675	0,674	0,673
25	0,670	0,680	0,678	0,680	0,677	0,678	0,680	0,678	0,676	0,682	0,681	0,685	0,679	0,681	0,674	0,674	0,679
30	0,676	0,680	0,685	0,682	0,679	0,684	0,681	0,682	0,685	0,683	0,681	0,687	0,682	0,676	0,689	0,676	0,684
35	0,673	0,677	0,678	0,680	0,682	0,684	0,682	0,684	0,685	0,680	0,682	0,686	0,686	0,695	0,692	0,686	0,693
40	0,675	0,683	0,680	0,684	0,683	0,678	0,685	0,687	0,691	0,683	0,688	0,687	0,686	0,688	0,692	0,686	0,682
45	0,673	0,675	0,680	0,681	0,685	0,687	0,685	0,689	0,684	0,690	0,695	0,692	0,685	0,687	0,687	0,681	0,686
50	0,678	0,681	0,683	0,687	0,688	0,689	0,690	0,686	0,693	0,692	0,690	0,693	0,687	0,690	0,687	0,693	0,684
55	0,678	0,681	0,685	0,689	0,683	0,686	0,688	0,687	0,692	0,693	0,692	0,691	0,691	0,692	0,691	0,700	0,698
60	0,674	0,681	0,687	0,686	0,690	0,691	0,686	0,692	0,687	0,690	0,692	0,695	0,691	0,693	0,693	0,697	0,691
65	0,671	0,682	0,687	0,693	0,688	0,690	0,694	0,695	0,692	0,688	0,694	0,693	0,692	0,703	0,694	0,696	0,708
70	0,681	0,687	0,689	0,689	0,685	0,687	0,695	0,690	0,688	0,696	0,695	0,689	0,699	0,697	0,698	0,695	0,697
75	0,677	0,688	0,683	0,694	0,692	0,697	0,689	0,694	0,697	0,694	0,703	0,701	0,695	0,695	0,692	0,692	0,700
80	0,673	0,682	0,690	0,687	0,688	0,691	0,696	0,696	0,699	0,693	0,695	0,696	0,698	0,694	0,692	0,701	0,696
85	0,677	0,679	0,689	0,688	0,696	0,686	0,695	0,697	0,704	0,705	0,701	0,699	0,693	0,697	0,699	0,705	0,703
90	0,675	0,689	0,683	0,691	0,690	0,701	0,699	0,701	0,692	0,700	0,691	0,700	0,690	0,704	0,689	0,699	0,702

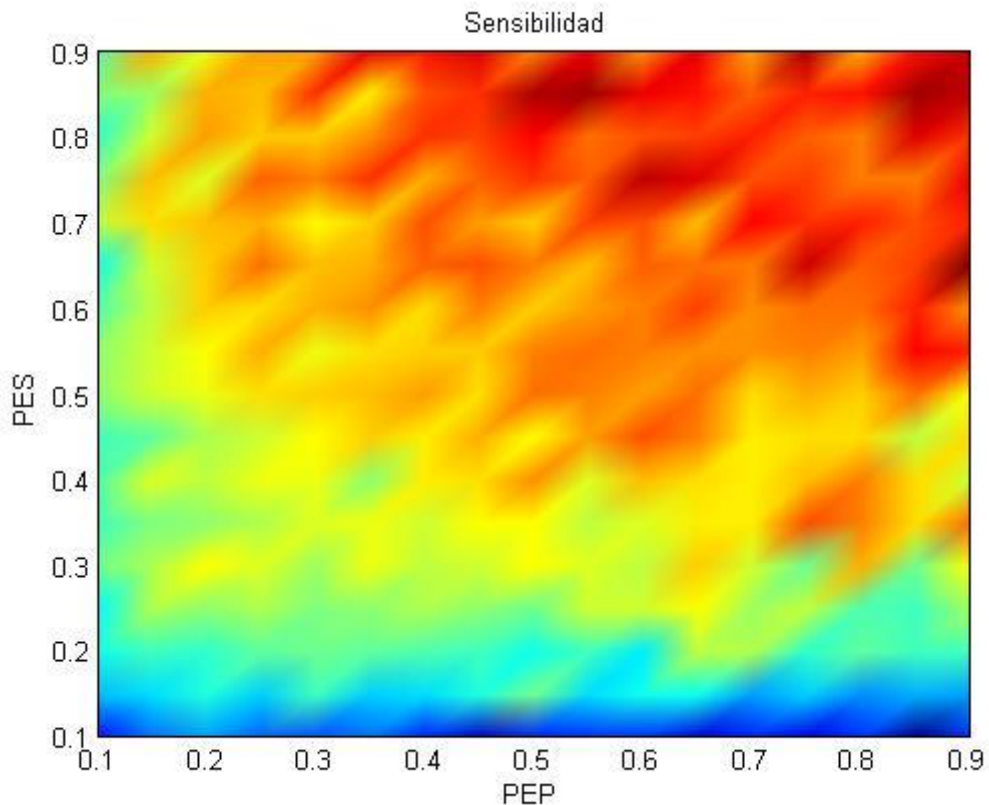


Figura 6-28: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-50ms

6.1.1.2.4 Ventana = 50ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-28: Especificidad según porcentajes para I-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,671	0,671	0,663	0,667	0,671	0,665	0,671	0,669	0,671	0,665	0,671	0,665	0,664	0,668	0,671	0,672	0,669
15	0,672	0,676	0,677	0,674	0,675	0,680	0,678	0,681	0,680	0,682	0,675	0,685	0,677	0,682	0,682	0,678	0,676
20	0,677	0,678	0,680	0,684	0,679	0,680	0,683	0,683	0,685	0,687	0,685	0,688	0,691	0,684	0,683	0,687	0,691
25	0,681	0,680	0,683	0,684	0,685	0,686	0,688	0,686	0,687	0,687	0,687	0,689	0,691	0,687	0,690	0,691	0,694
30	0,678	0,685	0,686	0,689	0,692	0,693	0,687	0,690	0,693	0,693	0,692	0,691	0,697	0,693	0,683	0,695	0,697
35	0,680	0,683	0,686	0,689	0,690	0,693	0,694	0,695	0,691	0,691	0,697	0,697	0,694	0,693	0,694	0,698	0,702
40	0,682	0,682	0,687	0,685	0,690	0,697	0,696	0,693	0,696	0,697	0,695	0,695	0,703	0,694	0,696	0,701	0,704
45	0,686	0,687	0,695	0,691	0,692	0,699	0,690	0,697	0,695	0,699	0,698	0,696	0,702	0,698	0,699	0,699	0,703
50	0,685	0,691	0,693	0,689	0,696	0,699	0,698	0,696	0,698	0,698	0,700	0,697	0,697	0,699	0,700	0,706	0,707
55	0,682	0,688	0,689	0,694	0,695	0,698	0,700	0,700	0,699	0,703	0,706	0,695	0,704	0,705	0,705	0,710	0,698
60	0,683	0,696	0,693	0,701	0,700	0,698	0,701	0,702	0,700	0,702	0,700	0,702	0,701	0,708	0,705	0,701	0,701
65	0,684	0,693	0,695	0,695	0,696	0,698	0,700	0,703	0,698	0,704	0,701	0,703	0,711	0,702	0,707	0,707	0,703
70	0,686	0,688	0,698	0,692	0,700	0,698	0,699	0,704	0,707	0,704	0,708	0,704	0,713	0,708	0,705	0,700	0,706
75	0,681	0,698	0,700	0,694	0,694	0,703	0,703	0,706	0,702	0,706	0,705	0,706	0,705	0,707	0,710	0,713	0,712
80	0,685	0,700	0,696	0,705	0,700	0,703	0,703	0,700	0,702	0,699	0,702	0,704	0,712	0,706	0,714	0,713	0,703
85	0,692	0,693	0,697	0,709	0,701	0,701	0,700	0,703	0,699	0,704	0,709	0,700	0,702	0,698	0,707	0,705	0,710
90	0,686	0,684	0,696	0,688	0,700	0,701	0,704	0,693	0,706	0,720	0,701	0,704	0,701	0,711	0,710	0,714	0,710

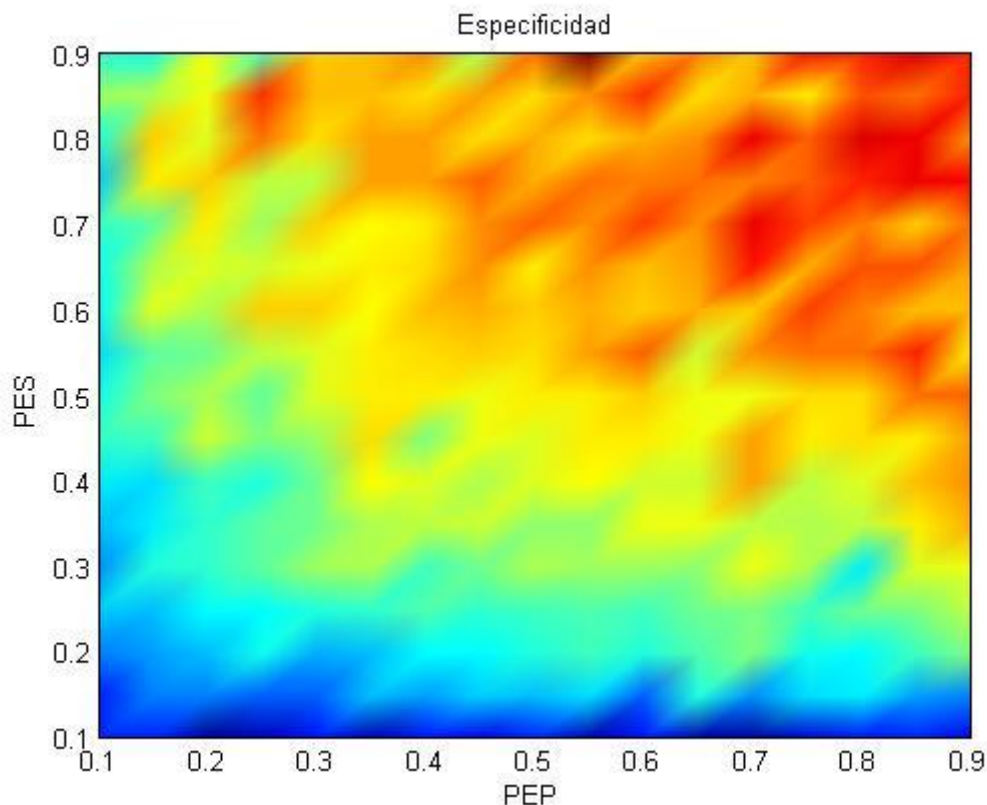


Figura 6-29: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-29: Precisión según porcentajes para I-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,671	0,671	0,663	0,667	0,671	0,665	0,671	0,669	0,671	0,665	0,671	0,665	0,664	0,668	0,671	0,672	0,669
15	0,672	0,676	0,677	0,674	0,675	0,680	0,678	0,681	0,680	0,682	0,675	0,685	0,677	0,682	0,682	0,678	0,676
20	0,677	0,678	0,680	0,684	0,679	0,680	0,683	0,683	0,685	0,687	0,685	0,688	0,691	0,684	0,683	0,687	0,691
25	0,680	0,679	0,683	0,684	0,685	0,686	0,688	0,686	0,687	0,687	0,687	0,689	0,691	0,687	0,690	0,691	0,694
30	0,677	0,685	0,686	0,689	0,692	0,693	0,687	0,690	0,693	0,692	0,692	0,691	0,697	0,693	0,683	0,695	0,697
35	0,680	0,683	0,686	0,689	0,690	0,693	0,694	0,694	0,691	0,691	0,697	0,696	0,694	0,693	0,694	0,698	0,702
40	0,682	0,682	0,687	0,685	0,690	0,697	0,696	0,693	0,696	0,697	0,695	0,695	0,703	0,694	0,696	0,701	0,704
45	0,686	0,687	0,695	0,691	0,692	0,699	0,690	0,697	0,696	0,698	0,698	0,696	0,702	0,698	0,699	0,699	0,703
50	0,684	0,690	0,693	0,689	0,696	0,699	0,698	0,696	0,698	0,698	0,700	0,697	0,696	0,699	0,700	0,705	0,707
55	0,682	0,688	0,689	0,694	0,695	0,698	0,700	0,700	0,699	0,703	0,706	0,695	0,704	0,705	0,705	0,710	0,698
60	0,684	0,695	0,694	0,700	0,700	0,697	0,701	0,701	0,700	0,702	0,700	0,702	0,701	0,708	0,705	0,701	0,700
65	0,685	0,692	0,696	0,695	0,697	0,698	0,699	0,703	0,698	0,704	0,701	0,703	0,711	0,703	0,707	0,707	0,703
70	0,687	0,688	0,698	0,692	0,700	0,697	0,699	0,704	0,707	0,704	0,709	0,704	0,712	0,708	0,705	0,701	0,706
75	0,681	0,698	0,699	0,693	0,694	0,703	0,703	0,706	0,702	0,706	0,705	0,706	0,704	0,706	0,710	0,713	0,711
80	0,685	0,700	0,696	0,705	0,700	0,702	0,703	0,699	0,702	0,699	0,701	0,704	0,713	0,706	0,713	0,713	0,702
85	0,692	0,692	0,696	0,709	0,701	0,702	0,699	0,703	0,699	0,704	0,709	0,700	0,702	0,698	0,707	0,704	0,711
90	0,686	0,685	0,695	0,688	0,700	0,702	0,704	0,694	0,705	0,719	0,701	0,704	0,701	0,712	0,710	0,713	0,711

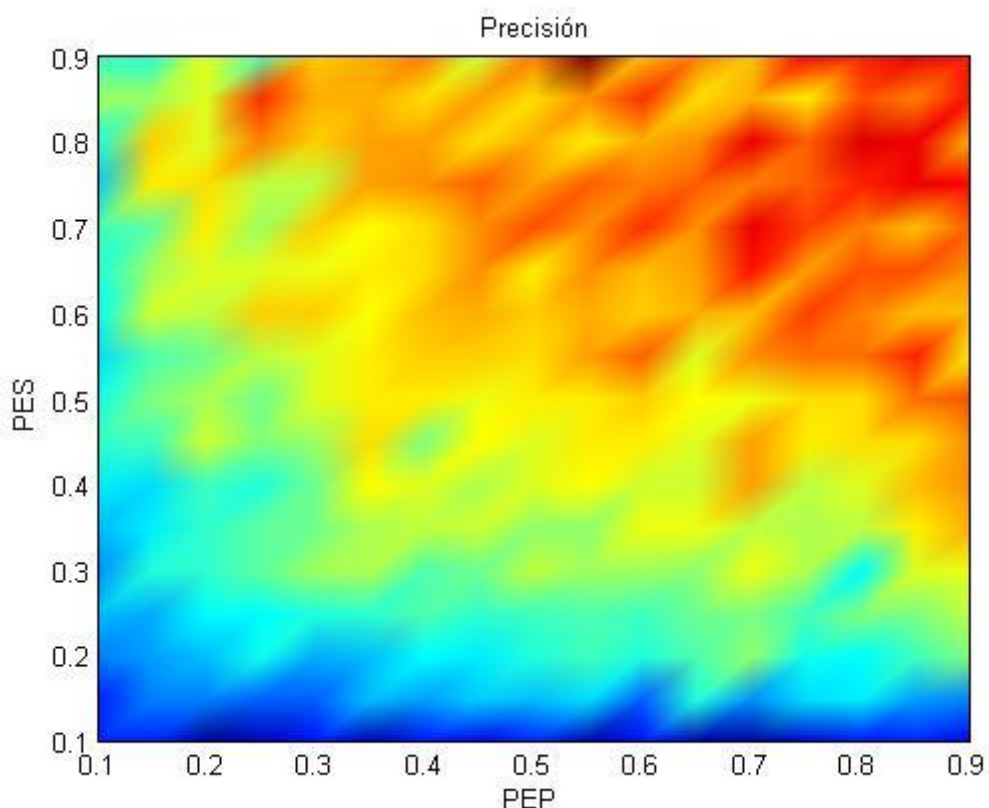


Figura 6-30: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-30: Sensibilidad según porcentajes para I-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,671	0,671	0,663	0,667	0,671	0,665	0,671	0,669	0,671	0,666	0,671	0,665	0,664	0,668	0,670	0,672	0,668
15	0,672	0,676	0,677	0,674	0,675	0,680	0,678	0,681	0,680	0,682	0,675	0,685	0,677	0,682	0,682	0,678	0,676
20	0,677	0,678	0,680	0,684	0,679	0,680	0,683	0,683	0,685	0,687	0,685	0,688	0,691	0,684	0,683	0,687	0,691
25	0,680	0,679	0,683	0,683	0,686	0,686	0,688	0,686	0,687	0,687	0,687	0,689	0,691	0,687	0,690	0,690	0,694
30	0,677	0,685	0,686	0,689	0,692	0,693	0,687	0,690	0,693	0,692	0,692	0,692	0,697	0,693	0,683	0,696	0,697
35	0,680	0,683	0,686	0,688	0,690	0,693	0,694	0,694	0,691	0,691	0,696	0,696	0,694	0,693	0,694	0,698	0,701
40	0,682	0,682	0,687	0,685	0,690	0,697	0,696	0,693	0,696	0,697	0,695	0,695	0,702	0,694	0,696	0,701	0,703
45	0,686	0,687	0,695	0,691	0,692	0,699	0,690	0,697	0,696	0,698	0,698	0,696	0,702	0,698	0,699	0,699	0,704
50	0,684	0,690	0,693	0,689	0,696	0,699	0,698	0,696	0,698	0,699	0,700	0,697	0,696	0,699	0,699	0,705	0,707
55	0,682	0,688	0,689	0,694	0,695	0,698	0,700	0,700	0,699	0,703	0,706	0,695	0,704	0,705	0,705	0,710	0,698
60	0,684	0,695	0,694	0,700	0,700	0,697	0,700	0,701	0,700	0,702	0,700	0,702	0,700	0,708	0,704	0,700	0,700
65	0,685	0,692	0,696	0,696	0,697	0,698	0,699	0,703	0,698	0,704	0,701	0,702	0,710	0,703	0,707	0,707	0,703
70	0,687	0,688	0,698	0,692	0,700	0,697	0,699	0,704	0,707	0,704	0,709	0,704	0,712	0,708	0,704	0,701	0,707
75	0,681	0,698	0,699	0,693	0,694	0,703	0,703	0,706	0,702	0,706	0,705	0,706	0,704	0,706	0,710	0,713	0,711
80	0,685	0,700	0,696	0,705	0,700	0,702	0,703	0,699	0,702	0,699	0,701	0,704	0,713	0,706	0,713	0,713	0,701
85	0,692	0,692	0,695	0,709	0,701	0,702	0,699	0,703	0,699	0,704	0,709	0,700	0,702	0,698	0,707	0,704	0,711
90	0,686	0,685	0,695	0,688	0,700	0,702	0,704	0,695	0,705	0,719	0,701	0,704	0,701	0,712	0,710	0,713	0,711

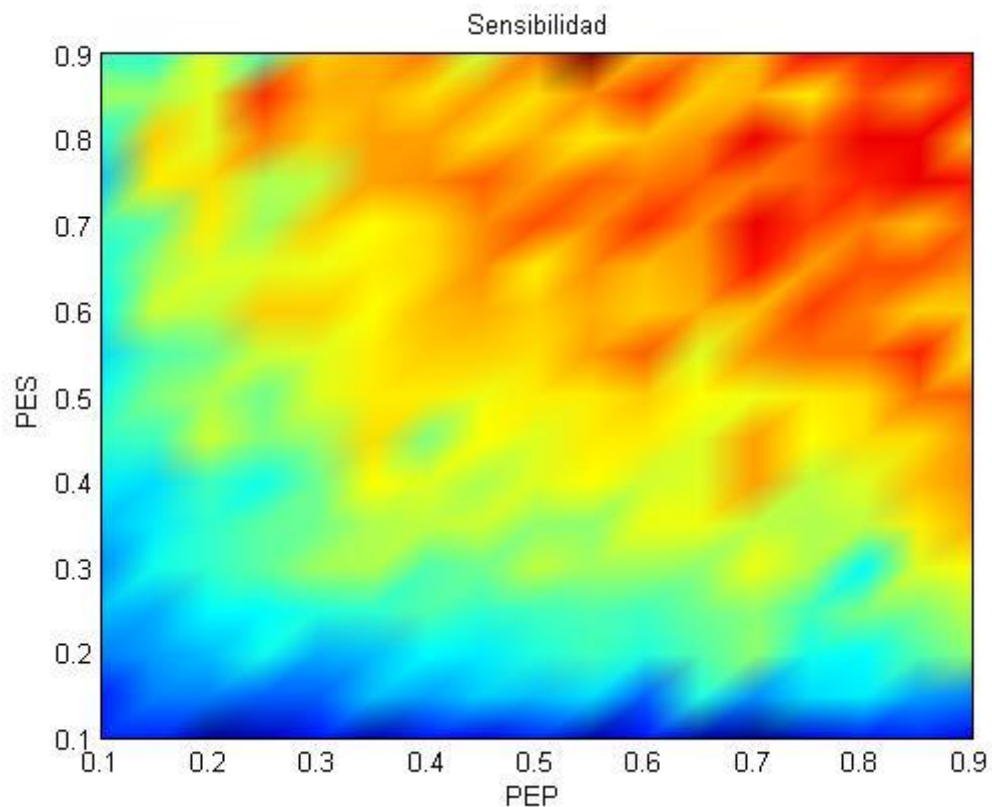


Figura 6-31: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-50ms con solape

6.1.1.2.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-31: Especificidad según porcentajes para I-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,659	0,660	0,660	0,658	0,656	0,661	0,658	0,665	0,659	0,656	0,657	0,651	0,657	0,651	0,652	0,655
15	0,660	0,666	0,670	0,670	0,665	0,671	0,668	0,670	0,671	0,669	0,670	0,672	0,665	0,665	0,668	0,668	0,671
20	0,666	0,678	0,671	0,671	0,673	0,673	0,671	0,677	0,676	0,674	0,678	0,676	0,676	0,674	0,674	0,674	0,670
25	0,668	0,674	0,674	0,677	0,674	0,683	0,676	0,679	0,677	0,679	0,680	0,678	0,680	0,683	0,684	0,675	0,678
30	0,672	0,673	0,674	0,681	0,681	0,682	0,683	0,680	0,677	0,681	0,683	0,685	0,685	0,686	0,685	0,683	0,686
35	0,676	0,674	0,679	0,679	0,680	0,686	0,682	0,686	0,687	0,687	0,690	0,684	0,691	0,686	0,687	0,691	0,688
40	0,675	0,677	0,683	0,684	0,686	0,687	0,685	0,682	0,691	0,695	0,689	0,692	0,689	0,690	0,686	0,690	0,692
45	0,676	0,680	0,682	0,683	0,688	0,685	0,689	0,693	0,693	0,689	0,694	0,689	0,691	0,685	0,690	0,695	0,694
50	0,676	0,684	0,687	0,687	0,691	0,687	0,690	0,689	0,688	0,692	0,695	0,693	0,698	0,700	0,696	0,700	0,695
55	0,678	0,683	0,682	0,687	0,688	0,691	0,695	0,697	0,695	0,698	0,694	0,698	0,700	0,697	0,699	0,702	0,696
60	0,675	0,678	0,689	0,688	0,693	0,687	0,692	0,699	0,700	0,700	0,699	0,695	0,699	0,706	0,700	0,697	0,704
65	0,678	0,684	0,681	0,690	0,690	0,686	0,696	0,692	0,698	0,699	0,699	0,694	0,696	0,697	0,700	0,697	0,694
70	0,683	0,683	0,688	0,694	0,693	0,691	0,692	0,694	0,693	0,699	0,701	0,696	0,708	0,699	0,698	0,703	0,700
75	0,672	0,677	0,685	0,695	0,693	0,700	0,692	0,696	0,701	0,692	0,701	0,695	0,701	0,696	0,700	0,703	0,702
80	0,682	0,680	0,691	0,688	0,698	0,697	0,697	0,699	0,705	0,700	0,697	0,694	0,699	0,703	0,705	0,702	0,715
85	0,678	0,685	0,691	0,688	0,690	0,693	0,707	0,710	0,706	0,708	0,703	0,706	0,701	0,714	0,700	0,711	0,704
90	0,675	0,688	0,688	0,706	0,696	0,696	0,700	0,696	0,713	0,698	0,701	0,700	0,703	0,687	0,701	0,705	0,701

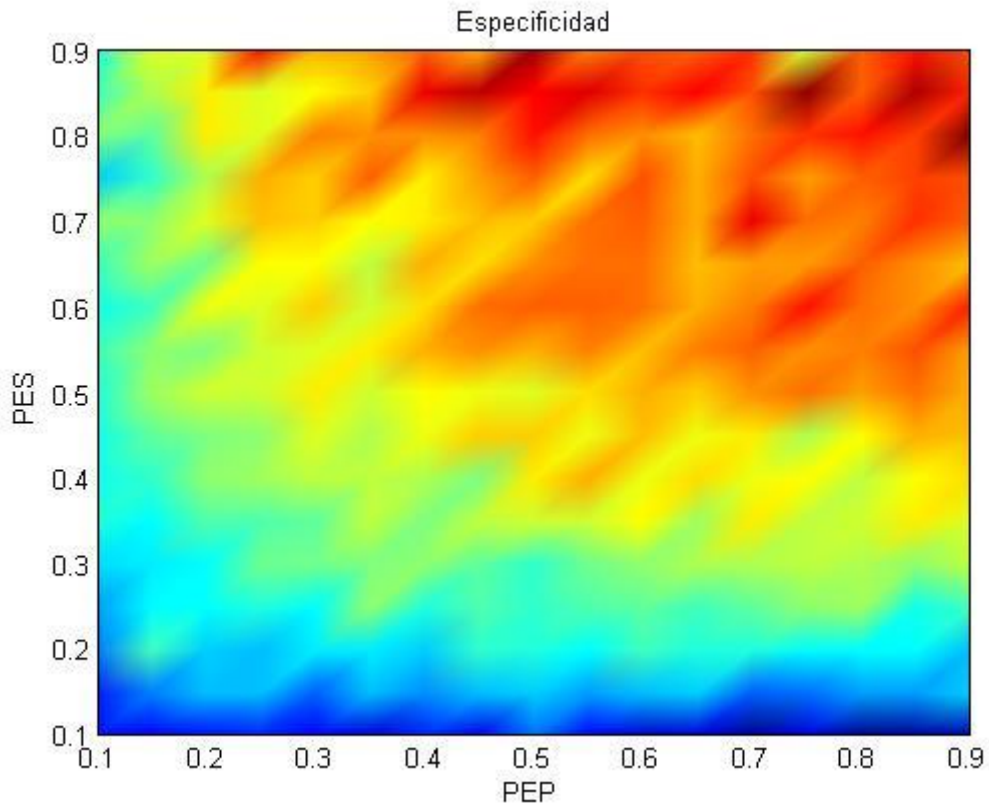


Figura 6-32: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-32: Precisión según porcentajes para I-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,659	0,659	0,660	0,660	0,658	0,656	0,661	0,658	0,665	0,659	0,656	0,657	0,651	0,657	0,651	0,652	0,655
15	0,660	0,666	0,670	0,670	0,665	0,671	0,668	0,670	0,671	0,669	0,670	0,672	0,665	0,665	0,668	0,668	0,671
20	0,666	0,678	0,671	0,671	0,673	0,673	0,671	0,677	0,676	0,674	0,678	0,676	0,676	0,674	0,674	0,674	0,670
25	0,668	0,674	0,674	0,676	0,674	0,683	0,676	0,679	0,677	0,679	0,680	0,678	0,680	0,683	0,684	0,675	0,678
30	0,672	0,673	0,674	0,681	0,681	0,682	0,683	0,680	0,677	0,681	0,683	0,686	0,685	0,686	0,685	0,683	0,686
35	0,676	0,674	0,679	0,679	0,680	0,686	0,682	0,685	0,688	0,687	0,690	0,684	0,691	0,686	0,688	0,692	0,688
40	0,675	0,677	0,683	0,684	0,686	0,687	0,685	0,682	0,691	0,695	0,689	0,692	0,689	0,690	0,686	0,690	0,692
45	0,675	0,680	0,682	0,683	0,688	0,685	0,689	0,693	0,693	0,689	0,694	0,689	0,691	0,685	0,690	0,695	0,694
50	0,676	0,683	0,687	0,687	0,691	0,687	0,689	0,689	0,688	0,692	0,695	0,693	0,698	0,699	0,696	0,700	0,695
55	0,678	0,683	0,682	0,687	0,688	0,691	0,694	0,697	0,695	0,698	0,694	0,698	0,700	0,697	0,698	0,702	0,697
60	0,675	0,678	0,689	0,688	0,693	0,687	0,692	0,699	0,700	0,700	0,699	0,695	0,699	0,706	0,699	0,697	0,704
65	0,678	0,684	0,681	0,690	0,690	0,686	0,695	0,692	0,697	0,699	0,699	0,694	0,697	0,697	0,700	0,697	0,694
70	0,683	0,683	0,688	0,694	0,693	0,690	0,692	0,694	0,693	0,699	0,701	0,695	0,707	0,699	0,698	0,704	0,700
75	0,672	0,677	0,685	0,694	0,693	0,700	0,691	0,696	0,701	0,692	0,701	0,695	0,701	0,696	0,700	0,703	0,702
80	0,682	0,679	0,690	0,688	0,698	0,697	0,697	0,699	0,705	0,700	0,697	0,694	0,699	0,703	0,705	0,702	0,714
85	0,679	0,685	0,690	0,688	0,690	0,693	0,707	0,709	0,706	0,708	0,703	0,706	0,702	0,713	0,701	0,710	0,704
90	0,675	0,689	0,688	0,707	0,696	0,696	0,701	0,696	0,713	0,698	0,702	0,700	0,702	0,688	0,702	0,704	0,703

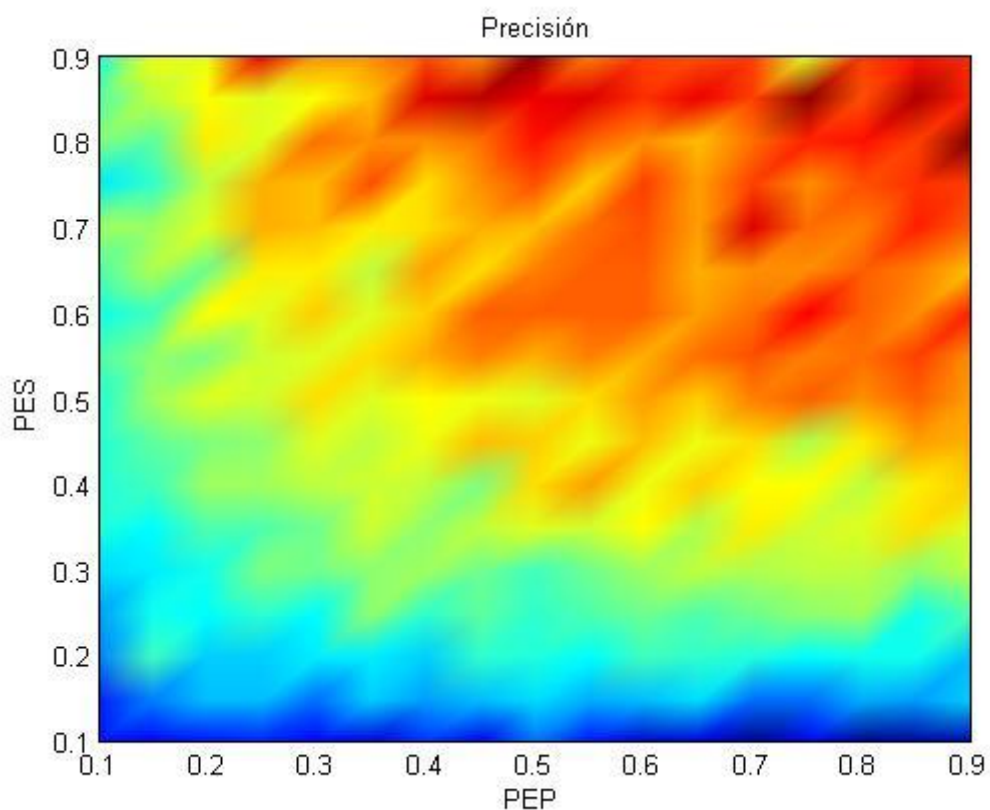


Figura 6-33: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-33: Sensibilidad según porcentajes para I-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,659	0,658	0,660	0,660	0,658	0,656	0,661	0,658	0,665	0,659	0,656	0,657	0,651	0,657	0,651	0,652	0,655
15	0,660	0,666	0,670	0,670	0,665	0,670	0,668	0,670	0,671	0,669	0,670	0,671	0,665	0,665	0,668	0,667	0,671
20	0,666	0,678	0,671	0,671	0,673	0,673	0,671	0,677	0,676	0,674	0,678	0,676	0,676	0,674	0,675	0,674	0,670
25	0,668	0,674	0,674	0,676	0,674	0,683	0,676	0,679	0,677	0,679	0,680	0,678	0,680	0,683	0,684	0,675	0,678
30	0,672	0,673	0,674	0,682	0,681	0,682	0,683	0,680	0,678	0,681	0,683	0,686	0,685	0,685	0,685	0,683	0,686
35	0,676	0,674	0,679	0,679	0,681	0,686	0,682	0,685	0,688	0,687	0,690	0,684	0,691	0,686	0,688	0,692	0,688
40	0,675	0,677	0,683	0,684	0,686	0,687	0,685	0,682	0,691	0,695	0,689	0,692	0,689	0,690	0,686	0,690	0,692
45	0,675	0,680	0,682	0,683	0,688	0,685	0,689	0,693	0,693	0,689	0,694	0,689	0,691	0,685	0,691	0,695	0,694
50	0,676	0,683	0,687	0,687	0,691	0,687	0,689	0,689	0,688	0,692	0,695	0,693	0,698	0,699	0,697	0,700	0,695
55	0,678	0,683	0,682	0,687	0,688	0,691	0,694	0,697	0,695	0,698	0,694	0,698	0,700	0,697	0,698	0,702	0,697
60	0,675	0,678	0,689	0,688	0,693	0,687	0,692	0,699	0,700	0,700	0,699	0,695	0,699	0,705	0,699	0,696	0,704
65	0,679	0,684	0,681	0,690	0,690	0,686	0,695	0,692	0,697	0,699	0,699	0,694	0,697	0,697	0,700	0,697	0,693
70	0,683	0,683	0,688	0,694	0,693	0,690	0,692	0,694	0,693	0,699	0,701	0,695	0,707	0,699	0,698	0,704	0,700
75	0,673	0,677	0,685	0,694	0,693	0,700	0,691	0,696	0,701	0,692	0,701	0,695	0,701	0,696	0,700	0,703	0,702
80	0,682	0,679	0,690	0,688	0,698	0,697	0,696	0,699	0,705	0,700	0,696	0,694	0,699	0,703	0,705	0,701	0,713
85	0,679	0,685	0,690	0,688	0,690	0,693	0,707	0,709	0,706	0,708	0,703	0,706	0,702	0,713	0,701	0,710	0,704
90	0,675	0,689	0,688	0,707	0,696	0,696	0,701	0,697	0,713	0,698	0,702	0,701	0,702	0,688	0,702	0,704	0,704

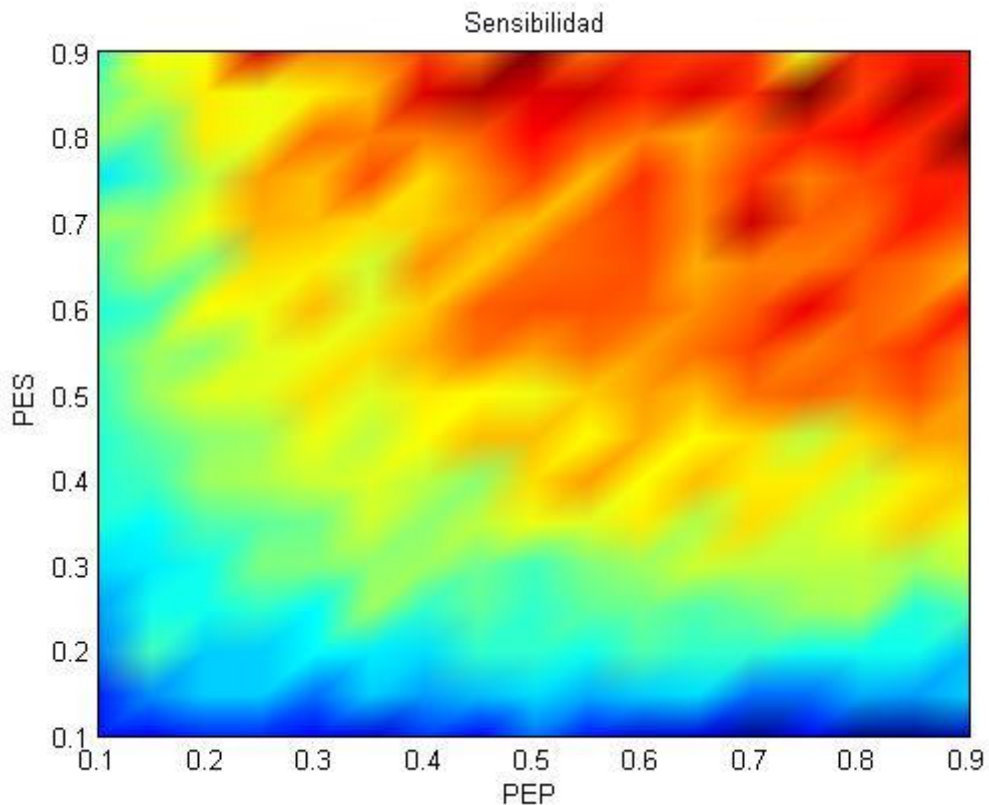


Figura 6-34: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-70ms

6.1.1.2.6 Ventana = 70ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal 'I', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-34: Especificidad según porcentajes para I-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,664	0,666	0,665	0,672	0,669	0,672	0,669	0,666	0,668	0,670	0,666	0,671	0,665	0,672	0,667	0,664	0,670
15	0,669	0,675	0,678	0,674	0,677	0,674	0,674	0,675	0,672	0,678	0,678	0,675	0,677	0,676	0,678	0,677	0,681
20	0,676	0,678	0,681	0,679	0,680	0,683	0,683	0,680	0,685	0,689	0,680	0,684	0,684	0,679	0,682	0,685	0,689
25	0,675	0,682	0,682	0,683	0,680	0,685	0,685	0,686	0,685	0,689	0,689	0,693	0,684	0,688	0,689	0,690	0,683
30	0,680	0,677	0,686	0,687	0,685	0,687	0,694	0,690	0,689	0,686	0,687	0,687	0,688	0,692	0,694	0,686	0,682
35	0,680	0,685	0,690	0,688	0,688	0,690	0,695	0,694	0,688	0,692	0,695	0,694	0,691	0,693	0,694	0,691	0,696
40	0,682	0,685	0,687	0,687	0,691	0,694	0,691	0,693	0,691	0,697	0,701	0,693	0,692	0,694	0,699	0,695	0,700
45	0,675	0,686	0,689	0,688	0,692	0,689	0,695	0,694	0,694	0,697	0,698	0,699	0,704	0,694	0,693	0,696	0,698
50	0,678	0,686	0,687	0,694	0,694	0,697	0,694	0,696	0,700	0,699	0,700	0,701	0,700	0,697	0,705	0,699	0,692
55	0,678	0,685	0,690	0,692	0,696	0,698	0,695	0,699	0,696	0,699	0,700	0,699	0,700	0,696	0,697	0,703	0,699
60	0,683	0,688	0,690	0,690	0,695	0,691	0,695	0,697	0,700	0,695	0,695	0,698	0,698	0,705	0,697	0,710	0,701
65	0,683	0,693	0,696	0,698	0,695	0,696	0,699	0,697	0,694	0,696	0,701	0,702	0,702	0,699	0,696	0,701	0,703
70	0,683	0,691	0,693	0,700	0,699	0,702	0,693	0,701	0,696	0,700	0,698	0,705	0,699	0,702	0,701	0,706	0,706
75	0,679	0,688	0,692	0,697	0,705	0,699	0,702	0,702	0,693	0,702	0,696	0,703	0,699	0,703	0,703	0,701	0,704
80	0,686	0,692	0,685	0,694	0,695	0,697	0,697	0,694	0,699	0,703	0,701	0,696	0,705	0,703	0,703	0,703	0,703
85	0,676	0,693	0,700	0,693	0,689	0,698	0,702	0,702	0,702	0,700	0,705	0,706	0,698	0,695	0,700	0,705	0,703
90	0,691	0,691	0,696	0,695	0,695	0,704	0,712	0,711	0,701	0,707	0,696	0,701	0,702	0,709	0,703	0,709	0,701

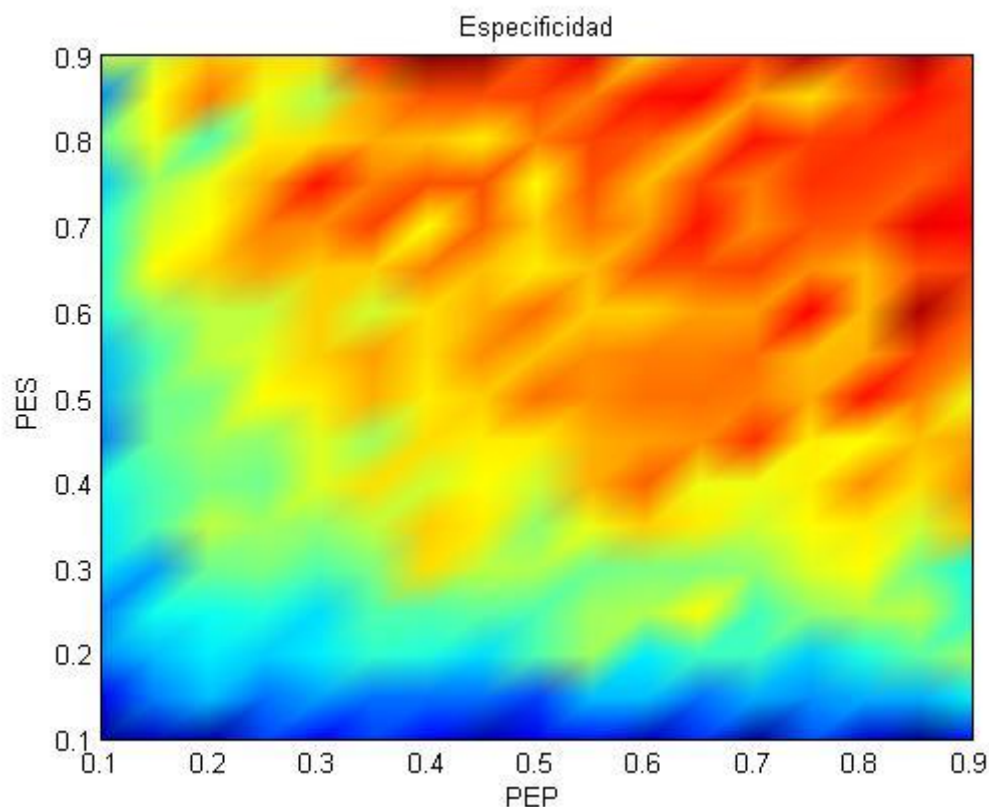


Figura 6-35: Representación gráfica esp. según porcentajes para I-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-35: Precisión según porcentajes para I-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,666	0,665	0,672	0,669	0,672	0,669	0,666	0,668	0,670	0,666	0,671	0,665	0,673	0,667	0,664	0,670
15	0,668	0,675	0,678	0,674	0,677	0,674	0,674	0,675	0,672	0,678	0,678	0,675	0,677	0,676	0,678	0,677	0,681
20	0,676	0,678	0,681	0,679	0,680	0,683	0,683	0,680	0,685	0,689	0,680	0,684	0,684	0,679	0,682	0,686	0,689
25	0,675	0,682	0,681	0,683	0,680	0,685	0,685	0,686	0,685	0,689	0,690	0,693	0,684	0,688	0,689	0,690	0,683
30	0,679	0,676	0,686	0,687	0,685	0,687	0,694	0,690	0,689	0,686	0,687	0,687	0,688	0,692	0,694	0,686	0,682
35	0,680	0,685	0,690	0,688	0,688	0,691	0,695	0,694	0,688	0,692	0,695	0,694	0,691	0,693	0,695	0,691	0,696
40	0,682	0,685	0,687	0,687	0,691	0,694	0,691	0,693	0,691	0,697	0,701	0,693	0,693	0,694	0,699	0,695	0,700
45	0,675	0,686	0,689	0,688	0,691	0,689	0,695	0,694	0,694	0,697	0,698	0,698	0,704	0,694	0,693	0,696	0,698
50	0,678	0,686	0,687	0,694	0,694	0,697	0,694	0,696	0,700	0,699	0,700	0,700	0,700	0,697	0,704	0,699	0,692
55	0,678	0,685	0,690	0,691	0,696	0,697	0,695	0,699	0,696	0,699	0,700	0,699	0,700	0,696	0,697	0,703	0,699
60	0,683	0,688	0,690	0,690	0,695	0,691	0,694	0,697	0,700	0,695	0,696	0,698	0,698	0,706	0,696	0,710	0,701
65	0,683	0,693	0,696	0,698	0,695	0,696	0,699	0,696	0,694	0,696	0,702	0,702	0,702	0,699	0,696	0,701	0,703
70	0,684	0,691	0,693	0,700	0,699	0,702	0,694	0,701	0,696	0,700	0,698	0,705	0,699	0,702	0,701	0,706	0,706
75	0,679	0,689	0,693	0,697	0,706	0,699	0,702	0,702	0,693	0,702	0,696	0,703	0,699	0,703	0,703	0,701	0,704
80	0,686	0,692	0,685	0,694	0,695	0,698	0,697	0,693	0,699	0,703	0,701	0,696	0,705	0,702	0,703	0,702	0,701
85	0,676	0,692	0,699	0,692	0,689	0,697	0,703	0,702	0,702	0,698	0,704	0,706	0,698	0,696	0,701	0,705	0,703
90	0,691	0,690	0,695	0,694	0,695	0,705	0,712	0,711	0,702	0,707	0,696	0,700	0,702	0,709	0,703	0,708	0,702

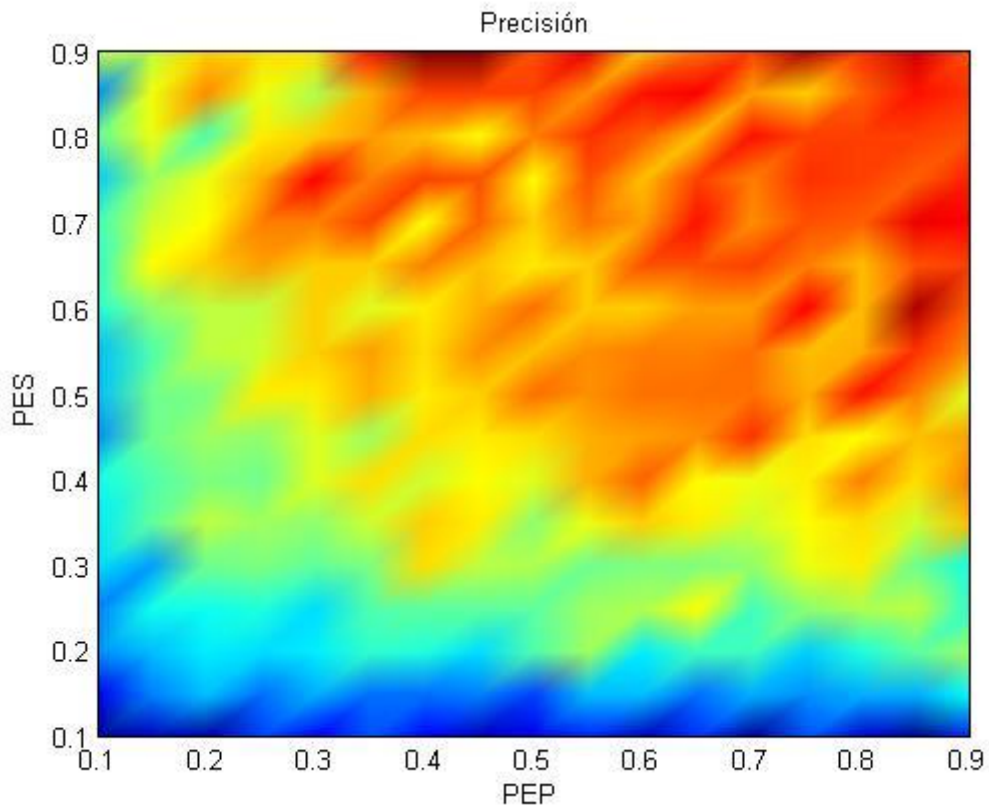


Figura 6-36: Representación gráfica pre. según porcentajes para I-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-36: Sensibilidad según porcentajes para I-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,663	0,666	0,665	0,672	0,669	0,672	0,669	0,666	0,669	0,670	0,666	0,671	0,665	0,673	0,667	0,663	0,670
15	0,668	0,675	0,678	0,674	0,677	0,674	0,674	0,675	0,672	0,678	0,678	0,674	0,677	0,676	0,678	0,677	0,681
20	0,676	0,678	0,681	0,679	0,680	0,683	0,683	0,679	0,685	0,689	0,680	0,684	0,684	0,679	0,682	0,686	0,689
25	0,675	0,681	0,681	0,683	0,680	0,685	0,685	0,686	0,685	0,689	0,690	0,693	0,684	0,688	0,689	0,690	0,683
30	0,679	0,676	0,686	0,687	0,685	0,687	0,694	0,690	0,689	0,686	0,687	0,687	0,688	0,692	0,694	0,686	0,682
35	0,680	0,685	0,690	0,688	0,688	0,691	0,695	0,694	0,688	0,692	0,695	0,694	0,691	0,693	0,695	0,691	0,696
40	0,682	0,684	0,687	0,687	0,691	0,694	0,691	0,693	0,691	0,697	0,701	0,693	0,693	0,694	0,699	0,695	0,699
45	0,675	0,686	0,689	0,688	0,691	0,689	0,695	0,694	0,695	0,697	0,698	0,698	0,703	0,695	0,694	0,696	0,699
50	0,678	0,686	0,687	0,694	0,694	0,697	0,694	0,696	0,700	0,699	0,700	0,700	0,700	0,697	0,704	0,700	0,692
55	0,678	0,685	0,690	0,691	0,696	0,697	0,695	0,699	0,696	0,699	0,700	0,699	0,700	0,696	0,697	0,703	0,699
60	0,683	0,688	0,690	0,690	0,695	0,691	0,694	0,697	0,700	0,695	0,696	0,698	0,698	0,706	0,696	0,710	0,701
65	0,683	0,693	0,696	0,698	0,695	0,696	0,699	0,696	0,694	0,696	0,702	0,702	0,702	0,699	0,696	0,701	0,703
70	0,684	0,691	0,693	0,700	0,699	0,702	0,694	0,700	0,696	0,700	0,698	0,705	0,699	0,702	0,701	0,707	0,706
75	0,679	0,689	0,693	0,697	0,706	0,699	0,702	0,701	0,693	0,702	0,696	0,703	0,700	0,703	0,703	0,701	0,704
80	0,686	0,692	0,685	0,694	0,695	0,698	0,696	0,693	0,699	0,703	0,701	0,696	0,705	0,702	0,702	0,702	0,700
85	0,676	0,692	0,699	0,692	0,689	0,697	0,703	0,702	0,702	0,698	0,704	0,705	0,698	0,696	0,701	0,705	0,703
90	0,691	0,690	0,695	0,694	0,695	0,705	0,712	0,712	0,702	0,707	0,696	0,700	0,702	0,709	0,704	0,708	0,702

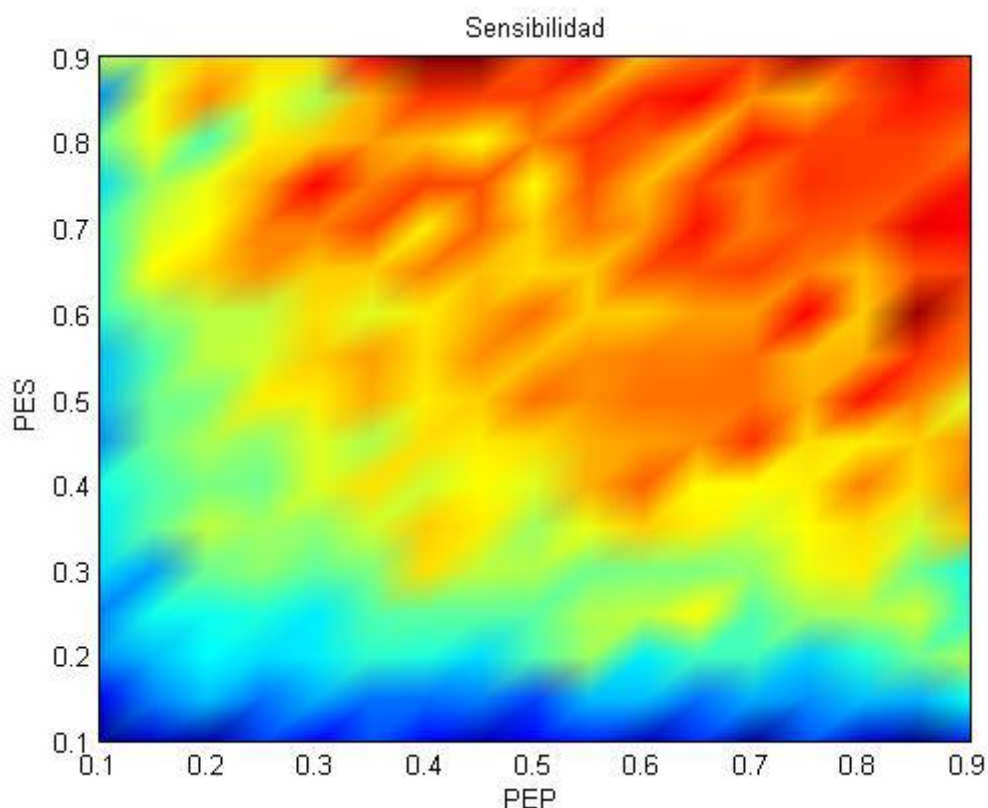


Figura 6-37: Representación gráfica sen. según porcentajes para I-70ms con solape

6.1.1.2.7 Resumen resultados Vocal I

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	85	0.711	0.710	0.710

- Venta de 30 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	85	0.730	0.730	0.730

- Venta de 50 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	55	0.705	0.705	0.705

- Venta de 50 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	55	0.720	0.719	0.719

- Venta de 70 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
80	90	0.715	0.714	0.713

- Venta de 70 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
60	85	0.710	0.710	0.710

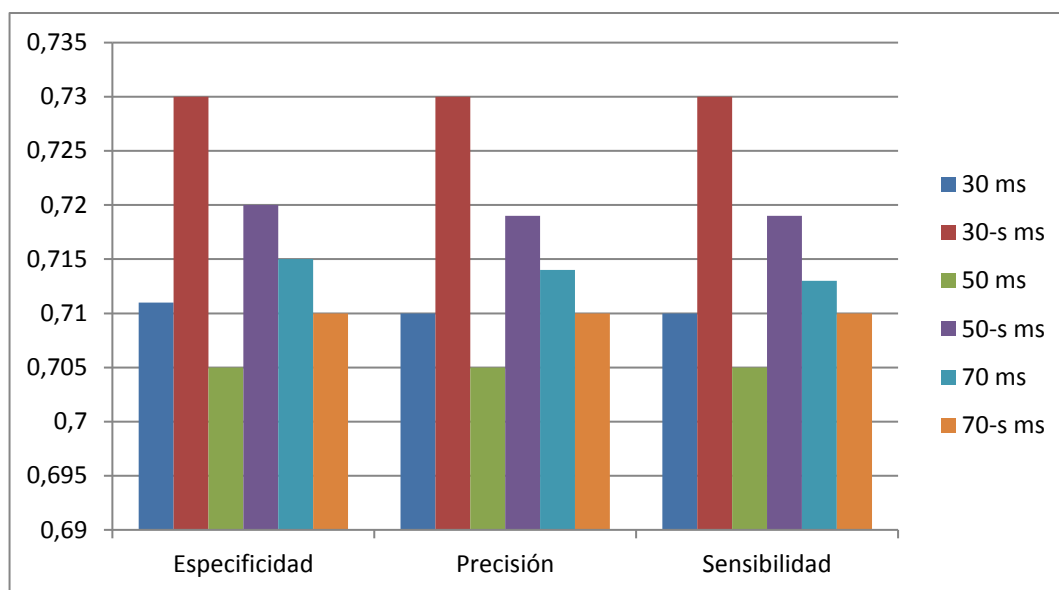


Figura 6-38: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal I

6.1.1.3 Vocal U

Estudio de la vocal 'U' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70 ms. Obtención de porcentajes de entreno óptimos para la SVM.

Se varía el porcentaje de grabaciones sanas utilizadas para entrenar la SVM (PES) entre el 10% y el 90% de la base de datos. Igualmente se hace con el porcentaje de entreno de señales patológicas (PEP). Los valores asignados por defecto a sigma cuadrado y gamma son 100 y 0.1 respectivamente.

En los próximos apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para los parámetros de Especificidad, Precisión y Sensibilidad:

6.1.1.3.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-37: Especificidad según porcentajes para U-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,674	0,672	0,671	0,669	0,675	0,678	0,672	0,672	0,665	0,675	0,667	0,670	0,668	0,665	0,668	0,668
15	0,672	0,676	0,682	0,680	0,679	0,682	0,678	0,678	0,682	0,684	0,682	0,679	0,680	0,685	0,683	0,682	0,676
20	0,678	0,683	0,687	0,683	0,686	0,686	0,684	0,684	0,684	0,689	0,688	0,691	0,688	0,689	0,689	0,685	0,684
25	0,685	0,687	0,688	0,689	0,689	0,691	0,691	0,691	0,691	0,689	0,693	0,690	0,693	0,694	0,687	0,689	0,697
30	0,682	0,687	0,687	0,690	0,693	0,694	0,694	0,693	0,694	0,695	0,693	0,697	0,695	0,694	0,694	0,693	0,688
35	0,684	0,692	0,686	0,692	0,695	0,696	0,693	0,696	0,697	0,697	0,698	0,698	0,695	0,702	0,702	0,694	0,707
40	0,681	0,691	0,695	0,696	0,694	0,698	0,697	0,698	0,699	0,697	0,705	0,695	0,697	0,700	0,694	0,701	0,695
45	0,680	0,686	0,690	0,698	0,693	0,699	0,699	0,699	0,703	0,702	0,701	0,702	0,694	0,699	0,701	0,699	0,701
50	0,689	0,687	0,697	0,694	0,696	0,696	0,702	0,697	0,708	0,702	0,702	0,710	0,699	0,705	0,698	0,712	0,700
55	0,689	0,691	0,694	0,699	0,698	0,704	0,700	0,702	0,704	0,706	0,705	0,699	0,697	0,707	0,700	0,709	0,709
60	0,688	0,692	0,699	0,698	0,702	0,700	0,704	0,704	0,702	0,706	0,704	0,708	0,704	0,705	0,705	0,703	0,699
65	0,687	0,694	0,698	0,698	0,694	0,705	0,709	0,706	0,704	0,705	0,705	0,712	0,703	0,712	0,704	0,707	0,714
70	0,687	0,697	0,695	0,708	0,697	0,700	0,711	0,703	0,700	0,706	0,707	0,697	0,710	0,705	0,712	0,702	0,705
75	0,689	0,699	0,693	0,699	0,702	0,705	0,700	0,708	0,700	0,702	0,710	0,712	0,705	0,712	0,703	0,709	0,708
80	0,684	0,699	0,704	0,697	0,705	0,705	0,707	0,705	0,701	0,703	0,709	0,709	0,711	0,711	0,717	0,710	0,716
85	0,688	0,692	0,706	0,703	0,705	0,698	0,704	0,704	0,707	0,709	0,709	0,714	0,704	0,711	0,709	0,712	0,712
90	0,685	0,701	0,691	0,701	0,699	0,709	0,697	0,709	0,718	0,706	0,701	0,712	0,707	0,709	0,710	0,722	0,707

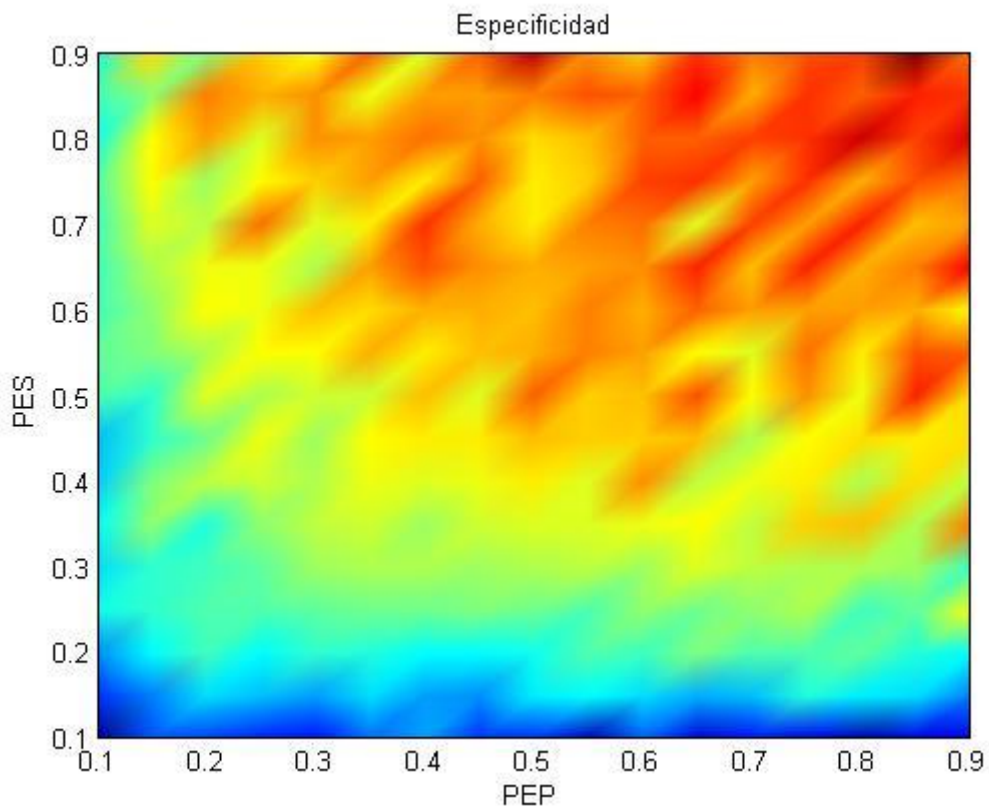


Figura 6-39: Representación gráfica esp. según porcentajes U-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-38: Precisión según porcentajes para U-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,673	0,672	0,671	0,669	0,675	0,678	0,672	0,672	0,665	0,675	0,667	0,670	0,668	0,665	0,668	0,668
15	0,672	0,676	0,682	0,680	0,678	0,682	0,678	0,678	0,682	0,684	0,682	0,679	0,680	0,685	0,683	0,682	0,676
20	0,677	0,683	0,687	0,683	0,686	0,686	0,684	0,684	0,684	0,689	0,688	0,691	0,688	0,689	0,689	0,685	0,684
25	0,684	0,686	0,688	0,689	0,689	0,691	0,691	0,691	0,691	0,689	0,693	0,690	0,693	0,694	0,687	0,689	0,697
30	0,682	0,687	0,688	0,690	0,693	0,694	0,693	0,693	0,694	0,695	0,693	0,697	0,695	0,694	0,694	0,693	0,688
35	0,684	0,692	0,686	0,692	0,695	0,696	0,693	0,696	0,697	0,696	0,698	0,698	0,695	0,702	0,702	0,694	0,707
40	0,681	0,691	0,695	0,696	0,694	0,698	0,697	0,698	0,699	0,697	0,705	0,695	0,698	0,700	0,694	0,701	0,694
45	0,680	0,686	0,690	0,698	0,693	0,699	0,699	0,699	0,703	0,702	0,701	0,702	0,694	0,699	0,701	0,699	0,701
50	0,689	0,686	0,697	0,694	0,696	0,696	0,702	0,697	0,708	0,702	0,702	0,710	0,699	0,705	0,698	0,712	0,700
55	0,689	0,691	0,694	0,698	0,699	0,704	0,700	0,702	0,704	0,706	0,705	0,699	0,697	0,707	0,699	0,709	0,709
60	0,688	0,692	0,699	0,698	0,702	0,700	0,704	0,704	0,702	0,706	0,704	0,708	0,704	0,705	0,704	0,703	0,699
65	0,687	0,694	0,698	0,697	0,694	0,705	0,709	0,706	0,704	0,705	0,706	0,712	0,703	0,712	0,704	0,707	0,714
70	0,688	0,696	0,695	0,708	0,697	0,700	0,711	0,703	0,700	0,706	0,707	0,697	0,710	0,705	0,712	0,702	0,705
75	0,689	0,699	0,694	0,699	0,702	0,705	0,700	0,708	0,700	0,702	0,711	0,712	0,705	0,712	0,704	0,709	0,707
80	0,684	0,699	0,704	0,697	0,705	0,705	0,708	0,705	0,701	0,703	0,709	0,709	0,710	0,711	0,717	0,710	0,715
85	0,688	0,692	0,706	0,703	0,705	0,698	0,705	0,704	0,707	0,709	0,709	0,714	0,704	0,711	0,709	0,712	0,712
90	0,685	0,699	0,692	0,702	0,699	0,709	0,697	0,708	0,718	0,707	0,701	0,711	0,707	0,709	0,711	0,722	0,708

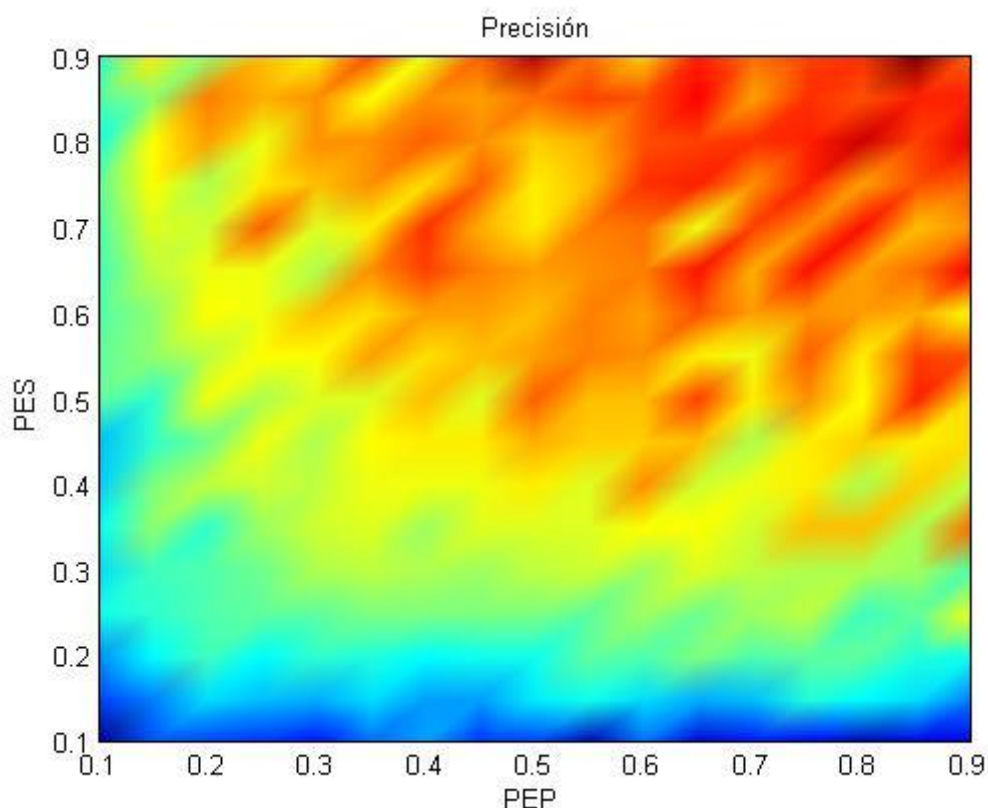


Figura 6-40: Representación gráfica pre. según porcentajes U-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-39: Sensibilidad según porcentajes para U-30ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,673	0,672	0,671	0,669	0,675	0,678	0,672	0,672	0,665	0,675	0,667	0,670	0,668	0,665	0,668	0,668
15	0,672	0,676	0,682	0,680	0,678	0,682	0,678	0,678	0,683	0,684	0,682	0,679	0,680	0,685	0,683	0,682	0,676
20	0,677	0,683	0,687	0,683	0,686	0,686	0,683	0,684	0,684	0,689	0,688	0,691	0,688	0,689	0,689	0,684	0,684
25	0,684	0,686	0,688	0,689	0,689	0,691	0,691	0,691	0,691	0,689	0,693	0,690	0,693	0,694	0,687	0,689	0,697
30	0,682	0,687	0,688	0,690	0,693	0,694	0,693	0,693	0,694	0,695	0,693	0,697	0,695	0,694	0,694	0,693	0,688
35	0,684	0,692	0,686	0,692	0,695	0,696	0,693	0,696	0,697	0,696	0,698	0,698	0,695	0,702	0,702	0,694	0,707
40	0,681	0,691	0,695	0,696	0,694	0,698	0,697	0,698	0,699	0,697	0,705	0,695	0,698	0,700	0,694	0,701	0,694
45	0,680	0,686	0,690	0,698	0,693	0,699	0,699	0,699	0,703	0,702	0,701	0,702	0,694	0,699	0,701	0,700	0,701
50	0,689	0,686	0,697	0,694	0,696	0,696	0,702	0,697	0,708	0,702	0,702	0,710	0,699	0,705	0,699	0,712	0,700
55	0,689	0,691	0,695	0,698	0,699	0,704	0,700	0,702	0,704	0,706	0,704	0,699	0,697	0,708	0,699	0,709	0,709
60	0,688	0,692	0,699	0,698	0,702	0,700	0,704	0,704	0,702	0,706	0,704	0,708	0,704	0,705	0,704	0,703	0,699
65	0,687	0,694	0,698	0,697	0,694	0,704	0,709	0,706	0,704	0,705	0,706	0,712	0,703	0,712	0,704	0,707	0,715
70	0,688	0,696	0,695	0,708	0,697	0,700	0,711	0,703	0,699	0,706	0,707	0,697	0,710	0,705	0,712	0,703	0,705
75	0,689	0,699	0,694	0,699	0,702	0,705	0,700	0,708	0,700	0,702	0,711	0,712	0,705	0,712	0,704	0,709	0,707
80	0,684	0,699	0,704	0,697	0,705	0,705	0,708	0,705	0,701	0,703	0,709	0,710	0,710	0,711	0,716	0,710	0,714
85	0,688	0,692	0,706	0,703	0,705	0,698	0,705	0,704	0,707	0,709	0,709	0,714	0,704	0,711	0,709	0,712	0,712
90	0,685	0,699	0,692	0,702	0,699	0,709	0,697	0,708	0,718	0,707	0,701	0,711	0,707	0,709	0,711	0,722	0,708

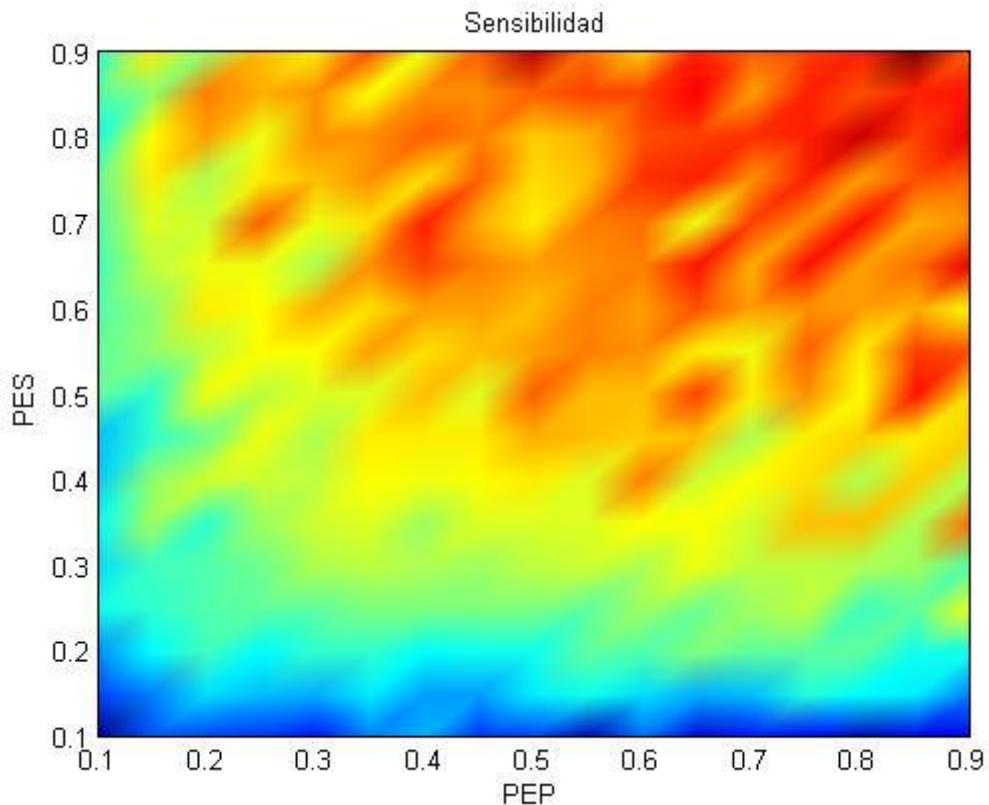


Figura 6-41: Representación gráfica sen según porcentajes U-30ms

6.1.1.3.2 Ventana = 30ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-40: Especificidad según porcentajes para U-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,673	0,671	0,672	0,669	0,674	0,676	0,674	0,670	0,669	0,670	0,679	0,672	0,673	0,670	0,670	0,667
15	0,673	0,683	0,682	0,681	0,678	0,682	0,686	0,684	0,684	0,681	0,685	0,684	0,681	0,678	0,683	0,683	0,691
20	0,683	0,683	0,687	0,685	0,687	0,688	0,688	0,687	0,693	0,687	0,691	0,688	0,689	0,686	0,695	0,689	0,688
25	0,681	0,686	0,687	0,688	0,691	0,694	0,693	0,689	0,698	0,690	0,692	0,695	0,694	0,694	0,699	0,691	0,693
30	0,683	0,683	0,692	0,694	0,691	0,686	0,692	0,695	0,691	0,696	0,694	0,696	0,699	0,695	0,696	0,699	0,696
35	0,687	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,692	0,696	0,695	0,699	0,697	0,698	0,705	0,695	0,702	0,701	0,697
40	0,688	0,695	0,696	0,697	0,695	0,696	0,700	0,694	0,700	0,705	0,698	0,702	0,702	0,699	0,696	0,698	0,704
45	0,687	0,689	0,699	0,698	0,701	0,697	0,695	0,703	0,699	0,696	0,697	0,695	0,699	0,696	0,697	0,709	0,702
50	0,685	0,693	0,695	0,698	0,697	0,698	0,700	0,701	0,697	0,700	0,702	0,705	0,701	0,705	0,704	0,706	0,701
55	0,690	0,696	0,700	0,696	0,700	0,697	0,704	0,703	0,705	0,699	0,710	0,704	0,703	0,700	0,706	0,717	0,706
60	0,688	0,693	0,701	0,699	0,699	0,700	0,701	0,699	0,705	0,708	0,711	0,703	0,703	0,700	0,704	0,702	0,709
65	0,697	0,693	0,703	0,698	0,704	0,697	0,700	0,705	0,706	0,704	0,708	0,699	0,705	0,700	0,700	0,711	0,701
70	0,695	0,691	0,694	0,703	0,705	0,704	0,703	0,702	0,703	0,707	0,704	0,703	0,709	0,703	0,712	0,713	0,708
75	0,691	0,695	0,701	0,697	0,699	0,701	0,706	0,699	0,708	0,701	0,703	0,711	0,704	0,708	0,708	0,707	0,708
80	0,698	0,704	0,700	0,702	0,707	0,701	0,703	0,702	0,709	0,705	0,706	0,701	0,702	0,705	0,704	0,704	0,710
85	0,694	0,696	0,698	0,695	0,700	0,700	0,706	0,708	0,707	0,714	0,702	0,705	0,708	0,712	0,714	0,714	0,715
90	0,688	0,697	0,696	0,707	0,701	0,711	0,702	0,704	0,700	0,704	0,703	0,699	0,706	0,701	0,704	0,712	0,708

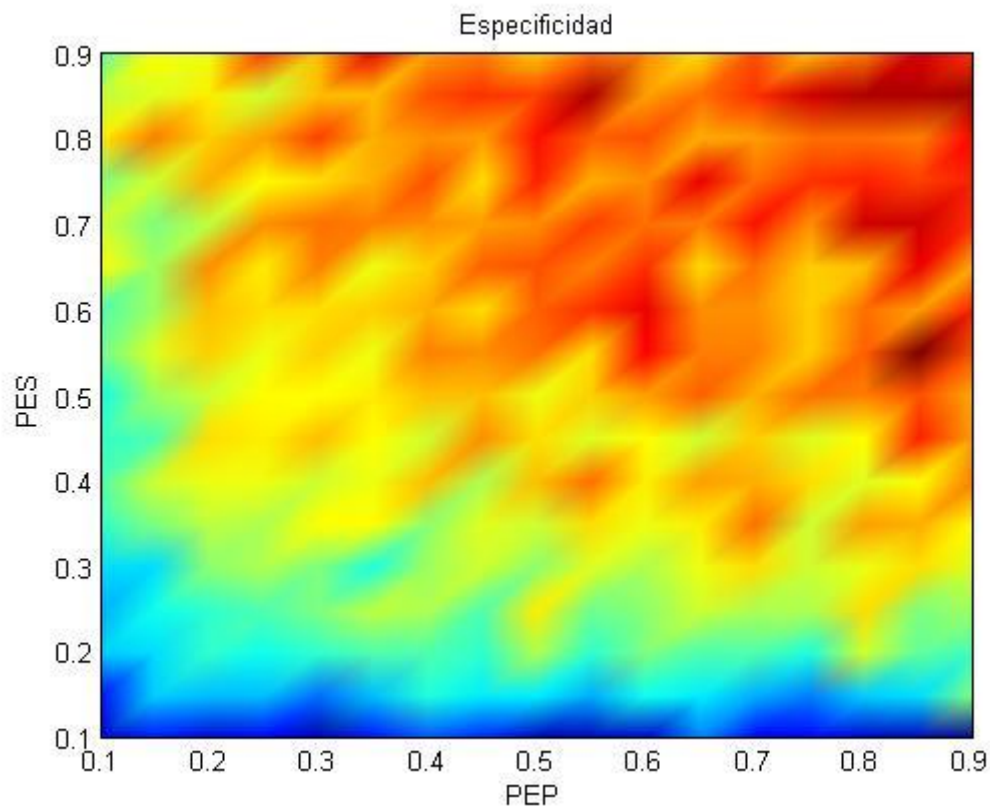


Figura 6-42: Representación gráfica esp. según porcentajes U-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-41: Precisión según porcentajes para U-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,673	0,671	0,672	0,669	0,674	0,676	0,674	0,670	0,670	0,670	0,679	0,672	0,673	0,670	0,670	0,667
15	0,673	0,683	0,682	0,681	0,678	0,682	0,686	0,684	0,684	0,681	0,686	0,684	0,681	0,678	0,683	0,683	0,691
20	0,682	0,683	0,687	0,685	0,687	0,688	0,688	0,687	0,693	0,687	0,691	0,688	0,689	0,686	0,695	0,689	0,688
25	0,681	0,686	0,687	0,688	0,691	0,694	0,693	0,689	0,698	0,690	0,692	0,695	0,694	0,694	0,699	0,691	0,693
30	0,683	0,683	0,692	0,694	0,691	0,686	0,692	0,695	0,692	0,695	0,694	0,697	0,698	0,695	0,696	0,699	0,696
35	0,687	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,692	0,696	0,695	0,699	0,697	0,698	0,705	0,695	0,702	0,701	0,697
40	0,688	0,695	0,696	0,697	0,695	0,696	0,700	0,694	0,700	0,705	0,698	0,702	0,701	0,699	0,696	0,698	0,704
45	0,687	0,689	0,699	0,698	0,701	0,698	0,695	0,703	0,699	0,696	0,698	0,695	0,699	0,696	0,697	0,709	0,702
50	0,686	0,692	0,695	0,698	0,697	0,698	0,700	0,701	0,697	0,700	0,702	0,705	0,702	0,705	0,704	0,706	0,701
55	0,690	0,695	0,699	0,696	0,700	0,697	0,704	0,703	0,705	0,699	0,710	0,704	0,704	0,700	0,705	0,717	0,706
60	0,688	0,693	0,701	0,699	0,699	0,700	0,701	0,699	0,705	0,708	0,711	0,703	0,702	0,700	0,704	0,702	0,709
65	0,697	0,693	0,702	0,698	0,704	0,697	0,700	0,706	0,706	0,704	0,708	0,699	0,705	0,700	0,700	0,710	0,701
70	0,696	0,690	0,694	0,703	0,705	0,704	0,703	0,701	0,703	0,706	0,704	0,703	0,709	0,703	0,712	0,713	0,707
75	0,691	0,695	0,701	0,696	0,699	0,701	0,706	0,698	0,708	0,701	0,703	0,711	0,704	0,707	0,708	0,707	0,708
80	0,698	0,703	0,700	0,702	0,707	0,702	0,702	0,702	0,710	0,706	0,706	0,702	0,701	0,705	0,704	0,704	0,709
85	0,694	0,696	0,697	0,694	0,700	0,700	0,707	0,707	0,707	0,714	0,703	0,704	0,708	0,712	0,714	0,714	0,715
90	0,689	0,696	0,696	0,707	0,701	0,711	0,702	0,703	0,699	0,704	0,703	0,700	0,705	0,702	0,703	0,710	0,709

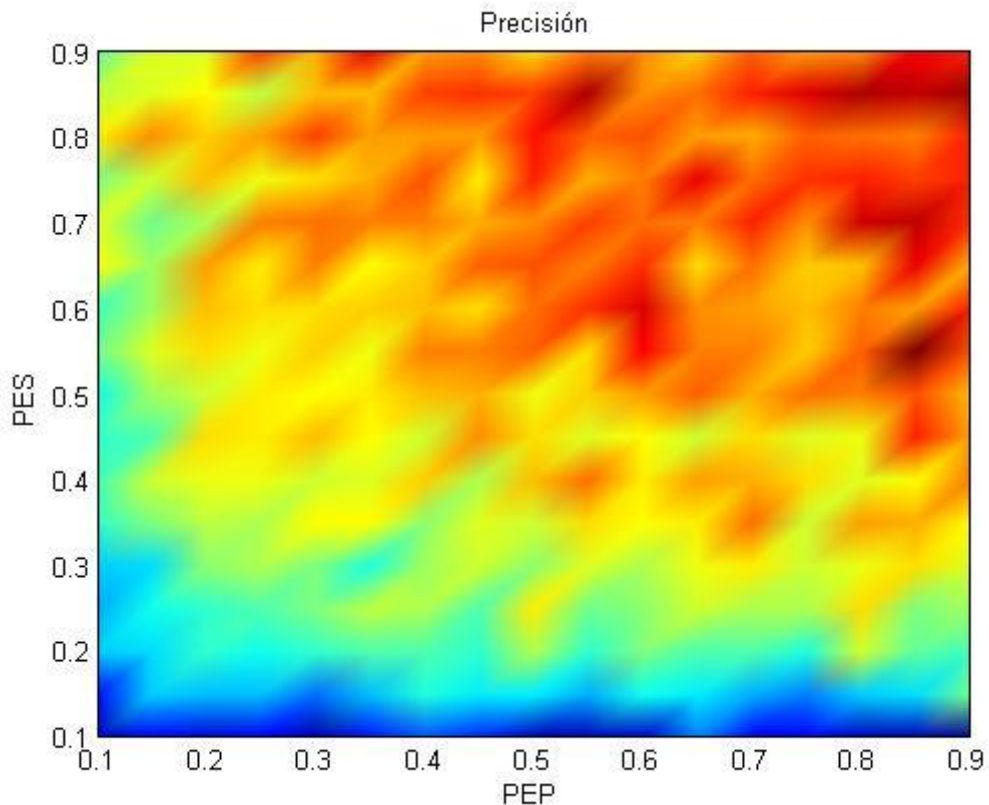


Figura 6-43: Representación gráfica pre. según porcentajes U-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-42: Sensibilidad según porcentajes para U-30ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,670	0,673	0,671	0,672	0,669	0,674	0,676	0,674	0,669	0,670	0,670	0,679	0,672	0,673	0,670	0,670	0,667
15	0,673	0,683	0,682	0,681	0,678	0,682	0,686	0,684	0,684	0,681	0,686	0,684	0,680	0,678	0,682	0,683	0,690
20	0,682	0,683	0,687	0,685	0,687	0,688	0,688	0,687	0,693	0,687	0,691	0,688	0,689	0,686	0,694	0,689	0,688
25	0,681	0,686	0,687	0,688	0,691	0,694	0,693	0,689	0,698	0,690	0,692	0,694	0,693	0,694	0,699	0,691	0,692
30	0,682	0,683	0,692	0,694	0,691	0,686	0,692	0,695	0,692	0,695	0,694	0,697	0,698	0,695	0,696	0,699	0,695
35	0,687	0,691	0,694	0,693	0,697	0,697	0,692	0,696	0,695	0,699	0,697	0,698	0,705	0,695	0,702	0,701	0,697
40	0,688	0,695	0,696	0,697	0,695	0,696	0,700	0,694	0,701	0,705	0,698	0,702	0,701	0,699	0,696	0,697	0,703
45	0,687	0,689	0,698	0,698	0,701	0,698	0,695	0,703	0,699	0,696	0,698	0,695	0,699	0,696	0,697	0,709	0,702
50	0,686	0,692	0,695	0,698	0,697	0,698	0,700	0,701	0,697	0,700	0,702	0,705	0,702	0,704	0,704	0,706	0,700
55	0,690	0,695	0,699	0,696	0,700	0,697	0,704	0,703	0,705	0,699	0,710	0,704	0,704	0,700	0,705	0,717	0,706
60	0,688	0,693	0,701	0,699	0,699	0,700	0,700	0,699	0,705	0,707	0,711	0,703	0,702	0,700	0,704	0,702	0,708
65	0,697	0,693	0,702	0,698	0,704	0,697	0,700	0,706	0,706	0,704	0,708	0,699	0,705	0,700	0,700	0,710	0,701
70	0,696	0,690	0,693	0,703	0,704	0,704	0,704	0,701	0,703	0,706	0,704	0,703	0,708	0,703	0,712	0,713	0,707
75	0,691	0,695	0,701	0,696	0,698	0,701	0,706	0,698	0,708	0,701	0,704	0,711	0,704	0,707	0,708	0,707	0,708
80	0,698	0,703	0,699	0,702	0,707	0,702	0,702	0,702	0,710	0,706	0,706	0,702	0,701	0,705	0,704	0,704	0,708
85	0,694	0,696	0,697	0,694	0,700	0,700	0,707	0,707	0,707	0,715	0,703	0,704	0,708	0,712	0,714	0,713	0,715
90	0,689	0,696	0,696	0,707	0,701	0,711	0,702	0,703	0,699	0,704	0,703	0,700	0,705	0,702	0,703	0,710	0,709

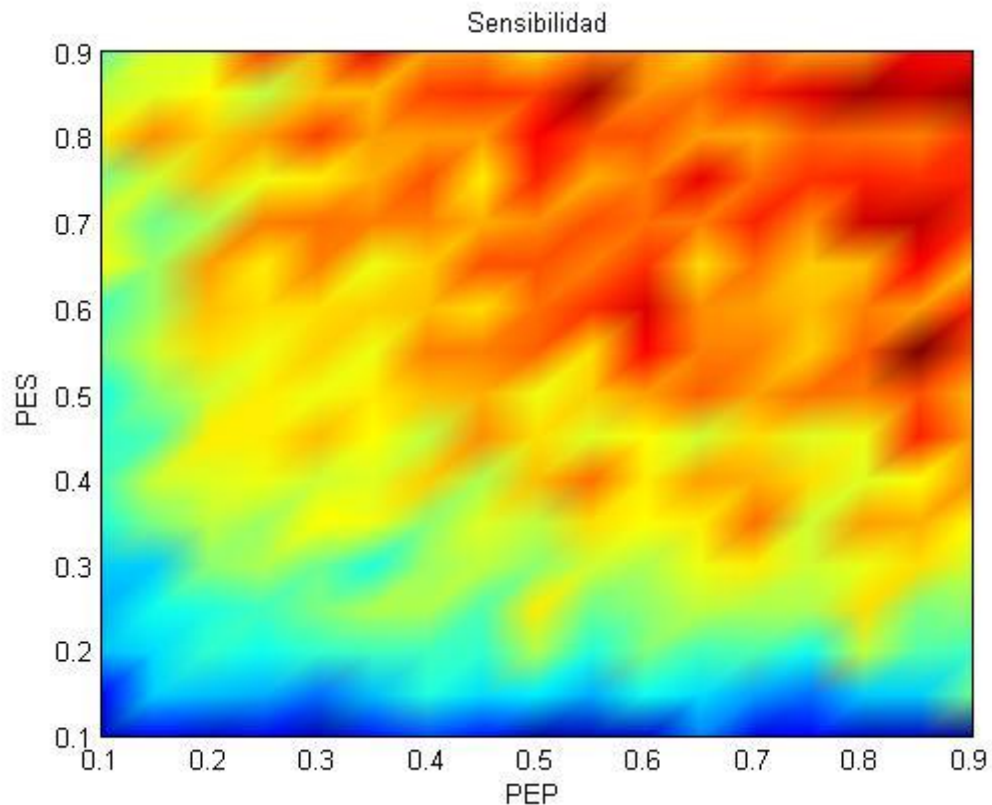


Figura 6-44: Representación gráfica sen. según porcentajes U-30ms con solape

6.1.1.3.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-43: Especificidad según porcentajes para U-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,655	0,657	0,657	0,663	0,656	0,658	0,660	0,655	0,653	0,654	0,659	0,655	0,654	0,655	0,645	0,654	0,654
15	0,661	0,665	0,665	0,669	0,672	0,670	0,665	0,668	0,671	0,668	0,670	0,668	0,665	0,671	0,671	0,669	0,659
20	0,672	0,671	0,671	0,675	0,673	0,673	0,675	0,679	0,677	0,670	0,676	0,672	0,677	0,676	0,666	0,681	0,677
25	0,672	0,678	0,673	0,672	0,676	0,677	0,676	0,677	0,681	0,682	0,678	0,677	0,679	0,676	0,680	0,679	0,681
30	0,672	0,673	0,679	0,679	0,679	0,677	0,680	0,678	0,682	0,682	0,685	0,683	0,681	0,684	0,679	0,677	0,686
35	0,673	0,672	0,678	0,684	0,681	0,686	0,682	0,685	0,684	0,682	0,680	0,684	0,686	0,688	0,684	0,688	0,686
40	0,671	0,676	0,682	0,682	0,684	0,687	0,683	0,688	0,691	0,686	0,682	0,685	0,694	0,685	0,685	0,699	0,685
45	0,675	0,679	0,683	0,684	0,683	0,689	0,682	0,683	0,690	0,687	0,686	0,692	0,690	0,688	0,686	0,689	0,697
50	0,677	0,686	0,680	0,684	0,687	0,690	0,687	0,691	0,687	0,690	0,686	0,690	0,688	0,688	0,690	0,694	0,689
55	0,670	0,679	0,684	0,683	0,688	0,688	0,688	0,690	0,687	0,689	0,696	0,694	0,696	0,689	0,694	0,695	0,688
60	0,675	0,683	0,684	0,686	0,689	0,691	0,687	0,691	0,692	0,692	0,691	0,697	0,694	0,697	0,693	0,686	0,691
65	0,676	0,683	0,681	0,683	0,688	0,688	0,688	0,693	0,692	0,691	0,693	0,690	0,694	0,705	0,699	0,703	0,690
70	0,676	0,677	0,682	0,687	0,688	0,689	0,692	0,696	0,693	0,692	0,701	0,699	0,697	0,696	0,692	0,698	0,693
75	0,676	0,684	0,686	0,681	0,688	0,689	0,692	0,697	0,694	0,693	0,693	0,691	0,694	0,694	0,695	0,699	0,698
80	0,671	0,679	0,687	0,686	0,687	0,691	0,694	0,700	0,695	0,695	0,696	0,693	0,695	0,692	0,704	0,697	0,695
85	0,679	0,675	0,687	0,687	0,694	0,691	0,693	0,693	0,684	0,696	0,698	0,689	0,697	0,693	0,695	0,700	0,699
90	0,681	0,688	0,688	0,675	0,684	0,688	0,693	0,693	0,684	0,703	0,687	0,697	0,687	0,695	0,693	0,692	0,706

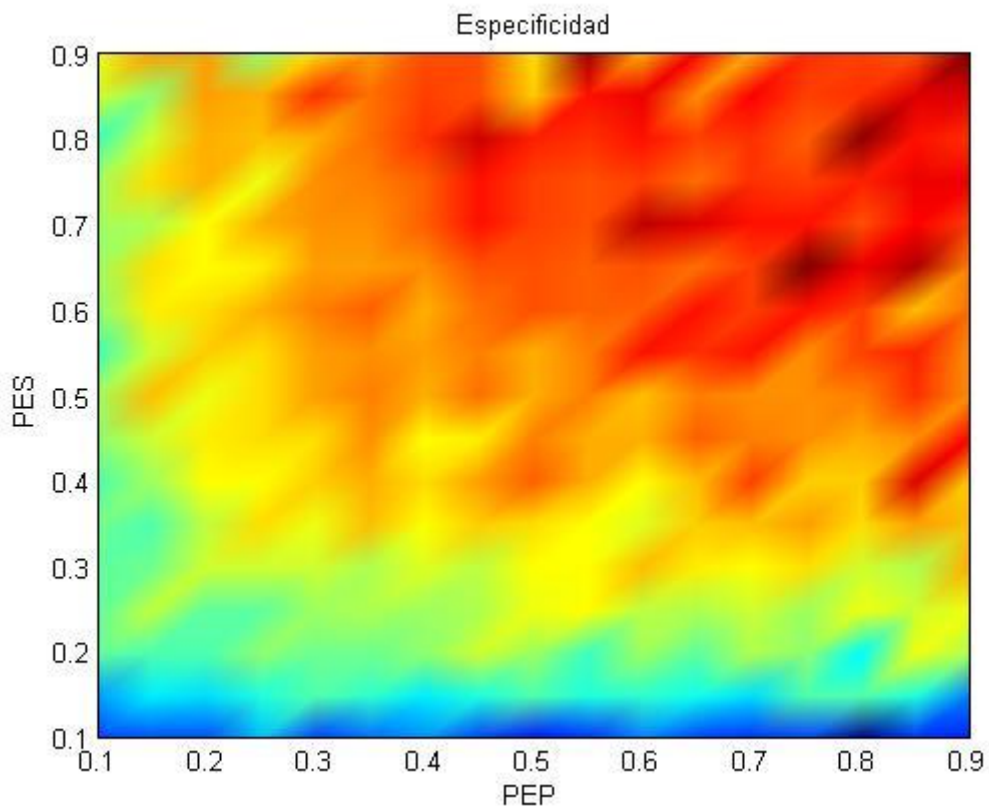


Figura 6-45: Representación gráfica esp. según porcentajes U-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-44: Precisión según porcentajes para U-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,655	0,657	0,657	0,663	0,656	0,658	0,660	0,655	0,653	0,654	0,659	0,655	0,654	0,655	0,645	0,654	0,654
15	0,661	0,666	0,665	0,669	0,671	0,669	0,665	0,668	0,671	0,668	0,670	0,668	0,665	0,671	0,671	0,669	0,659
20	0,672	0,671	0,671	0,675	0,673	0,673	0,675	0,679	0,677	0,670	0,676	0,672	0,677	0,676	0,666	0,680	0,677
25	0,672	0,678	0,673	0,672	0,676	0,677	0,676	0,677	0,681	0,682	0,678	0,677	0,679	0,676	0,681	0,679	0,681
30	0,672	0,673	0,679	0,679	0,679	0,677	0,680	0,678	0,682	0,682	0,685	0,683	0,681	0,684	0,679	0,677	0,686
35	0,673	0,672	0,678	0,684	0,681	0,686	0,682	0,685	0,684	0,682	0,680	0,684	0,686	0,688	0,684	0,688	0,686
40	0,671	0,676	0,682	0,682	0,684	0,686	0,684	0,688	0,691	0,686	0,682	0,685	0,694	0,685	0,685	0,699	0,684
45	0,675	0,679	0,683	0,684	0,683	0,689	0,682	0,683	0,690	0,687	0,686	0,692	0,690	0,688	0,687	0,689	0,697
50	0,677	0,686	0,681	0,684	0,687	0,690	0,687	0,691	0,687	0,690	0,686	0,690	0,688	0,688	0,690	0,694	0,689
55	0,671	0,679	0,684	0,683	0,687	0,688	0,688	0,690	0,687	0,690	0,696	0,694	0,696	0,689	0,694	0,695	0,688
60	0,675	0,683	0,684	0,686	0,689	0,692	0,687	0,691	0,692	0,692	0,691	0,697	0,694	0,696	0,693	0,686	0,691
65	0,676	0,683	0,681	0,682	0,688	0,687	0,688	0,693	0,692	0,691	0,693	0,691	0,694	0,705	0,699	0,702	0,690
70	0,676	0,677	0,682	0,687	0,688	0,688	0,692	0,696	0,693	0,692	0,701	0,699	0,697	0,697	0,692	0,698	0,693
75	0,677	0,684	0,686	0,681	0,689	0,689	0,692	0,696	0,694	0,693	0,693	0,691	0,694	0,694	0,695	0,699	0,698
80	0,672	0,679	0,686	0,686	0,686	0,690	0,693	0,700	0,695	0,695	0,695	0,693	0,694	0,691	0,704	0,697	0,694
85	0,679	0,675	0,687	0,687	0,693	0,691	0,693	0,693	0,685	0,696	0,699	0,689	0,697	0,694	0,694	0,700	0,699
90	0,682	0,688	0,688	0,676	0,685	0,689	0,693	0,694	0,684	0,703	0,687	0,698	0,686	0,695	0,694	0,691	0,706

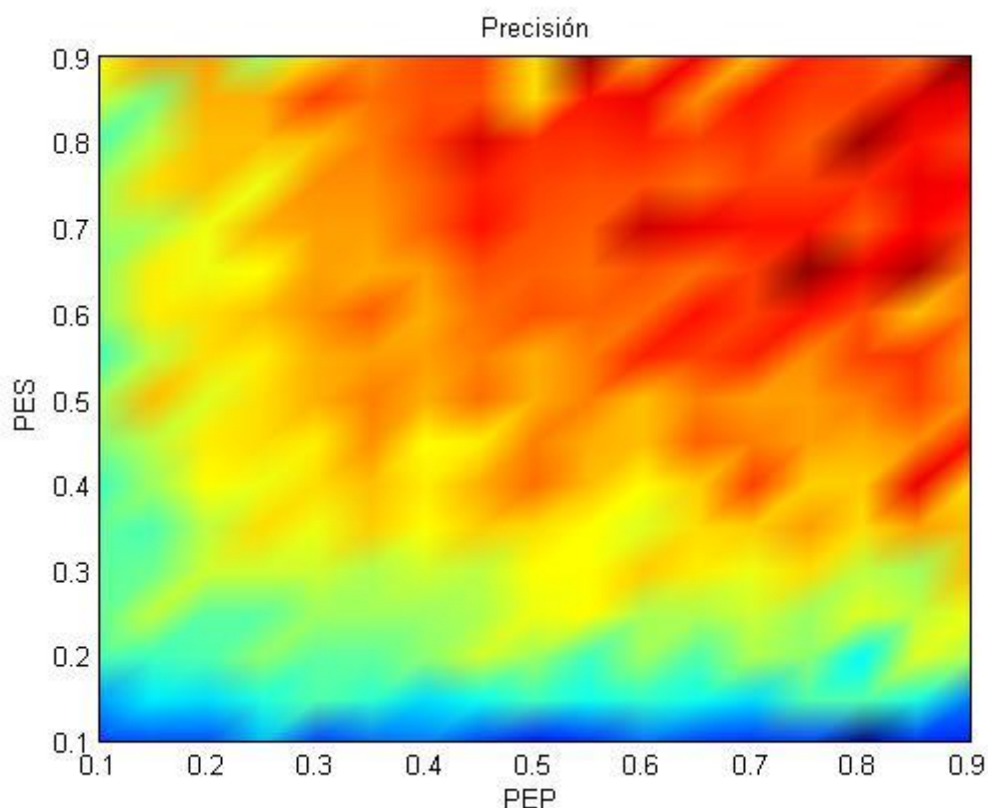


Figura 6-46: Representación gráfica pre. según porcentajes U-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-45: Sensibilidad según porcentajes para U-50ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,655	0,657	0,657	0,663	0,656	0,658	0,660	0,655	0,653	0,654	0,659	0,655	0,654	0,655	0,645	0,654	0,654
15	0,661	0,666	0,665	0,669	0,671	0,669	0,665	0,668	0,671	0,668	0,670	0,668	0,665	0,671	0,671	0,669	0,659
20	0,672	0,671	0,671	0,675	0,673	0,673	0,675	0,679	0,677	0,670	0,676	0,672	0,677	0,676	0,666	0,680	0,677
25	0,672	0,678	0,673	0,672	0,676	0,677	0,676	0,677	0,681	0,682	0,677	0,677	0,679	0,676	0,681	0,678	0,681
30	0,672	0,673	0,679	0,679	0,679	0,677	0,680	0,678	0,682	0,682	0,685	0,683	0,681	0,684	0,679	0,676	0,687
35	0,673	0,672	0,678	0,684	0,681	0,685	0,682	0,685	0,684	0,682	0,680	0,684	0,686	0,688	0,685	0,688	0,686
40	0,671	0,676	0,682	0,682	0,685	0,686	0,684	0,688	0,691	0,686	0,682	0,685	0,694	0,685	0,685	0,699	0,683
45	0,675	0,679	0,683	0,684	0,684	0,689	0,682	0,683	0,690	0,687	0,687	0,692	0,690	0,688	0,687	0,689	0,697
50	0,677	0,686	0,681	0,684	0,687	0,690	0,687	0,691	0,687	0,690	0,686	0,690	0,688	0,687	0,690	0,694	0,689
55	0,671	0,678	0,684	0,683	0,687	0,688	0,688	0,690	0,687	0,690	0,696	0,694	0,696	0,689	0,694	0,695	0,688
60	0,675	0,683	0,684	0,686	0,689	0,692	0,687	0,691	0,692	0,692	0,691	0,697	0,694	0,696	0,693	0,686	0,691
65	0,676	0,683	0,681	0,682	0,688	0,687	0,688	0,693	0,692	0,691	0,693	0,691	0,693	0,705	0,699	0,702	0,690
70	0,676	0,677	0,681	0,687	0,688	0,688	0,692	0,696	0,693	0,692	0,701	0,699	0,697	0,697	0,692	0,698	0,693
75	0,677	0,684	0,686	0,681	0,689	0,689	0,692	0,696	0,694	0,693	0,693	0,691	0,694	0,694	0,695	0,700	0,698
80	0,672	0,679	0,686	0,686	0,686	0,690	0,693	0,700	0,695	0,695	0,695	0,693	0,694	0,691	0,704	0,697	0,693
85	0,679	0,675	0,687	0,687	0,693	0,691	0,693	0,693	0,685	0,696	0,699	0,689	0,697	0,694	0,694	0,700	0,699
90	0,682	0,688	0,688	0,676	0,685	0,689	0,693	0,694	0,685	0,704	0,687	0,698	0,686	0,696	0,694	0,690	0,707

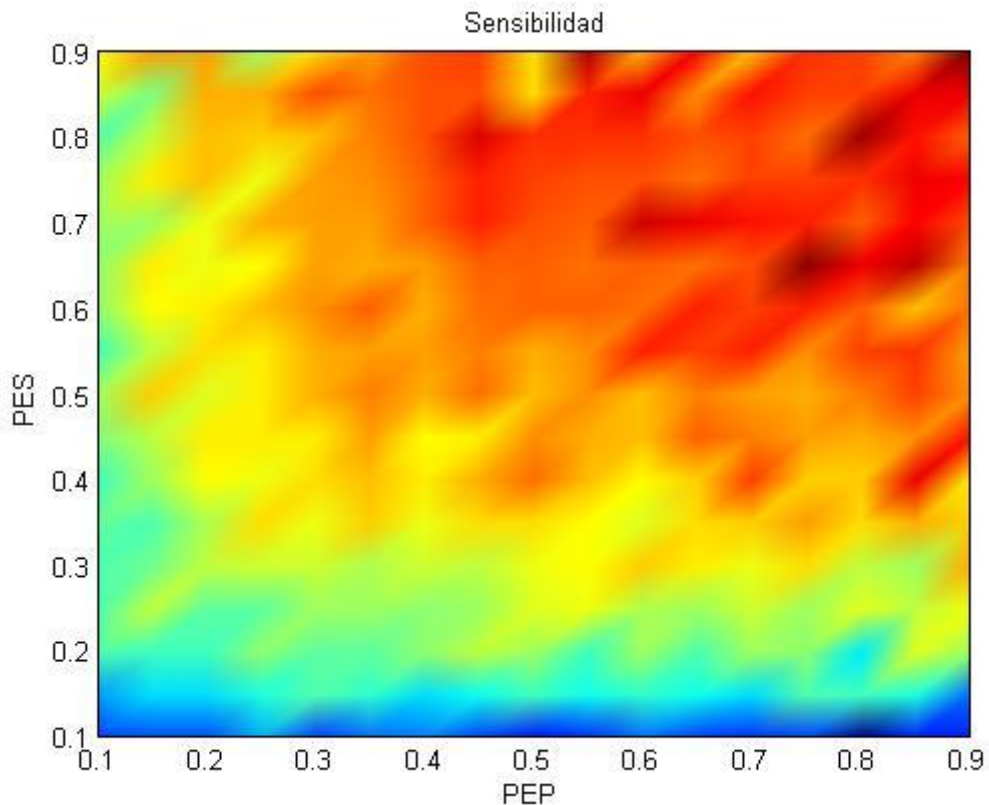


Figura 6-47: Representación gráfica sen. según porcentajes U-50ms

6.1.1.3.4 Ventana = 50ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-46: Especificidad según porcentajes para U-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,666	0,663	0,669	0,666	0,660	0,661	0,666	0,663	0,661	0,656	0,664	0,663	0,661	0,661	0,665	0,655
15	0,665	0,672	0,667	0,672	0,671	0,671	0,671	0,671	0,672	0,674	0,674	0,676	0,672	0,671	0,667	0,673	0,666
20	0,672	0,676	0,671	0,673	0,674	0,674	0,683	0,679	0,680	0,676	0,675	0,679	0,681	0,675	0,674	0,676	0,683
25	0,676	0,677	0,677	0,679	0,680	0,681	0,679	0,682	0,677	0,681	0,685	0,680	0,682	0,679	0,680	0,680	0,677
30	0,672	0,675	0,678	0,685	0,680	0,678	0,687	0,682	0,683	0,684	0,688	0,680	0,685	0,682	0,683	0,687	0,690
35	0,674	0,678	0,682	0,681	0,683	0,683	0,684	0,684	0,686	0,688	0,684	0,683	0,688	0,693	0,691	0,694	0,690
40	0,674	0,681	0,682	0,684	0,685	0,687	0,686	0,685	0,681	0,687	0,692	0,688	0,687	0,688	0,688	0,687	0,688
45	0,676	0,679	0,682	0,688	0,682	0,689	0,689	0,689	0,692	0,695	0,691	0,689	0,691	0,694	0,690	0,697	0,700
50	0,676	0,681	0,684	0,685	0,685	0,695	0,690	0,690	0,686	0,694	0,691	0,698	0,692	0,699	0,695	0,690	0,689
55	0,676	0,681	0,681	0,683	0,687	0,687	0,692	0,698	0,690	0,696	0,696	0,693	0,695	0,695	0,691	0,688	0,694
60	0,676	0,685	0,688	0,688	0,690	0,687	0,691	0,688	0,687	0,694	0,693	0,698	0,694	0,693	0,694	0,690	0,697
65	0,685	0,683	0,688	0,686	0,687	0,689	0,688	0,689	0,693	0,696	0,694	0,697	0,693	0,699	0,698	0,699	0,701
70	0,679	0,681	0,690	0,695	0,695	0,692	0,695	0,690	0,695	0,700	0,694	0,694	0,702	0,697	0,698	0,687	0,693
75	0,679	0,678	0,683	0,688	0,693	0,697	0,689	0,697	0,694	0,700	0,698	0,697	0,693	0,700	0,700	0,697	0,695
80	0,682	0,688	0,691	0,684	0,686	0,691	0,695	0,689	0,692	0,698	0,703	0,695	0,703	0,700	0,708	0,712	0,704
85	0,678	0,688	0,683	0,694	0,697	0,690	0,698	0,700	0,694	0,700	0,697	0,697	0,701	0,694	0,698	0,713	0,700
90	0,681	0,683	0,680	0,686	0,687	0,697	0,693	0,701	0,693	0,691	0,696	0,701	0,701	0,707	0,693	0,697	0,708

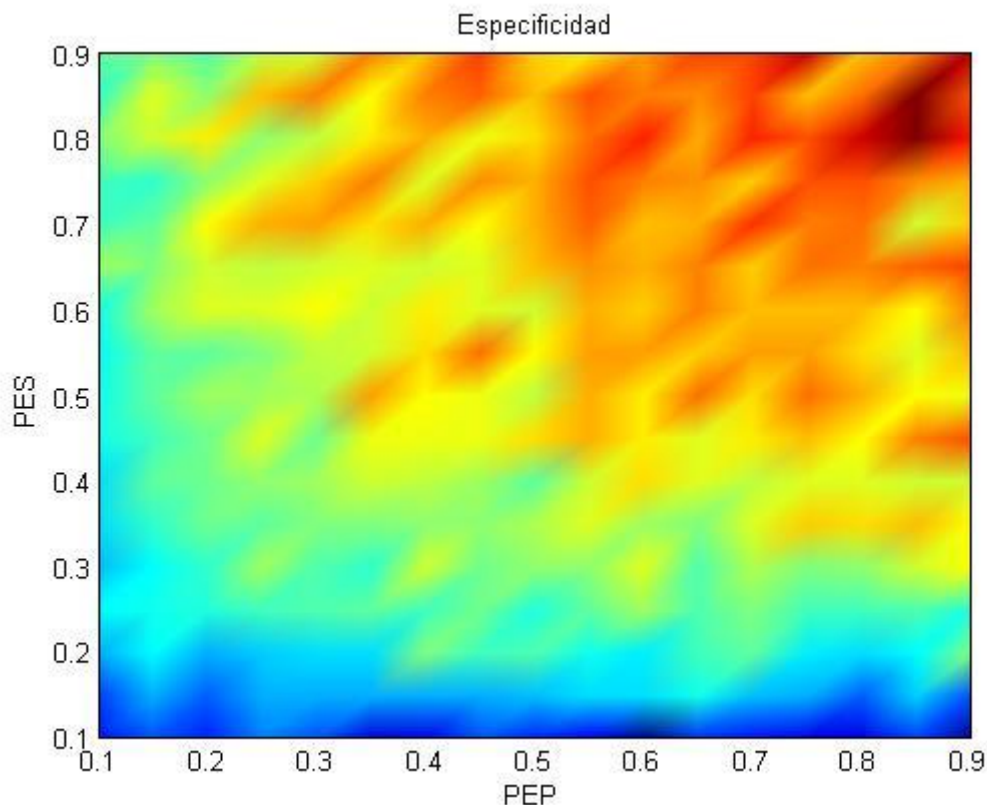


Figura 6-48: Representación gráfica según esp. porcentajes U-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-47: Precisión según porcentajes para U-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,666	0,663	0,669	0,666	0,660	0,661	0,666	0,663	0,662	0,656	0,664	0,663	0,661	0,661	0,665	0,655
15	0,665	0,671	0,667	0,672	0,671	0,671	0,671	0,671	0,672	0,674	0,674	0,676	0,672	0,671	0,667	0,673	0,666
20	0,671	0,676	0,671	0,673	0,674	0,674	0,683	0,679	0,680	0,676	0,675	0,679	0,681	0,675	0,674	0,676	0,683
25	0,676	0,677	0,677	0,679	0,680	0,681	0,679	0,681	0,678	0,681	0,685	0,681	0,682	0,679	0,680	0,680	0,677
30	0,672	0,675	0,678	0,685	0,680	0,678	0,687	0,682	0,684	0,684	0,689	0,681	0,685	0,683	0,683	0,687	0,690
35	0,674	0,678	0,682	0,681	0,683	0,683	0,684	0,684	0,686	0,688	0,684	0,683	0,689	0,693	0,692	0,694	0,690
40	0,674	0,681	0,682	0,684	0,684	0,687	0,686	0,685	0,681	0,687	0,692	0,688	0,687	0,689	0,688	0,687	0,687
45	0,676	0,679	0,682	0,688	0,682	0,689	0,689	0,689	0,692	0,695	0,691	0,689	0,691	0,694	0,690	0,697	0,700
50	0,676	0,681	0,684	0,685	0,685	0,695	0,690	0,689	0,686	0,694	0,691	0,698	0,692	0,698	0,695	0,690	0,689
55	0,676	0,681	0,681	0,683	0,687	0,687	0,692	0,698	0,690	0,696	0,696	0,693	0,696	0,695	0,691	0,688	0,693
60	0,676	0,685	0,688	0,688	0,690	0,687	0,691	0,688	0,687	0,694	0,693	0,698	0,694	0,693	0,694	0,690	0,697
65	0,685	0,683	0,687	0,686	0,687	0,689	0,688	0,688	0,693	0,696	0,694	0,697	0,693	0,698	0,698	0,699	0,701
70	0,679	0,681	0,690	0,695	0,695	0,692	0,695	0,690	0,695	0,699	0,694	0,694	0,702	0,697	0,698	0,687	0,693
75	0,679	0,678	0,683	0,688	0,693	0,697	0,689	0,697	0,694	0,700	0,698	0,697	0,693	0,700	0,700	0,696	0,695
80	0,683	0,687	0,690	0,684	0,686	0,690	0,695	0,689	0,692	0,698	0,702	0,695	0,702	0,700	0,707	0,712	0,703
85	0,679	0,688	0,684	0,694	0,698	0,691	0,698	0,699	0,693	0,700	0,697	0,697	0,701	0,694	0,698	0,713	0,701
90	0,681	0,682	0,681	0,686	0,687	0,696	0,695	0,701	0,692	0,691	0,696	0,700	0,702	0,708	0,694	0,696	0,708

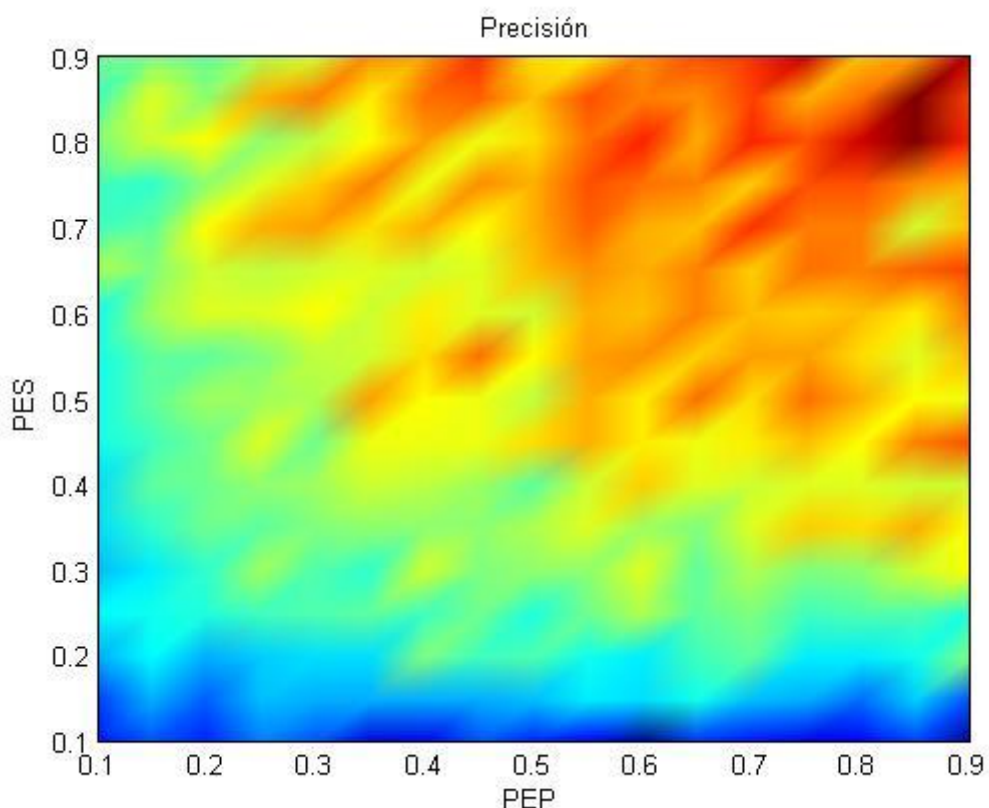


Figura 6-49: Representación gráfica pre. según porcentajes U-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-48: Sensibilidad según porcentajes para U-50ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,662	0,666	0,663	0,669	0,665	0,660	0,661	0,665	0,663	0,662	0,656	0,664	0,663	0,660	0,661	0,665	0,654
15	0,665	0,671	0,667	0,672	0,671	0,671	0,671	0,671	0,672	0,674	0,674	0,676	0,672	0,671	0,667	0,673	0,666
20	0,671	0,676	0,671	0,673	0,674	0,674	0,683	0,679	0,680	0,676	0,675	0,679	0,681	0,674	0,674	0,676	0,682
25	0,676	0,677	0,677	0,680	0,680	0,681	0,679	0,681	0,678	0,681	0,685	0,681	0,682	0,679	0,680	0,680	0,677
30	0,672	0,675	0,678	0,685	0,680	0,678	0,687	0,683	0,684	0,684	0,689	0,681	0,685	0,683	0,683	0,687	0,690
35	0,674	0,678	0,682	0,681	0,683	0,683	0,684	0,684	0,685	0,688	0,684	0,683	0,689	0,693	0,692	0,694	0,690
40	0,674	0,681	0,682	0,684	0,684	0,687	0,686	0,685	0,681	0,687	0,692	0,689	0,688	0,689	0,688	0,687	0,687
45	0,676	0,679	0,682	0,688	0,682	0,689	0,689	0,689	0,692	0,695	0,691	0,689	0,691	0,694	0,690	0,697	0,700
50	0,677	0,681	0,684	0,685	0,685	0,695	0,690	0,689	0,686	0,694	0,691	0,698	0,692	0,698	0,695	0,690	0,689
55	0,676	0,681	0,681	0,683	0,687	0,687	0,692	0,698	0,690	0,696	0,696	0,693	0,696	0,696	0,691	0,688	0,693
60	0,676	0,685	0,688	0,688	0,690	0,687	0,691	0,688	0,687	0,694	0,693	0,698	0,694	0,693	0,693	0,691	0,697
65	0,685	0,683	0,687	0,686	0,687	0,689	0,688	0,688	0,693	0,696	0,694	0,697	0,692	0,698	0,698	0,699	0,701
70	0,679	0,681	0,690	0,695	0,696	0,692	0,695	0,690	0,695	0,699	0,694	0,694	0,702	0,697	0,698	0,687	0,693
75	0,679	0,678	0,683	0,688	0,693	0,697	0,689	0,697	0,694	0,700	0,698	0,697	0,693	0,700	0,700	0,696	0,695
80	0,683	0,687	0,690	0,684	0,686	0,690	0,695	0,689	0,692	0,698	0,702	0,695	0,702	0,700	0,707	0,712	0,702
85	0,679	0,688	0,684	0,694	0,698	0,691	0,698	0,699	0,693	0,700	0,697	0,697	0,701	0,695	0,698	0,713	0,701
90	0,681	0,682	0,681	0,686	0,687	0,696	0,695	0,702	0,692	0,691	0,696	0,700	0,702	0,708	0,694	0,695	0,708

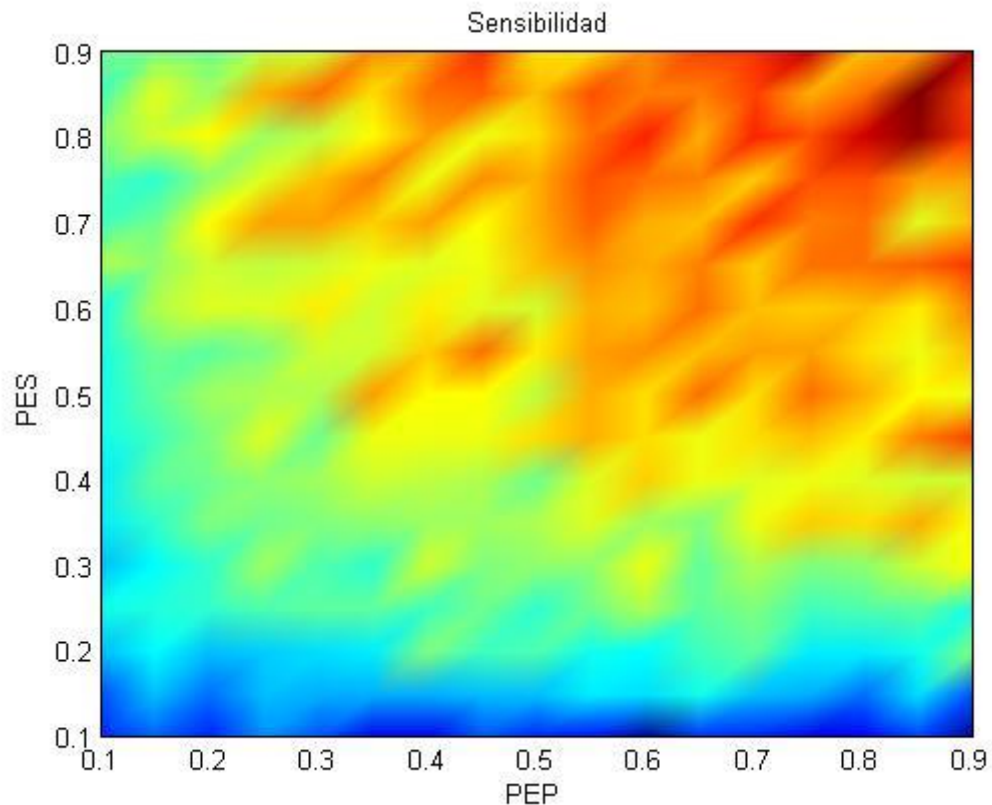


Figura 6-50: Representación gráfica sen. según porcentajes U-50ms con solape

6.1.1.3.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-49: Especificidad según porcentajes para U-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,658	0,664	0,661	0,670	0,661	0,662	0,663	0,663	0,660	0,662	0,654	0,660	0,659	0,652	0,660	0,658	0,661
15	0,669	0,672	0,671	0,671	0,672	0,671	0,674	0,675	0,671	0,670	0,672	0,671	0,669	0,667	0,668	0,667	0,665
20	0,671	0,670	0,678	0,676	0,677	0,677	0,671	0,676	0,679	0,678	0,676	0,676	0,679	0,677	0,667	0,678	0,679
25	0,671	0,678	0,674	0,677	0,682	0,679	0,681	0,681	0,681	0,678	0,679	0,683	0,682	0,678	0,680	0,688	0,676
30	0,675	0,679	0,684	0,683	0,684	0,682	0,682	0,684	0,681	0,678	0,675	0,678	0,688	0,683	0,682	0,686	0,674
35	0,674	0,681	0,680	0,686	0,686	0,684	0,682	0,682	0,682	0,688	0,686	0,680	0,682	0,683	0,683	0,678	0,678
40	0,679	0,681	0,686	0,682	0,686	0,689	0,686	0,687	0,681	0,685	0,687	0,687	0,690	0,681	0,684	0,693	0,684
45	0,676	0,683	0,685	0,682	0,685	0,686	0,692	0,692	0,687	0,686	0,692	0,688	0,692	0,688	0,688	0,693	0,691
50	0,669	0,683	0,682	0,689	0,687	0,688	0,690	0,694	0,693	0,689	0,693	0,693	0,689	0,693	0,694	0,683	0,689
55	0,680	0,687	0,689	0,687	0,687	0,692	0,690	0,691	0,688	0,687	0,694	0,685	0,695	0,690	0,694	0,693	0,688
60	0,678	0,684	0,687	0,691	0,690	0,691	0,694	0,693	0,695	0,695	0,695	0,686	0,694	0,687	0,693	0,697	0,693
65	0,674	0,685	0,689	0,682	0,689	0,695	0,695	0,692	0,688	0,696	0,697	0,692	0,695	0,694	0,689	0,689	0,694
70	0,682	0,682	0,692	0,695	0,687	0,696	0,690	0,698	0,690	0,695	0,694	0,696	0,697	0,690	0,692	0,697	0,701
75	0,682	0,681	0,687	0,692	0,693	0,687	0,694	0,695	0,693	0,696	0,699	0,696	0,691	0,698	0,694	0,696	0,701
80	0,681	0,676	0,681	0,686	0,689	0,691	0,685	0,683	0,696	0,698	0,700	0,690	0,700	0,692	0,699	0,707	0,689
85	0,676	0,690	0,689	0,687	0,688	0,690	0,691	0,701	0,696	0,703	0,696	0,696	0,692	0,687	0,695	0,699	0,692
90	0,678	0,685	0,686	0,695	0,685	0,693	0,693	0,707	0,697	0,696	0,683	0,694	0,696	0,708	0,697	0,711	0,692

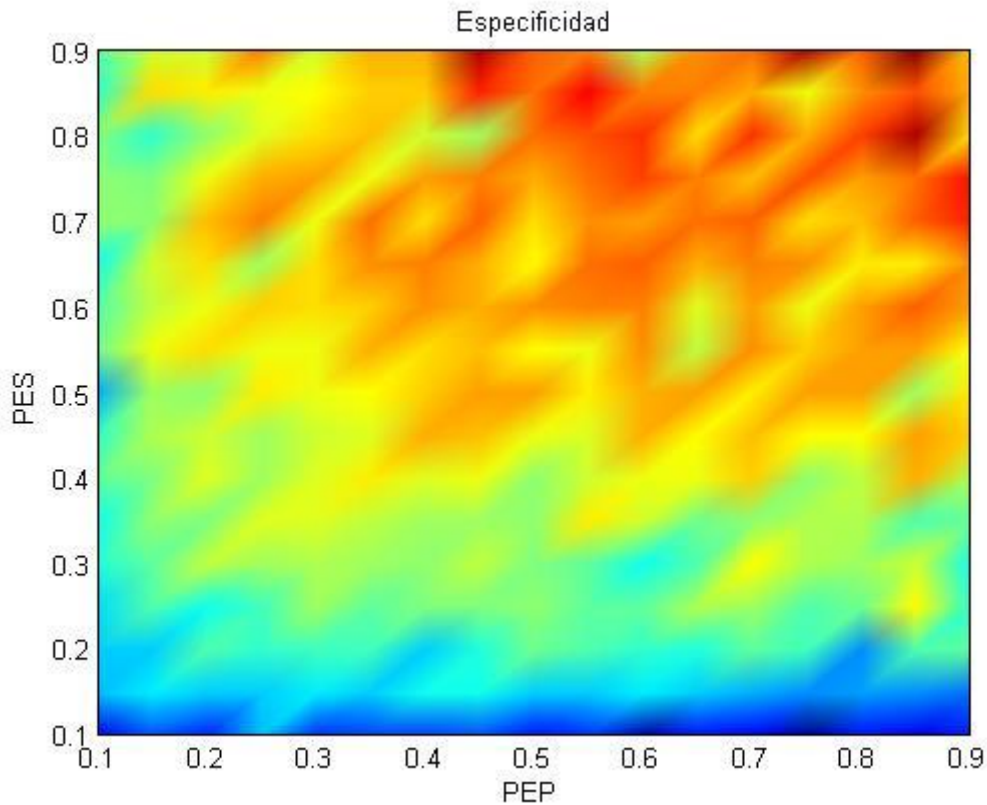


Figura 6-51: Representación gráfica esp. según porcentajes U-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-50: Precisión según porcentajes para U-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,658	0,664	0,661	0,670	0,662	0,662	0,663	0,663	0,660	0,662	0,654	0,660	0,659	0,652	0,660	0,658	0,661
15	0,669	0,672	0,671	0,671	0,672	0,671	0,674	0,675	0,671	0,670	0,672	0,671	0,669	0,667	0,668	0,667	0,665
20	0,670	0,670	0,678	0,676	0,677	0,677	0,671	0,676	0,679	0,678	0,677	0,675	0,679	0,677	0,667	0,678	0,679
25	0,671	0,678	0,674	0,676	0,682	0,679	0,681	0,681	0,681	0,678	0,679	0,683	0,682	0,678	0,680	0,688	0,676
30	0,675	0,679	0,684	0,683	0,684	0,682	0,682	0,684	0,681	0,678	0,675	0,678	0,688	0,683	0,682	0,686	0,674
35	0,674	0,681	0,680	0,686	0,686	0,684	0,682	0,682	0,682	0,688	0,686	0,680	0,682	0,683	0,683	0,678	0,678
40	0,679	0,680	0,686	0,682	0,686	0,688	0,686	0,687	0,681	0,686	0,687	0,687	0,691	0,681	0,684	0,693	0,683
45	0,676	0,683	0,685	0,682	0,685	0,686	0,692	0,692	0,687	0,686	0,693	0,688	0,692	0,688	0,688	0,693	0,691
50	0,669	0,682	0,682	0,689	0,687	0,688	0,690	0,694	0,693	0,688	0,693	0,694	0,689	0,693	0,694	0,683	0,689
55	0,680	0,687	0,689	0,687	0,687	0,692	0,690	0,691	0,688	0,687	0,694	0,685	0,695	0,690	0,694	0,693	0,688
60	0,679	0,684	0,687	0,691	0,690	0,691	0,694	0,693	0,695	0,695	0,695	0,686	0,694	0,687	0,693	0,697	0,693
65	0,675	0,685	0,689	0,682	0,689	0,694	0,695	0,692	0,688	0,696	0,697	0,692	0,695	0,694	0,689	0,689	0,694
70	0,682	0,682	0,692	0,695	0,687	0,696	0,690	0,698	0,690	0,695	0,694	0,696	0,697	0,690	0,692	0,698	0,701
75	0,683	0,681	0,687	0,692	0,693	0,687	0,694	0,695	0,693	0,696	0,699	0,696	0,691	0,698	0,694	0,697	0,701
80	0,680	0,676	0,682	0,685	0,689	0,691	0,686	0,683	0,696	0,697	0,701	0,690	0,700	0,692	0,698	0,707	0,688
85	0,677	0,690	0,689	0,687	0,689	0,690	0,690	0,701	0,696	0,702	0,696	0,695	0,692	0,687	0,695	0,699	0,692
90	0,680	0,686	0,685	0,695	0,684	0,694	0,693	0,707	0,698	0,696	0,683	0,695	0,696	0,708	0,698	0,710	0,693

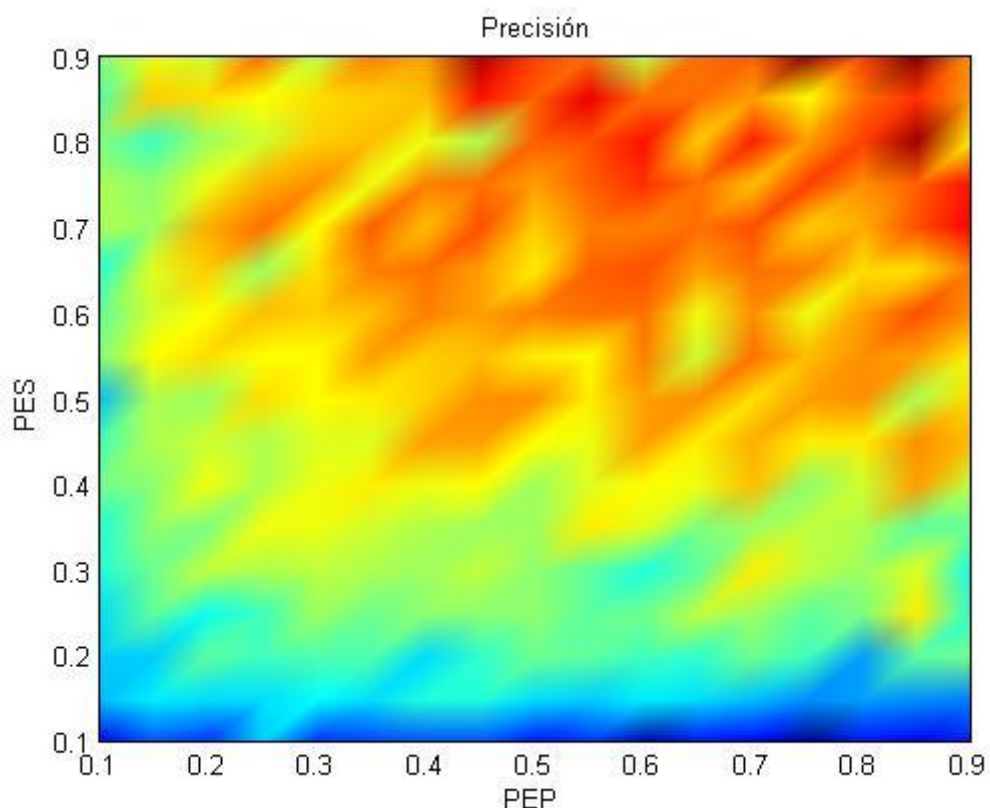


Figura 6-52: Representación gráfica pre. según porcentajes U-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-51: Sensibilidad según porcentajes para U-70ms

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,658	0,664	0,661	0,670	0,662	0,662	0,663	0,663	0,660	0,662	0,654	0,659	0,659	0,653	0,660	0,658	0,661
15	0,669	0,672	0,671	0,671	0,672	0,671	0,674	0,675	0,671	0,670	0,672	0,671	0,669	0,667	0,668	0,667	0,665
20	0,670	0,670	0,678	0,676	0,677	0,677	0,671	0,676	0,679	0,678	0,677	0,675	0,679	0,677	0,668	0,678	0,679
25	0,671	0,678	0,674	0,676	0,682	0,679	0,681	0,681	0,681	0,678	0,679	0,683	0,682	0,678	0,680	0,688	0,676
30	0,675	0,679	0,684	0,683	0,684	0,682	0,682	0,684	0,681	0,678	0,675	0,678	0,688	0,683	0,682	0,685	0,674
35	0,674	0,681	0,680	0,686	0,686	0,684	0,682	0,682	0,682	0,688	0,686	0,680	0,682	0,683	0,683	0,678	0,678
40	0,679	0,680	0,686	0,682	0,686	0,688	0,686	0,687	0,681	0,686	0,687	0,687	0,691	0,681	0,684	0,693	0,683
45	0,676	0,683	0,685	0,682	0,685	0,686	0,692	0,692	0,687	0,686	0,693	0,688	0,692	0,688	0,688	0,693	0,691
50	0,669	0,682	0,682	0,689	0,687	0,688	0,690	0,694	0,693	0,688	0,693	0,694	0,689	0,693	0,694	0,683	0,689
55	0,680	0,687	0,689	0,687	0,687	0,692	0,690	0,691	0,688	0,687	0,694	0,685	0,695	0,690	0,694	0,693	0,688
60	0,679	0,684	0,687	0,690	0,689	0,691	0,694	0,693	0,695	0,695	0,695	0,686	0,694	0,687	0,692	0,697	0,692
65	0,675	0,685	0,689	0,682	0,689	0,694	0,695	0,692	0,688	0,696	0,697	0,692	0,695	0,694	0,689	0,689	0,694
70	0,682	0,682	0,692	0,695	0,687	0,696	0,690	0,698	0,690	0,695	0,694	0,696	0,697	0,690	0,692	0,698	0,701
75	0,683	0,681	0,686	0,692	0,693	0,687	0,694	0,695	0,693	0,696	0,699	0,695	0,691	0,699	0,694	0,697	0,701
80	0,680	0,676	0,682	0,685	0,689	0,691	0,686	0,683	0,696	0,697	0,701	0,690	0,700	0,692	0,698	0,707	0,687
85	0,677	0,690	0,689	0,687	0,689	0,690	0,690	0,700	0,696	0,702	0,696	0,695	0,692	0,687	0,695	0,699	0,693
90	0,680	0,686	0,685	0,695	0,684	0,694	0,693	0,707	0,698	0,696	0,683	0,695	0,696	0,708	0,698	0,709	0,694

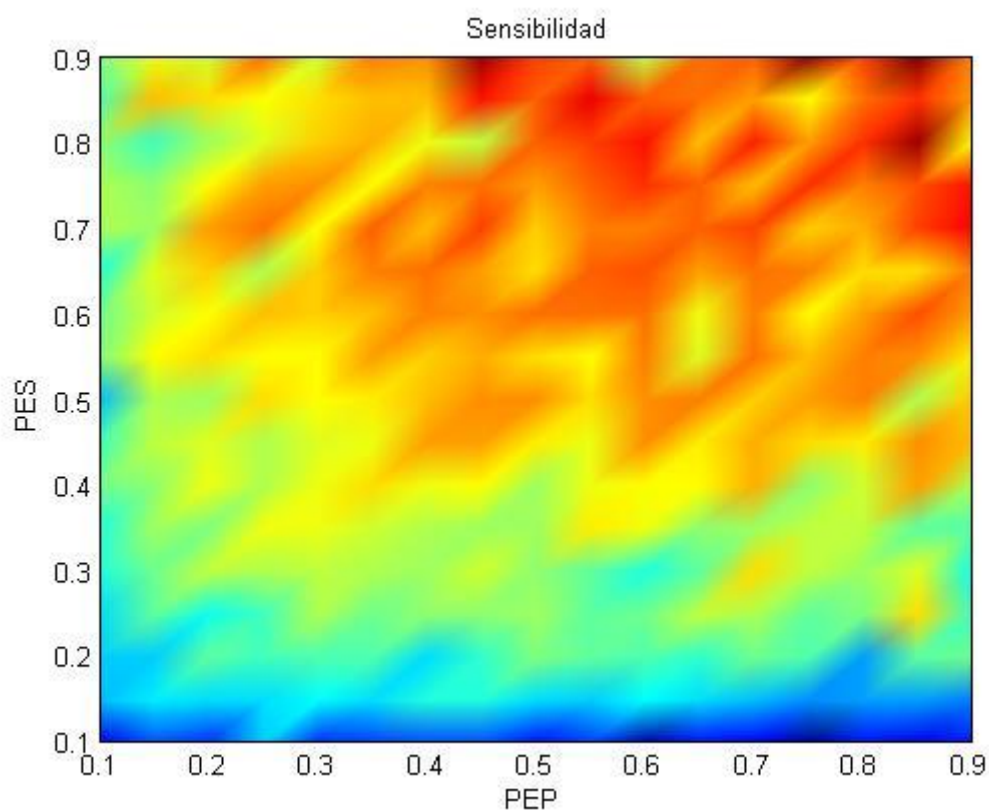


Figura 6-53: Representación gráfica sen. según porcentajes U-70ms

6.1.1.3.6 Ventana = 70ms con solapamiento

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los porcentajes de entrenamiento y test de las señales sanas y patológicas para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana de 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-52: Especificidad según porcentajes para U-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,658	0,664	0,659	0,662	0,657	0,665	0,656	0,655	0,660	0,659	0,654	0,660	0,658	0,659	0,653	0,651
15	0,666	0,666	0,668	0,669	0,671	0,667	0,668	0,667	0,667	0,666	0,663	0,664	0,667	0,659	0,661	0,663	0,670
20	0,668	0,670	0,672	0,672	0,676	0,670	0,669	0,671	0,667	0,669	0,670	0,671	0,673	0,664	0,667	0,667	0,667
25	0,671	0,672	0,672	0,672	0,676	0,675	0,678	0,674	0,677	0,673	0,678	0,675	0,677	0,670	0,675	0,680	0,676
30	0,670	0,673	0,674	0,676	0,675	0,677	0,678	0,677	0,681	0,677	0,679	0,682	0,678	0,676	0,681	0,683	0,681
35	0,674	0,674	0,679	0,676	0,683	0,681	0,679	0,678	0,680	0,678	0,680	0,681	0,679	0,675	0,680	0,676	0,684
40	0,670	0,677	0,677	0,673	0,681	0,681	0,679	0,682	0,683	0,677	0,678	0,677	0,679	0,675	0,677	0,679	0,683
45	0,669	0,673	0,678	0,678	0,680	0,684	0,681	0,681	0,681	0,684	0,682	0,685	0,683	0,682	0,684	0,682	0,681
50	0,671	0,681	0,684	0,680	0,678	0,684	0,682	0,678	0,680	0,683	0,682	0,682	0,684	0,688	0,678	0,686	0,678
55	0,671	0,678	0,675	0,680	0,684	0,686	0,683	0,681	0,686	0,681	0,686	0,680	0,679	0,678	0,689	0,687	0,679
60	0,671	0,674	0,680	0,682	0,683	0,680	0,682	0,684	0,680	0,679	0,684	0,685	0,684	0,684	0,683	0,688	0,681
65	0,667	0,681	0,686	0,683	0,681	0,680	0,684	0,681	0,683	0,687	0,689	0,688	0,686	0,683	0,684	0,686	0,684
70	0,676	0,680	0,675	0,681	0,684	0,684	0,684	0,683	0,687	0,688	0,684	0,683	0,683	0,685	0,684	0,684	0,681
75	0,670	0,676	0,683	0,683	0,689	0,684	0,684	0,684	0,687	0,685	0,691	0,683	0,686	0,690	0,686	0,683	0,684
80	0,670	0,674	0,681	0,683	0,676	0,687	0,688	0,686	0,682	0,685	0,688	0,685	0,678	0,682	0,679	0,683	0,684
85	0,684	0,678	0,684	0,683	0,683	0,681	0,678	0,681	0,693	0,693	0,688	0,684	0,687	0,684	0,678	0,693	0,683
90	0,675	0,670	0,675	0,680	0,679	0,675	0,688	0,687	0,679	0,685	0,681	0,690	0,680	0,701	0,692	0,696	0,697

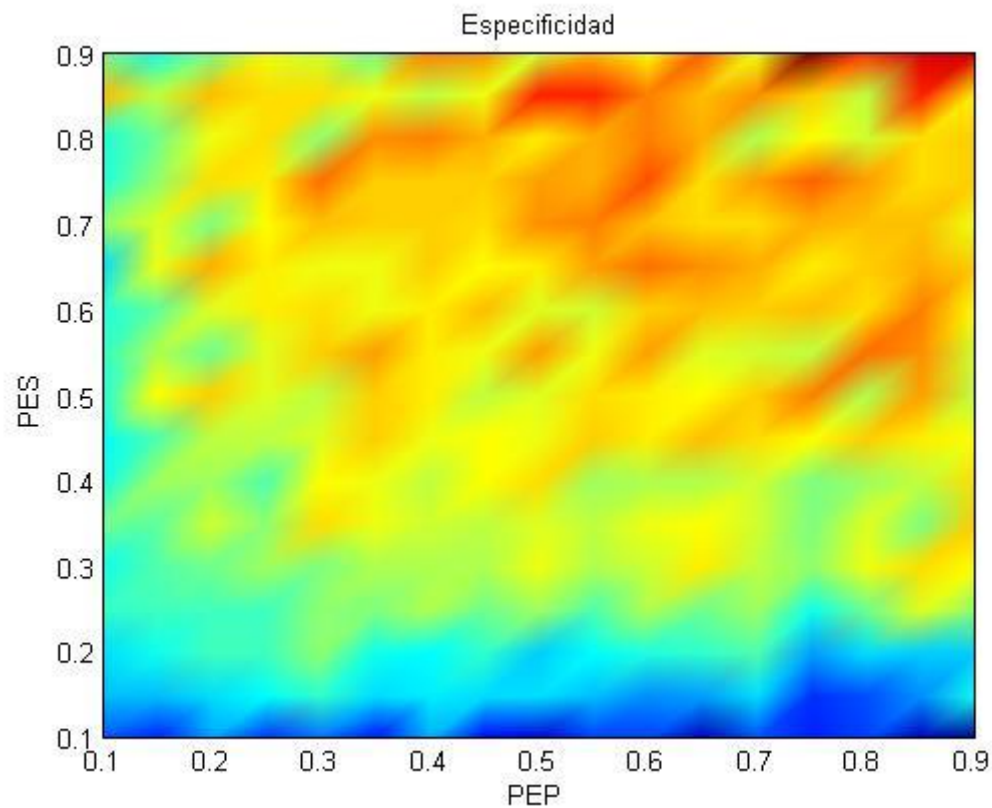


Figura 6-54: Representación gráfica esp. según porcentajes U-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-53: Precisión según porcentajes para U-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,658	0,664	0,659	0,662	0,657	0,665	0,656	0,655	0,660	0,659	0,654	0,660	0,658	0,659	0,653	0,651
15	0,666	0,666	0,668	0,668	0,671	0,667	0,668	0,667	0,667	0,666	0,663	0,664	0,667	0,659	0,661	0,663	0,670
20	0,667	0,670	0,672	0,672	0,676	0,669	0,669	0,671	0,666	0,669	0,670	0,671	0,673	0,664	0,667	0,667	0,667
25	0,671	0,672	0,672	0,672	0,675	0,675	0,678	0,674	0,677	0,673	0,678	0,675	0,677	0,669	0,675	0,680	0,676
30	0,670	0,672	0,674	0,676	0,675	0,677	0,678	0,677	0,681	0,677	0,679	0,682	0,678	0,676	0,681	0,683	0,681
35	0,674	0,674	0,679	0,676	0,683	0,681	0,679	0,678	0,680	0,678	0,681	0,681	0,679	0,675	0,680	0,676	0,684
40	0,669	0,676	0,677	0,672	0,681	0,681	0,679	0,682	0,683	0,677	0,678	0,677	0,680	0,675	0,677	0,679	0,683
45	0,669	0,673	0,678	0,678	0,680	0,684	0,680	0,681	0,681	0,684	0,682	0,685	0,683	0,682	0,684	0,682	0,681
50	0,671	0,681	0,684	0,680	0,678	0,684	0,682	0,678	0,680	0,683	0,682	0,682	0,684	0,688	0,678	0,686	0,678
55	0,671	0,678	0,675	0,680	0,684	0,686	0,682	0,681	0,686	0,681	0,686	0,680	0,679	0,678	0,689	0,687	0,679
60	0,671	0,673	0,680	0,682	0,683	0,680	0,682	0,684	0,680	0,679	0,684	0,685	0,684	0,684	0,683	0,688	0,681
65	0,667	0,681	0,686	0,683	0,681	0,681	0,684	0,681	0,683	0,687	0,688	0,688	0,686	0,682	0,684	0,686	0,684
70	0,676	0,679	0,675	0,681	0,685	0,684	0,684	0,683	0,688	0,688	0,684	0,683	0,683	0,685	0,685	0,685	0,681
75	0,670	0,675	0,684	0,682	0,689	0,684	0,684	0,684	0,687	0,685	0,691	0,684	0,686	0,690	0,686	0,683	0,684
80	0,671	0,674	0,682	0,683	0,676	0,687	0,688	0,687	0,682	0,685	0,688	0,685	0,677	0,682	0,679	0,683	0,682
85	0,685	0,678	0,684	0,683	0,683	0,680	0,678	0,681	0,693	0,692	0,688	0,685	0,688	0,685	0,678	0,692	0,683
90	0,675	0,670	0,674	0,681	0,679	0,675	0,687	0,687	0,679	0,684	0,681	0,690	0,681	0,701	0,691	0,695	0,698

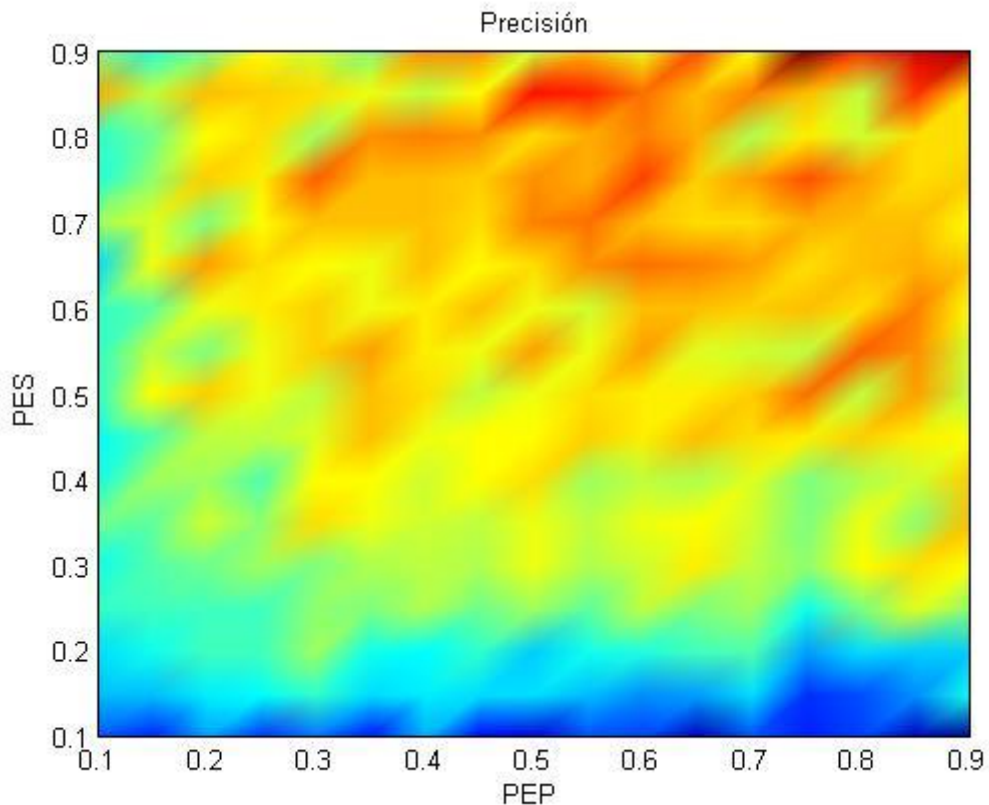


Figura 6-55: Representación gráfica pre. según porcentajes U-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-54: Sensibilidad según porcentajes para U-70ms con solape

PES/PEP	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
10	0,660	0,658	0,664	0,659	0,662	0,657	0,665	0,656	0,655	0,660	0,659	0,654	0,660	0,658	0,659	0,653	0,651
15	0,666	0,666	0,668	0,668	0,671	0,667	0,668	0,667	0,667	0,665	0,663	0,664	0,667	0,659	0,661	0,663	0,670
20	0,667	0,670	0,672	0,672	0,676	0,669	0,669	0,671	0,666	0,669	0,671	0,671	0,673	0,664	0,667	0,667	0,667
25	0,671	0,672	0,672	0,672	0,675	0,675	0,678	0,674	0,677	0,673	0,678	0,675	0,677	0,669	0,675	0,680	0,675
30	0,670	0,672	0,674	0,676	0,675	0,677	0,678	0,677	0,681	0,677	0,679	0,682	0,678	0,676	0,681	0,683	0,681
35	0,674	0,674	0,679	0,676	0,683	0,681	0,679	0,678	0,680	0,678	0,681	0,681	0,679	0,675	0,681	0,676	0,685
40	0,669	0,676	0,677	0,672	0,681	0,681	0,679	0,682	0,683	0,677	0,678	0,677	0,680	0,675	0,677	0,679	0,683
45	0,669	0,672	0,678	0,678	0,679	0,684	0,680	0,681	0,681	0,684	0,682	0,685	0,683	0,682	0,684	0,682	0,681
50	0,671	0,681	0,684	0,680	0,678	0,684	0,683	0,678	0,680	0,683	0,682	0,682	0,684	0,688	0,678	0,686	0,677
55	0,671	0,678	0,675	0,680	0,684	0,686	0,682	0,681	0,686	0,681	0,686	0,679	0,679	0,678	0,689	0,687	0,679
60	0,671	0,673	0,680	0,682	0,683	0,680	0,682	0,684	0,680	0,679	0,684	0,685	0,684	0,684	0,682	0,688	0,681
65	0,667	0,681	0,686	0,682	0,681	0,681	0,684	0,681	0,683	0,687	0,688	0,688	0,686	0,682	0,684	0,685	0,684
70	0,676	0,679	0,675	0,681	0,685	0,684	0,684	0,683	0,688	0,689	0,684	0,683	0,683	0,686	0,685	0,685	0,681
75	0,670	0,675	0,684	0,682	0,689	0,684	0,684	0,684	0,687	0,685	0,691	0,684	0,686	0,690	0,686	0,683	0,684
80	0,671	0,674	0,682	0,683	0,676	0,687	0,688	0,687	0,683	0,685	0,688	0,685	0,677	0,682	0,678	0,683	0,681
85	0,685	0,678	0,684	0,683	0,683	0,680	0,678	0,681	0,693	0,692	0,688	0,685	0,688	0,685	0,678	0,691	0,683
90	0,675	0,670	0,674	0,681	0,679	0,675	0,687	0,687	0,679	0,684	0,681	0,690	0,681	0,701	0,691	0,695	0,698

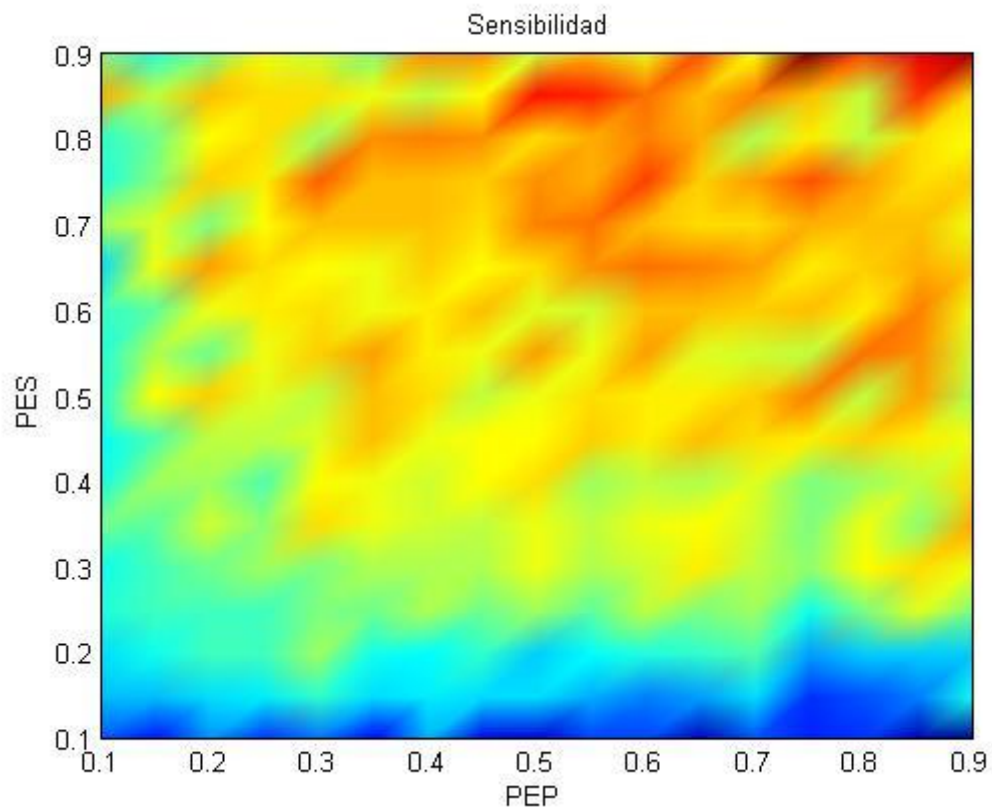


Figura 6-56: Representación gráfica sen. según porcentajes U-70ms con solape

6.1.1.3.7 Resumen resultados Vocal U

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	85	0.722	0.722	0.722

- Venta de 30 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	90	0.715	0.715	0.715

- Venta de 50 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	90	0.706	0.706	0.707

- Venta de 50 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
85	85	0.713	0.713	0.713

- Venta de 70 ms:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	85	0.711	0.710	0.709

- Venta de 70 ms con solape:

PES	PEP	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
90	75	0.701	0.701	0.701

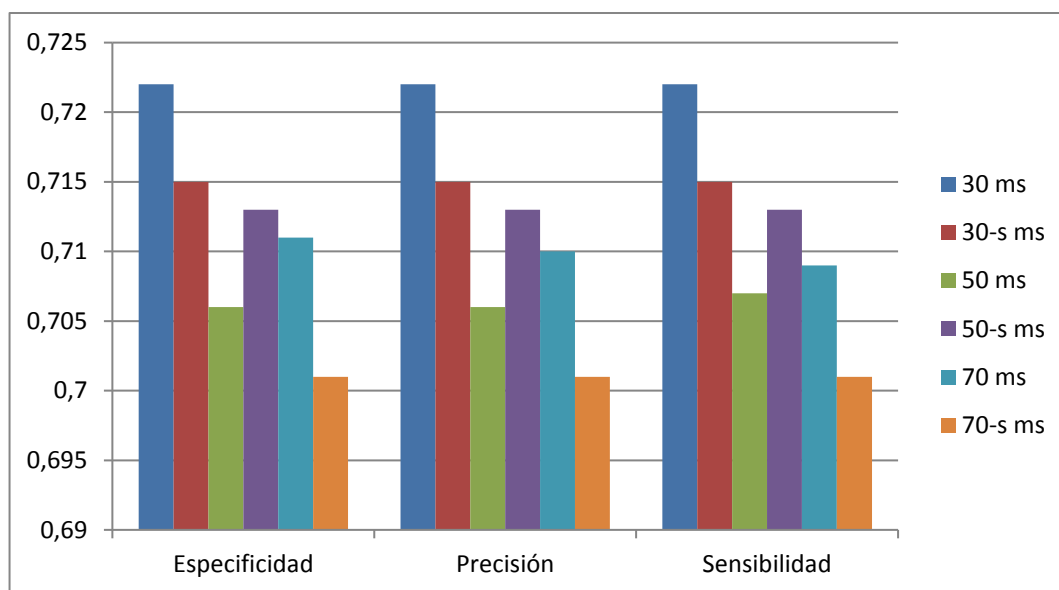


Figura 6-57: Resumen de resultados según porcentajes para la vocal U

6.1.2 Cálculo de los parámetros óptimos

6.1.2.1 Vocal A

Estudio de la vocal 'A' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70ms. Obtención de parámetros Gamma y Sigma cuadrado óptimos para la SVM.

Se varían los parámetros de la SVM de forma exponencial, obteniendo distintas aproximaciones según la pareja de parámetros empleada. Los valores de porcentajes de entrenamiento se ajustan a los valores que mejor rendimiento dieron el apartado 6.1.1.

En los siguientes apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para las medidas de Especificidad, Precisión y Sensibilidad:

6.1.2.1.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘A’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-55: Especificidad según parámetros SVM para A-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,900	0,801	0,950	0,701	0,950	0,850	0,850	0,751	0,950	0,900	0,601	0,701	0,850	0,950
0.005	0,800	0,751	0,801	0,850	1,000	0,850	0,900	0,850	0,850	0,850	0,900	0,751	0,900	0,701
0.01	0,901	0,650	0,800	0,801	0,851	0,850	0,801	0,900	0,900	0,751	0,751	0,850	1,000	0,900
0.05	0,751	0,651	0,801	0,850	0,801	0,801	0,651	0,901	0,950	0,850	0,801	0,901	0,801	0,851
1	0,590	0,581	0,577	0,576	0,569	0,568	0,569	0,568	0,583	0,571	0,567	0,575	0,579	0,574
5	0,647	0,655	0,649	0,649	0,657	0,658	0,663	0,658	0,656	0,651	0,670	0,664	0,656	0,661
10	0,647	0,656	0,648	0,675	0,677	0,671	0,678	0,664	0,662	0,669	0,664	0,654	0,666	0,663
50	0,656	0,665	0,671	0,691	0,694	0,690	0,685	0,658	0,637	0,623	0,635	0,623	0,625	0,618
100	0,653	0,663	0,677	0,693	0,700	0,699	0,690	0,659	0,656	0,631	0,612	0,604	0,603	0,599
500	0,681	0,676	0,680	0,685	0,701	0,707	0,710	0,693	0,684	0,674	0,656	0,616	0,604	0,574
1000	0,662	0,677	0,679	0,687	0,696	0,700	0,697	0,712	0,698	0,687	0,682	0,650	0,626	0,603
5000	0,673	0,678	0,682	0,678	0,687	0,707	0,696	0,706	0,704	0,710	0,696	0,699	0,693	0,668
10000	0,667	0,676	0,667	0,676	0,681	0,699	0,697	0,702	0,700	0,704	0,702	0,704	0,697	0,691
50000	0,688	0,687	0,670	0,678	0,676	0,683	0,692	0,700	0,699	0,692	0,702	0,700	0,697	0,699

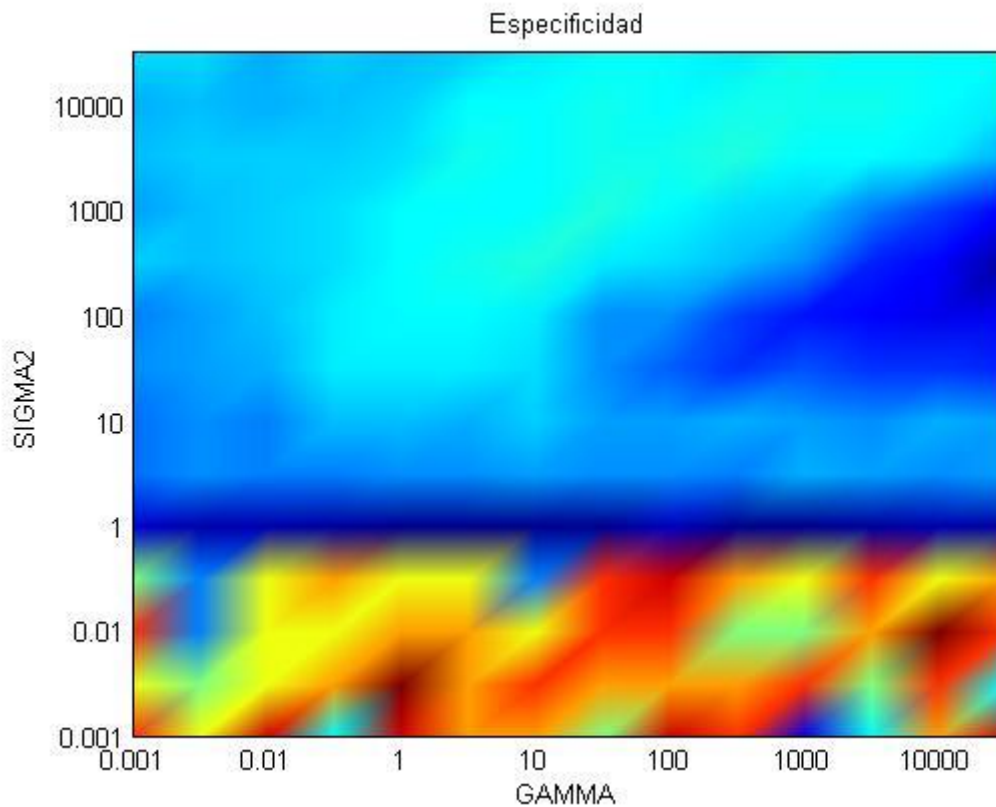


Figura 6-58: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-56: Precisión según parámetros SVM para A-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,553	0,540	0,558	0,528	0,560	0,546	0,546	0,534	0,558	0,552	0,517	0,527	0,546	0,559
0.005	0,540	0,535	0,540	0,546	0,565	0,546	0,553	0,546	0,547	0,546	0,553	0,536	0,552	0,529
0.01	0,554	0,521	0,540	0,541	0,547	0,545	0,542	0,552	0,552	0,534	0,535	0,548	0,565	0,552
0.05	0,535	0,523	0,540	0,547	0,540	0,540	0,522	0,552	0,558	0,546	0,541	0,554	0,540	0,547
1	0,581	0,573	0,572	0,574	0,568	0,568	0,572	0,567	0,582	0,571	0,568	0,574	0,578	0,568
5	0,647	0,655	0,649	0,648	0,657	0,658	0,663	0,658	0,656	0,651	0,670	0,664	0,656	0,661
10	0,647	0,656	0,648	0,675	0,677	0,671	0,678	0,664	0,662	0,670	0,664	0,654	0,666	0,662
50	0,656	0,664	0,671	0,691	0,695	0,690	0,686	0,658	0,637	0,623	0,635	0,623	0,625	0,618
100	0,653	0,663	0,677	0,693	0,700	0,699	0,690	0,659	0,656	0,630	0,612	0,604	0,603	0,599
500	0,681	0,676	0,680	0,685	0,701	0,707	0,711	0,693	0,684	0,675	0,656	0,616	0,604	0,573
1000	0,662	0,677	0,680	0,686	0,696	0,700	0,697	0,712	0,699	0,687	0,682	0,650	0,625	0,603
5000	0,673	0,678	0,682	0,678	0,687	0,707	0,696	0,705	0,704	0,710	0,696	0,699	0,694	0,668
10000	0,667	0,677	0,667	0,676	0,681	0,699	0,697	0,702	0,700	0,704	0,702	0,704	0,697	0,691
50000	0,688	0,687	0,670	0,678	0,676	0,682	0,692	0,700	0,700	0,692	0,701	0,700	0,697	0,699

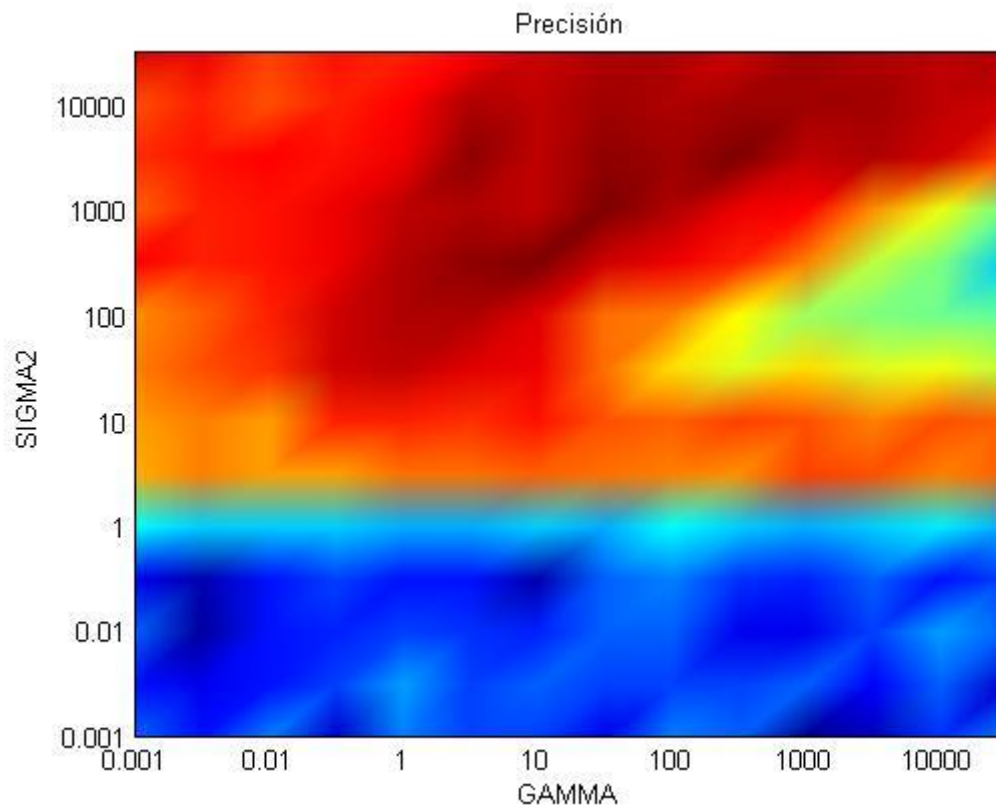


Figura 6-59: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-57: Sensibilidad según parámetros SVM para A-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,113	0,211	0,063	0,308	0,065	0,163	0,162	0,260	0,063	0,112	0,411	0,308	0,160	0,064
0.005	0,210	0,261	0,210	0,163	0,015	0,162	0,113	0,162	0,163	0,162	0,114	0,264	0,111	0,311
0.01	0,115	0,358	0,212	0,212	0,163	0,160	0,214	0,112	0,113	0,260	0,262	0,165	0,015	0,111
0.05	0,262	0,361	0,210	0,164	0,211	0,210	0,360	0,112	0,063	0,161	0,213	0,115	0,211	0,163
1	0,570	0,563	0,564	0,572	0,568	0,568	0,576	0,565	0,581	0,572	0,569	0,573	0,577	0,561
5	0,646	0,655	0,649	0,648	0,657	0,658	0,664	0,657	0,657	0,650	0,670	0,664	0,656	0,661
10	0,647	0,657	0,648	0,675	0,676	0,671	0,678	0,663	0,663	0,670	0,664	0,654	0,666	0,662
50	0,656	0,664	0,672	0,691	0,695	0,690	0,686	0,657	0,637	0,622	0,635	0,622	0,626	0,617
100	0,653	0,663	0,677	0,693	0,700	0,699	0,690	0,659	0,656	0,630	0,611	0,604	0,603	0,599
500	0,681	0,676	0,680	0,685	0,701	0,707	0,711	0,693	0,685	0,675	0,656	0,616	0,604	0,573
1000	0,661	0,677	0,680	0,686	0,696	0,700	0,697	0,712	0,699	0,687	0,682	0,651	0,625	0,603
5000	0,672	0,678	0,682	0,678	0,686	0,707	0,696	0,705	0,705	0,710	0,696	0,699	0,694	0,668
10000	0,667	0,677	0,667	0,675	0,682	0,700	0,697	0,703	0,700	0,704	0,702	0,704	0,698	0,691
50000	0,688	0,688	0,670	0,678	0,676	0,682	0,692	0,700	0,700	0,692	0,701	0,700	0,698	0,699

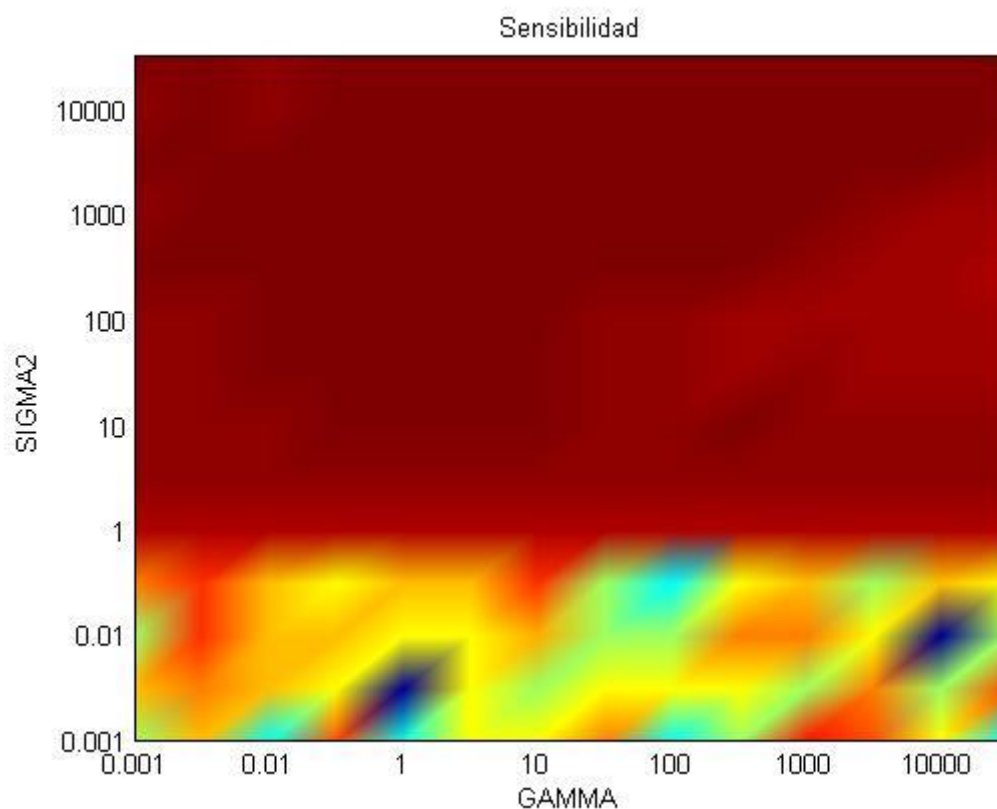


Figura 6-60: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-30ms

6.1.2.1.2 Ventana = 30ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'A', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-58: Especificidad según parámetros SVM para A-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,802	0,802	0,802	0,950	0,901	0,950	0,802	0,703	0,752	0,653	0,703	0,703	0,802	0,851
0.005	0,851	0,802	0,752	0,901	0,950	0,703	0,851	0,752	0,901	0,752	0,851	0,653	0,802	0,901
0.01	0,802	0,851	0,653	0,802	0,851	0,802	0,703	0,752	0,851	0,901	0,950	0,901	0,802	0,901
0.05	0,851	0,703	0,851	0,653	0,802	0,752	0,901	0,802	0,851	0,802	0,901	0,851	0,752	0,851
1	0,613	0,621	0,629	0,612	0,632	0,631	0,627	0,615	0,634	0,627	0,621	0,634	0,633	0,646
5	0,665	0,662	0,658	0,674	0,677	0,672	0,672	0,673	0,677	0,670	0,671	0,683	0,672	0,677
10	0,656	0,654	0,658	0,667	0,688	0,678	0,681	0,676	0,673	0,678	0,675	0,682	0,680	0,678
50	0,650	0,668	0,666	0,690	0,705	0,700	0,699	0,670	0,669	0,655	0,641	0,641	0,647	0,638
100	0,653	0,658	0,662	0,683	0,703	0,717	0,702	0,682	0,665	0,645	0,624	0,631	0,618	0,612
500	0,669	0,673	0,678	0,687	0,700	0,702	0,710	0,710	0,706	0,680	0,667	0,643	0,624	0,609
1000	0,669	0,674	0,678	0,691	0,700	0,713	0,705	0,712	0,697	0,699	0,694	0,657	0,653	0,625
5000	0,678	0,684	0,684	0,680	0,688	0,699	0,693	0,696	0,705	0,702	0,702	0,698	0,698	0,671
10000	0,670	0,675	0,678	0,688	0,692	0,696	0,705	0,694	0,698	0,706	0,707	0,700	0,699	0,702
50000	0,678	0,676	0,674	0,678	0,687	0,680	0,684	0,697	0,694	0,697	0,702	0,700	0,696	0,705

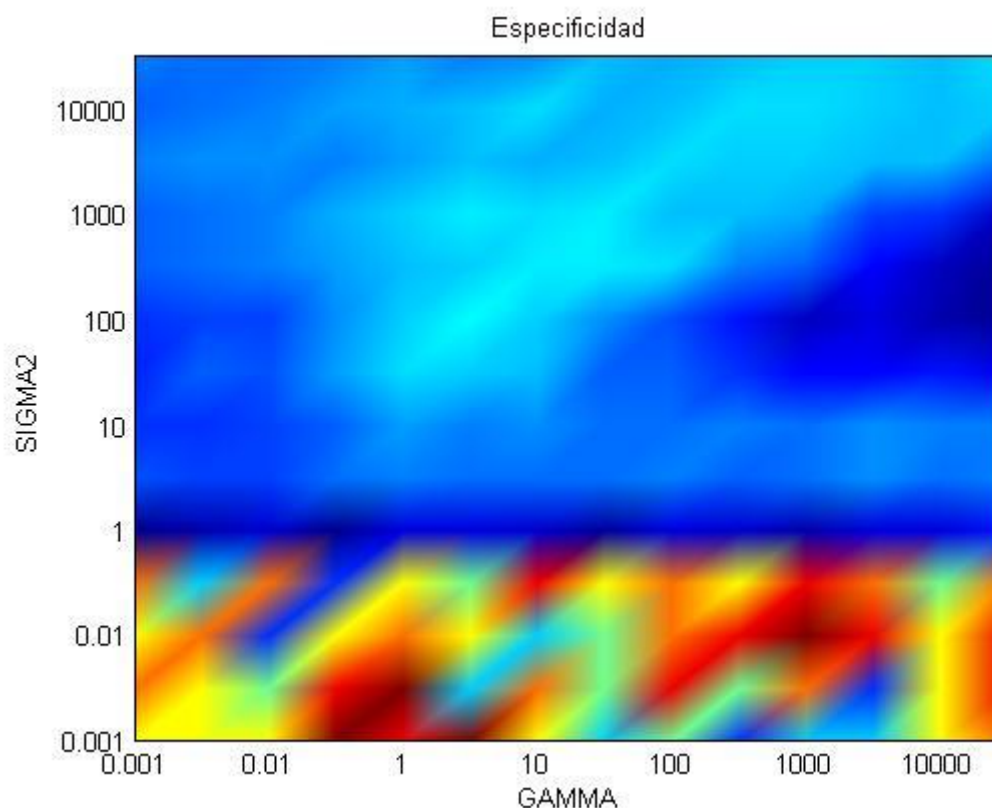


Figura 6-61: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-59: Precisión según parámetros SVM para A-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,303	0,303	0,302	0,201	0,235	0,201	0,303	0,370	0,337	0,404	0,369	0,370	0,302	0,269
0.005	0,268	0,302	0,337	0,234	0,202	0,370	0,268	0,336	0,235	0,335	0,269	0,403	0,303	0,234
0.01	0,302	0,268	0,404	0,301	0,269	0,302	0,369	0,336	0,269	0,235	0,200	0,234	0,303	0,235
0.05	0,268	0,370	0,269	0,404	0,302	0,336	0,234	0,301	0,268	0,304	0,235	0,268	0,337	0,268
1	0,644	0,630	0,637	0,604	0,633	0,621	0,622	0,623	0,645	0,629	0,621	0,631	0,642	0,661
5	0,665	0,662	0,659	0,673	0,678	0,672	0,672	0,673	0,676	0,671	0,671	0,682	0,672	0,677
10	0,656	0,653	0,658	0,667	0,687	0,679	0,681	0,676	0,673	0,678	0,675	0,681	0,680	0,679
50	0,649	0,669	0,665	0,690	0,705	0,700	0,699	0,670	0,670	0,655	0,641	0,641	0,647	0,639
100	0,654	0,659	0,661	0,683	0,704	0,716	0,701	0,682	0,665	0,645	0,624	0,631	0,618	0,612
500	0,670	0,673	0,678	0,686	0,699	0,701	0,710	0,710	0,705	0,679	0,667	0,643	0,624	0,608
1000	0,669	0,674	0,678	0,691	0,700	0,713	0,706	0,712	0,696	0,699	0,694	0,658	0,653	0,624
5000	0,678	0,684	0,684	0,680	0,688	0,699	0,693	0,696	0,705	0,702	0,702	0,698	0,698	0,671
10000	0,670	0,675	0,679	0,688	0,692	0,696	0,705	0,693	0,698	0,706	0,707	0,700	0,699	0,702
50000	0,678	0,676	0,675	0,678	0,688	0,680	0,683	0,697	0,694	0,697	0,702	0,700	0,695	0,705

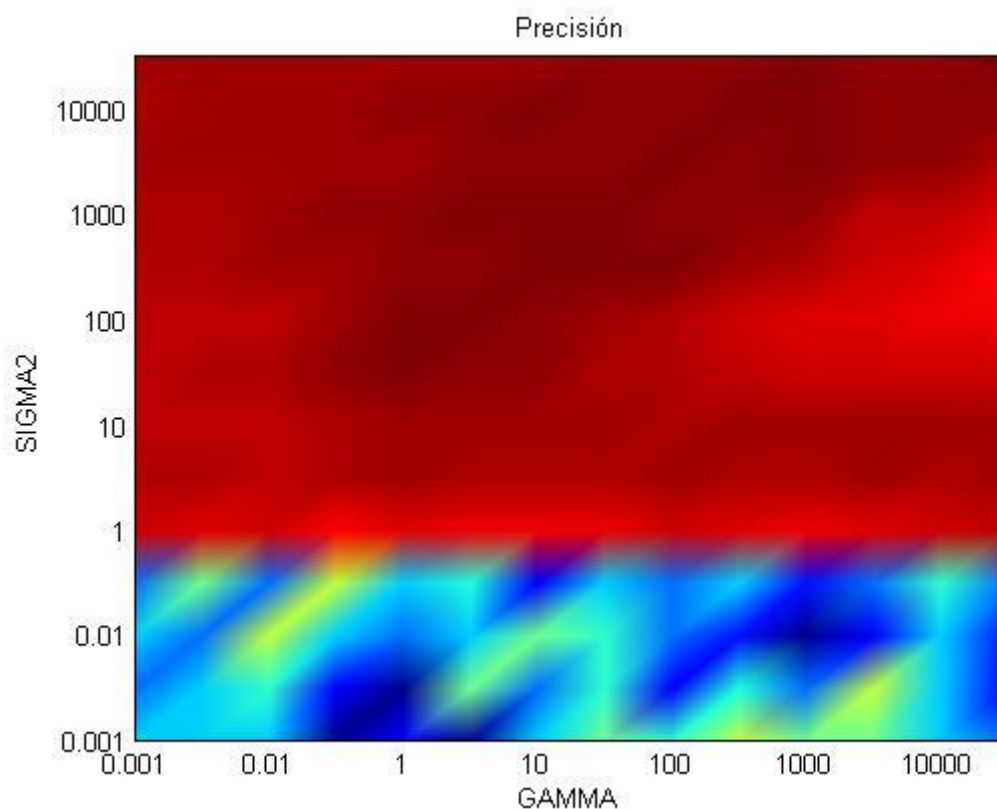


Figura 6-62: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-60: Sensibilidad según parámetros SVM para A-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,208	0,209	0,207	0,058	0,108	0,059	0,208	0,307	0,258	0,357	0,306	0,307	0,207	0,158
0.005	0,157	0,207	0,258	0,107	0,059	0,306	0,157	0,257	0,108	0,256	0,158	0,356	0,208	0,108
0.01	0,208	0,157	0,356	0,206	0,158	0,207	0,306	0,257	0,158	0,109	0,058	0,107	0,208	0,109
0.05	0,157	0,306	0,159	0,356	0,207	0,257	0,108	0,206	0,157	0,209	0,109	0,157	0,258	0,157
1	0,650	0,631	0,639	0,603	0,633	0,619	0,621	0,624	0,647	0,629	0,621	0,630	0,643	0,663
5	0,665	0,662	0,659	0,673	0,678	0,672	0,672	0,673	0,676	0,671	0,671	0,682	0,672	0,677
10	0,656	0,653	0,657	0,667	0,687	0,679	0,681	0,676	0,673	0,678	0,675	0,681	0,680	0,679
50	0,649	0,669	0,665	0,690	0,705	0,700	0,699	0,670	0,670	0,655	0,641	0,641	0,647	0,639
100	0,654	0,659	0,661	0,683	0,704	0,716	0,701	0,682	0,665	0,645	0,624	0,631	0,618	0,612
500	0,670	0,673	0,677	0,686	0,699	0,701	0,710	0,710	0,705	0,679	0,667	0,643	0,624	0,608
1000	0,669	0,674	0,678	0,691	0,700	0,713	0,706	0,712	0,696	0,699	0,694	0,658	0,653	0,624
5000	0,678	0,684	0,685	0,680	0,688	0,699	0,693	0,696	0,705	0,702	0,702	0,698	0,698	0,671
10000	0,670	0,675	0,679	0,688	0,692	0,696	0,705	0,693	0,698	0,706	0,707	0,700	0,699	0,702
50000	0,678	0,676	0,675	0,678	0,688	0,680	0,683	0,696	0,694	0,697	0,702	0,700	0,695	0,705

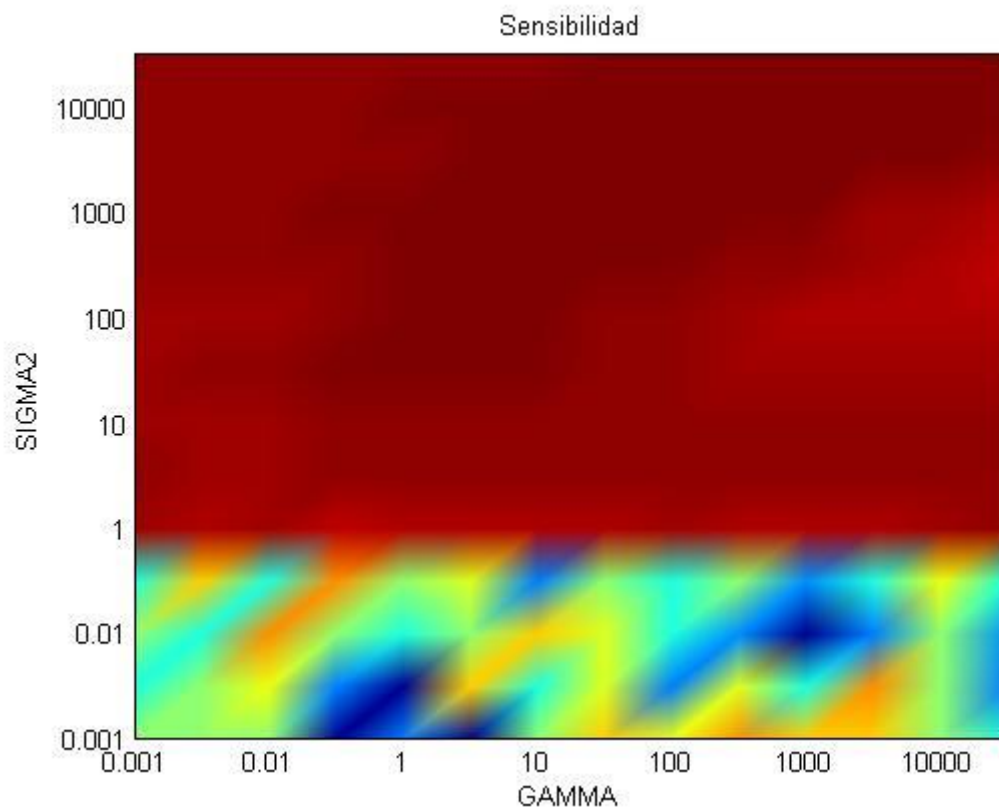


Figura 6-63: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-30ms con solape

6.1.2.1.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'A', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-61: Especificidad según parámetros SVM para A-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,752	0,801	0,801	0,851	0,801	0,604	0,851	0,801	0,704	0,753	0,701	0,651	0,751	0,900
0.005	0,802	0,851	0,651	0,551	0,604	0,851	0,900	0,850	0,851	0,950	0,800	0,652	0,751	0,703
0.01	0,851	0,751	0,700	0,851	0,751	0,751	0,802	0,801	0,702	0,751	0,801	0,801	0,753	0,900
0.05	0,800	0,800	0,702	0,751	0,751	0,951	0,901	0,801	0,701	0,751	0,802	0,801	0,801	0,901
1	0,573	0,567	0,560	0,568	0,556	0,551	0,562	0,583	0,578	0,575	0,562	0,563	0,578	0,567
5	0,654	0,626	0,650	0,638	0,638	0,631	0,628	0,628	0,633	0,649	0,645	0,649	0,633	0,640
10	0,646	0,647	0,635	0,654	0,660	0,646	0,651	0,641	0,649	0,654	0,638	0,650	0,637	0,644
50	0,662	0,660	0,669	0,683	0,704	0,680	0,675	0,656	0,633	0,627	0,620	0,621	0,638	0,624
100	0,657	0,667	0,664	0,682	0,702	0,688	0,680	0,667	0,647	0,624	0,609	0,607	0,596	0,609
500	0,672	0,678	0,660	0,680	0,688	0,702	0,703	0,699	0,678	0,670	0,649	0,622	0,590	0,587
1000	0,669	0,664	0,662	0,675	0,696	0,699	0,688	0,699	0,699	0,691	0,687	0,641	0,624	0,604
5000	0,670	0,656	0,678	0,675	0,686	0,691	0,701	0,699	0,704	0,695	0,701	0,695	0,683	0,662
10000	0,659	0,664	0,664	0,663	0,672	0,693	0,688	0,701	0,704	0,709	0,706	0,703	0,693	0,691
50000	0,662	0,660	0,658	0,665	0,683	0,683	0,671	0,691	0,688	0,701	0,690	0,701	0,695	0,692

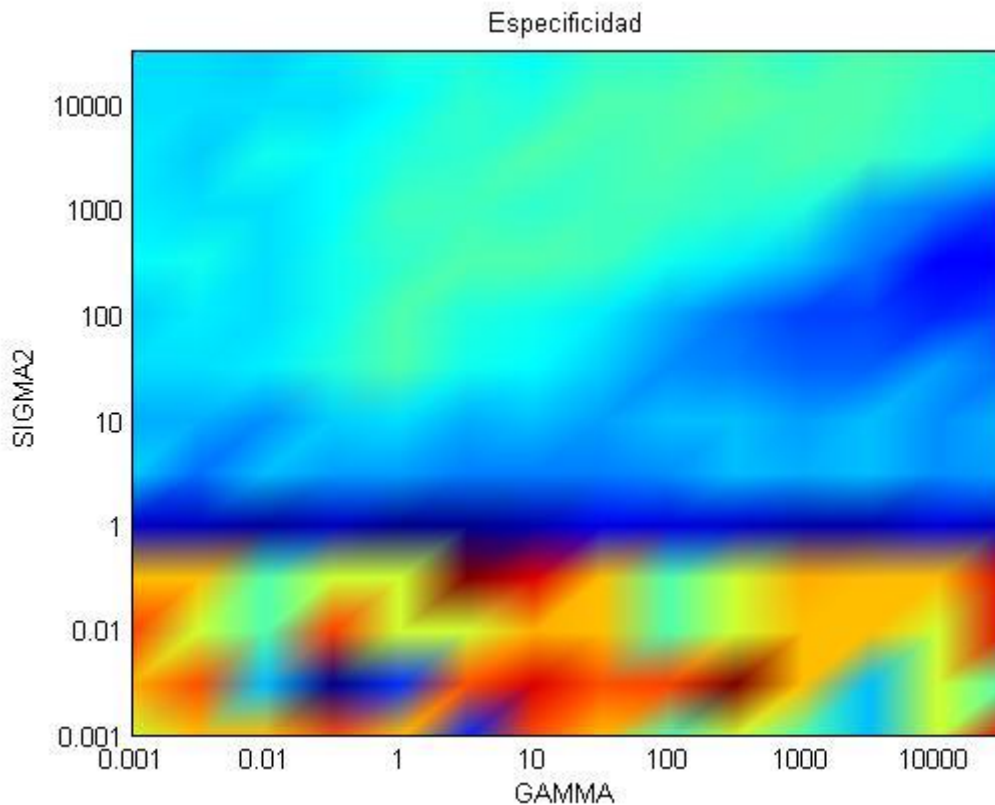


Figura 6-64: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-62: Precisión según parámetros SVM para A-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,426	0,411	0,411	0,394	0,411	0,474	0,394	0,410	0,440	0,427	0,441	0,456	0,427	0,378
0.005	0,412	0,394	0,459	0,490	0,475	0,393	0,379	0,394	0,395	0,363	0,410	0,458	0,427	0,443
0.01	0,394	0,427	0,442	0,395	0,426	0,426	0,409	0,410	0,442	0,425	0,411	0,410	0,427	0,378
0.05	0,411	0,410	0,441	0,427	0,426	0,362	0,378	0,411	0,441	0,427	0,409	0,410	0,408	0,378
1	0,578	0,568	0,565	0,566	0,558	0,547	0,560	0,576	0,570	0,573	0,553	0,548	0,570	0,562
5	0,655	0,626	0,650	0,638	0,639	0,631	0,629	0,628	0,632	0,649	0,645	0,650	0,633	0,640
10	0,646	0,647	0,634	0,654	0,660	0,647	0,652	0,642	0,650	0,654	0,639	0,650	0,636	0,644
50	0,663	0,661	0,669	0,684	0,703	0,679	0,675	0,656	0,633	0,626	0,620	0,621	0,638	0,624
100	0,658	0,667	0,665	0,683	0,703	0,688	0,681	0,667	0,648	0,624	0,609	0,606	0,595	0,609
500	0,672	0,677	0,660	0,680	0,688	0,703	0,703	0,700	0,679	0,671	0,648	0,620	0,589	0,586
1000	0,669	0,664	0,662	0,675	0,697	0,699	0,689	0,699	0,700	0,692	0,687	0,641	0,623	0,604
5000	0,670	0,656	0,679	0,676	0,685	0,691	0,702	0,699	0,705	0,696	0,701	0,694	0,682	0,663
10000	0,660	0,665	0,665	0,663	0,672	0,694	0,687	0,701	0,704	0,710	0,706	0,703	0,693	0,690
50000	0,662	0,660	0,658	0,666	0,683	0,683	0,671	0,691	0,689	0,702	0,690	0,702	0,696	0,691

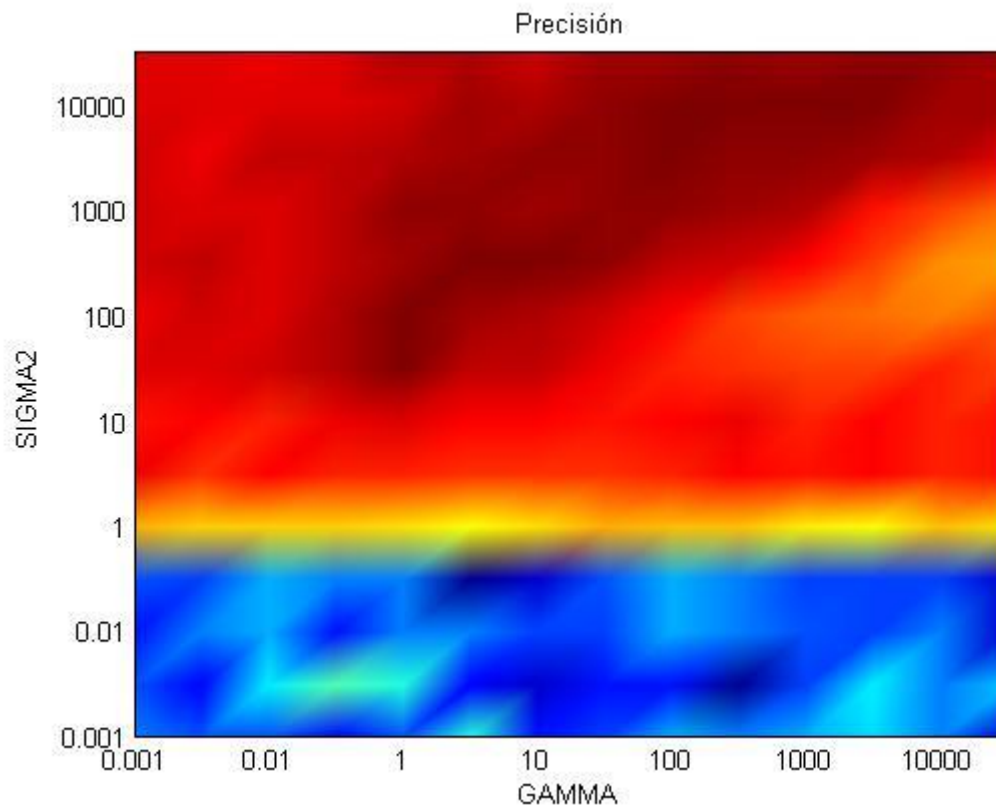


Figura 6-65: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-63: Sensibilidad según parámetros SVM para A-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,261	0,213	0,213	0,162	0,213	0,408	0,163	0,212	0,307	0,262	0,308	0,357	0,262	0,113
0.005	0,214	0,162	0,361	0,458	0,410	0,160	0,115	0,163	0,164	0,065	0,211	0,359	0,262	0,311
0.01	0,162	0,263	0,311	0,163	0,261	0,261	0,209	0,213	0,310	0,260	0,214	0,211	0,261	0,113
0.05	0,214	0,212	0,308	0,263	0,261	0,063	0,113	0,214	0,310	0,262	0,210	0,211	0,208	0,112
1	0,580	0,569	0,567	0,565	0,559	0,545	0,558	0,572	0,566	0,572	0,549	0,540	0,566	0,560
5	0,655	0,626	0,650	0,638	0,639	0,631	0,629	0,627	0,632	0,649	0,644	0,650	0,633	0,640
10	0,646	0,646	0,634	0,654	0,660	0,648	0,652	0,642	0,650	0,654	0,639	0,650	0,635	0,644
50	0,663	0,661	0,669	0,685	0,703	0,679	0,675	0,657	0,633	0,626	0,621	0,622	0,638	0,624
100	0,658	0,668	0,665	0,683	0,703	0,688	0,681	0,667	0,649	0,624	0,609	0,606	0,595	0,609
500	0,673	0,677	0,660	0,681	0,688	0,703	0,703	0,701	0,679	0,671	0,648	0,620	0,588	0,586
1000	0,669	0,664	0,662	0,675	0,697	0,699	0,689	0,699	0,701	0,692	0,687	0,641	0,623	0,603
5000	0,669	0,656	0,679	0,676	0,685	0,691	0,703	0,699	0,705	0,696	0,702	0,694	0,681	0,663
10000	0,660	0,665	0,665	0,663	0,672	0,694	0,687	0,701	0,704	0,710	0,707	0,704	0,694	0,690
50000	0,663	0,661	0,657	0,666	0,683	0,684	0,672	0,692	0,689	0,703	0,691	0,702	0,696	0,691

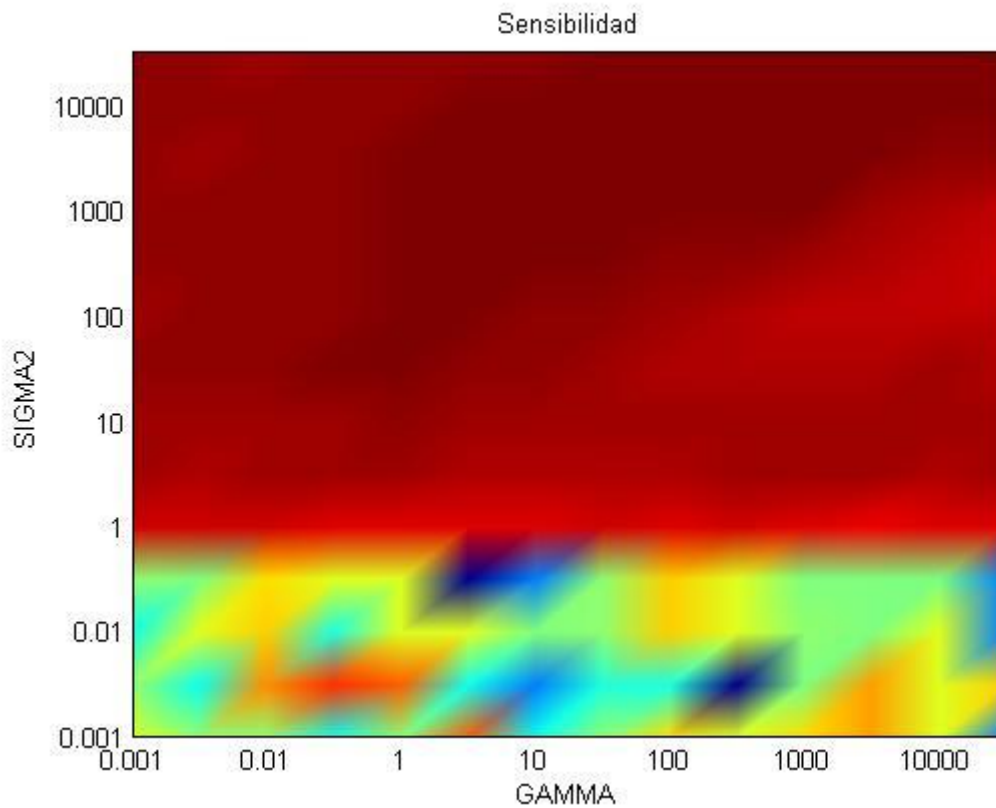


Figura 6-66: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-50ms

6.1.2.1.4 Ventana = 50ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'A', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-64: Especificidad según parámetros SVM para A-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,800	0,752	0,900	0,651	1,000	0,801	0,802	0,801	0,801	0,801	0,700	0,601	0,850	0,752
0.005	0,900	0,752	0,851	0,901	0,702	0,653	0,950	0,751	0,801	0,801	0,900	0,950	0,552	0,651
0.01	0,851	0,701	0,900	0,802	0,851	0,750	0,900	0,900	0,701	0,801	0,850	0,851	0,702	0,802
0.05	0,602	0,950	0,950	0,950	0,752	0,751	0,553	0,851	0,950	0,950	0,851	0,801	0,702	0,851
1	0,570	0,568	0,555	0,567	0,556	0,577	0,560	0,583	0,568	0,564	0,569	0,566	0,560	0,548
5	0,628	0,634	0,641	0,637	0,659	0,654	0,651	0,656	0,646	0,657	0,647	0,633	0,651	0,645
10	0,644	0,632	0,632	0,642	0,661	0,658	0,669	0,660	0,646	0,648	0,658	0,652	0,655	0,648
50	0,654	0,658	0,665	0,677	0,695	0,693	0,678	0,667	0,652	0,638	0,634	0,645	0,627	0,635
100	0,667	0,667	0,667	0,683	0,701	0,695	0,696	0,669	0,656	0,630	0,617	0,605	0,601	0,610
500	0,671	0,676	0,680	0,686	0,695	0,700	0,692	0,705	0,696	0,676	0,659	0,615	0,607	0,588
1000	0,661	0,662	0,676	0,681	0,703	0,685	0,693	0,709	0,703	0,698	0,679	0,650	0,641	0,609
5000	0,675	0,669	0,656	0,666	0,686	0,700	0,697	0,707	0,697	0,707	0,702	0,701	0,698	0,671
10000	0,674	0,680	0,679	0,679	0,676	0,690	0,696	0,700	0,690	0,701	0,694	0,701	0,710	0,696
50000	0,674	0,667	0,668	0,667	0,677	0,674	0,682	0,695	0,704	0,700	0,702	0,705	0,697	0,696

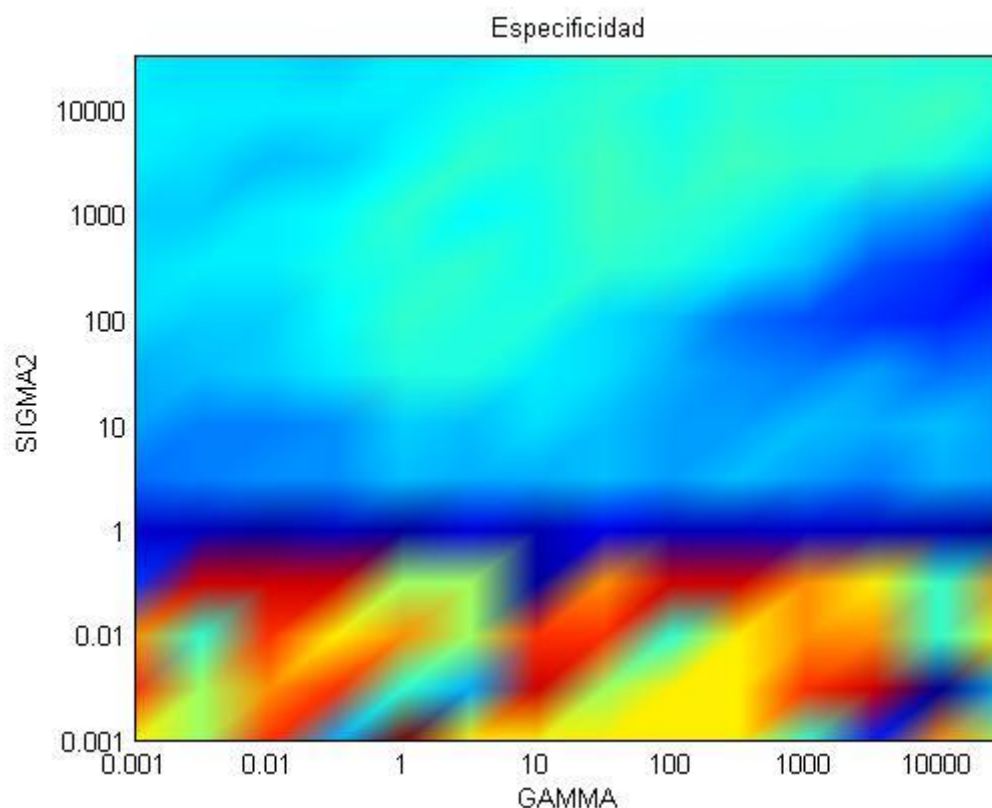


Figura 6-67: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-65: Precisión según parámetros SVM para A-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,467	0,473	0,453	0,486	0,439	0,467	0,468	0,467	0,467	0,467	0,479	0,494	0,460	0,475
0.005	0,455	0,472	0,459	0,455	0,479	0,487	0,447	0,474	0,465	0,465	0,453	0,448	0,499	0,485
0.01	0,460	0,479	0,455	0,468	0,461	0,473	0,453	0,454	0,479	0,467	0,459	0,461	0,480	0,467
0.05	0,492	0,446	0,446	0,446	0,472	0,474	0,501	0,462	0,446	0,447	0,458	0,465	0,479	0,460
1	0,563	0,564	0,550	0,563	0,563	0,572	0,555	0,571	0,564	0,554	0,565	0,565	0,560	0,550
5	0,628	0,634	0,642	0,637	0,659	0,654	0,651	0,656	0,646	0,657	0,647	0,633	0,652	0,645
10	0,644	0,632	0,631	0,642	0,661	0,658	0,669	0,660	0,645	0,647	0,659	0,652	0,655	0,648
50	0,654	0,658	0,665	0,677	0,695	0,693	0,679	0,668	0,652	0,638	0,634	0,645	0,627	0,635
100	0,667	0,667	0,667	0,683	0,701	0,695	0,696	0,669	0,656	0,630	0,618	0,606	0,602	0,611
500	0,671	0,676	0,679	0,687	0,695	0,701	0,692	0,705	0,696	0,676	0,659	0,615	0,606	0,588
1000	0,661	0,662	0,676	0,682	0,703	0,685	0,693	0,709	0,704	0,698	0,680	0,650	0,641	0,609
5000	0,674	0,669	0,656	0,665	0,686	0,700	0,698	0,708	0,697	0,708	0,703	0,701	0,699	0,671
10000	0,674	0,680	0,679	0,679	0,676	0,690	0,697	0,700	0,690	0,702	0,695	0,701	0,710	0,696
50000	0,674	0,667	0,668	0,667	0,678	0,674	0,682	0,695	0,704	0,700	0,703	0,705	0,697	0,696

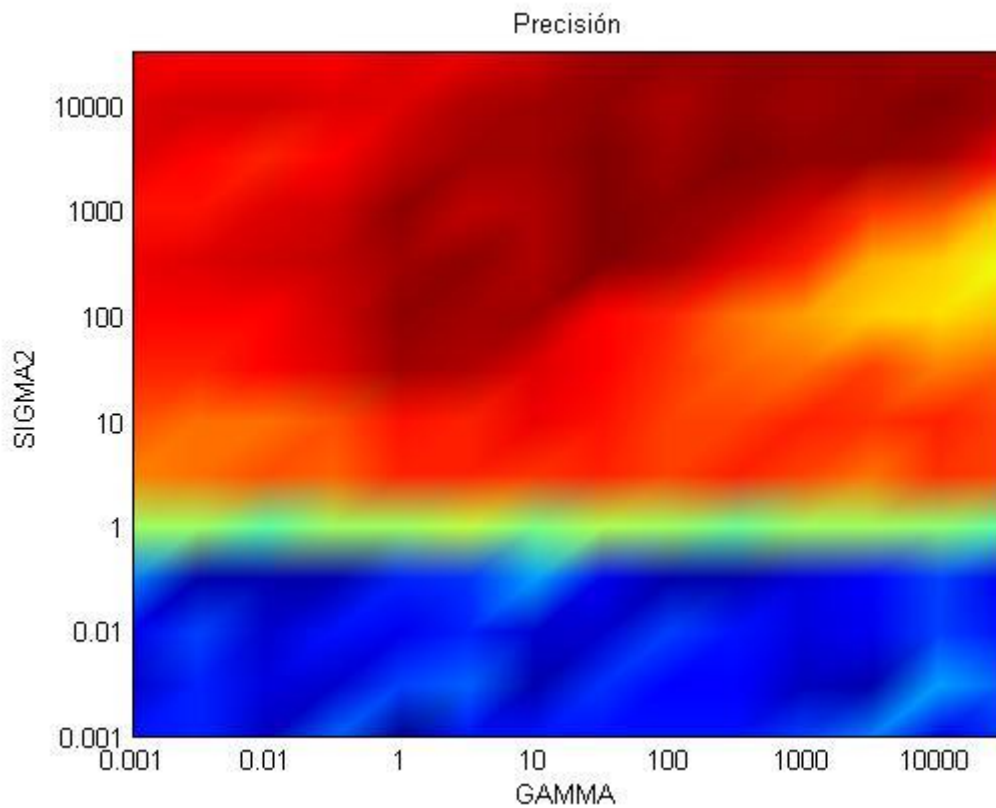


Figura 6-68: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-66: Sensibilidad según parámetros SVM para A-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,214	0,262	0,113	0,361	0,015	0,214	0,215	0,213	0,213	0,213	0,311	0,412	0,164	0,265
0.005	0,117	0,260	0,161	0,117	0,311	0,361	0,067	0,264	0,211	0,210	0,113	0,068	0,459	0,359
0.01	0,164	0,311	0,118	0,215	0,165	0,262	0,114	0,115	0,311	0,215	0,162	0,165	0,311	0,214
0.05	0,409	0,065	0,065	0,065	0,260	0,264	0,461	0,166	0,064	0,066	0,160	0,211	0,311	0,164
1	0,558	0,561	0,545	0,560	0,569	0,569	0,551	0,562	0,560	0,547	0,561	0,565	0,560	0,551
5	0,628	0,634	0,642	0,637	0,659	0,654	0,651	0,657	0,647	0,657	0,647	0,633	0,652	0,645
10	0,644	0,632	0,631	0,642	0,661	0,658	0,669	0,660	0,645	0,647	0,659	0,652	0,655	0,648
50	0,655	0,658	0,666	0,677	0,695	0,693	0,679	0,668	0,653	0,639	0,634	0,645	0,626	0,635
100	0,667	0,667	0,668	0,683	0,701	0,694	0,696	0,669	0,656	0,630	0,618	0,606	0,602	0,611
500	0,671	0,676	0,679	0,687	0,695	0,701	0,692	0,706	0,696	0,676	0,658	0,615	0,606	0,588
1000	0,661	0,662	0,676	0,682	0,703	0,686	0,693	0,710	0,704	0,698	0,680	0,650	0,641	0,609
5000	0,674	0,668	0,656	0,664	0,686	0,700	0,698	0,708	0,697	0,708	0,703	0,702	0,699	0,670
10000	0,675	0,680	0,679	0,679	0,676	0,690	0,697	0,701	0,689	0,702	0,695	0,701	0,710	0,696
50000	0,674	0,667	0,668	0,667	0,678	0,674	0,682	0,695	0,704	0,700	0,703	0,704	0,698	0,696

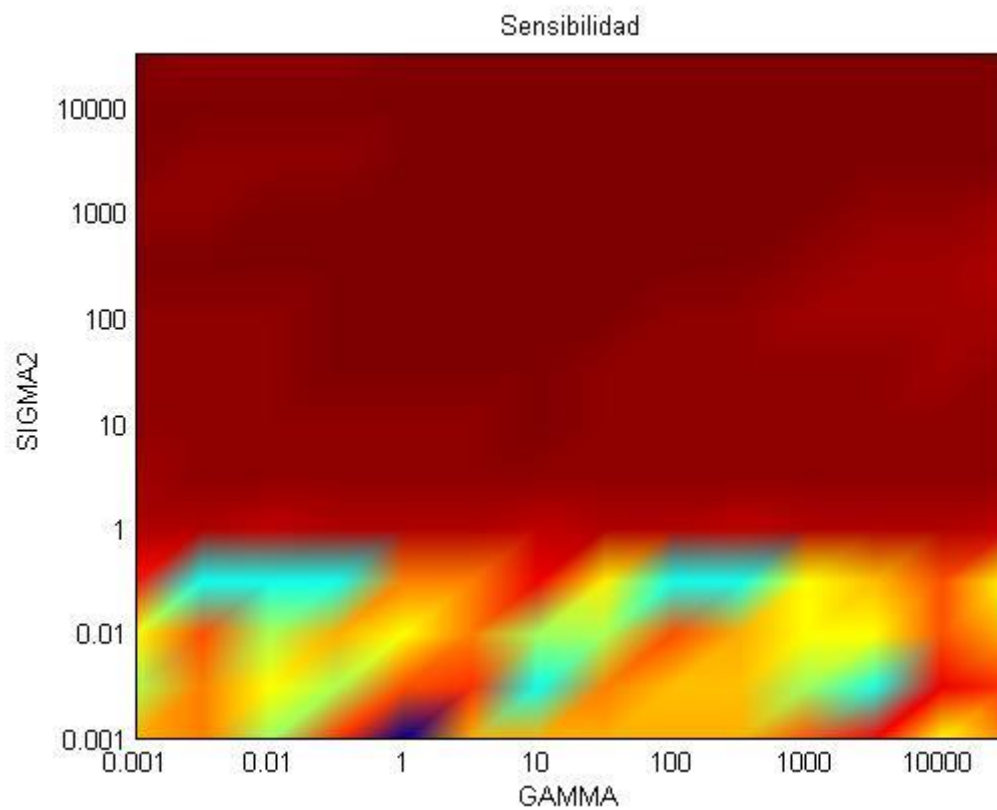


Figura 6-69: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-50ms con solape

6.1.2.1.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'A', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-67: Especificidad según parámetros SVM para A-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,851	0,901	0,752	0,950	0,901	0,901	0,703	0,901	0,801	0,851	0,950	0,851	0,851	1,000
0.005	0,851	0,901	0,752	0,801	0,950	0,851	0,802	0,802	0,851	0,901	0,851	0,802	0,851	1,000
0.01	0,851	0,802	0,901	0,752	0,802	0,950	0,901	0,851	0,950	0,851	0,851	0,950	0,950	0,851
0.05	0,950	0,950	0,851	0,802	0,950	0,950	0,802	0,851	0,901	0,950	0,752	0,851	0,950	0,950
1	0,580	0,579	0,572	0,588	0,579	0,588	0,581	0,587	0,592	0,585	0,580	0,586	0,581	0,567
5	0,653	0,653	0,643	0,653	0,666	0,657	0,650	0,645	0,655	0,655	0,653	0,652	0,650	0,649
10	0,637	0,649	0,643	0,654	0,667	0,676	0,675	0,662	0,662	0,663	0,673	0,663	0,668	0,659
50	0,654	0,663	0,672	0,670	0,687	0,677	0,677	0,653	0,649	0,651	0,645	0,637	0,633	0,638
100	0,659	0,673	0,669	0,684	0,707	0,695	0,684	0,653	0,645	0,644	0,615	0,624	0,617	0,618
500	0,676	0,668	0,678	0,678	0,693	0,698	0,699	0,687	0,690	0,660	0,642	0,616	0,601	0,585
1000	0,667	0,667	0,678	0,679	0,700	0,693	0,704	0,701	0,699	0,677	0,677	0,630	0,624	0,606
5000	0,664	0,662	0,667	0,657	0,676	0,694	0,694	0,700	0,699	0,705	0,695	0,693	0,687	0,655
10000	0,656	0,663	0,667	0,670	0,669	0,686	0,705	0,695	0,700	0,701	0,705	0,702	0,691	0,680
50000	0,663	0,660	0,667	0,664	0,661	0,671	0,681	0,692	0,698	0,698	0,700	0,699	0,697	0,679

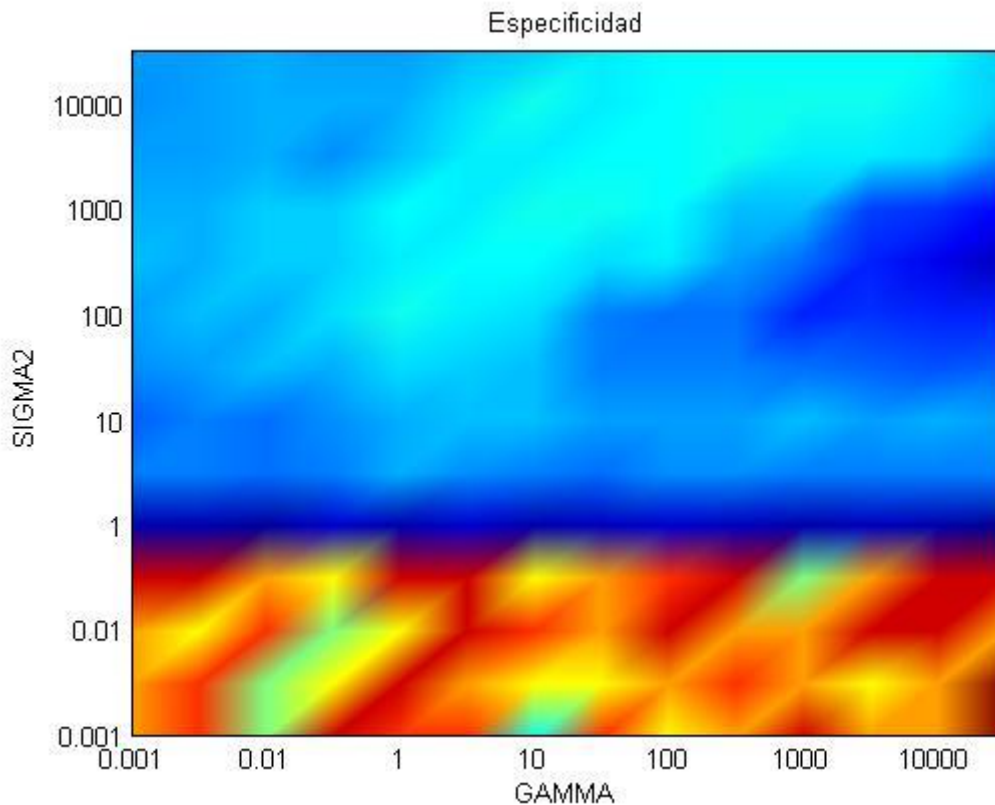


Figura 6-70: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-68: Precisión según parámetros SVM para A-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,320	0,295	0,374	0,269	0,295	0,295	0,400	0,294	0,347	0,321	0,268	0,322	0,321	0,242
0.005	0,321	0,296	0,373	0,348	0,268	0,321	0,347	0,346	0,322	0,295	0,320	0,348	0,321	0,242
0.01	0,323	0,347	0,296	0,374	0,347	0,268	0,295	0,320	0,269	0,321	0,321	0,268	0,268	0,320
0.05	0,269	0,269	0,323	0,348	0,268	0,267	0,348	0,321	0,294	0,267	0,374	0,320	0,268	0,268
1	0,561	0,551	0,565	0,574	0,556	0,579	0,576	0,584	0,596	0,591	0,570	0,588	0,575	0,567
5	0,652	0,653	0,644	0,653	0,666	0,657	0,650	0,645	0,654	0,655	0,653	0,652	0,651	0,649
10	0,637	0,649	0,643	0,654	0,667	0,676	0,675	0,662	0,662	0,663	0,672	0,663	0,669	0,659
50	0,655	0,663	0,672	0,670	0,688	0,677	0,677	0,653	0,648	0,651	0,646	0,636	0,634	0,637
100	0,660	0,673	0,670	0,685	0,707	0,694	0,684	0,654	0,645	0,644	0,615	0,624	0,617	0,619
500	0,675	0,668	0,678	0,678	0,693	0,698	0,699	0,687	0,691	0,660	0,642	0,615	0,601	0,586
1000	0,667	0,667	0,678	0,678	0,699	0,693	0,704	0,702	0,699	0,677	0,677	0,630	0,624	0,605
5000	0,663	0,662	0,667	0,657	0,676	0,694	0,694	0,700	0,699	0,705	0,696	0,693	0,687	0,655
10000	0,656	0,663	0,666	0,670	0,670	0,687	0,705	0,695	0,700	0,701	0,704	0,702	0,692	0,680
50000	0,662	0,660	0,667	0,664	0,661	0,672	0,681	0,692	0,698	0,697	0,699	0,699	0,697	0,679

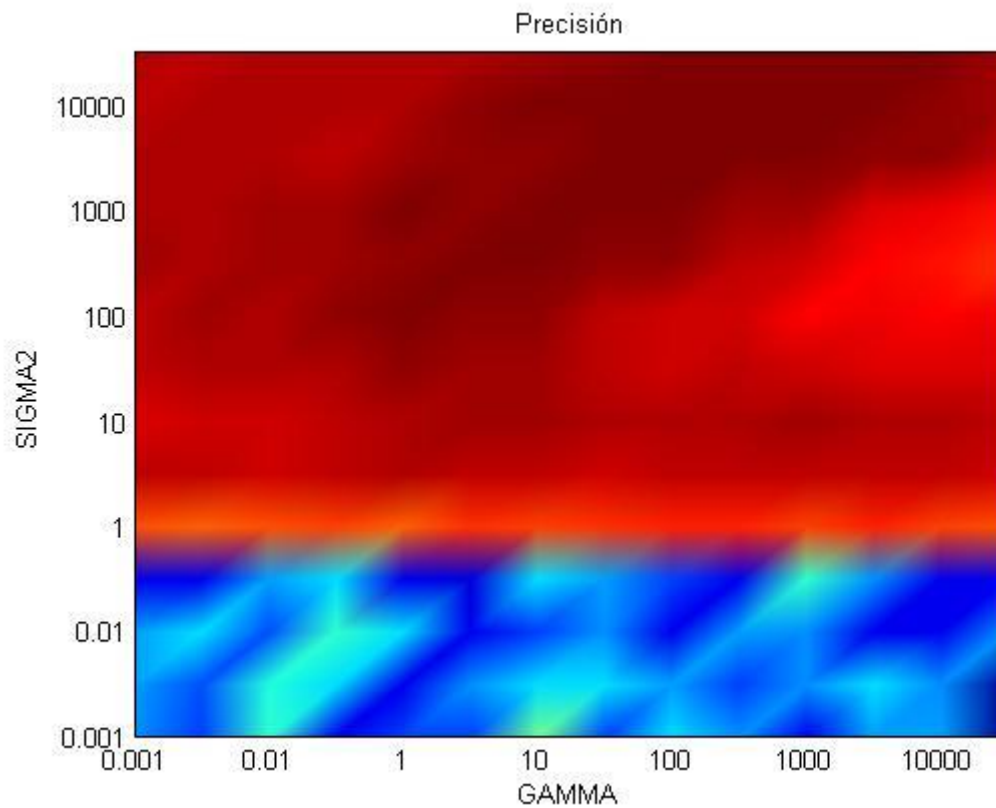


Figura 6-71: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-69: Sensibilidad según parámetros SVM para A-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,159	0,111	0,259	0,062	0,111	0,110	0,308	0,110	0,209	0,159	0,061	0,161	0,160	0,011
0.005	0,160	0,112	0,258	0,210	0,061	0,160	0,209	0,208	0,161	0,111	0,159	0,210	0,159	0,012
0.01	0,162	0,209	0,112	0,259	0,209	0,060	0,111	0,159	0,062	0,160	0,160	0,061	0,061	0,159
0.05	0,062	0,062	0,162	0,210	0,061	0,059	0,209	0,160	0,109	0,060	0,259	0,159	0,061	0,060
1	0,555	0,542	0,563	0,569	0,549	0,577	0,574	0,583	0,597	0,593	0,567	0,589	0,573	0,567
5	0,652	0,653	0,644	0,653	0,666	0,657	0,650	0,644	0,654	0,655	0,653	0,652	0,652	0,649
10	0,637	0,649	0,643	0,654	0,667	0,676	0,675	0,662	0,662	0,663	0,672	0,663	0,669	0,659
50	0,655	0,663	0,671	0,670	0,688	0,677	0,677	0,653	0,648	0,651	0,646	0,636	0,634	0,637
100	0,660	0,673	0,670	0,685	0,707	0,694	0,684	0,654	0,645	0,644	0,615	0,624	0,617	0,619
500	0,675	0,668	0,678	0,678	0,692	0,698	0,699	0,687	0,691	0,660	0,642	0,615	0,601	0,586
1000	0,666	0,667	0,678	0,678	0,699	0,693	0,704	0,702	0,699	0,678	0,677	0,629	0,624	0,605
5000	0,663	0,662	0,667	0,657	0,676	0,694	0,694	0,700	0,699	0,705	0,696	0,693	0,687	0,655
10000	0,656	0,663	0,666	0,671	0,670	0,687	0,705	0,696	0,701	0,701	0,704	0,702	0,692	0,680
50000	0,662	0,660	0,667	0,665	0,661	0,672	0,681	0,692	0,698	0,697	0,699	0,699	0,697	0,679

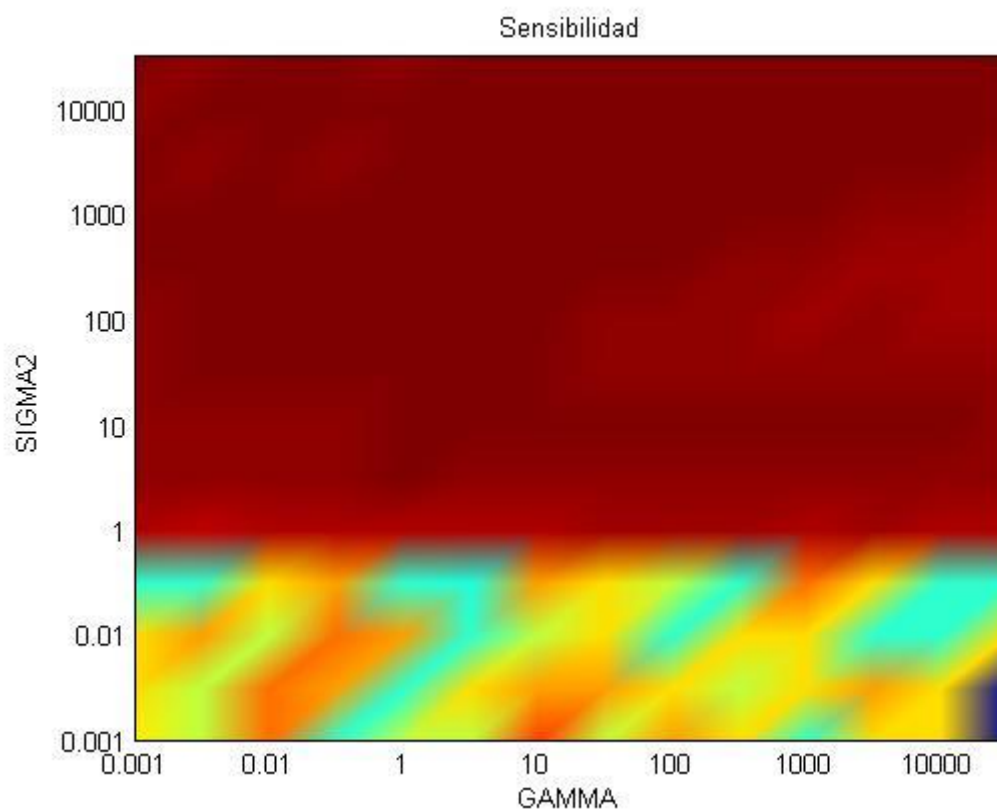


Figura 6-72: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-70ms

6.1.2.1.6 Ventana = 70ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'A', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-70: Especificidad según parámetros SVM para A-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,803	0,754	0,803	0,852	0,852	0,557	0,803	0,754	0,803	0,803	0,803	0,655	0,803	0,852
0.005	0,901	0,655	0,951	0,852	0,557	0,803	0,704	0,803	0,803	0,852	0,901	0,803	0,852	0,852
0.01	0,852	0,852	0,704	0,754	0,803	0,951	0,901	0,557	0,901	0,901	0,754	0,852	0,802	0,852
0.05	0,754	0,901	0,901	0,803	0,557	0,803	0,951	0,951	0,754	0,852	0,704	0,704	0,754	0,704
1	0,613	0,601	0,614	0,613	0,604	0,614	0,609	0,607	0,605	0,616	0,619	0,622	0,612	0,614
5	0,640	0,641	0,648	0,649	0,663	0,648	0,664	0,657	0,651	0,651	0,664	0,657	0,654	0,661
10	0,635	0,643	0,641	0,651	0,676	0,663	0,659	0,664	0,662	0,657	0,670	0,660	0,665	0,662
50	0,638	0,668	0,664	0,681	0,700	0,689	0,666	0,661	0,655	0,636	0,630	0,643	0,628	0,625
100	0,661	0,667	0,665	0,674	0,695	0,686	0,693	0,664	0,651	0,626	0,638	0,612	0,617	0,617
500	0,660	0,668	0,668	0,676	0,688	0,702	0,704	0,689	0,686	0,669	0,651	0,620	0,614	0,600
1000	0,659	0,672	0,663	0,673	0,684	0,692	0,703	0,707	0,707	0,682	0,654	0,636	0,631	0,603
5000	0,672	0,657	0,657	0,667	0,678	0,687	0,691	0,698	0,705	0,706	0,698	0,705	0,686	0,660
10000	0,657	0,668	0,658	0,672	0,673	0,687	0,688	0,705	0,701	0,696	0,698	0,701	0,706	0,686
50000	0,664	0,662	0,670	0,662	0,663	0,669	0,680	0,693	0,699	0,707	0,697	0,701	0,707	0,693

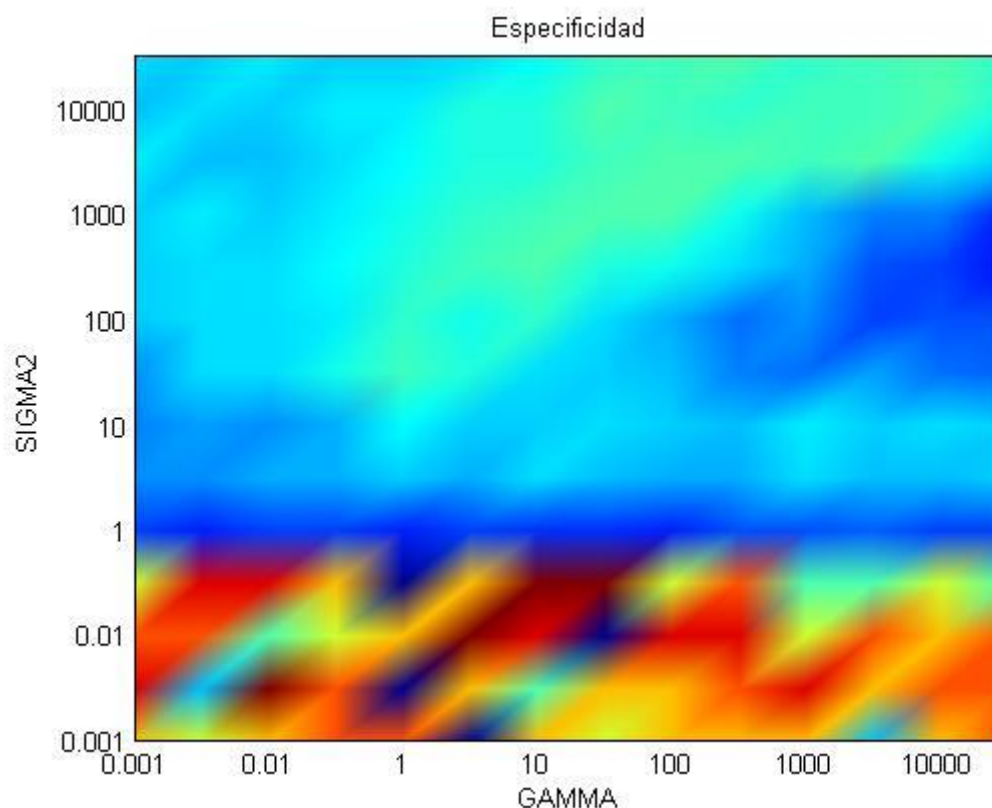


Figura 6-73: Representación gráfica esp. según parámetros SVM A-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-71: Precisión según parámetros SVM para A-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,261	0,301	0,261	0,220	0,221	0,464	0,261	0,301	0,261	0,262	0,261	0,383	0,261	0,220
0.005	0,180	0,382	0,139	0,221	0,464	0,261	0,342	0,262	0,262	0,220	0,180	0,262	0,221	0,220
0.01	0,220	0,220	0,343	0,301	0,261	0,140	0,180	0,464	0,180	0,179	0,301	0,220	0,261	0,221
0.05	0,302	0,180	0,180	0,261	0,464	0,260	0,139	0,140	0,302	0,221	0,342	0,342	0,302	0,342
1	0,622	0,603	0,619	0,615	0,609	0,616	0,614	0,608	0,605	0,621	0,622	0,623	0,610	0,619
5	0,641	0,641	0,648	0,650	0,664	0,648	0,663	0,656	0,652	0,650	0,663	0,658	0,653	0,661
10	0,634	0,644	0,642	0,651	0,676	0,663	0,659	0,664	0,663	0,656	0,670	0,659	0,666	0,663
50	0,638	0,668	0,665	0,683	0,700	0,688	0,666	0,661	0,654	0,636	0,630	0,643	0,628	0,625
100	0,661	0,666	0,665	0,674	0,695	0,684	0,693	0,664	0,650	0,626	0,638	0,613	0,617	0,618
500	0,660	0,667	0,667	0,677	0,687	0,702	0,704	0,689	0,685	0,668	0,652	0,620	0,615	0,600
1000	0,657	0,672	0,663	0,674	0,683	0,694	0,702	0,707	0,706	0,681	0,653	0,637	0,631	0,603
5000	0,671	0,658	0,657	0,667	0,679	0,687	0,690	0,699	0,704	0,704	0,697	0,705	0,685	0,660
10000	0,655	0,670	0,658	0,673	0,672	0,687	0,689	0,705	0,701	0,697	0,698	0,701	0,705	0,686
50000	0,664	0,662	0,670	0,662	0,664	0,668	0,680	0,694	0,699	0,706	0,697	0,702	0,707	0,694

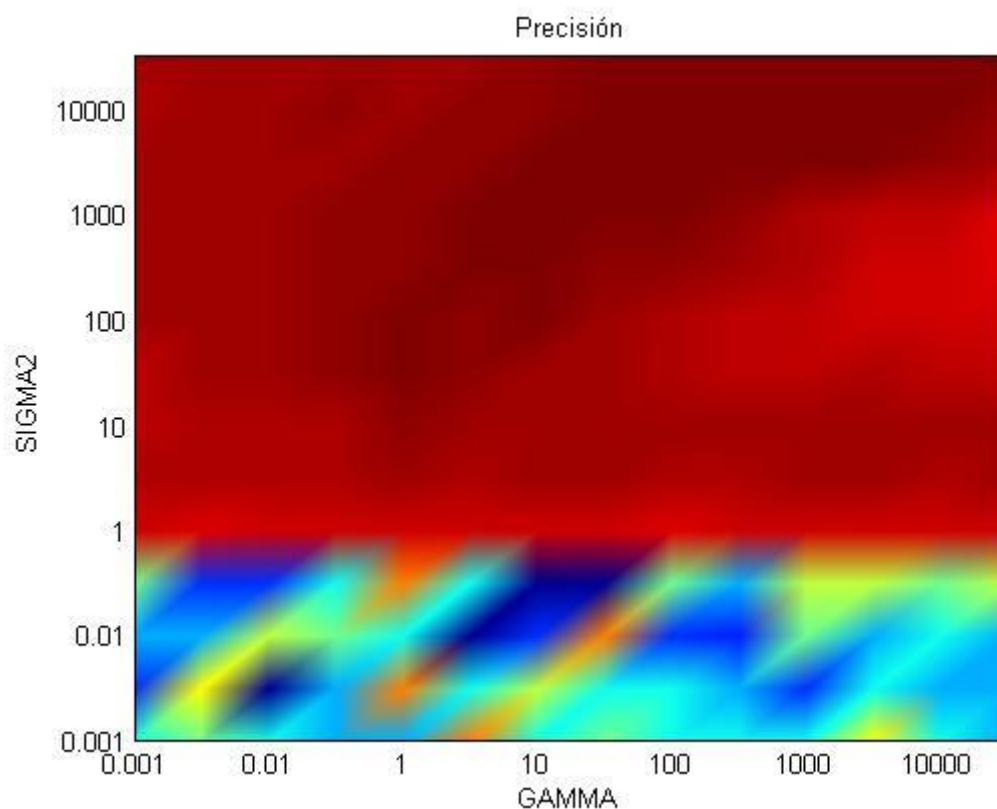


Figura 6-74: Representación gráfica pre. según parámetros SVM A-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-72: Sensibilidad según parámetros SVM para A-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,206	0,255	0,206	0,156	0,156	0,455	0,206	0,255	0,206	0,206	0,206	0,355	0,206	0,156
0.005	0,107	0,354	0,057	0,157	0,454	0,206	0,305	0,206	0,207	0,156	0,107	0,206	0,157	0,156
0.01	0,156	0,156	0,306	0,255	0,206	0,058	0,107	0,454	0,107	0,106	0,255	0,156	0,206	0,157
0.05	0,256	0,107	0,107	0,206	0,455	0,205	0,057	0,057	0,256	0,156	0,305	0,305	0,256	0,305
1	0,623	0,603	0,619	0,615	0,610	0,617	0,614	0,608	0,605	0,621	0,622	0,623	0,609	0,619
5	0,641	0,641	0,648	0,650	0,664	0,648	0,663	0,656	0,652	0,650	0,663	0,658	0,653	0,661
10	0,634	0,645	0,642	0,651	0,676	0,663	0,658	0,664	0,663	0,656	0,670	0,659	0,666	0,663
50	0,638	0,668	0,665	0,683	0,700	0,688	0,666	0,661	0,653	0,636	0,630	0,643	0,628	0,625
100	0,661	0,666	0,665	0,674	0,695	0,684	0,693	0,664	0,650	0,626	0,638	0,613	0,617	0,618
500	0,660	0,667	0,667	0,677	0,687	0,702	0,704	0,689	0,685	0,668	0,652	0,620	0,615	0,600
1000	0,657	0,672	0,662	0,674	0,683	0,694	0,702	0,707	0,706	0,681	0,653	0,637	0,631	0,603
5000	0,671	0,658	0,657	0,666	0,679	0,687	0,690	0,699	0,704	0,704	0,697	0,705	0,685	0,660
10000	0,655	0,670	0,658	0,673	0,672	0,687	0,689	0,705	0,701	0,697	0,698	0,701	0,705	0,686
50000	0,664	0,662	0,670	0,662	0,664	0,668	0,680	0,694	0,699	0,706	0,697	0,702	0,707	0,694

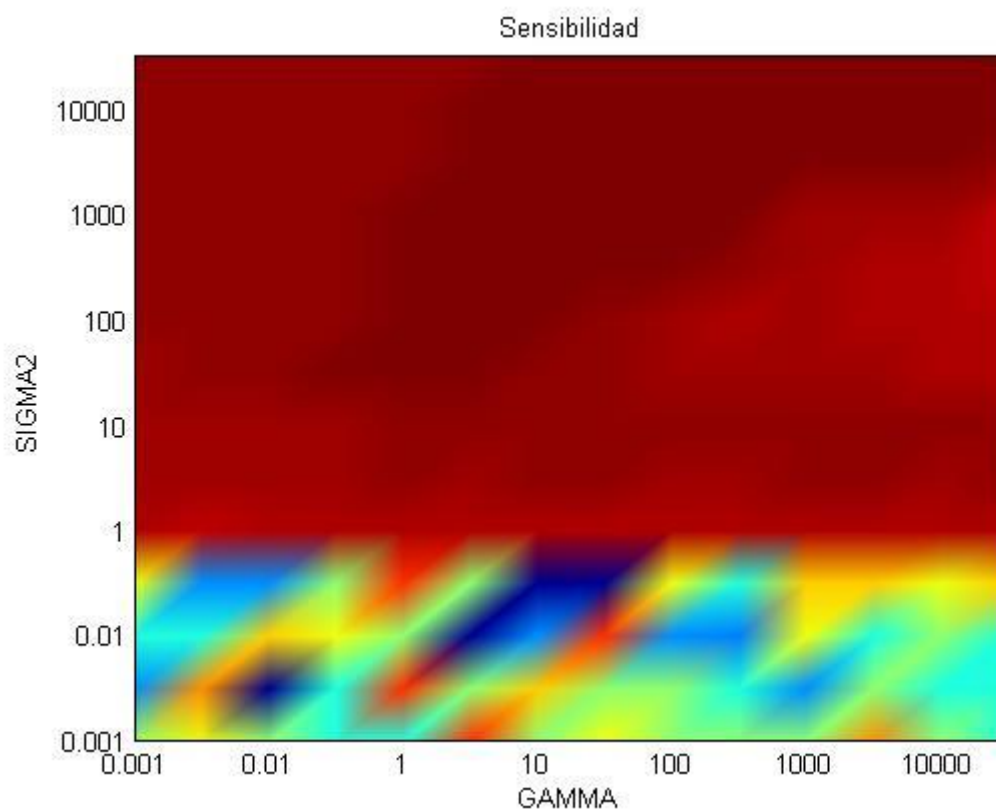


Figura 6-75: Representación gráfica sen. según parámetros SVM A-70ms con solape

6.1.2.1.7 Resumen resultados Vocal A

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los tres valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
1000	50	0.712	0.712	0.712

- Venta de 30 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
100	5	0.717	0.716	0.716

- Venta de 50 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
10000	500	0.709	0.710	0.710

- Venta de 50 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
10000	10000	0.710	0.710	0.710

- Venta de 70 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
10000	10	0.705	0.705	0.705

- Venta de 70 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
1000	50	0.707	0.707	0.707

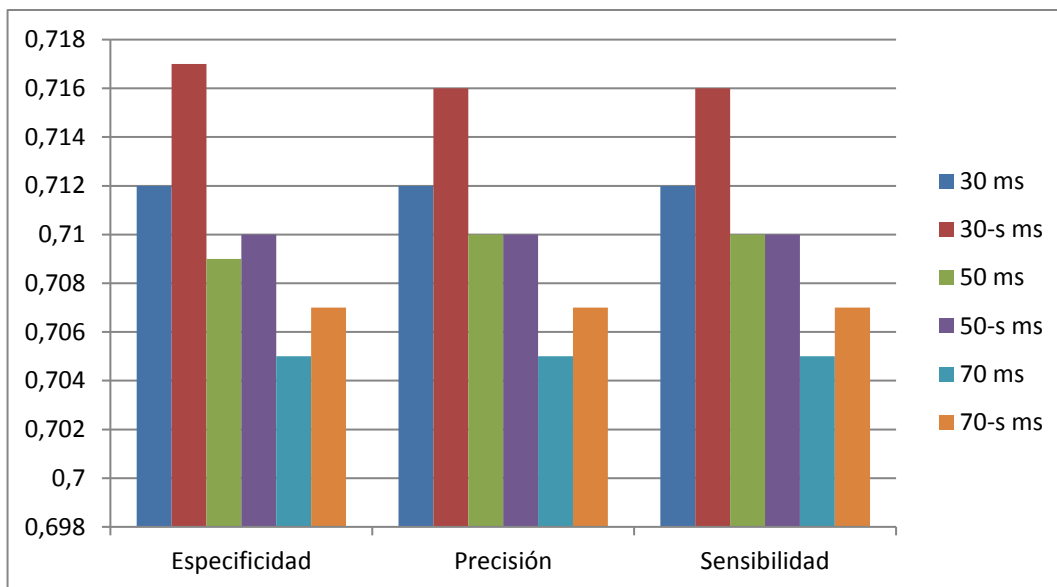


Figura 6-76: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal A

6.1.2.2 Vocal I

Estudio de la vocal 'I' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70ms. Obtención de parámetros Gamma y Sigma cuadrado óptimos para la SVM.

Se varían los parámetros de la SVM de forma exponencial, obteniendo distintas aproximaciones según la pareja de parámetros empleada. Los valores de porcentajes de entrenamiento se ajustan a los valores que mejor rendimiento dieron el apartado 6.1.1.

Durante los siguientes apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para las medidas de Especificidad, Precisión y Sensibilidad:

6.1.2.2.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'I', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-73: Especificidad según parámetros SVM para I-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,950	1,000	0,800	0,850	0,950	0,900	0,900	0,950	0,950	0,900	0,850	0,800	0,900	0,850
0.005	0,950	0,850	0,950	0,850	0,900	1,000	0,900	0,800	1,000	0,900	0,900	0,950	0,650	0,950
0.01	0,850	0,900	0,950	0,950	0,900	0,950	0,850	0,950	0,900	0,950	0,950	0,850	0,900	0,900
0.05	1,000	0,900	0,850	0,950	0,900	0,950	0,850	0,900	1,000	0,850	0,900	0,850	0,750	0,950
1	0,604	0,585	0,592	0,592	0,586	0,584	0,583	0,591	0,605	0,604	0,592	0,579	0,589	0,604
5	0,644	0,653	0,642	0,646	0,659	0,652	0,660	0,643	0,655	0,659	0,667	0,661	0,650	0,658
10	0,645	0,652	0,660	0,663	0,665	0,665	0,657	0,662	0,665	0,650	0,664	0,656	0,653	0,661
50	0,666	0,659	0,669	0,685	0,692	0,678	0,677	0,648	0,648	0,618	0,611	0,617	0,613	0,606
100	0,666	0,683	0,673	0,681	0,711	0,697	0,683	0,657	0,657	0,617	0,597	0,603	0,582	0,589
500	0,678	0,691	0,683	0,698	0,711	0,705	0,705	0,710	0,697	0,668	0,667	0,617	0,602	0,596
1000	0,693	0,685	0,670	0,679	0,714	0,695	0,694	0,706	0,700	0,697	0,679	0,651	0,645	0,598
5000	0,670	0,682	0,689	0,674	0,688	0,708	0,700	0,702	0,702	0,701	0,704	0,697	0,682	0,654
10000	0,688	0,681	0,690	0,690	0,688	0,708	0,697	0,708	0,711	0,696	0,705	0,694	0,713	0,691
50000	0,681	0,680	0,682	0,684	0,685	0,693	0,686	0,698	0,698	0,697	0,704	0,696	0,706	0,697

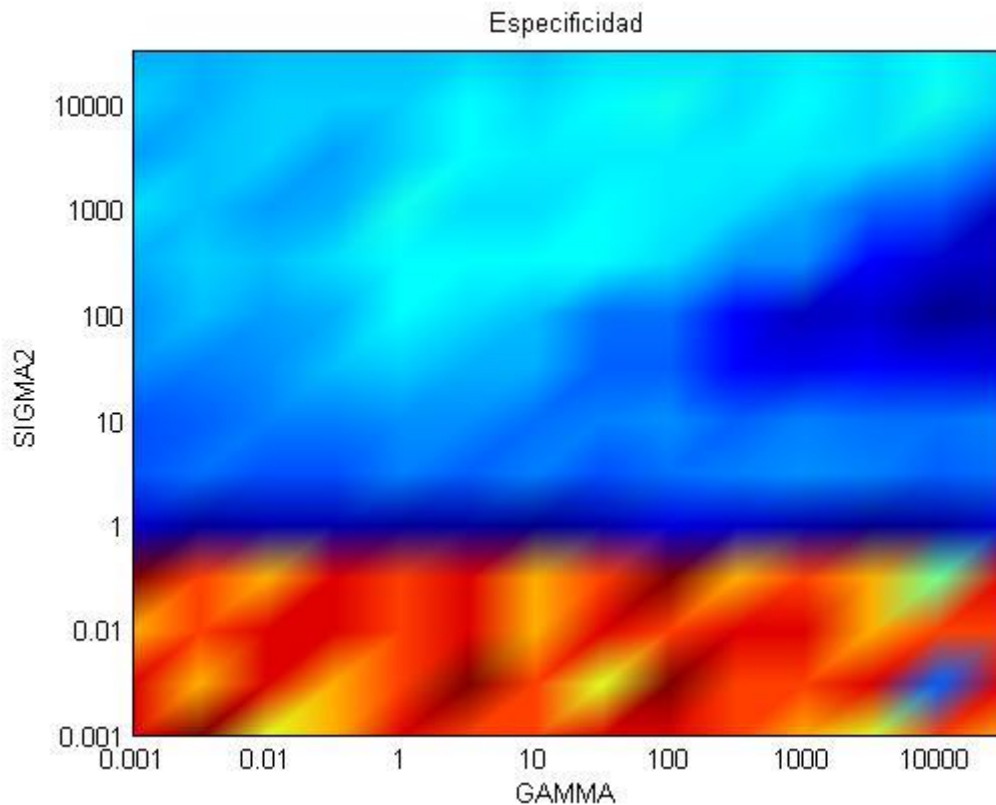


Figura 6-77: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-74: Precisión según parámetros SVM para I-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,360	0,343	0,408	0,392	0,359	0,376	0,375	0,359	0,361	0,378	0,391	0,407	0,375	0,392
0.005	0,359	0,392	0,360	0,391	0,375	0,343	0,375	0,408	0,343	0,375	0,374	0,361	0,455	0,359
0.01	0,392	0,375	0,361	0,360	0,375	0,360	0,394	0,359	0,377	0,361	0,361	0,391	0,375	0,377
0.05	0,345	0,375	0,392	0,359	0,375	0,359	0,392	0,376	0,345	0,392	0,374	0,391	0,424	0,360
1	0,579	0,587	0,587	0,592	0,581	0,581	0,581	0,586	0,599	0,598	0,596	0,578	0,580	0,594
5	0,644	0,654	0,643	0,647	0,659	0,653	0,661	0,643	0,656	0,659	0,667	0,661	0,650	0,659
10	0,646	0,652	0,660	0,663	0,665	0,665	0,658	0,662	0,666	0,650	0,664	0,656	0,654	0,661
50	0,666	0,659	0,668	0,685	0,692	0,677	0,676	0,648	0,648	0,618	0,611	0,617	0,613	0,607
100	0,666	0,683	0,673	0,681	0,710	0,696	0,683	0,658	0,658	0,617	0,598	0,604	0,582	0,589
500	0,677	0,691	0,683	0,697	0,710	0,705	0,704	0,709	0,696	0,668	0,667	0,616	0,603	0,596
1000	0,693	0,685	0,670	0,679	0,713	0,694	0,694	0,706	0,699	0,697	0,678	0,651	0,646	0,598
5000	0,670	0,682	0,689	0,675	0,688	0,708	0,700	0,702	0,702	0,701	0,703	0,697	0,682	0,655
10000	0,688	0,680	0,690	0,691	0,687	0,707	0,696	0,708	0,711	0,695	0,704	0,693	0,713	0,691
50000	0,680	0,680	0,682	0,683	0,685	0,692	0,686	0,697	0,698	0,696	0,704	0,695	0,706	0,696

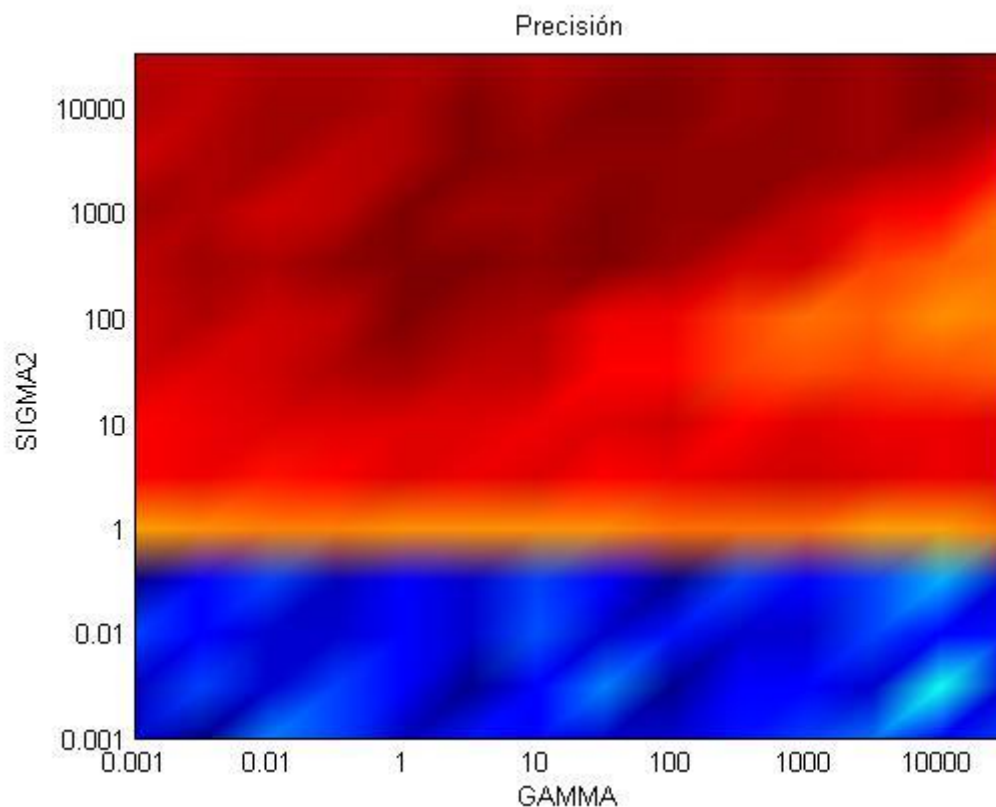


Figura 6-78: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-75: Sensibilidad según parámetros SVM para I-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,060	0,010	0,209	0,159	0,059	0,111	0,109	0,060	0,062	0,113	0,158	0,207	0,109	0,160
0.005	0,059	0,160	0,060	0,158	0,109	0,010	0,108	0,209	0,010	0,109	0,107	0,062	0,356	0,060
0.01	0,160	0,109	0,062	0,061	0,108	0,061	0,162	0,060	0,112	0,062	0,062	0,158	0,109	0,111
0.05	0,012	0,109	0,159	0,059	0,109	0,059	0,160	0,110	0,012	0,159	0,108	0,158	0,258	0,061
1	0,566	0,588	0,585	0,592	0,579	0,580	0,580	0,583	0,595	0,595	0,598	0,578	0,575	0,590
5	0,644	0,654	0,643	0,647	0,659	0,653	0,661	0,643	0,656	0,659	0,667	0,661	0,651	0,659
10	0,646	0,652	0,660	0,664	0,665	0,665	0,658	0,662	0,666	0,650	0,664	0,656	0,654	0,661
50	0,666	0,660	0,668	0,685	0,692	0,677	0,676	0,648	0,648	0,618	0,611	0,618	0,614	0,607
100	0,666	0,683	0,673	0,681	0,710	0,695	0,683	0,658	0,658	0,617	0,598	0,604	0,582	0,589
500	0,677	0,691	0,683	0,697	0,710	0,705	0,704	0,709	0,696	0,668	0,666	0,616	0,604	0,597
1000	0,693	0,685	0,671	0,679	0,712	0,694	0,694	0,705	0,698	0,697	0,678	0,651	0,646	0,598
5000	0,670	0,682	0,689	0,675	0,687	0,708	0,700	0,702	0,702	0,701	0,703	0,697	0,682	0,655
10000	0,687	0,680	0,690	0,691	0,686	0,707	0,695	0,707	0,711	0,695	0,704	0,693	0,712	0,691
50000	0,680	0,680	0,682	0,683	0,684	0,692	0,685	0,696	0,698	0,696	0,704	0,695	0,706	0,696

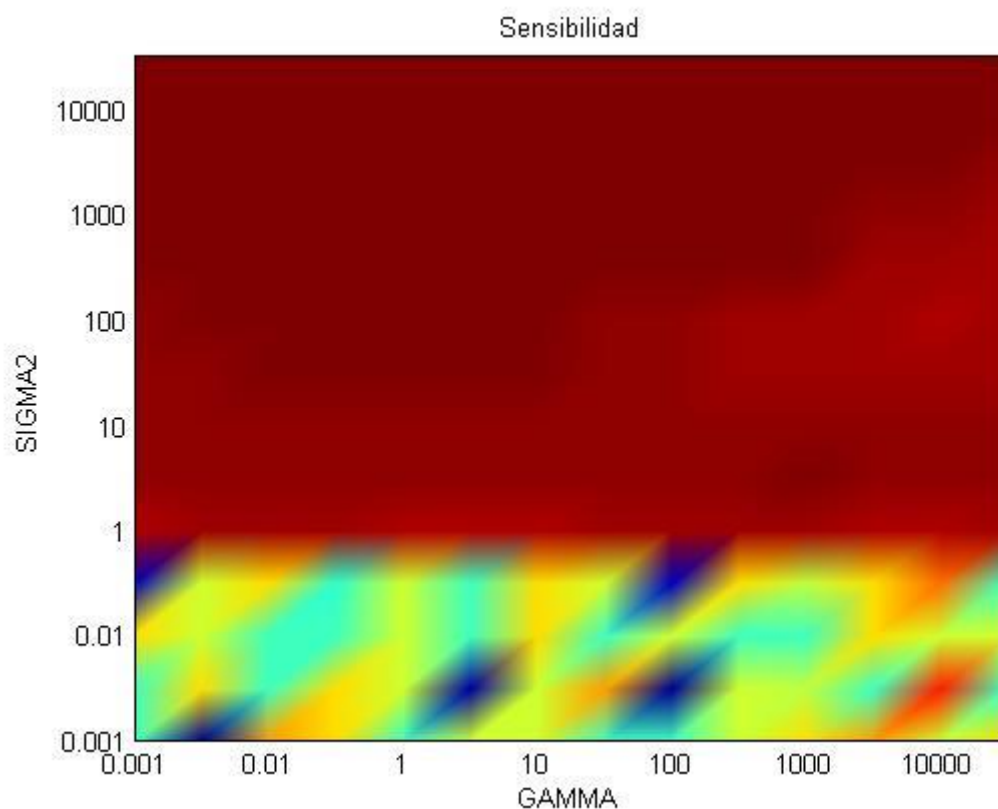


Figura 6-79: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-30ms

6.1.2.2.2 Ventana = 30ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-76: Especificidad según parámetros SVM para I-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	0,950	0,900	0,950	0,850	0,900	0,850	0,850	1,000	0,950	0,850	0,900	1,000	0,950
0.005	0,950	0,900	0,850	0,900	0,950	0,950	0,900	0,850	0,850	0,800	1,000	0,800	0,900	1,000
0.01	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,800	1,000	0,950	0,950	0,900	0,850	0,900	0,950	0,900
0.05	0,950	0,950	0,850	0,850	0,900	0,900	0,900	1,000	0,950	1,000	0,950	1,000	0,850	0,850
1	0,602	0,610	0,622	0,614	0,608	0,607	0,607	0,614	0,612	0,612	0,613	0,623	0,605	0,604
5	0,660	0,646	0,670	0,658	0,689	0,673	0,669	0,673	0,690	0,678	0,676	0,680	0,673	0,678
10	0,641	0,654	0,649	0,668	0,682	0,669	0,675	0,672	0,668	0,661	0,662	0,670	0,662	0,672
50	0,675	0,662	0,672	0,692	0,718	0,699	0,696	0,667	0,643	0,630	0,625	0,618	0,616	0,626
100	0,672	0,679	0,686	0,696	0,716	0,708	0,701	0,684	0,672	0,617	0,597	0,605	0,596	0,593
500	0,687	0,688	0,687	0,694	0,699	0,722	0,728	0,717	0,706	0,680	0,665	0,647	0,609	0,593
1000	0,680	0,695	0,696	0,698	0,692	0,704	0,712	0,714	0,724	0,711	0,680	0,666	0,642	0,609
5000	0,677	0,680	0,688	0,691	0,687	0,690	0,694	0,701	0,702	0,714	0,728	0,709	0,706	0,683
10000	0,690	0,691	0,679	0,679	0,688	0,695	0,691	0,710	0,709	0,710	0,709	0,722	0,707	0,693
50000	0,689	0,690	0,695	0,684	0,676	0,680	0,691	0,694	0,707	0,705	0,717	0,704	0,710	0,720

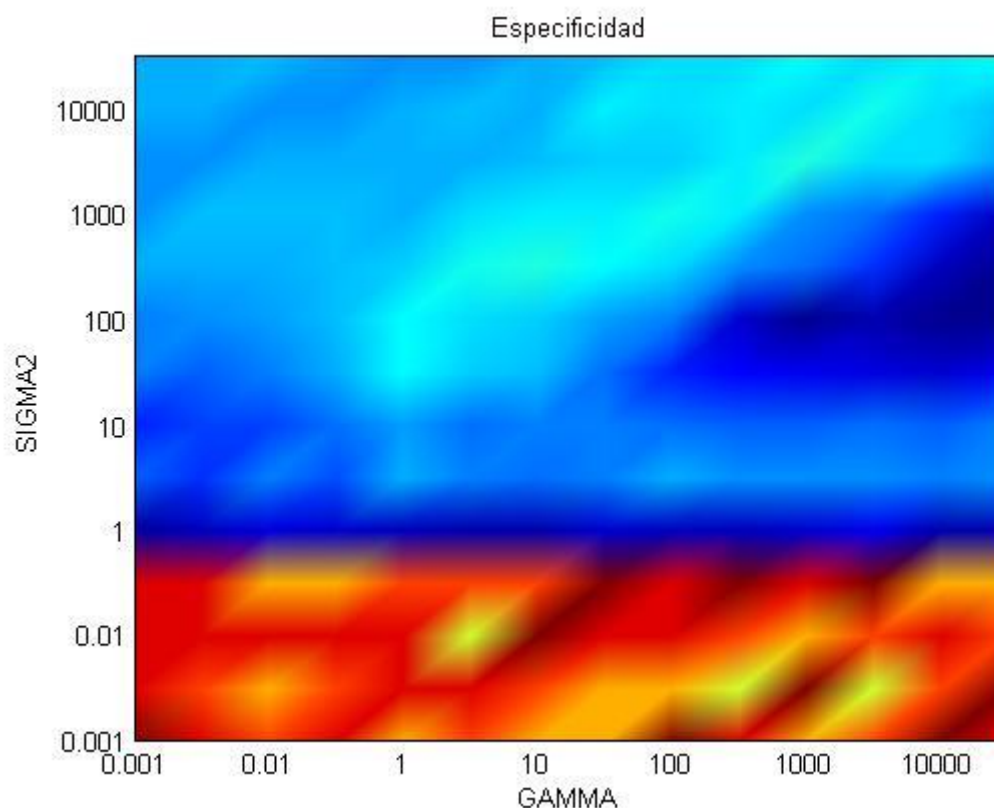


Figura 6-80: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-77: Precisión según parámetros SVM para I-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,263	0,286	0,313	0,286	0,336	0,310	0,335	0,336	0,263	0,288	0,335	0,311	0,263	0,287
0.005	0,286	0,313	0,336	0,311	0,286	0,286	0,312	0,335	0,336	0,359	0,264	0,360	0,310	0,263
0.01	0,287	0,287	0,287	0,287	0,288	0,359	0,262	0,287	0,287	0,311	0,336	0,310	0,286	0,311
0.05	0,287	0,287	0,335	0,334	0,312	0,313	0,311	0,262	0,286	0,264	0,287	0,263	0,336	0,334
1	0,610	0,605	0,613	0,613	0,606	0,603	0,612	0,618	0,617	0,606	0,619	0,622	0,603	0,605
5	0,660	0,645	0,669	0,657	0,688	0,672	0,668	0,672	0,689	0,676	0,676	0,679	0,672	0,678
10	0,641	0,654	0,649	0,667	0,681	0,668	0,674	0,672	0,667	0,660	0,662	0,668	0,662	0,671
50	0,674	0,661	0,671	0,691	0,718	0,699	0,696	0,665	0,643	0,631	0,624	0,618	0,617	0,626
100	0,672	0,678	0,685	0,695	0,715	0,707	0,700	0,683	0,670	0,617	0,598	0,605	0,596	0,594
500	0,685	0,687	0,686	0,694	0,698	0,721	0,728	0,715	0,706	0,679	0,664	0,646	0,609	0,594
1000	0,680	0,694	0,694	0,697	0,691	0,704	0,711	0,713	0,724	0,710	0,680	0,665	0,642	0,610
5000	0,676	0,680	0,687	0,689	0,685	0,689	0,693	0,700	0,702	0,715	0,728	0,708	0,705	0,683
10000	0,690	0,690	0,678	0,678	0,688	0,694	0,690	0,710	0,708	0,709	0,708	0,722	0,706	0,692
50000	0,688	0,690	0,693	0,683	0,676	0,679	0,690	0,694	0,707	0,704	0,716	0,704	0,709	0,719

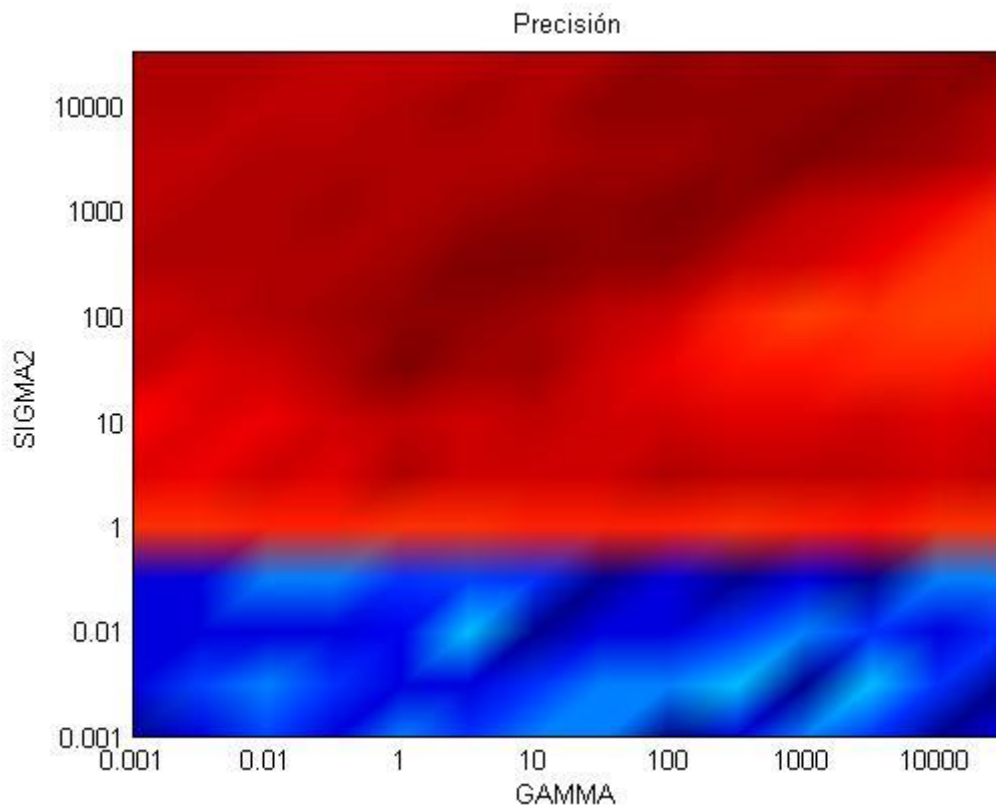


Figura 6-81: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-78: Sensibilidad según parámetros SVM para I-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,012	0,060	0,114	0,061	0,161	0,110	0,160	0,162	0,012	0,063	0,160	0,111	0,013	0,062
0.005	0,061	0,114	0,161	0,111	0,060	0,060	0,112	0,160	0,161	0,209	0,013	0,211	0,110	0,012
0.01	0,062	0,062	0,062	0,062	0,064	0,209	0,011	0,061	0,061	0,111	0,162	0,110	0,060	0,111
0.05	0,061	0,061	0,160	0,159	0,112	0,113	0,111	0,011	0,061	0,014	0,062	0,013	0,161	0,159
1	0,613	0,603	0,610	0,612	0,606	0,602	0,613	0,619	0,619	0,604	0,621	0,621	0,602	0,606
5	0,659	0,645	0,669	0,656	0,688	0,671	0,668	0,671	0,688	0,676	0,676	0,678	0,672	0,678
10	0,640	0,654	0,648	0,667	0,681	0,667	0,673	0,671	0,667	0,659	0,661	0,668	0,661	0,671
50	0,674	0,661	0,670	0,691	0,718	0,699	0,696	0,665	0,643	0,631	0,623	0,618	0,617	0,626
100	0,671	0,678	0,684	0,695	0,715	0,707	0,700	0,683	0,669	0,617	0,598	0,604	0,596	0,595
500	0,684	0,686	0,686	0,694	0,697	0,720	0,728	0,715	0,705	0,679	0,664	0,646	0,610	0,594
1000	0,679	0,693	0,694	0,697	0,691	0,704	0,711	0,713	0,723	0,710	0,680	0,665	0,642	0,610
5000	0,675	0,680	0,687	0,688	0,684	0,689	0,692	0,700	0,702	0,715	0,728	0,708	0,705	0,683
10000	0,689	0,689	0,678	0,678	0,688	0,694	0,690	0,710	0,708	0,708	0,708	0,722	0,706	0,691
50000	0,688	0,690	0,693	0,683	0,676	0,679	0,690	0,693	0,706	0,703	0,716	0,703	0,709	0,719

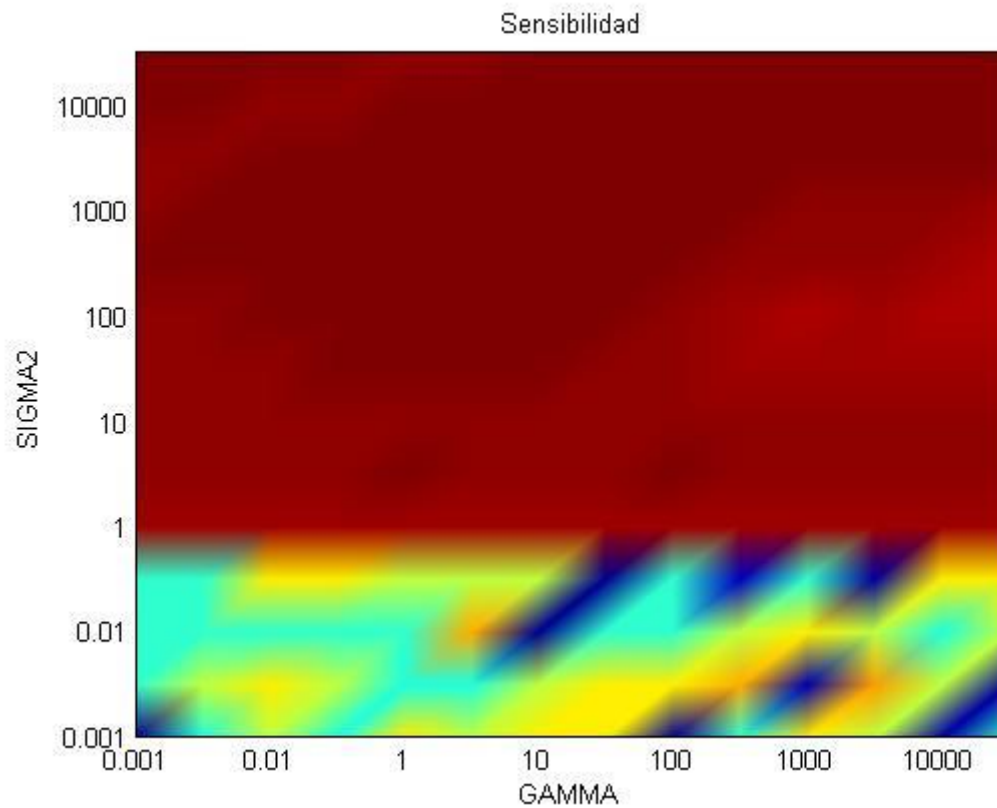


Figura 6-82: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-30ms con solape

6.1.2.2.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-79: Especificidad según parámetros SVM para I-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	1,000	1,000
0.005	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	1,000	1,000	1,000	0,950
0.01	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,582	0,583	0,577	0,582	0,584	0,580	0,573	0,582	0,579	0,588	0,586	0,568	0,575	0,581
5	0,653	0,656	0,662	0,656	0,658	0,659	0,658	0,653	0,650	0,657	0,653	0,646	0,658	0,656
10	0,652	0,655	0,650	0,666	0,661	0,662	0,660	0,649	0,653	0,647	0,649	0,650	0,648	0,656
50	0,658	0,662	0,666	0,675	0,683	0,668	0,671	0,648	0,632	0,614	0,630	0,628	0,616	0,617
100	0,667	0,685	0,668	0,689	0,695	0,682	0,682	0,650	0,638	0,619	0,604	0,600	0,596	0,596
500	0,673	0,678	0,677	0,680	0,694	0,701	0,706	0,692	0,692	0,650	0,650	0,612	0,596	0,587
1000	0,673	0,679	0,683	0,670	0,683	0,700	0,690	0,702	0,697	0,675	0,665	0,638	0,617	0,593
5000	0,667	0,675	0,676	0,676	0,681	0,696	0,699	0,693	0,700	0,702	0,691	0,688	0,673	0,647
10000	0,674	0,678	0,668	0,673	0,675	0,688	0,688	0,703	0,706	0,692	0,689	0,700	0,695	0,679
50000	0,670	0,675	0,683	0,675	0,675	0,678	0,688	0,694	0,692	0,698	0,694	0,698	0,695	0,692

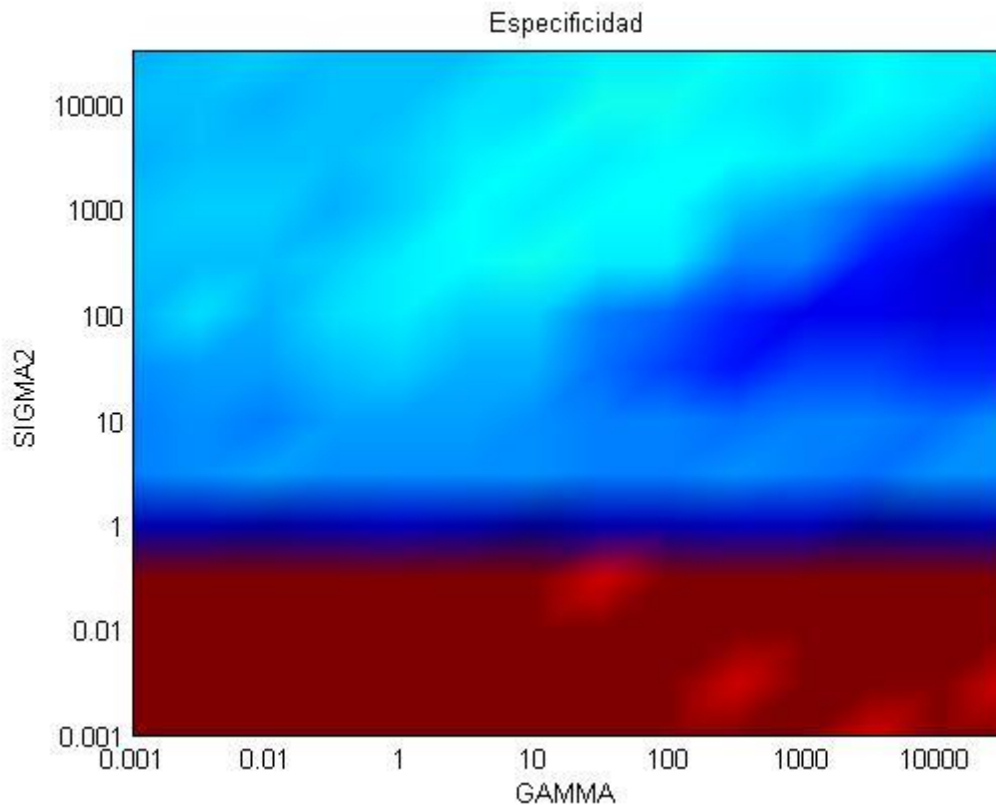


Figura 6-83: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-80: Precisión según parámetros SVM para I-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,150	0,150	0,150	0,151	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,151	0,186	0,150	0,149
0.005	0,150	0,150	0,150	0,149	0,150	0,149	0,150	0,150	0,150	0,185	0,151	0,150	0,150	0,185
0.01	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,151	0,151	0,151	0,149	0,150	0,151	0,150	0,150
0.05	0,151	0,150	0,150	0,150	0,149	0,151	0,150	0,185	0,150	0,150	0,150	0,151	0,150	0,149
1	0,590	0,619	0,564	0,597	0,596	0,574	0,567	0,571	0,593	0,596	0,594	0,561	0,576	0,587
5	0,653	0,657	0,662	0,656	0,658	0,659	0,658	0,654	0,650	0,658	0,653	0,647	0,657	0,657
10	0,652	0,655	0,650	0,665	0,661	0,662	0,660	0,649	0,653	0,647	0,648	0,650	0,648	0,656
50	0,658	0,662	0,667	0,674	0,683	0,668	0,671	0,648	0,631	0,615	0,630	0,627	0,614	0,617
100	0,667	0,686	0,669	0,689	0,695	0,682	0,682	0,650	0,638	0,619	0,604	0,600	0,596	0,596
500	0,674	0,677	0,678	0,680	0,694	0,700	0,706	0,692	0,692	0,650	0,649	0,612	0,597	0,587
1000	0,674	0,678	0,683	0,671	0,683	0,700	0,691	0,702	0,697	0,676	0,665	0,638	0,617	0,593
5000	0,666	0,675	0,676	0,675	0,681	0,697	0,698	0,693	0,699	0,702	0,691	0,689	0,673	0,648
10000	0,674	0,679	0,668	0,672	0,676	0,688	0,687	0,704	0,706	0,693	0,689	0,699	0,694	0,680
50000	0,671	0,674	0,683	0,675	0,675	0,677	0,688	0,694	0,692	0,697	0,694	0,697	0,694	0,691

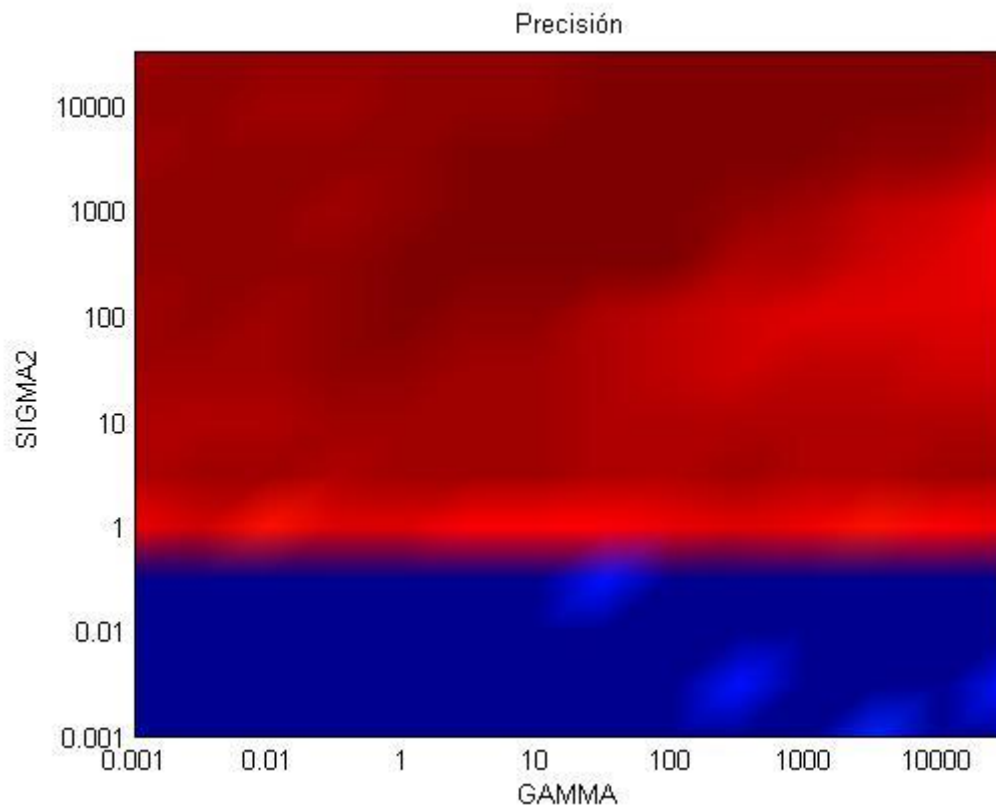


Figura 6-84: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-81: Sensibilidad según parámetros SVM para I-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,056	0,006	0,006
0.005	0,006	0,007	0,007	0,005	0,007	0,005	0,007	0,007	0,007	0,055	0,007	0,007	0,007	0,056
0.01	0,007	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	0,008	0,007	0,006	0,006	0,008	0,007	0,006
0.05	0,007	0,006	0,006	0,007	0,005	0,007	0,007	0,056	0,006	0,007	0,006	0,008	0,006	0,006
1	0,591	0,626	0,561	0,599	0,598	0,573	0,566	0,569	0,595	0,598	0,595	0,560	0,576	0,588
5	0,653	0,657	0,662	0,656	0,658	0,659	0,658	0,654	0,650	0,658	0,653	0,647	0,657	0,657
10	0,652	0,655	0,650	0,665	0,661	0,662	0,660	0,649	0,653	0,647	0,648	0,650	0,648	0,656
50	0,658	0,661	0,667	0,674	0,683	0,668	0,671	0,648	0,631	0,615	0,630	0,627	0,614	0,617
100	0,667	0,686	0,669	0,689	0,694	0,682	0,682	0,650	0,638	0,619	0,605	0,600	0,596	0,596
500	0,674	0,677	0,678	0,680	0,694	0,700	0,706	0,691	0,692	0,650	0,649	0,612	0,597	0,587
1000	0,674	0,678	0,683	0,671	0,683	0,700	0,691	0,703	0,698	0,676	0,665	0,638	0,617	0,593
5000	0,666	0,675	0,676	0,675	0,681	0,697	0,698	0,693	0,699	0,702	0,691	0,689	0,672	0,648
10000	0,674	0,679	0,668	0,672	0,676	0,688	0,687	0,704	0,706	0,693	0,689	0,699	0,694	0,680
50000	0,671	0,674	0,683	0,675	0,675	0,677	0,688	0,694	0,692	0,697	0,694	0,697	0,694	0,691

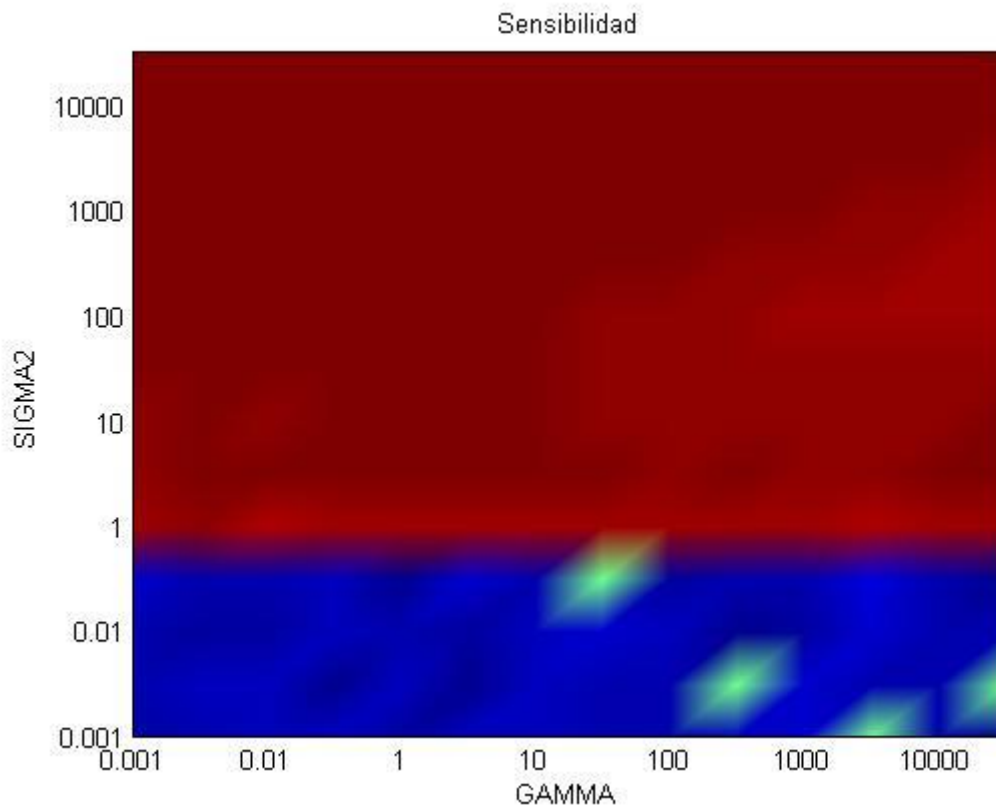


Figura 6-85: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-50ms

6.1.2.2.4 Ventana = 50ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'I', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-82: Especificidad según parámetros SVM para I-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.005	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.01	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,606	0,603	0,601	0,601	0,612	0,596	0,607	0,617	0,586	0,601	0,608	0,596	0,607	0,607
5	0,669	0,668	0,667	0,667	0,673	0,672	0,666	0,664	0,664	0,671	0,662	0,670	0,672	0,672
10	0,669	0,666	0,670	0,673	0,679	0,670	0,673	0,669	0,659	0,659	0,657	0,667	0,670	0,669
50	0,673	0,672	0,671	0,680	0,701	0,689	0,698	0,659	0,660	0,654	0,642	0,638	0,631	0,629
100	0,670	0,679	0,672	0,697	0,704	0,697	0,705	0,672	0,663	0,635	0,622	0,612	0,613	0,609
500	0,673	0,672	0,674	0,686	0,699	0,707	0,710	0,707	0,699	0,682	0,669	0,626	0,608	0,595
1000	0,667	0,676	0,672	0,677	0,698	0,703	0,704	0,707	0,701	0,692	0,685	0,654	0,636	0,607
5000	0,667	0,671	0,665	0,669	0,683	0,684	0,690	0,704	0,694	0,709	0,703	0,704	0,686	0,663
10000	0,673	0,669	0,676	0,675	0,687	0,688	0,699	0,692	0,699	0,699	0,701	0,699	0,699	0,687
50000	0,672	0,670	0,678	0,664	0,680	0,680	0,685	0,686	0,705	0,704	0,696	0,688	0,698	0,706

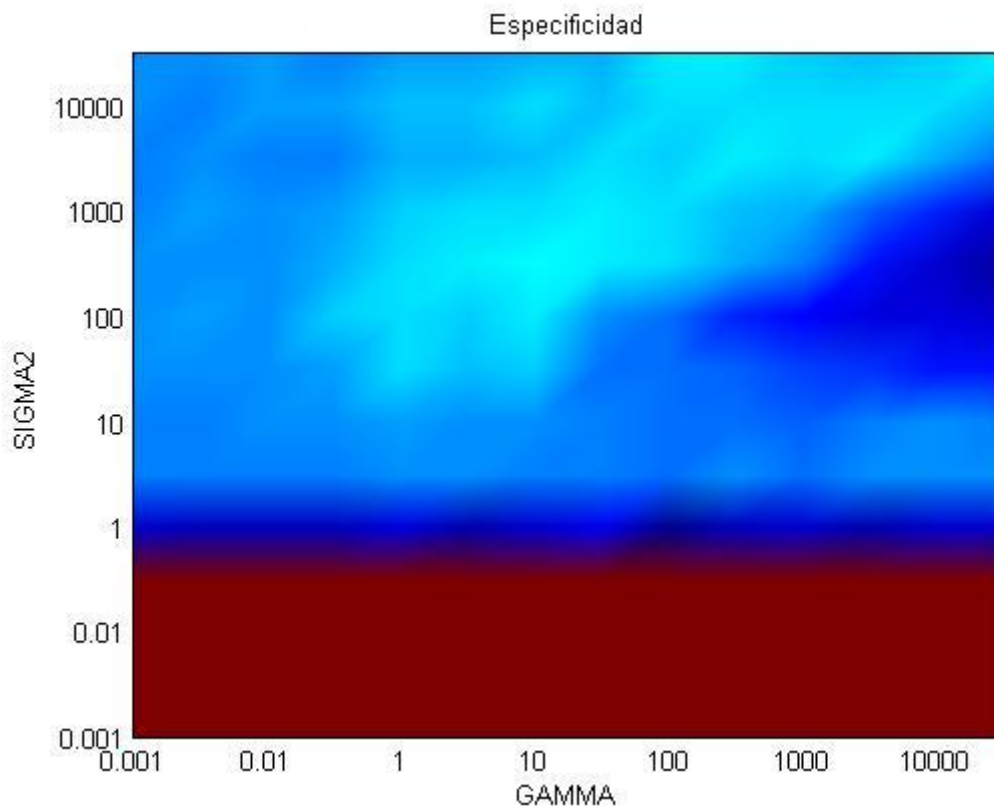


Figura 6-86: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-83: Precisión según parámetros SVM para I-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,099	0,099	0,099	0,098	0,099	0,099	0,099
0.005	0,098	0,099	0,098	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,099	0,098	0,097	0,098
0.01	0,099	0,098	0,099	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
0.05	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,099	0,098	0,098	0,099	0,099	0,099	0,098	0,099	0,099
1	0,608	0,613	0,611	0,607	0,614	0,594	0,615	0,620	0,598	0,604	0,601	0,604	0,610	0,601
5	0,669	0,668	0,667	0,667	0,673	0,673	0,665	0,665	0,664	0,671	0,661	0,669	0,672	0,673
10	0,668	0,665	0,671	0,673	0,679	0,670	0,674	0,668	0,659	0,659	0,657	0,668	0,670	0,670
50	0,673	0,672	0,671	0,681	0,702	0,689	0,699	0,659	0,660	0,654	0,642	0,638	0,630	0,629
100	0,669	0,678	0,673	0,697	0,704	0,696	0,705	0,673	0,662	0,634	0,623	0,611	0,613	0,609
500	0,674	0,670	0,674	0,685	0,698	0,707	0,709	0,707	0,700	0,681	0,669	0,626	0,609	0,596
1000	0,668	0,676	0,673	0,677	0,697	0,703	0,703	0,707	0,700	0,691	0,685	0,653	0,636	0,606
5000	0,667	0,671	0,665	0,668	0,683	0,685	0,690	0,703	0,695	0,710	0,703	0,705	0,685	0,664
10000	0,673	0,667	0,676	0,675	0,687	0,689	0,698	0,693	0,699	0,699	0,701	0,698	0,699	0,685
50000	0,672	0,670	0,678	0,665	0,680	0,681	0,685	0,686	0,704	0,704	0,698	0,688	0,697	0,706

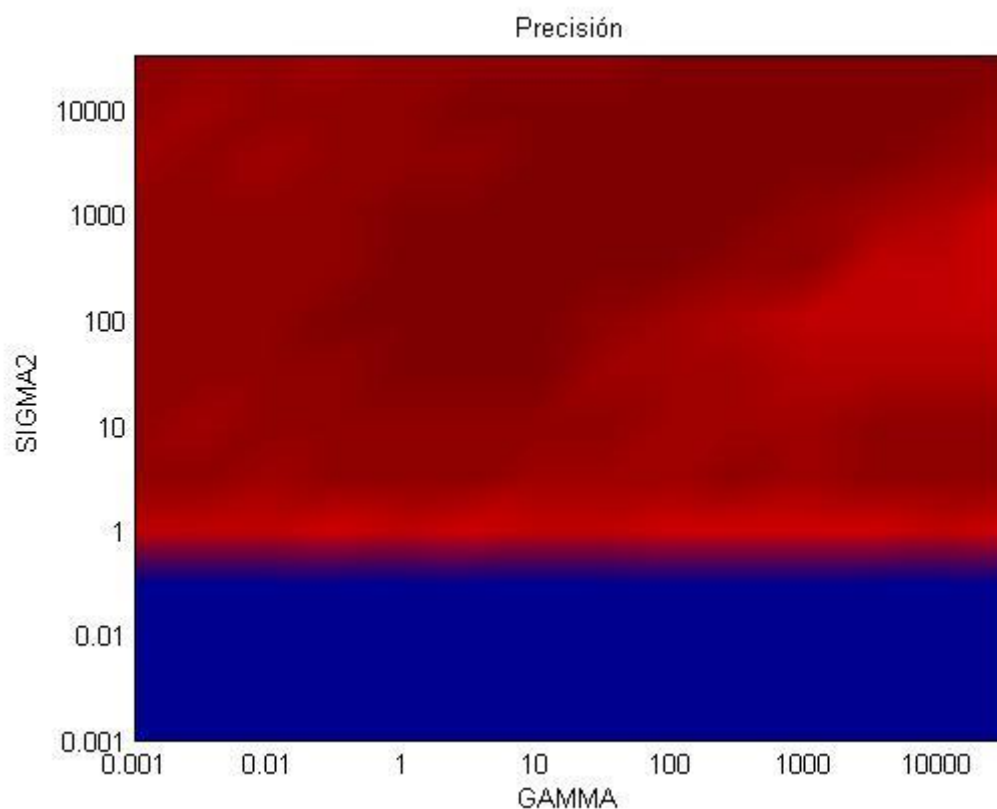


Figura 6-87: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-84: Sensibilidad según parámetros SVM para I-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007
0.005	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,005
0.01	0,007	0,006	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
0.05	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,007
1	0,608	0,613	0,612	0,608	0,614	0,594	0,616	0,620	0,599	0,604	0,600	0,604	0,610	0,600
5	0,669	0,668	0,667	0,667	0,672	0,673	0,665	0,665	0,664	0,671	0,661	0,669	0,672	0,673
10	0,668	0,665	0,671	0,673	0,678	0,670	0,674	0,668	0,659	0,659	0,657	0,668	0,669	0,670
50	0,673	0,672	0,671	0,681	0,702	0,689	0,699	0,659	0,660	0,654	0,642	0,638	0,630	0,629
100	0,669	0,678	0,673	0,696	0,704	0,696	0,704	0,673	0,662	0,634	0,623	0,611	0,613	0,609
500	0,674	0,670	0,674	0,685	0,698	0,707	0,708	0,708	0,700	0,681	0,670	0,626	0,609	0,596
1000	0,668	0,676	0,673	0,677	0,697	0,703	0,703	0,707	0,700	0,691	0,685	0,653	0,636	0,605
5000	0,667	0,671	0,665	0,668	0,683	0,685	0,690	0,703	0,695	0,710	0,703	0,705	0,685	0,664
10000	0,673	0,667	0,676	0,675	0,688	0,689	0,698	0,693	0,699	0,699	0,701	0,698	0,699	0,685
50000	0,672	0,670	0,678	0,665	0,680	0,681	0,685	0,686	0,704	0,704	0,698	0,688	0,697	0,706

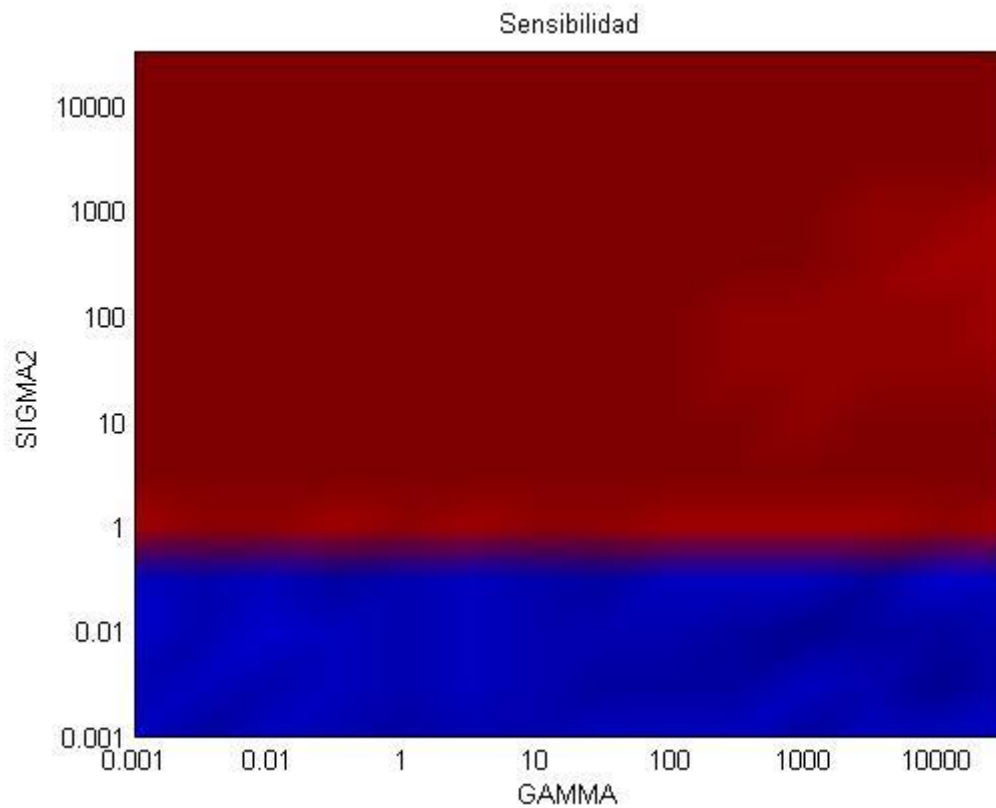


Figura 6-88: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-50ms con solape

6.1.2.2.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'I', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-85: Especificidad según parámetros SVM para I-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,750	0,800	0,900	0,750	0,800	0,900	0,950	0,950	0,750	0,900	0,800	0,650	0,800	0,900
0.005	0,800	0,750	0,950	0,900	0,850	0,850	0,850	0,700	0,750	0,850	0,800	0,950	0,750	0,700
0.01	0,800	0,800	0,900	0,800	0,850	0,750	0,800	0,850	0,750	0,900	0,800	0,900	0,800	0,900
0.05	0,950	0,950	0,800	0,900	0,750	0,650	0,650	0,950	0,900	0,850	0,750	0,900	0,950	0,900
1	0,551	0,550	0,545	0,531	0,537	0,524	0,537	0,534	0,542	0,554	0,549	0,541	0,530	0,535
5	0,644	0,638	0,638	0,640	0,655	0,635	0,639	0,648	0,642	0,634	0,643	0,634	0,633	0,627
10	0,628	0,639	0,645	0,641	0,650	0,650	0,637	0,642	0,634	0,639	0,631	0,631	0,634	0,624
50	0,665	0,664	0,670	0,680	0,694	0,672	0,672	0,638	0,639	0,616	0,626	0,607	0,616	0,611
100	0,667	0,667	0,676	0,689	0,713	0,689	0,677	0,654	0,642	0,615	0,602	0,600	0,589	0,591
500	0,679	0,678	0,683	0,688	0,700	0,706	0,704	0,692	0,686	0,666	0,641	0,603	0,591	0,567
1000	0,681	0,674	0,671	0,677	0,698	0,704	0,706	0,698	0,693	0,681	0,667	0,622	0,612	0,576
5000	0,672	0,662	0,676	0,673	0,683	0,697	0,697	0,713	0,704	0,699	0,702	0,688	0,700	0,656
10000	0,664	0,674	0,685	0,677	0,680	0,693	0,694	0,693	0,709	0,699	0,704	0,706	0,691	0,674
50000	0,667	0,675	0,673	0,677	0,676	0,679	0,691	0,689	0,697	0,704	0,709	0,698	0,695	0,704

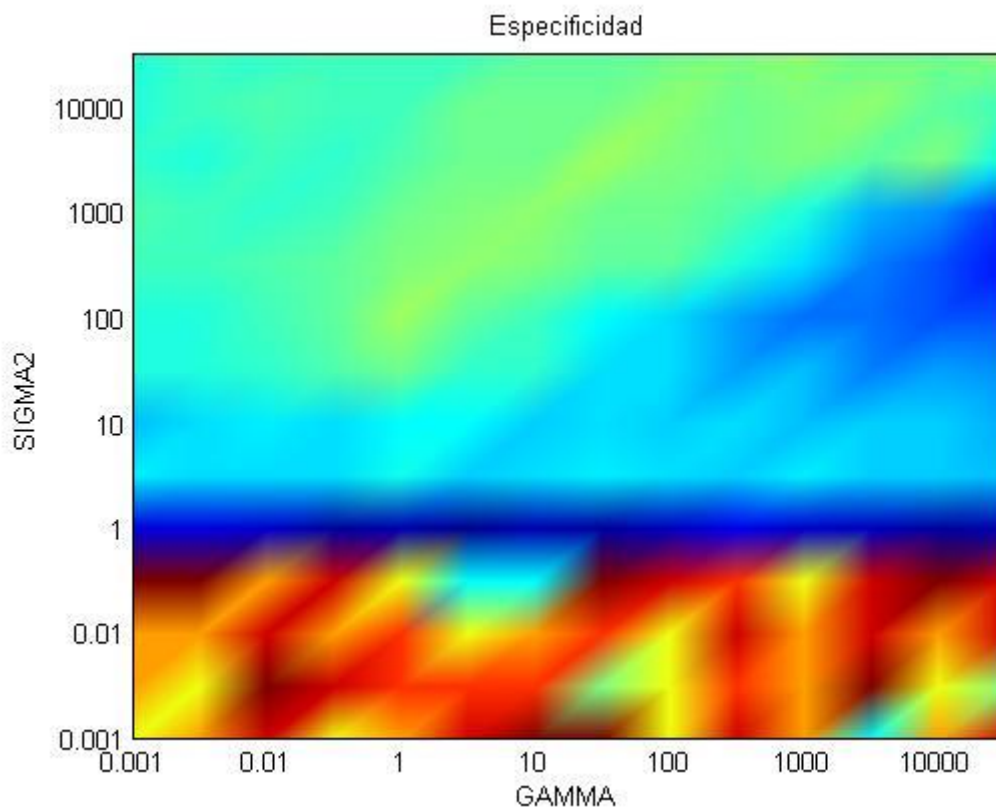


Figura 6-89: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-86: Precisión según parámetros SVM para I-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,506	0,508	0,509	0,507	0,507	0,507	0,508	0,508	0,507	0,508	0,507	0,506	0,508	0,508
0.005	0,507	0,506	0,509	0,508	0,508	0,508	0,508	0,505	0,506	0,509	0,508	0,508	0,505	0,505
0.01	0,508	0,506	0,508	0,506	0,507	0,505	0,508	0,508	0,506	0,509	0,507	0,508	0,507	0,509
0.05	0,508	0,508	0,506	0,508	0,508	0,505	0,505	0,509	0,509	0,507	0,506	0,508	0,509	0,507
1	0,535	0,541	0,539	0,528	0,535	0,522	0,537	0,532	0,539	0,548	0,543	0,536	0,526	0,533
5	0,643	0,637	0,637	0,639	0,654	0,633	0,637	0,647	0,641	0,633	0,642	0,633	0,632	0,626
10	0,626	0,638	0,644	0,640	0,648	0,649	0,636	0,640	0,632	0,638	0,630	0,630	0,632	0,623
50	0,664	0,662	0,668	0,679	0,693	0,671	0,671	0,636	0,638	0,615	0,624	0,605	0,615	0,610
100	0,666	0,666	0,675	0,688	0,712	0,688	0,676	0,653	0,640	0,614	0,601	0,599	0,588	0,590
500	0,678	0,677	0,682	0,686	0,699	0,705	0,703	0,690	0,685	0,665	0,640	0,601	0,589	0,565
1000	0,680	0,673	0,670	0,675	0,697	0,703	0,705	0,697	0,692	0,680	0,666	0,621	0,610	0,574
5000	0,671	0,661	0,675	0,672	0,682	0,696	0,696	0,712	0,703	0,698	0,701	0,687	0,699	0,655
10000	0,663	0,673	0,684	0,676	0,678	0,692	0,693	0,692	0,708	0,698	0,703	0,705	0,690	0,673
50000	0,666	0,674	0,671	0,675	0,674	0,678	0,690	0,688	0,696	0,703	0,708	0,697	0,694	0,703

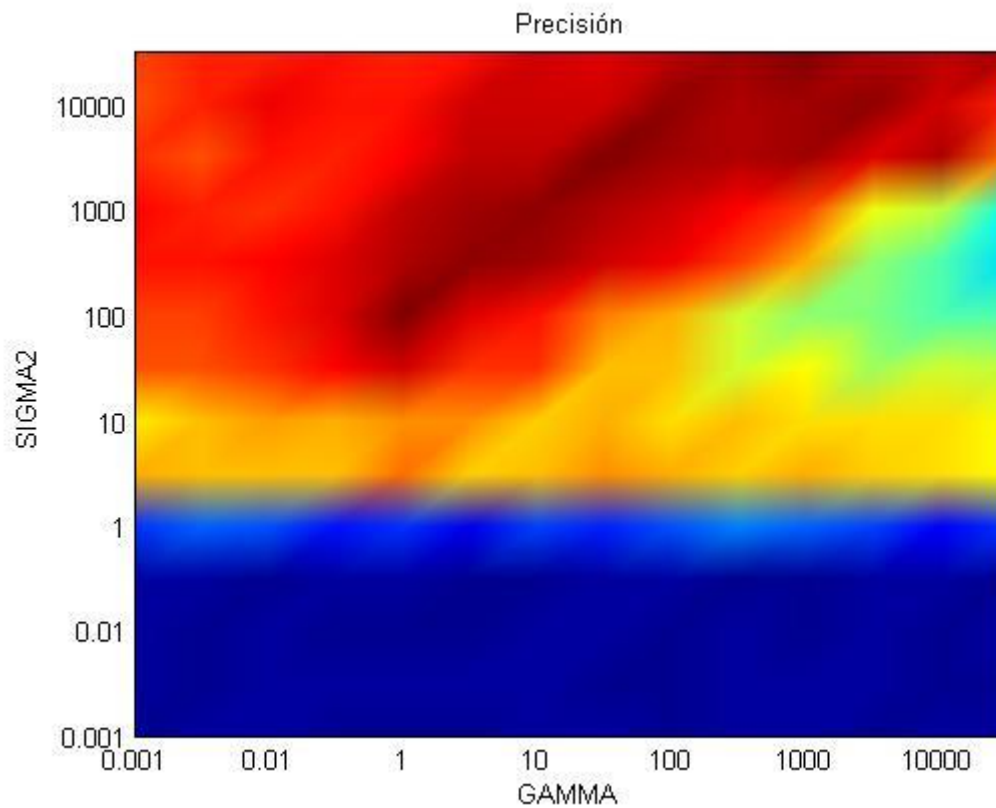


Figura 6-90: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-87: Sensibilidad según parámetros SVM para I-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,260	0,214	0,115	0,261	0,212	0,111	0,063	0,064	0,261	0,114	0,213	0,360	0,214	0,112
0.005	0,213	0,261	0,065	0,113	0,163	0,164	0,163	0,310	0,260	0,166	0,213	0,062	0,259	0,309
0.01	0,213	0,211	0,114	0,210	0,161	0,259	0,213	0,163	0,260	0,115	0,211	0,113	0,211	0,116
0.05	0,064	0,064	0,209	0,113	0,263	0,358	0,360	0,064	0,115	0,161	0,260	0,113	0,064	0,111
1	0,519	0,533	0,534	0,525	0,532	0,519	0,537	0,530	0,535	0,542	0,538	0,531	0,523	0,531
5	0,642	0,636	0,636	0,638	0,653	0,632	0,636	0,645	0,639	0,632	0,641	0,631	0,631	0,624
10	0,625	0,637	0,643	0,638	0,647	0,648	0,634	0,639	0,631	0,636	0,628	0,629	0,631	0,621
50	0,663	0,661	0,667	0,678	0,692	0,669	0,669	0,635	0,636	0,614	0,623	0,604	0,614	0,608
100	0,664	0,664	0,674	0,687	0,711	0,686	0,675	0,652	0,639	0,612	0,599	0,597	0,586	0,588
500	0,676	0,676	0,681	0,685	0,698	0,704	0,702	0,689	0,684	0,664	0,638	0,600	0,588	0,564
1000	0,679	0,671	0,669	0,674	0,696	0,702	0,704	0,696	0,690	0,679	0,664	0,619	0,609	0,573
5000	0,669	0,660	0,674	0,671	0,681	0,695	0,695	0,711	0,702	0,697	0,700	0,686	0,697	0,654
10000	0,662	0,672	0,683	0,675	0,677	0,691	0,692	0,691	0,707	0,697	0,701	0,704	0,689	0,672
50000	0,664	0,672	0,670	0,674	0,673	0,677	0,689	0,687	0,695	0,701	0,707	0,696	0,693	0,702

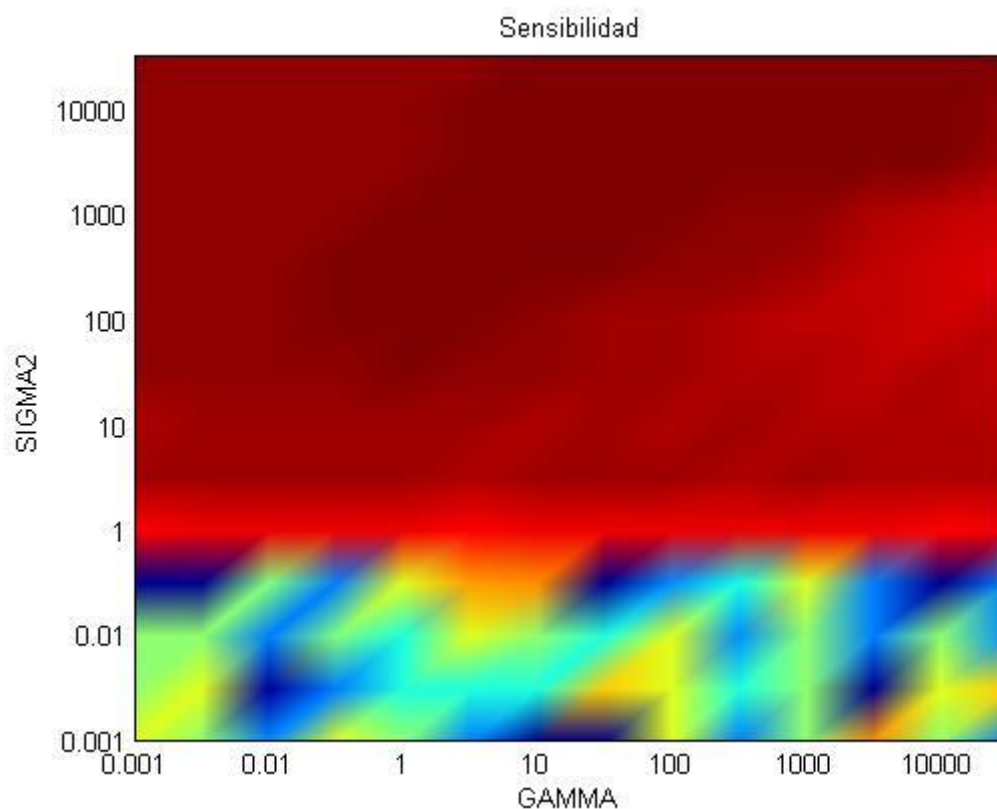


Figura 6-91: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-70ms

6.1.2.2.6 Ventana = 70ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘I’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-88: Especificidad según parámetros SVM para I-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.005	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.01	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0.05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,604	0,601	0,592	0,593	0,593	0,595	0,593	0,589	0,586	0,595	0,599	0,591	0,604	0,604
5	0,638	0,647	0,639	0,652	0,638	0,644	0,640	0,647	0,638	0,644	0,647	0,650	0,640	0,638
10	0,644	0,645	0,650	0,660	0,659	0,667	0,660	0,657	0,657	0,648	0,664	0,670	0,664	0,659
50	0,671	0,660	0,662	0,680	0,697	0,692	0,683	0,661	0,655	0,646	0,647	0,643	0,638	0,636
100	0,663	0,672	0,675	0,688	0,697	0,696	0,693	0,669	0,654	0,651	0,637	0,621	0,621	0,617
500	0,681	0,664	0,673	0,677	0,698	0,699	0,702	0,706	0,693	0,659	0,649	0,618	0,608	0,583
1000	0,670	0,670	0,670	0,675	0,699	0,698	0,695	0,700	0,693	0,684	0,669	0,642	0,622	0,599
5000	0,667	0,670	0,665	0,663	0,683	0,682	0,691	0,701	0,686	0,702	0,699	0,702	0,691	0,667
10000	0,667	0,665	0,670	0,672	0,688	0,691	0,690	0,694	0,698	0,697	0,694	0,693	0,686	0,683
50000	0,670	0,669	0,673	0,667	0,685	0,683	0,681	0,685	0,701	0,692	0,696	0,689	0,699	0,709

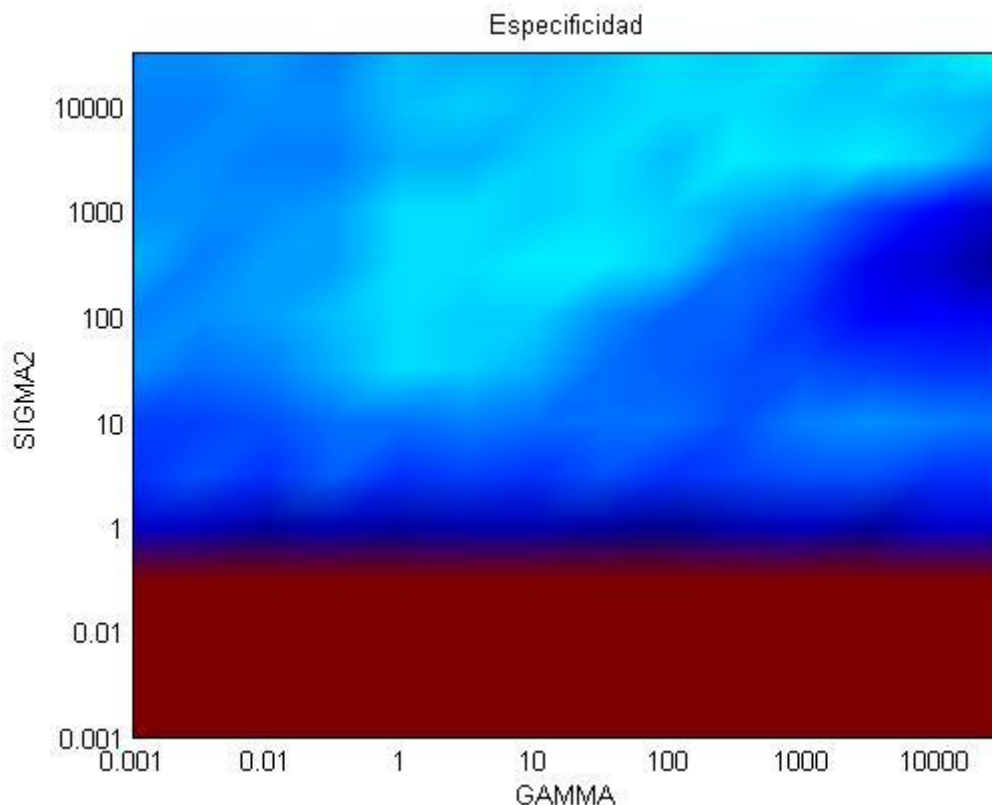


Figura 6-92: Representación gráfica esp. según parámetros SVM I-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-89: Precisión según parámetros SVM para I-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,099	0,099	0,099	0,098	0,099	0,099	0,099
0.005	0,098	0,099	0,098	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,099	0,098	0,097
0.01	0,099	0,098	0,099	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
0.05	0,099	0,098	0,099	0,098	0,098	0,099	0,098	0,098	0,099	0,099	0,099	0,098	0,099	0,099
1	0,605	0,609	0,598	0,598	0,597	0,600	0,599	0,597	0,595	0,600	0,603	0,592	0,604	0,606
5	0,639	0,647	0,639	0,652	0,640	0,644	0,641	0,648	0,639	0,645	0,647	0,651	0,641	0,638
10	0,645	0,646	0,650	0,659	0,659	0,667	0,661	0,658	0,656	0,648	0,663	0,671	0,664	0,659
50	0,670	0,660	0,663	0,681	0,698	0,691	0,684	0,661	0,656	0,647	0,647	0,643	0,638	0,636
100	0,663	0,673	0,675	0,688	0,696	0,695	0,692	0,669	0,655	0,651	0,636	0,620	0,622	0,616
500	0,680	0,664	0,674	0,677	0,698	0,699	0,701	0,705	0,693	0,660	0,651	0,619	0,608	0,584
1000	0,669	0,671	0,670	0,676	0,699	0,698	0,695	0,701	0,694	0,683	0,669	0,641	0,622	0,599
5000	0,667	0,670	0,666	0,663	0,683	0,682	0,692	0,701	0,687	0,703	0,698	0,701	0,691	0,667
10000	0,667	0,665	0,669	0,674	0,687	0,691	0,689	0,693	0,699	0,697	0,693	0,692	0,686	0,682
50000	0,669	0,668	0,674	0,668	0,684	0,683	0,681	0,684	0,702	0,691	0,698	0,689	0,698	0,710

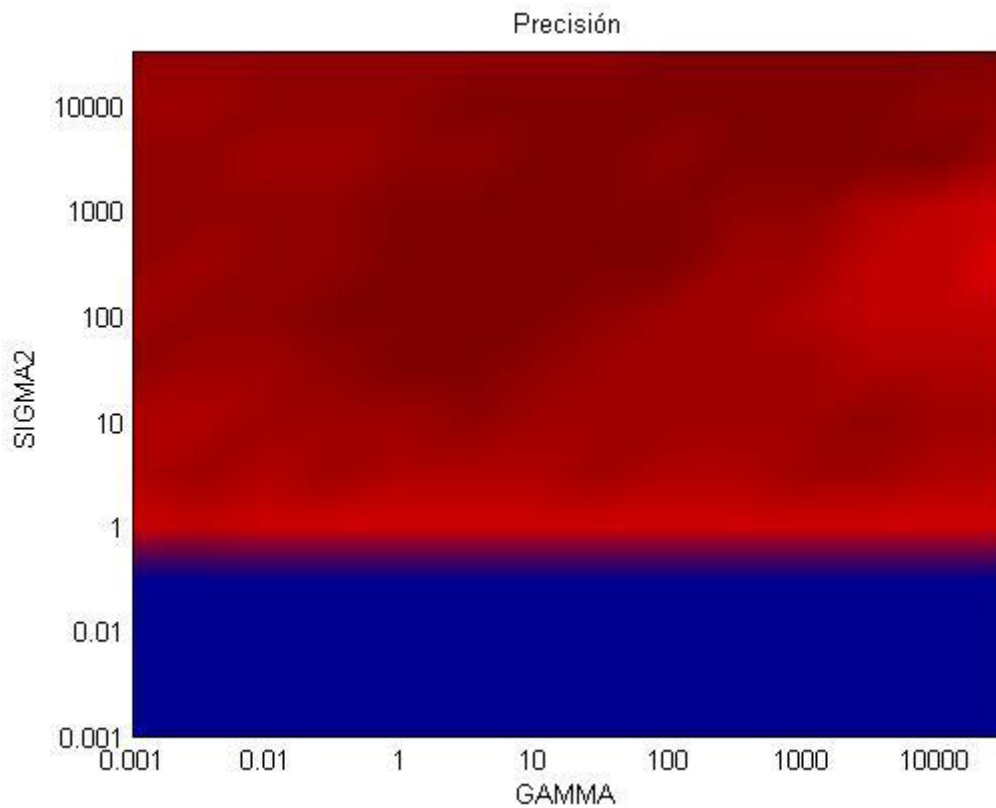


Figura 6-93: Representación gráfica pre. según parámetros SVM I-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-90: Sensibilidad según parámetros SVM para I-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007
0.005	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,005	0,007
0.01	0,007	0,006	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
0.05	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,007
1	0,605	0,609	0,598	0,599	0,598	0,601	0,599	0,598	0,596	0,601	0,603	0,592	0,604	0,607
5	0,639	0,647	0,639	0,652	0,640	0,644	0,641	0,648	0,639	0,646	0,647	0,651	0,641	0,638
10	0,645	0,646	0,651	0,659	0,659	0,667	0,661	0,658	0,656	0,648	0,662	0,671	0,664	0,659
50	0,670	0,660	0,663	0,681	0,698	0,691	0,684	0,661	0,656	0,647	0,647	0,643	0,638	0,636
100	0,663	0,673	0,675	0,688	0,696	0,695	0,692	0,669	0,655	0,651	0,635	0,620	0,622	0,615
500	0,680	0,664	0,674	0,677	0,698	0,699	0,701	0,705	0,693	0,660	0,651	0,619	0,608	0,584
1000	0,669	0,671	0,670	0,676	0,699	0,697	0,695	0,701	0,694	0,683	0,669	0,641	0,622	0,599
5000	0,667	0,670	0,666	0,663	0,683	0,682	0,692	0,701	0,687	0,703	0,698	0,701	0,691	0,667
10000	0,667	0,665	0,669	0,674	0,687	0,691	0,689	0,693	0,699	0,697	0,693	0,692	0,686	0,682
50000	0,669	0,668	0,674	0,669	0,684	0,683	0,681	0,684	0,702	0,691	0,698	0,689	0,698	0,710

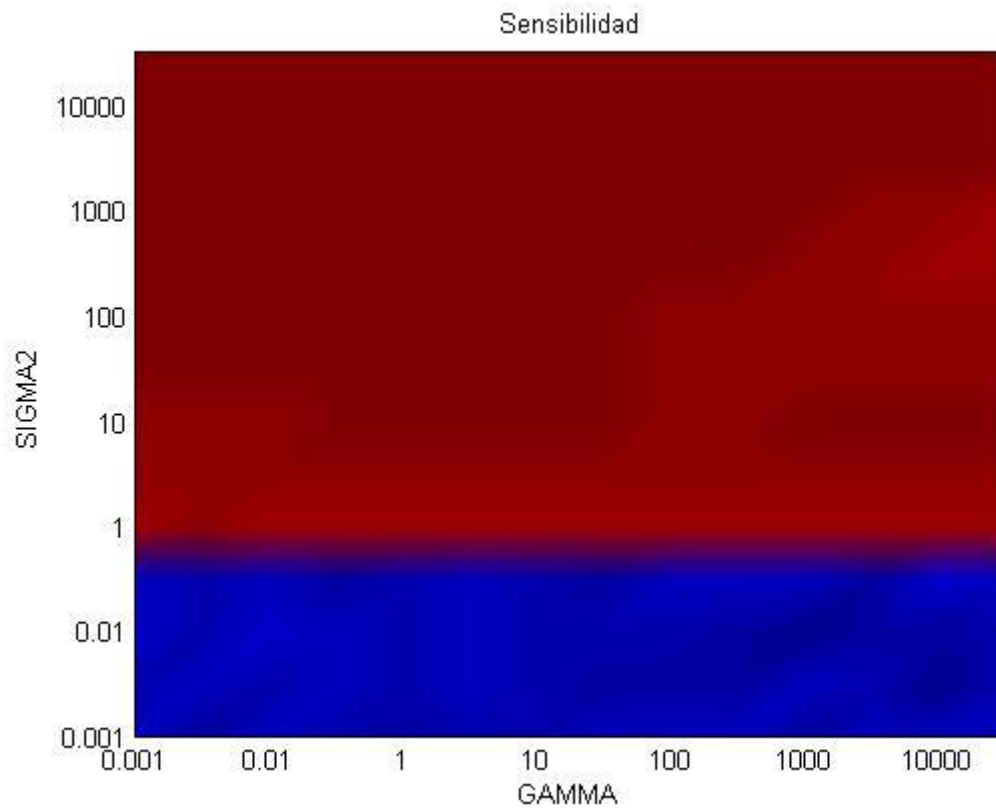


Figura 6-94: Representación gráfica sen. según parámetros SVM I-70ms con solape

6.1.2.2.7 Resumen resultados Vocal I

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los tres valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
1000	1	0.714	0.713	0.712

- Venta de 30 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
500	10	0.728	0.728	0.728

- Venta de 50 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
500	10	0.706	0.706	0.706

- Venta de 50 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
500	10	0.710	0.709	0.708

- Venta de 70 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
100	1	0.713	0.712	0.711

- Venta de 70 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
50000	50000	0.709	0.710	0.710

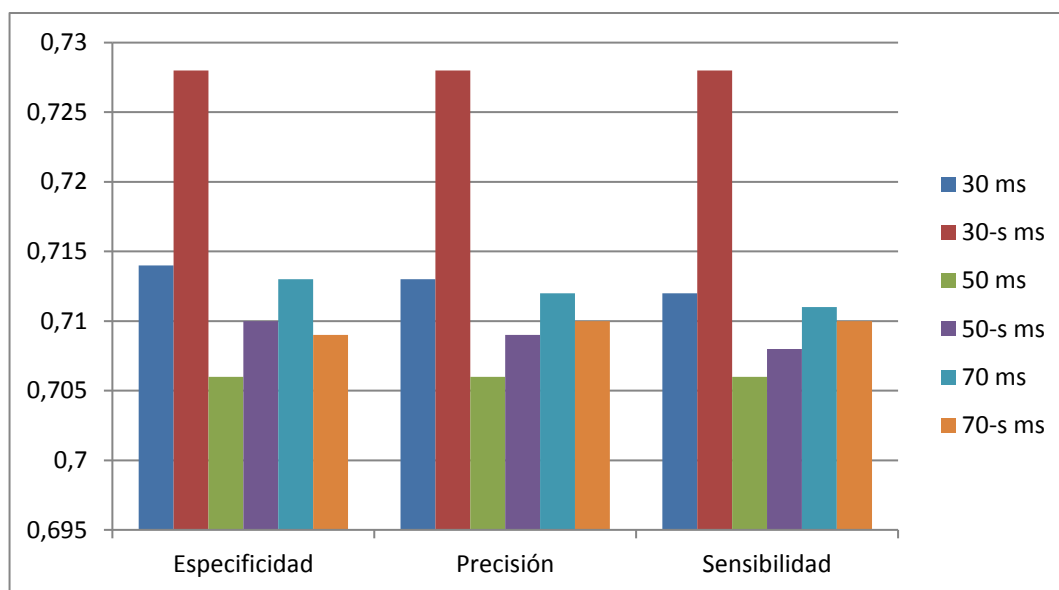


Figura 6-95: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal I

6.1.2.3 Vocal U

Estudio de la vocal 'U' parametrizada mediante ventanas de 30, 50 y 70ms. Obtención de parámetros Gamma y Sigma cuadrado óptimos para la SVM.

Se varían los parámetros de la SVM de forma exponencial, obteniendo distintas aproximaciones según la pareja de parámetros empleada. Los valores de porcentajes de entrenamiento se ajustan a los valores que mejor rendimiento dieron el apartado 6.1.1.

Durante los siguientes apartados se presentan las tablas y gráficas obtenidas para las medidas de Especificidad, Precisión y Sensibilidad:

6.1.2.3.1 Ventana = 30ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-91: Especificidad según parámetros SVM para U-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	1,000	0,950	0,951	0,951	1,000	0,851	1,000	1,000	1,000	1,000	0,951	0,851	0,901
0.005	1,000	0,901	0,901	1,000	0,950	0,950	0,852	0,951	0,951	0,951	0,901	0,950	0,951	0,951
0.01	0,901	0,951	1,000	0,951	0,901	0,851	0,951	1,000	0,802	1,000	0,901	0,951	1,000	1,000
0.05	0,951	0,950	0,951	1,000	0,754	0,901	0,951	1,000	0,901	0,951	0,951	0,950	0,951	0,852
1	0,591	0,596	0,596	0,589	0,600	0,580	0,598	0,594	0,605	0,604	0,591	0,591	0,609	0,603
5	0,648	0,651	0,657	0,663	0,670	0,675	0,671	0,666	0,668	0,664	0,666	0,653	0,670	0,665
10	0,652	0,646	0,667	0,670	0,685	0,658	0,665	0,653	0,654	0,662	0,655	0,651	0,647	0,657
50	0,662	0,663	0,670	0,691	0,715	0,692	0,696	0,657	0,647	0,625	0,633	0,619	0,614	0,611
100	0,657	0,678	0,662	0,694	0,714	0,703	0,704	0,679	0,646	0,618	0,609	0,606	0,580	0,598
500	0,659	0,670	0,672	0,683	0,698	0,709	0,708	0,717	0,700	0,682	0,671	0,617	0,585	0,572
1000	0,678	0,683	0,672	0,670	0,694	0,685	0,706	0,717	0,701	0,706	0,697	0,651	0,634	0,593
5000	0,685	0,679	0,687	0,675	0,691	0,694	0,684	0,701	0,708	0,711	0,706	0,712	0,702	0,674
10000	0,683	0,676	0,673	0,668	0,686	0,689	0,688	0,701	0,686	0,708	0,698	0,712	0,722	0,707
50000	0,674	0,678	0,671	0,684	0,667	0,685	0,680	0,696	0,693	0,693	0,690	0,693	0,696	0,702

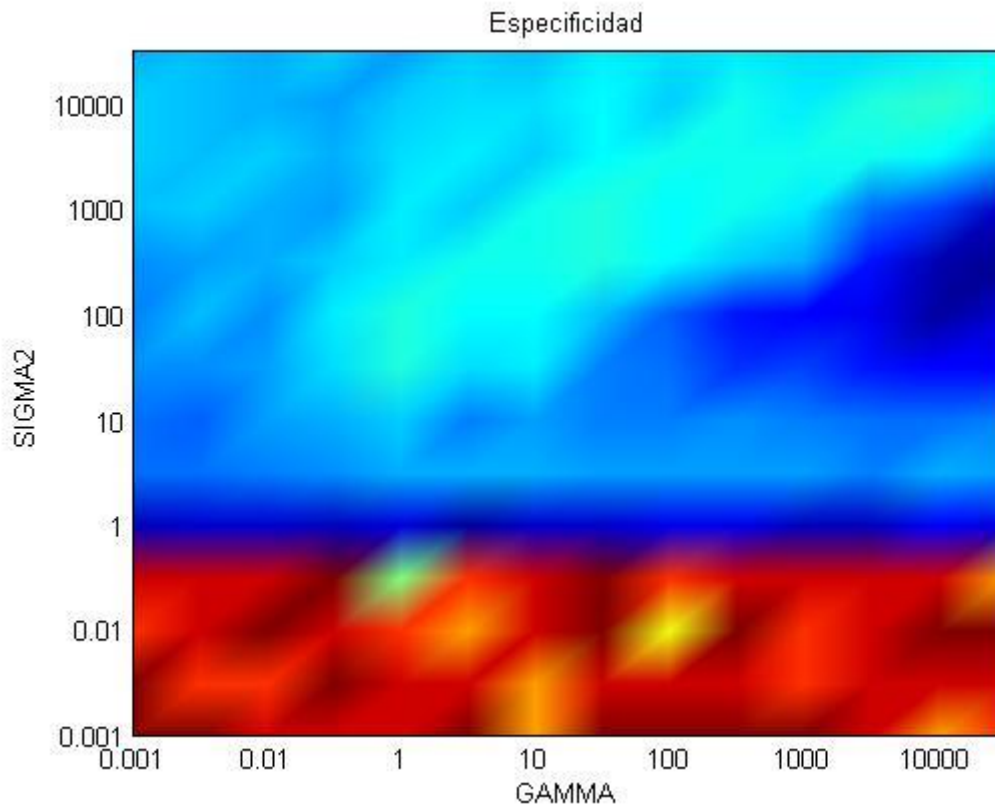


Figura 6-96: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-30ms

❖ Precisión

Tabla 6-92: Precisión según parámetros SVM para U-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,267	0,267	0,290	0,291	0,291	0,268	0,339	0,267	0,268	0,267	0,266	0,291	0,340	0,316
0.005	0,269	0,314	0,314	0,267	0,290	0,292	0,341	0,289	0,292	0,293	0,315	0,292	0,292	0,292
0.01	0,316	0,290	0,266	0,293	0,318	0,340	0,292	0,267	0,365	0,268	0,315	0,295	0,267	0,268
0.05	0,291	0,291	0,294	0,270	0,388	0,316	0,290	0,269	0,314	0,293	0,291	0,290	0,291	0,342
1	0,601	0,598	0,603	0,586	0,595	0,583	0,603	0,596	0,600	0,604	0,592	0,584	0,624	0,603
5	0,647	0,652	0,655	0,662	0,669	0,674	0,670	0,665	0,667	0,663	0,665	0,653	0,670	0,663
10	0,651	0,646	0,665	0,669	0,684	0,657	0,664	0,652	0,653	0,661	0,655	0,651	0,647	0,657
50	0,661	0,661	0,667	0,691	0,715	0,691	0,695	0,656	0,646	0,626	0,633	0,619	0,614	0,611
100	0,656	0,677	0,661	0,693	0,713	0,703	0,703	0,677	0,645	0,618	0,610	0,607	0,582	0,598
500	0,659	0,668	0,672	0,682	0,697	0,708	0,708	0,716	0,699	0,681	0,669	0,616	0,586	0,572
1000	0,677	0,682	0,672	0,668	0,693	0,683	0,705	0,717	0,701	0,705	0,697	0,652	0,634	0,594
5000	0,683	0,678	0,686	0,674	0,690	0,693	0,683	0,701	0,708	0,710	0,705	0,711	0,701	0,673
10000	0,682	0,675	0,672	0,667	0,685	0,688	0,687	0,700	0,684	0,707	0,697	0,712	0,721	0,707
50000	0,674	0,678	0,670	0,683	0,666	0,684	0,679	0,694	0,693	0,693	0,689	0,692	0,695	0,701

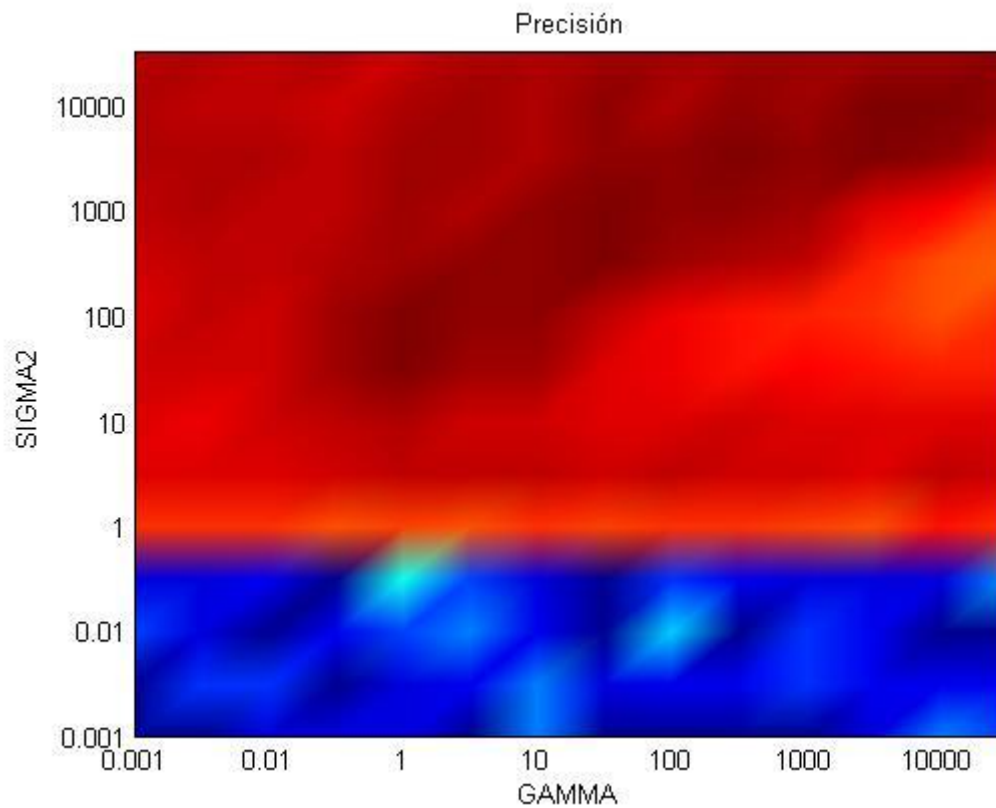


Figura 6-97: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-30ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-93: Sensibilidad según parámetros SVM para U-30ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,017	0,017	0,066	0,066	0,067	0,019	0,164	0,018	0,019	0,018	0,016	0,067	0,166	0,117
0.005	0,020	0,115	0,114	0,018	0,066	0,069	0,167	0,064	0,068	0,070	0,116	0,068	0,068	0,068
0.01	0,117	0,066	0,017	0,070	0,120	0,166	0,068	0,018	0,216	0,019	0,116	0,072	0,018	0,019
0.05	0,067	0,067	0,071	0,021	0,264	0,117	0,066	0,021	0,114	0,069	0,067	0,066	0,067	0,168
1	0,604	0,599	0,606	0,585	0,594	0,583	0,605	0,597	0,599	0,604	0,592	0,581	0,629	0,604
5	0,647	0,652	0,655	0,662	0,669	0,674	0,669	0,665	0,667	0,663	0,664	0,652	0,670	0,663
10	0,651	0,646	0,665	0,668	0,684	0,657	0,664	0,651	0,653	0,661	0,655	0,650	0,647	0,657
50	0,661	0,660	0,666	0,691	0,715	0,691	0,694	0,655	0,645	0,626	0,633	0,619	0,615	0,612
100	0,655	0,677	0,661	0,693	0,713	0,703	0,703	0,677	0,645	0,618	0,610	0,607	0,582	0,598
500	0,658	0,668	0,672	0,682	0,696	0,708	0,708	0,716	0,699	0,680	0,668	0,616	0,586	0,572
1000	0,677	0,682	0,672	0,668	0,693	0,683	0,704	0,717	0,700	0,705	0,696	0,652	0,634	0,595
5000	0,683	0,678	0,686	0,674	0,690	0,692	0,683	0,700	0,707	0,710	0,705	0,711	0,701	0,672
10000	0,682	0,675	0,672	0,667	0,685	0,688	0,686	0,699	0,684	0,706	0,696	0,712	0,721	0,707
50000	0,673	0,678	0,669	0,683	0,665	0,683	0,679	0,694	0,693	0,692	0,689	0,692	0,694	0,701

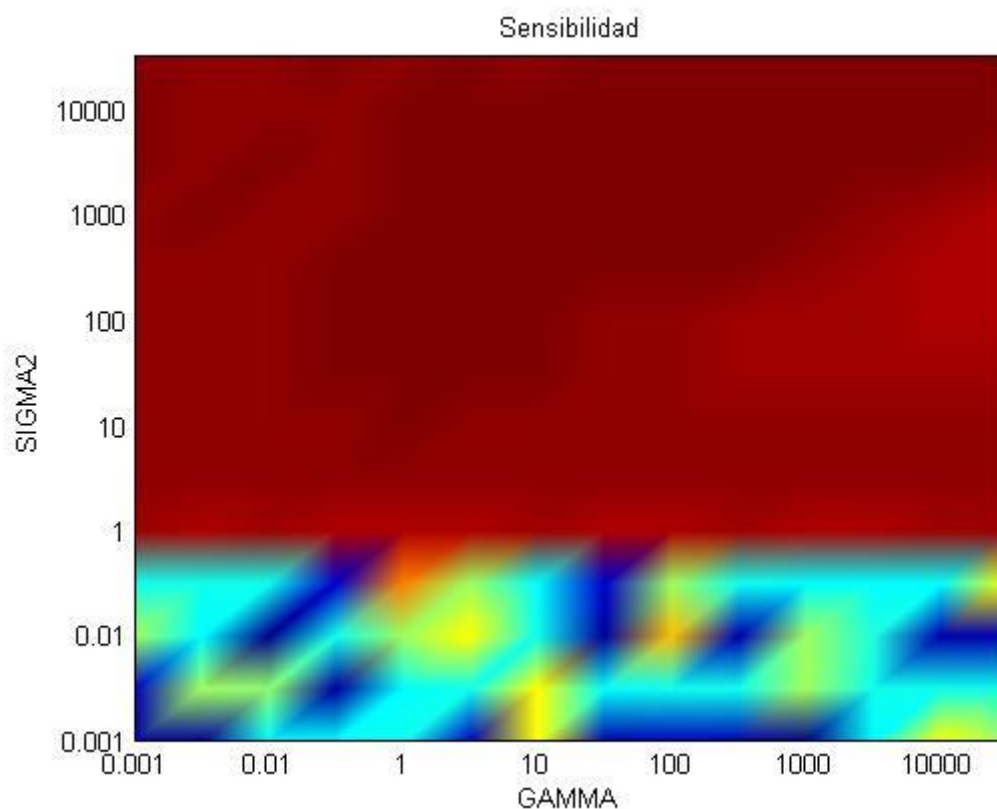


Figura 6-98: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-30ms

6.1.2.3.2 Ventana = 30ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'U', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 30ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-94: Especificidad según parámetros SVM para U-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,950	0,950	0,950	0,900	0,950	1,000	0,901	0,851	0,851	0,851	0,950	0,950	0,950	0,950
0.005	0,950	0,950	0,901	0,901	0,950	0,900	1,000	0,950	0,950	0,900	0,901	0,950	0,950	0,900
0.01	0,800	0,950	0,950	1,000	0,900	0,950	0,901	0,950	1,000	0,950	1,000	0,950	0,900	0,901
0.05	1,000	0,950	0,950	0,950	0,900	0,950	0,950	0,851	0,851	0,950	0,950	0,901	0,950	1,000
1	0,605	0,605	0,612	0,608	0,606	0,603	0,600	0,603	0,616	0,609	0,621	0,597	0,610	0,614
5	0,652	0,661	0,664	0,666	0,660	0,657	0,671	0,669	0,670	0,654	0,663	0,667	0,662	0,676
10	0,662	0,658	0,645	0,659	0,676	0,675	0,661	0,656	0,661	0,661	0,655	0,671	0,663	0,663
50	0,649	0,655	0,656	0,685	0,716	0,694	0,699	0,653	0,640	0,643	0,639	0,617	0,618	0,620
100	0,665	0,663	0,666	0,683	0,715	0,720	0,689	0,683	0,671	0,633	0,631	0,602	0,609	0,599
500	0,672	0,665	0,683	0,675	0,708	0,700	0,698	0,706	0,696	0,672	0,683	0,634	0,621	0,587
1000	0,673	0,678	0,689	0,692	0,673	0,700	0,708	0,706	0,709	0,702	0,689	0,667	0,655	0,606
5000	0,689	0,677	0,681	0,687	0,685	0,689	0,700	0,693	0,688	0,695	0,702	0,700	0,692	0,667
10000	0,686	0,684	0,674	0,681	0,680	0,688	0,685	0,698	0,702	0,703	0,698	0,717	0,702	0,695
50000	0,690	0,679	0,691	0,684	0,678	0,698	0,693	0,694	0,690	0,686	0,699	0,689	0,682	0,702

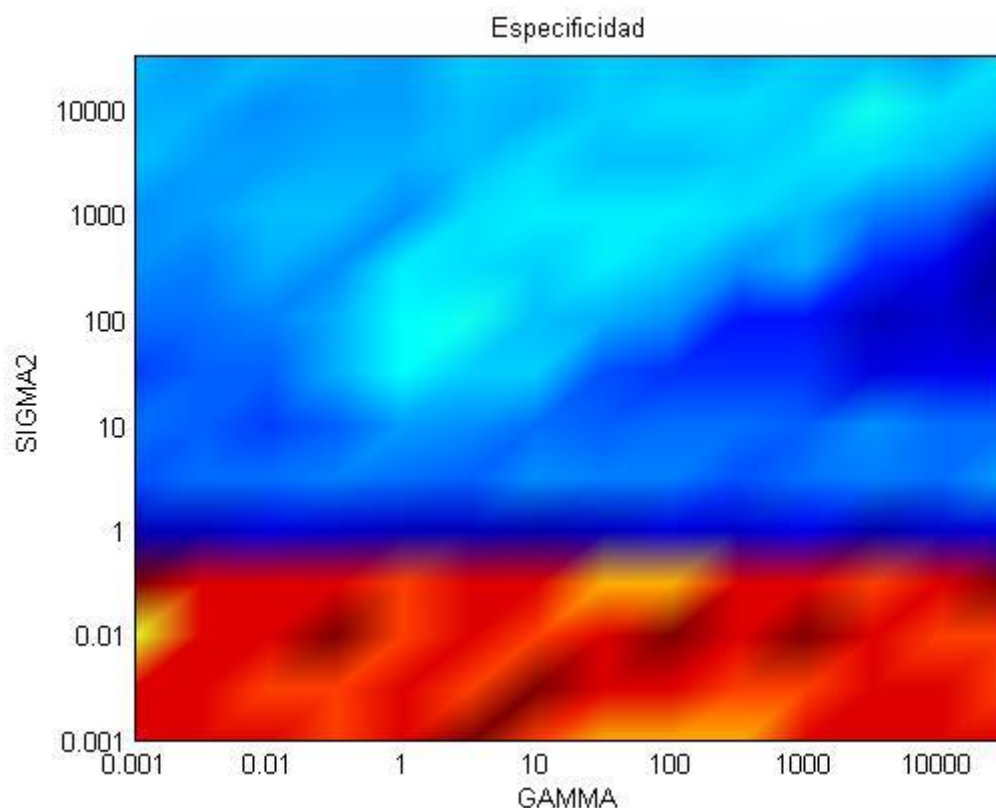


Figura 6-99: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-30ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-95: Precisión según parámetros SVM para U-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,452	0,450	0,451	0,459	0,451	0,446	0,458	0,466	0,464	0,463	0,450	0,451	0,451	0,453
0.005	0,450	0,451	0,458	0,459	0,450	0,458	0,444	0,450	0,452	0,458	0,459	0,452	0,451	0,458
0.01	0,472	0,453	0,451	0,448	0,458	0,449	0,458	0,453	0,445	0,452	0,444	0,451	0,457	0,458
0.05	0,447	0,453	0,449	0,452	0,458	0,453	0,452	0,463	0,467	0,452	0,455	0,456	0,452	0,446
1	0,610	0,609	0,619	0,607	0,599	0,606	0,601	0,606	0,618	0,611	0,615	0,603	0,615	0,609
5	0,652	0,661	0,664	0,666	0,660	0,657	0,671	0,669	0,671	0,654	0,663	0,667	0,661	0,676
10	0,662	0,658	0,645	0,658	0,676	0,675	0,661	0,656	0,661	0,660	0,655	0,671	0,663	0,663
50	0,648	0,654	0,656	0,685	0,716	0,694	0,699	0,654	0,640	0,642	0,639	0,617	0,618	0,621
100	0,665	0,664	0,666	0,683	0,714	0,721	0,689	0,683	0,671	0,633	0,632	0,603	0,610	0,599
500	0,673	0,665	0,682	0,676	0,708	0,700	0,698	0,707	0,696	0,672	0,683	0,634	0,621	0,587
1000	0,673	0,678	0,689	0,692	0,673	0,700	0,708	0,705	0,710	0,702	0,688	0,666	0,656	0,606
5000	0,689	0,678	0,680	0,687	0,686	0,690	0,699	0,693	0,688	0,695	0,703	0,700	0,692	0,667
10000	0,686	0,684	0,674	0,681	0,680	0,688	0,686	0,698	0,703	0,703	0,697	0,717	0,703	0,694
50000	0,691	0,678	0,691	0,684	0,678	0,698	0,693	0,694	0,690	0,686	0,699	0,689	0,682	0,703

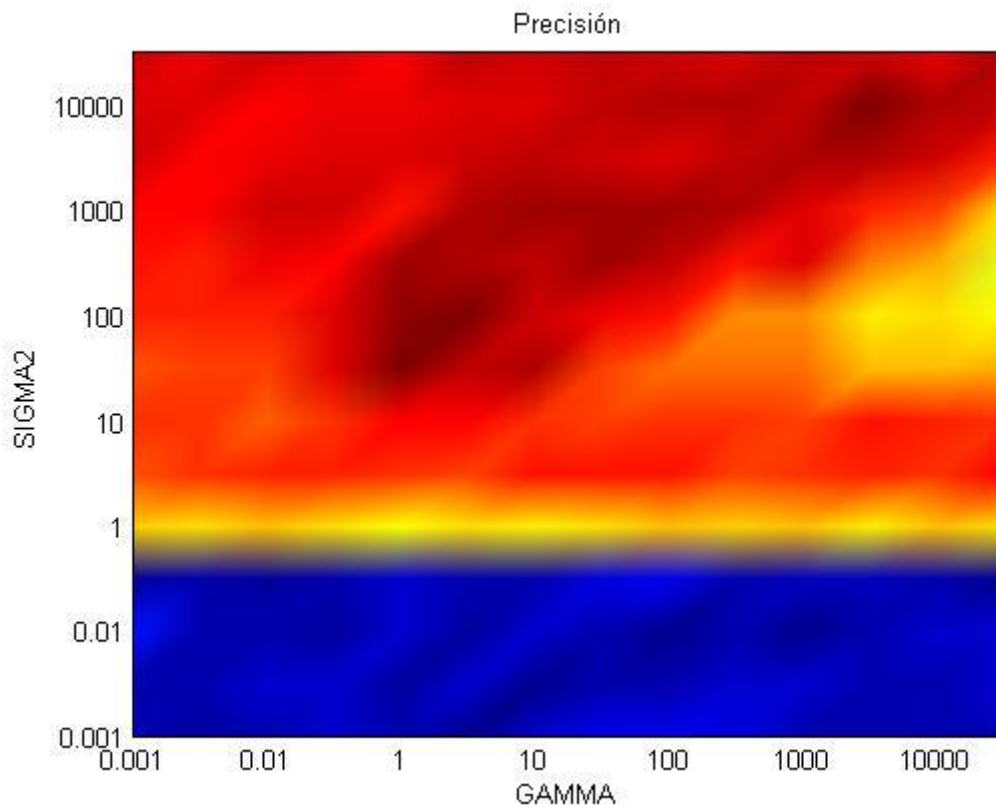


Figura 6-100: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-30ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-96: Sensibilidad según parámetros SVM para U-30ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,074	0,071	0,074	0,125	0,072	0,027	0,122	0,174	0,171	0,169	0,072	0,074	0,072	0,076
0.005	0,072	0,073	0,123	0,125	0,071	0,122	0,023	0,072	0,075	0,123	0,125	0,074	0,073	0,122
0.01	0,223	0,077	0,072	0,029	0,124	0,070	0,123	0,077	0,024	0,074	0,022	0,073	0,122	0,122
0.05	0,028	0,075	0,070	0,075	0,122	0,076	0,075	0,169	0,175	0,075	0,080	0,119	0,075	0,026
1	0,614	0,612	0,624	0,607	0,594	0,608	0,602	0,608	0,620	0,612	0,611	0,608	0,619	0,606
5	0,652	0,661	0,664	0,666	0,660	0,657	0,671	0,669	0,671	0,654	0,663	0,667	0,661	0,676
10	0,662	0,658	0,645	0,658	0,676	0,675	0,661	0,656	0,661	0,660	0,655	0,671	0,663	0,663
50	0,648	0,654	0,657	0,686	0,717	0,694	0,700	0,654	0,640	0,642	0,639	0,617	0,618	0,621
100	0,665	0,664	0,667	0,683	0,714	0,721	0,689	0,683	0,670	0,633	0,632	0,603	0,610	0,600
500	0,673	0,665	0,682	0,676	0,707	0,700	0,699	0,707	0,696	0,672	0,683	0,634	0,622	0,588
1000	0,674	0,678	0,689	0,692	0,673	0,699	0,708	0,705	0,710	0,702	0,688	0,666	0,656	0,606
5000	0,689	0,678	0,680	0,688	0,686	0,690	0,699	0,693	0,689	0,696	0,703	0,700	0,692	0,667
10000	0,685	0,684	0,674	0,681	0,680	0,688	0,686	0,699	0,703	0,703	0,697	0,717	0,703	0,694
50000	0,691	0,678	0,691	0,684	0,678	0,699	0,693	0,694	0,690	0,686	0,699	0,688	0,682	0,703

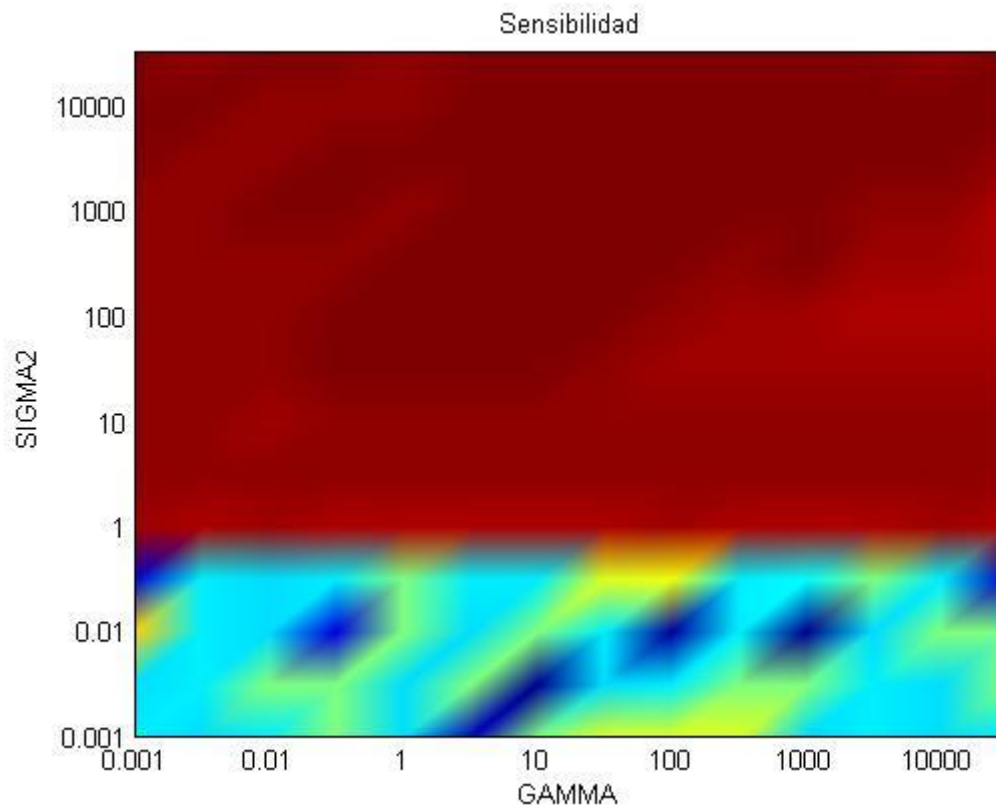


Figura 6-101: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-30ms con solape

6.1.2.3.3 Ventana = 50ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-97: Especificidad según parámetros SVM para U-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,851	0,901	0,951	1,000	0,800	1,000	0,950	0,802	0,801	0,950	0,901	0,851	0,901	0,802
0.005	1,000	0,851	0,851	0,851	0,951	0,851	0,851	0,951	0,850	0,950	0,951	0,851	1,000	1,000
0.01	0,951	0,951	0,851	0,901	0,950	0,850	0,850	0,901	0,800	0,901	0,850	0,950	0,850	0,851
0.05	0,850	0,901	0,950	1,000	0,950	0,850	0,901	0,901	0,950	0,951	0,702	1,000	1,000	0,951
1	0,575	0,583	0,574	0,588	0,590	0,573	0,565	0,569	0,567	0,573	0,585	0,566	0,571	0,570
5	0,662	0,651	0,646	0,654	0,652	0,659	0,669	0,653	0,662	0,656	0,646	0,658	0,670	0,653
10	0,649	0,635	0,644	0,655	0,670	0,664	0,666	0,659	0,659	0,661	0,655	0,646	0,673	0,664
50	0,667	0,664	0,659	0,670	0,695	0,687	0,670	0,649	0,635	0,617	0,618	0,614	0,622	0,625
100	0,646	0,660	0,666	0,699	0,704	0,697	0,681	0,656	0,651	0,605	0,610	0,607	0,601	0,588
500	0,660	0,667	0,670	0,703	0,691	0,687	0,709	0,706	0,693	0,671	0,647	0,612	0,587	0,573
1000	0,669	0,664	0,681	0,667	0,696	0,697	0,702	0,707	0,697	0,697	0,695	0,638	0,631	0,592
5000	0,676	0,658	0,659	0,683	0,684	0,696	0,704	0,701	0,696	0,704	0,709	0,696	0,696	0,661
10000	0,670	0,657	0,678	0,680	0,694	0,685	0,699	0,698	0,684	0,696	0,682	0,709	0,701	0,688
50000	0,669	0,680	0,683	0,670	0,685	0,683	0,680	0,693	0,700	0,699	0,694	0,699	0,700	0,691

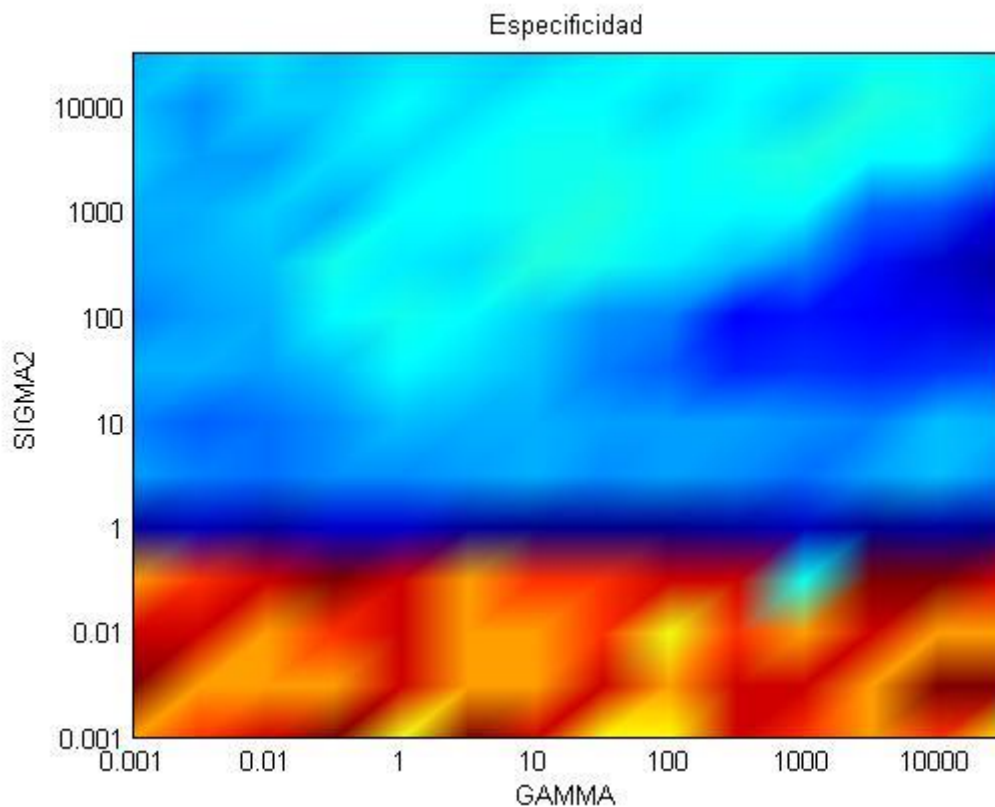


Figura 6-102: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-50ms

❖ Precisión

Tabla 6-98: Precisión según parámetros SVM para U-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,398	0,382	0,365	0,353	0,413	0,351	0,368	0,413	0,412	0,366	0,382	0,399	0,381	0,415
0.005	0,351	0,399	0,397	0,399	0,367	0,397	0,398	0,365	0,397	0,367	0,367	0,396	0,352	0,350
0.01	0,366	0,365	0,396	0,380	0,364	0,396	0,397	0,383	0,412	0,380	0,399	0,366	0,394	0,399
0.05	0,397	0,383	0,365	0,349	0,366	0,395	0,381	0,380	0,364	0,366	0,447	0,348	0,351	0,364
1	0,564	0,576	0,563	0,579	0,582	0,569	0,560	0,570	0,568	0,573	0,591	0,563	0,571	0,566
5	0,662	0,651	0,646	0,655	0,652	0,659	0,669	0,652	0,662	0,656	0,646	0,658	0,671	0,653
10	0,650	0,635	0,644	0,655	0,670	0,664	0,666	0,660	0,659	0,660	0,655	0,646	0,673	0,665
50	0,667	0,664	0,660	0,671	0,695	0,687	0,670	0,649	0,635	0,618	0,618	0,615	0,621	0,625
100	0,646	0,660	0,667	0,699	0,705	0,697	0,681	0,655	0,651	0,605	0,610	0,606	0,600	0,588
500	0,660	0,667	0,670	0,702	0,692	0,688	0,710	0,706	0,694	0,670	0,647	0,612	0,586	0,573
1000	0,669	0,664	0,682	0,667	0,695	0,698	0,703	0,708	0,697	0,697	0,695	0,638	0,631	0,591
5000	0,676	0,658	0,660	0,683	0,684	0,695	0,705	0,700	0,696	0,704	0,710	0,696	0,697	0,661
10000	0,670	0,657	0,678	0,680	0,695	0,685	0,700	0,698	0,685	0,697	0,682	0,709	0,702	0,688
50000	0,670	0,681	0,683	0,670	0,686	0,684	0,680	0,693	0,700	0,700	0,695	0,700	0,700	0,690

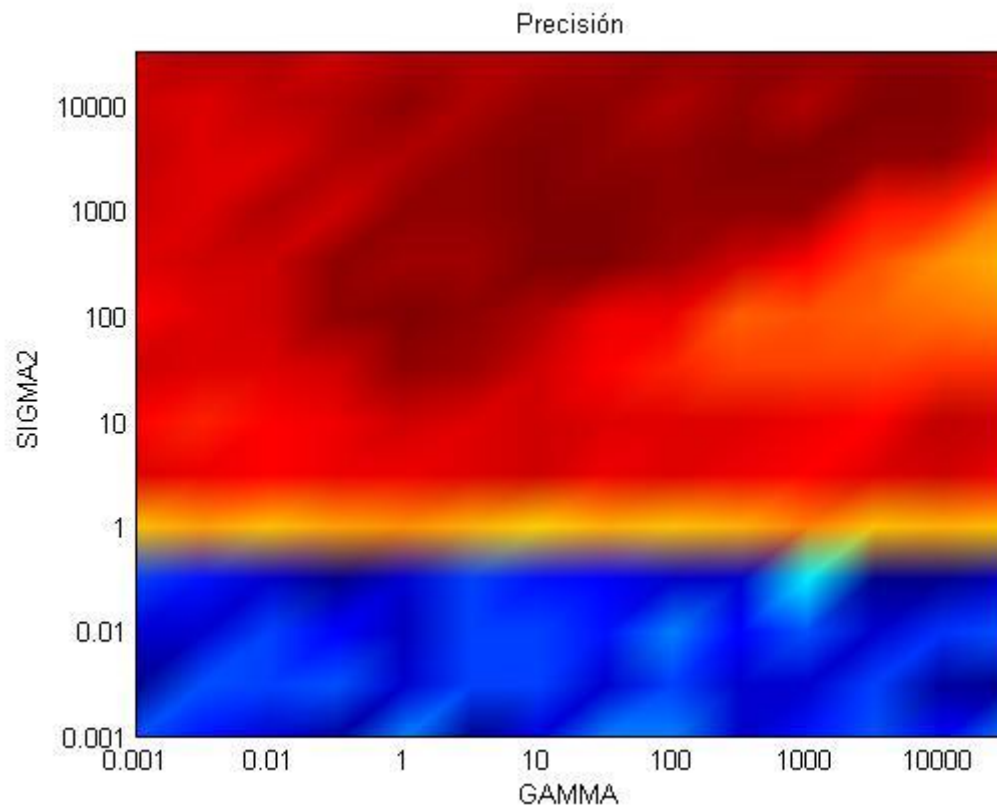


Figura 6-103: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-50ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-99: Sensibilidad según parámetros SVM para U-50ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,169	0,119	0,067	0,025	0,216	0,022	0,073	0,216	0,215	0,070	0,119	0,170	0,117	0,218
0.005	0,021	0,169	0,167	0,169	0,070	0,167	0,167	0,067	0,167	0,071	0,071	0,166	0,024	0,020
0.01	0,069	0,067	0,166	0,116	0,067	0,165	0,167	0,120	0,215	0,116	0,170	0,070	0,162	0,169
0.05	0,167	0,120	0,069	0,018	0,069	0,164	0,118	0,115	0,067	0,069	0,318	0,018	0,022	0,066
1	0,558	0,572	0,557	0,574	0,578	0,567	0,558	0,571	0,569	0,573	0,594	0,561	0,571	0,564
5	0,663	0,651	0,646	0,655	0,652	0,659	0,669	0,651	0,662	0,656	0,646	0,658	0,671	0,653
10	0,650	0,635	0,644	0,655	0,670	0,664	0,667	0,660	0,659	0,660	0,655	0,645	0,673	0,665
50	0,667	0,664	0,660	0,672	0,696	0,688	0,669	0,649	0,635	0,618	0,618	0,615	0,621	0,625
100	0,645	0,659	0,667	0,699	0,706	0,696	0,681	0,655	0,651	0,605	0,611	0,606	0,600	0,588
500	0,660	0,667	0,669	0,701	0,693	0,688	0,711	0,707	0,694	0,670	0,647	0,612	0,586	0,573
1000	0,669	0,664	0,682	0,668	0,695	0,698	0,704	0,708	0,697	0,697	0,696	0,638	0,631	0,591
5000	0,676	0,658	0,660	0,682	0,684	0,695	0,705	0,699	0,696	0,704	0,710	0,697	0,697	0,661
10000	0,670	0,657	0,678	0,681	0,695	0,685	0,700	0,697	0,685	0,698	0,682	0,709	0,703	0,689
50000	0,670	0,681	0,683	0,670	0,687	0,685	0,680	0,693	0,700	0,700	0,695	0,700	0,700	0,690

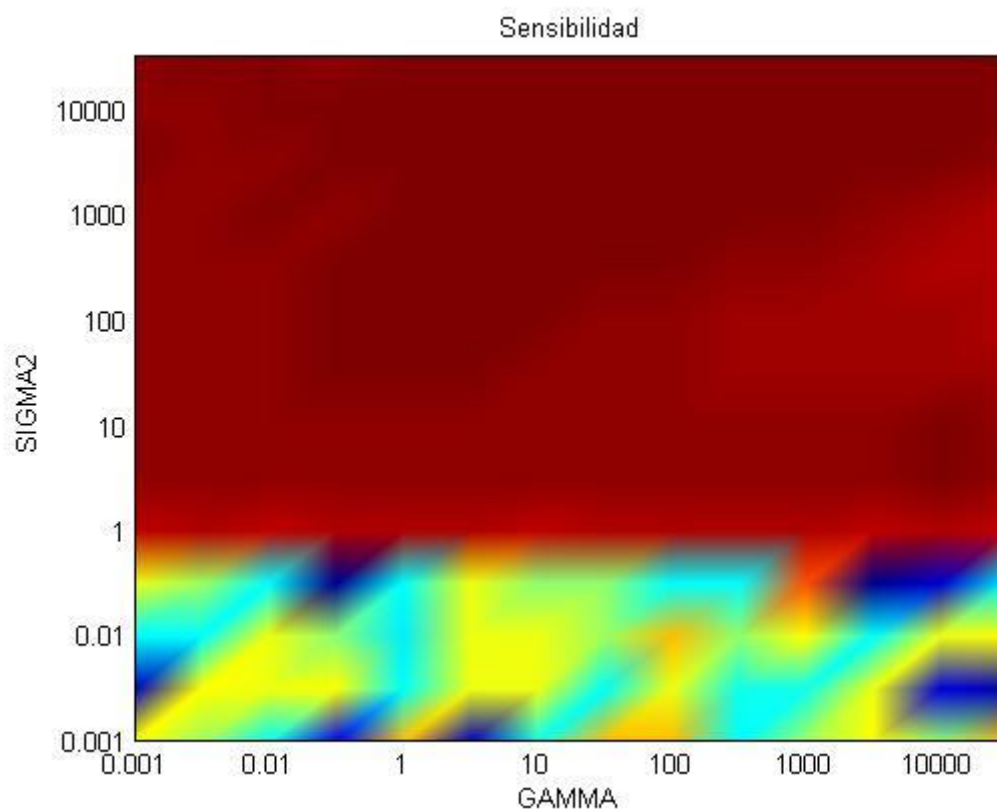


Figura 6-104: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-50ms

6.1.2.3.4 Ventana = 50ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal 'U', cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 50ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-100: Especificidad según parámetros SVM para U-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,852	0,951	0,852	0,901	0,951	0,803	0,852	0,951	0,852	0,852	1,000	1,000	0,951	0,951
0.005	1,000	0,951	0,951	0,951	0,852	0,754	1,000	1,000	1,000	0,852	0,901	0,901	0,901	0,951
0.01	0,951	0,803	0,803	0,951	0,852	0,951	0,852	1,000	0,901	0,852	1,000	0,852	0,951	0,901
0.05	0,852	0,852	0,803	0,951	0,852	0,852	0,655	0,901	0,852	0,901	0,951	1,000	0,803	0,951
1	0,600	0,608	0,613	0,616	0,617	0,614	0,612	0,601	0,610	0,609	0,608	0,616	0,607	0,605
5	0,649	0,643	0,646	0,641	0,649	0,648	0,657	0,652	0,653	0,659	0,644	0,653	0,651	0,654
10	0,638	0,645	0,651	0,658	0,668	0,659	0,655	0,662	0,650	0,657	0,655	0,662	0,659	0,650
50	0,647	0,659	0,669	0,680	0,686	0,667	0,668	0,638	0,639	0,633	0,630	0,625	0,635	0,633
100	0,674	0,683	0,671	0,686	0,704	0,686	0,691	0,663	0,645	0,632	0,623	0,621	0,599	0,609
500	0,669	0,675	0,684	0,686	0,696	0,689	0,697	0,696	0,690	0,675	0,645	0,616	0,606	0,588
1000	0,678	0,683	0,680	0,690	0,693	0,699	0,691	0,692	0,693	0,684	0,675	0,648	0,639	0,601
5000	0,680	0,675	0,676	0,676	0,694	0,691	0,701	0,692	0,687	0,695	0,699	0,698	0,677	0,657
10000	0,690	0,681	0,680	0,672	0,686	0,681	0,696	0,701	0,689	0,699	0,693	0,693	0,696	0,692
50000	0,677	0,680	0,669	0,673	0,681	0,674	0,678	0,688	0,691	0,688	0,691	0,696	0,681	0,696

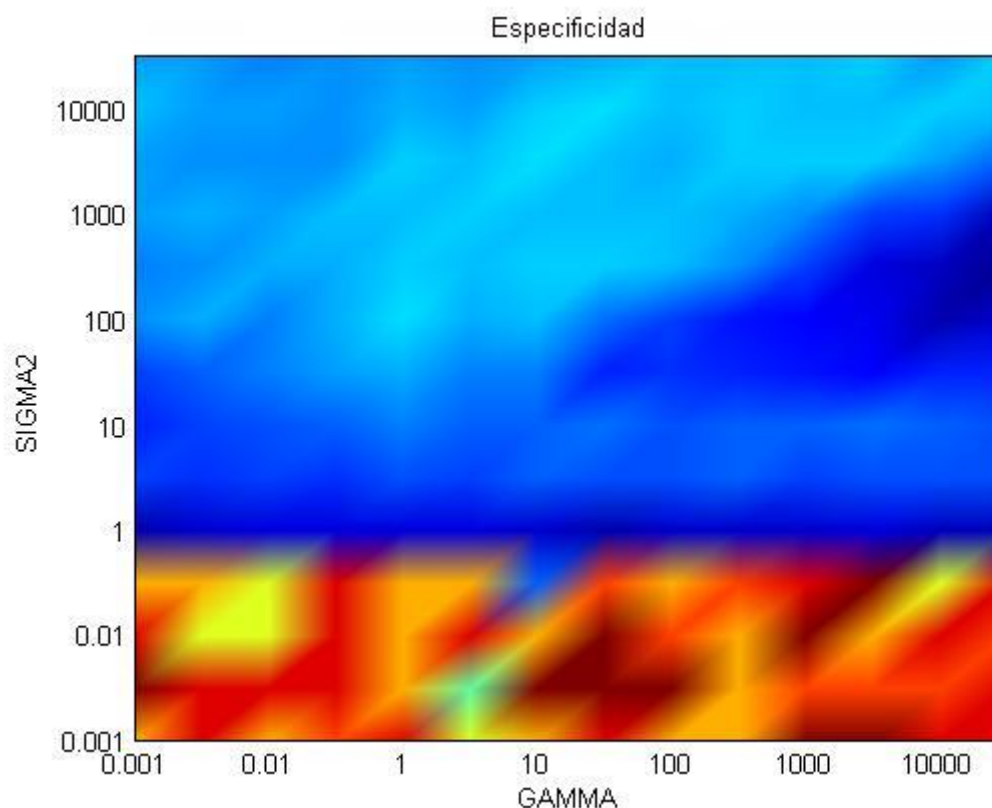


Figura 6-105: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-50ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-101: Precisión según parámetros SVM para U-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,225	0,144	0,226	0,184	0,145	0,266	0,225	0,145	0,226	0,226	0,105	0,104	0,144	0,146
0.005	0,104	0,146	0,145	0,145	0,225	0,307	0,105	0,104	0,106	0,225	0,185	0,185	0,185	0,145
0.01	0,145	0,265	0,265	0,146	0,225	0,143	0,226	0,104	0,185	0,226	0,105	0,225	0,144	0,186
0.05	0,225	0,225	0,265	0,145	0,226	0,224	0,386	0,187	0,226	0,186	0,144	0,104	0,266	0,144
1	0,609	0,615	0,618	0,626	0,626	0,612	0,613	0,613	0,607	0,622	0,617	0,615	0,615	0,614
5	0,648	0,644	0,646	0,641	0,649	0,647	0,656	0,653	0,654	0,659	0,645	0,654	0,650	0,654
10	0,639	0,646	0,652	0,659	0,668	0,660	0,654	0,662	0,650	0,656	0,656	0,661	0,659	0,650
50	0,649	0,660	0,668	0,681	0,686	0,667	0,669	0,637	0,640	0,634	0,628	0,625	0,635	0,634
100	0,675	0,682	0,671	0,686	0,703	0,686	0,691	0,663	0,646	0,632	0,623	0,621	0,599	0,609
500	0,668	0,675	0,685	0,686	0,696	0,689	0,697	0,697	0,689	0,674	0,646	0,615	0,605	0,587
1000	0,677	0,684	0,681	0,690	0,693	0,697	0,691	0,693	0,693	0,684	0,675	0,649	0,639	0,600
5000	0,681	0,674	0,676	0,677	0,693	0,691	0,701	0,692	0,687	0,695	0,700	0,697	0,677	0,656
10000	0,689	0,680	0,680	0,671	0,686	0,680	0,696	0,700	0,688	0,698	0,693	0,693	0,696	0,693
50000	0,677	0,680	0,668	0,673	0,681	0,674	0,678	0,689	0,691	0,689	0,692	0,695	0,681	0,696

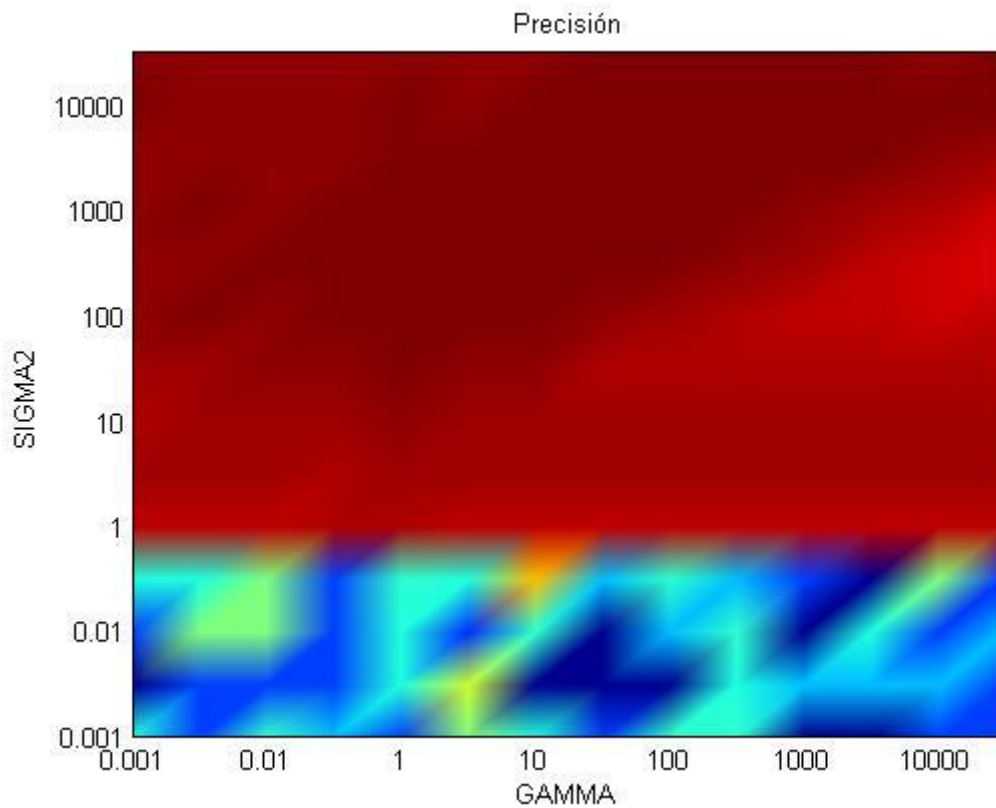


Figura 6-106: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-50ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-102: Sensibilidad según parámetros SVM para U-50ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,161	0,062	0,162	0,111	0,063	0,211	0,161	0,063	0,163	0,162	0,014	0,013	0,062	0,064
0.005	0,013	0,064	0,063	0,063	0,161	0,262	0,014	0,012	0,015	0,161	0,112	0,112	0,112	0,063
0.01	0,063	0,210	0,210	0,064	0,162	0,061	0,162	0,013	0,112	0,162	0,014	0,161	0,062	0,113
0.05	0,162	0,161	0,211	0,063	0,162	0,160	0,359	0,114	0,162	0,113	0,062	0,013	0,211	0,062
1	0,610	0,616	0,618	0,627	0,627	0,611	0,613	0,615	0,606	0,623	0,618	0,615	0,616	0,614
5	0,648	0,644	0,646	0,641	0,649	0,647	0,656	0,653	0,654	0,659	0,645	0,654	0,650	0,654
10	0,639	0,646	0,652	0,659	0,668	0,660	0,654	0,662	0,650	0,656	0,656	0,661	0,659	0,650
50	0,649	0,660	0,668	0,681	0,686	0,667	0,669	0,636	0,640	0,634	0,628	0,625	0,635	0,634
100	0,675	0,682	0,671	0,686	0,703	0,687	0,691	0,663	0,646	0,632	0,624	0,621	0,599	0,608
500	0,668	0,675	0,685	0,686	0,696	0,689	0,697	0,697	0,688	0,674	0,646	0,615	0,605	0,587
1000	0,677	0,684	0,681	0,690	0,693	0,697	0,692	0,693	0,693	0,684	0,675	0,649	0,639	0,600
5000	0,681	0,674	0,676	0,677	0,693	0,691	0,701	0,692	0,687	0,695	0,700	0,697	0,677	0,656
10000	0,689	0,680	0,680	0,670	0,686	0,680	0,696	0,700	0,688	0,698	0,693	0,693	0,696	0,693
50000	0,677	0,680	0,668	0,673	0,681	0,674	0,678	0,689	0,691	0,689	0,692	0,695	0,681	0,696

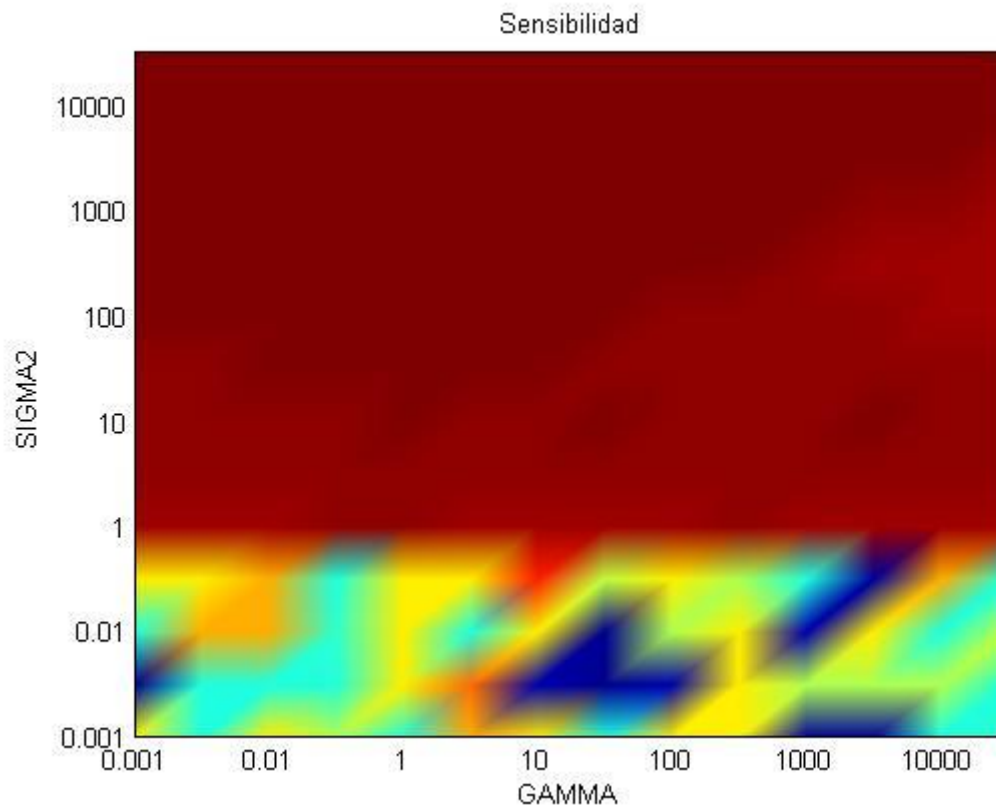


Figura 6-107: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-50ms con solape

6.1.2.3.5 Ventana = 70ms

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms.

❖ Especificidad

Tabla 6-103: Especificidad según parámetros SVM para U-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	1,000	0,951	1,000	1,000	0,950	1,000	0,901	0,901	1,000	1,000	0,951	1,000	0,951	0,951
0.005	1,000	0,951	1,000	1,000	1,000	0,951	0,951	1,000	1,000	1,000	0,950	1,000	1,000	0,951
0.01	0,951	0,951	0,901	1,000	1,000	1,000	0,901	1,000	1,000	1,000	0,901	0,901	1,000	1,000
0.05	1,000	1,000	1,000	0,950	1,000	0,951	1,000	0,951	0,951	0,951	1,000	0,951	0,950	0,901
1	0,575	0,569	0,575	0,564	0,567	0,578	0,578	0,580	0,586	0,571	0,581	0,588	0,576	0,572
5	0,650	0,651	0,651	0,641	0,654	0,662	0,655	0,654	0,649	0,659	0,664	0,657	0,649	0,651
10	0,643	0,649	0,654	0,663	0,675	0,657	0,657	0,662	0,654	0,653	0,650	0,645	0,651	0,651
50	0,664	0,670	0,679	0,690	0,691	0,670	0,669	0,629	0,630	0,620	0,620	0,599	0,602	0,613
100	0,649	0,678	0,676	0,686	0,692	0,688	0,670	0,640	0,633	0,612	0,593	0,591	0,586	0,572
500	0,675	0,679	0,669	0,679	0,675	0,700	0,699	0,683	0,690	0,636	0,635	0,596	0,586	0,575
1000	0,657	0,670	0,674	0,675	0,706	0,691	0,697	0,687	0,691	0,677	0,675	0,630	0,607	0,583
5000	0,670	0,662	0,674	0,681	0,686	0,693	0,701	0,691	0,703	0,688	0,696	0,700	0,679	0,652
10000	0,664	0,664	0,668	0,672	0,681	0,693	0,694	0,698	0,704	0,684	0,693	0,709	0,693	0,674
50000	0,673	0,671	0,657	0,662	0,664	0,680	0,681	0,701	0,697	0,702	0,691	0,693	0,710	0,696

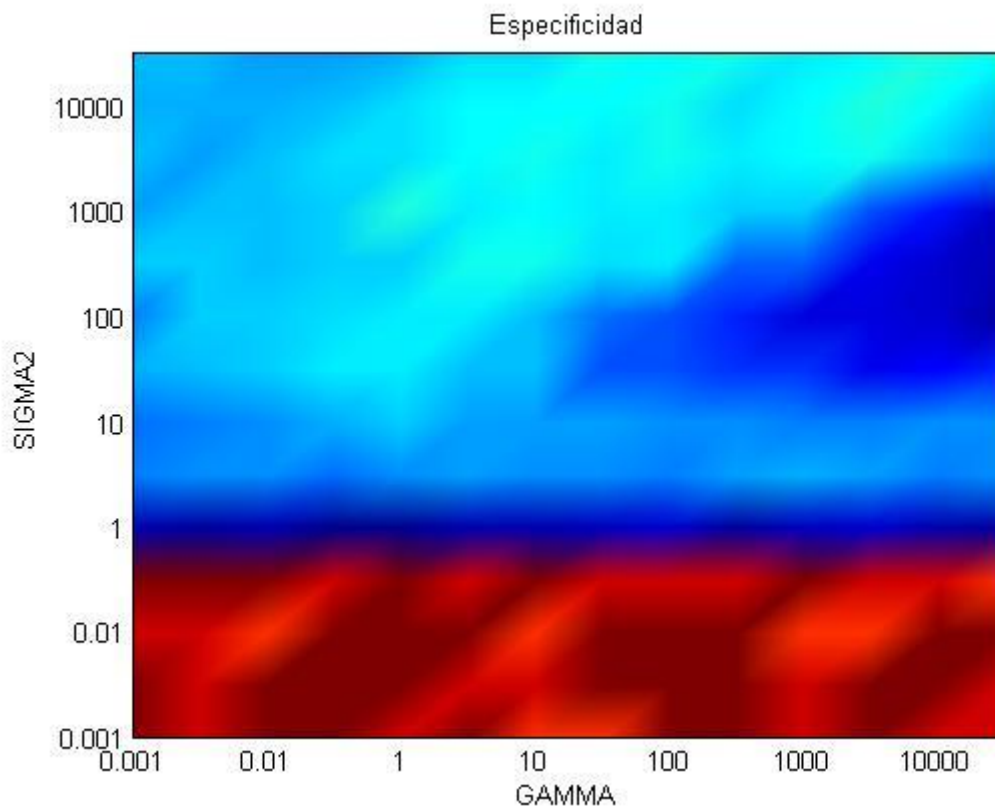


Figura 6-108: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-70ms

❖ Precisión

Tabla 6-104: Precisión según parámetros SVM para U-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,272	0,294	0,273	0,270	0,294	0,271	0,318	0,317	0,270	0,272	0,295	0,271	0,292	0,292
0.005	0,269	0,293	0,272	0,271	0,273	0,297	0,295	0,271	0,270	0,272	0,294	0,271	0,271	0,295
0.01	0,297	0,293	0,319	0,273	0,271	0,275	0,320	0,271	0,272	0,271	0,322	0,317	0,271	0,271
0.05	0,271	0,270	0,269	0,297	0,271	0,296	0,270	0,296	0,296	0,296	0,272	0,294	0,294	0,319
1	0,561	0,560	0,554	0,563	0,573	0,573	0,566	0,575	0,580	0,583	0,586	0,595	0,574	0,569
5	0,649	0,651	0,650	0,640	0,653	0,660	0,654	0,652	0,647	0,658	0,663	0,655	0,648	0,651
10	0,642	0,647	0,652	0,663	0,675	0,656	0,656	0,662	0,653	0,652	0,649	0,645	0,651	0,651
50	0,663	0,669	0,676	0,689	0,691	0,669	0,668	0,630	0,629	0,621	0,619	0,600	0,602	0,613
100	0,648	0,677	0,675	0,684	0,692	0,687	0,668	0,640	0,633	0,612	0,594	0,592	0,587	0,574
500	0,674	0,677	0,667	0,679	0,674	0,699	0,699	0,682	0,689	0,636	0,635	0,596	0,587	0,575
1000	0,656	0,670	0,674	0,674	0,705	0,690	0,696	0,686	0,690	0,677	0,674	0,629	0,608	0,584
5000	0,670	0,661	0,673	0,680	0,685	0,692	0,699	0,690	0,702	0,687	0,695	0,700	0,678	0,651
10000	0,663	0,663	0,667	0,671	0,681	0,693	0,694	0,697	0,704	0,683	0,693	0,708	0,692	0,672
50000	0,672	0,670	0,658	0,662	0,664	0,680	0,681	0,701	0,697	0,701	0,689	0,692	0,709	0,696

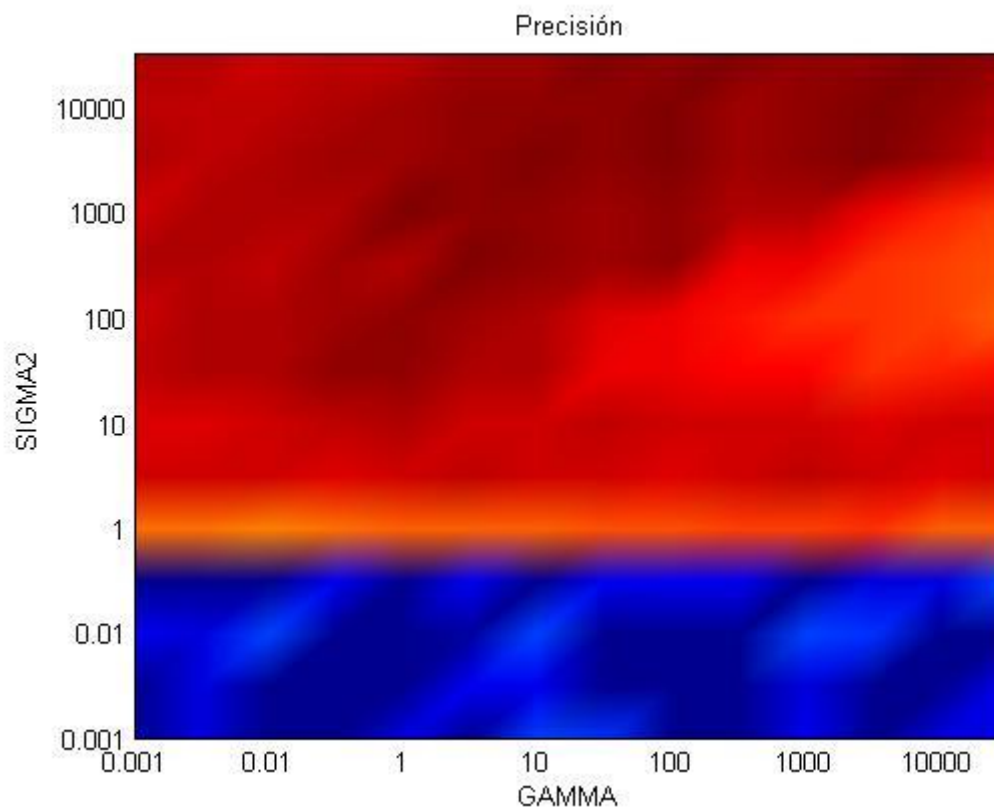


Figura 6-109: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-70ms

❖ Sensibilidad

Tabla 6-105: Sensibilidad según parámetros SVM para U-70ms

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,025	0,071	0,025	0,022	0,071	0,023	0,120	0,119	0,021	0,025	0,072	0,023	0,069	0,069
0.005	0,021	0,070	0,024	0,023	0,025	0,075	0,072	0,023	0,022	0,025	0,071	0,023	0,023	0,072
0.01	0,075	0,070	0,121	0,026	0,023	0,028	0,122	0,023	0,025	0,023	0,125	0,118	0,023	0,023
0.05	0,023	0,022	0,020	0,074	0,023	0,073	0,022	0,073	0,073	0,073	0,025	0,070	0,071	0,121
1	0,556	0,558	0,546	0,563	0,575	0,572	0,562	0,573	0,579	0,586	0,587	0,598	0,573	0,568
5	0,648	0,651	0,650	0,640	0,653	0,660	0,653	0,652	0,647	0,657	0,662	0,655	0,647	0,651
10	0,642	0,647	0,652	0,663	0,674	0,656	0,656	0,662	0,652	0,651	0,649	0,646	0,650	0,650
50	0,662	0,668	0,676	0,688	0,691	0,669	0,667	0,630	0,629	0,621	0,619	0,600	0,602	0,613
100	0,648	0,676	0,675	0,684	0,691	0,686	0,667	0,639	0,633	0,612	0,594	0,592	0,587	0,574
500	0,674	0,677	0,667	0,679	0,674	0,699	0,698	0,682	0,689	0,636	0,635	0,596	0,587	0,576
1000	0,656	0,670	0,673	0,674	0,704	0,689	0,696	0,685	0,690	0,677	0,674	0,629	0,608	0,585
5000	0,670	0,661	0,672	0,680	0,685	0,692	0,699	0,690	0,702	0,687	0,695	0,700	0,678	0,651
10000	0,663	0,663	0,667	0,671	0,681	0,693	0,694	0,697	0,704	0,683	0,693	0,708	0,692	0,671
50000	0,671	0,669	0,658	0,662	0,664	0,680	0,680	0,701	0,697	0,701	0,689	0,691	0,709	0,695

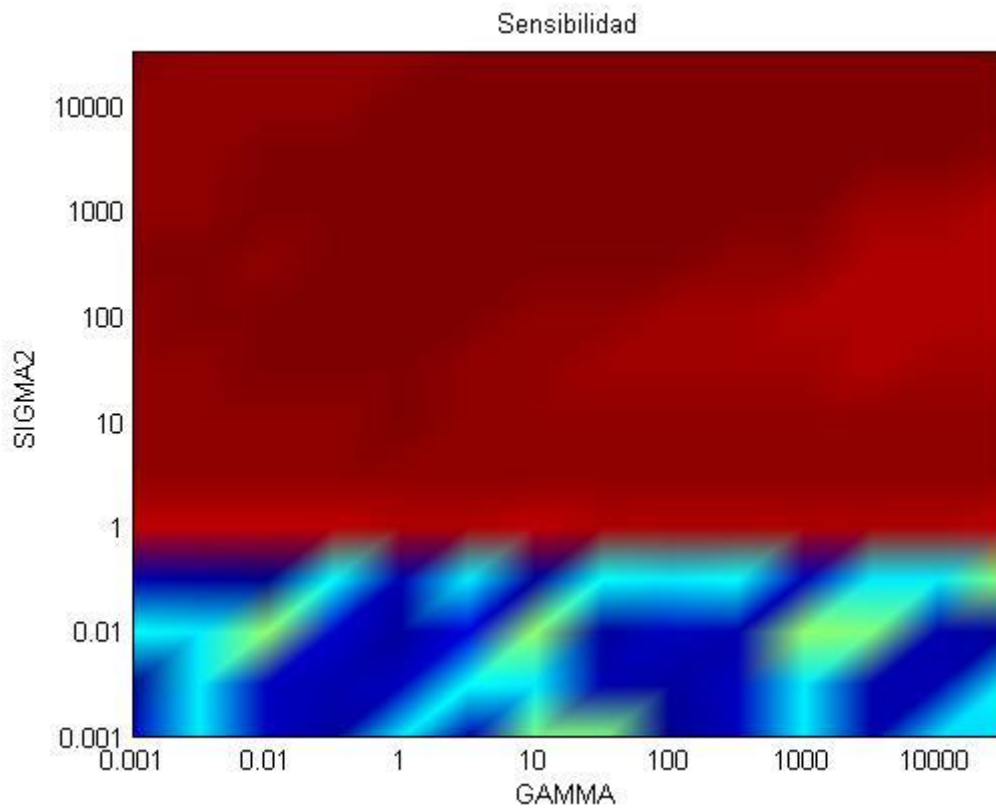


Figura 6-110: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-70ms

6.1.2.3.6 Ventana = 70ms con solape

A continuación se presentan las tablas y gráficas obtenidas al variar los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, gamma y sigma cuadrado, para la vocal ‘U’, cuando se utilizan, para dividir las señales, tamaños de ventana igual a 70ms con solapamiento del 50%.

❖ Especificidad

Tabla 6-106: Especificidad según parámetros SVM para U-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,852	0,852	0,901	0,754	0,803	0,901	1,000	0,901	0,852	0,704	0,951	0,951	0,704	0,754
0.005	1,000	0,901	0,803	0,901	0,901	0,951	0,803	0,852	0,901	1,000	0,951	0,951	0,852	0,852
0.01	0,951	1,000	1,000	0,951	0,951	1,000	0,852	1,000	0,803	1,000	0,901	0,951	0,901	0,901
0.05	0,852	0,951	0,951	0,951	0,951	0,951	1,000	0,901	0,803	0,901	1,000	0,951	0,852	0,901
1	0,592	0,602	0,595	0,601	0,594	0,609	0,590	0,593	0,606	0,595	0,599	0,583	0,596	0,603
5	0,625	0,634	0,628	0,631	0,641	0,643	0,638	0,644	0,633	0,641	0,641	0,633	0,628	0,633
10	0,629	0,641	0,638	0,650	0,657	0,649	0,654	0,638	0,645	0,651	0,651	0,652	0,647	0,646
50	0,657	0,651	0,649	0,664	0,676	0,676	0,669	0,636	0,628	0,625	0,633	0,629	0,614	0,628
100	0,657	0,669	0,668	0,678	0,693	0,678	0,665	0,641	0,635	0,624	0,608	0,596	0,598	0,602
500	0,665	0,666	0,667	0,677	0,693	0,693	0,687	0,674	0,665	0,640	0,630	0,604	0,584	0,570
1000	0,670	0,663	0,672	0,671	0,690	0,690	0,690	0,687	0,686	0,664	0,653	0,629	0,617	0,584
5000	0,671	0,675	0,677	0,666	0,683	0,675	0,683	0,696	0,700	0,688	0,680	0,670	0,657	0,630
10000	0,669	0,673	0,678	0,669	0,683	0,691	0,687	0,683	0,679	0,692	0,684	0,690	0,676	0,653
50000	0,672	0,667	0,677	0,672	0,682	0,673	0,680	0,697	0,699	0,686	0,700	0,685	0,687	0,683

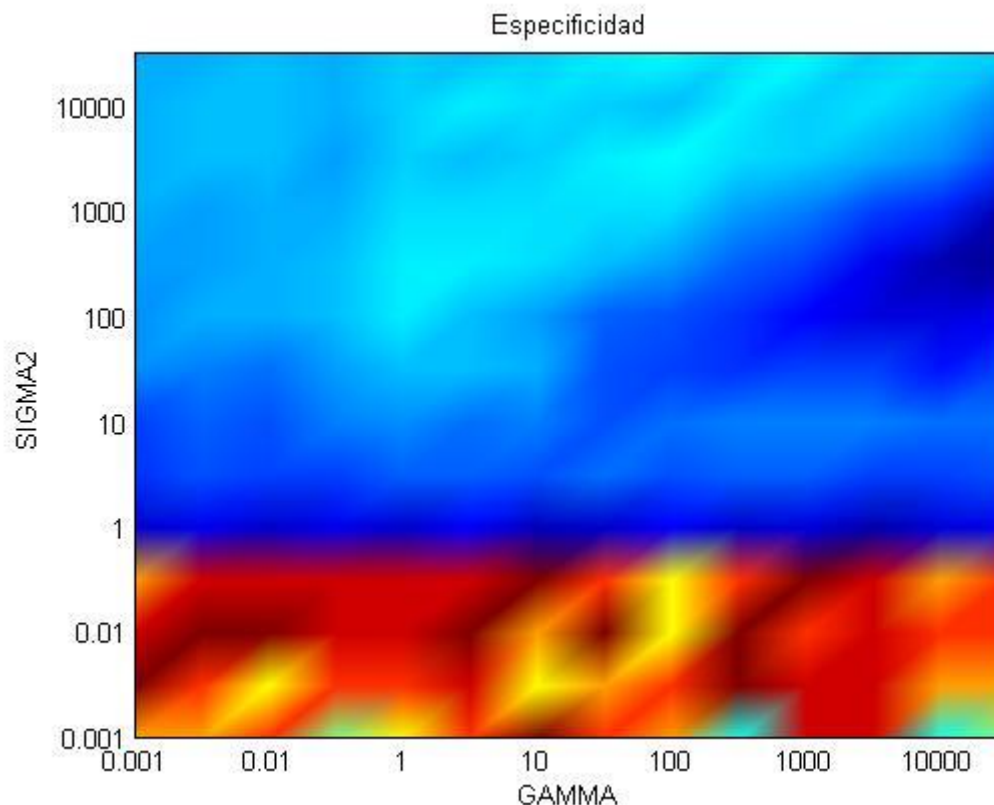


Figura 6-111: Representación gráfica esp. según parámetros SVM U-70ms con solape

❖ Precisión

Tabla 6-107: Precisión según parámetros SVM para U-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,226	0,226	0,185	0,305	0,266	0,184	0,104	0,185	0,225	0,346	0,145	0,145	0,347	0,306
0.005	0,105	0,184	0,265	0,185	0,185	0,144	0,266	0,225	0,185	0,103	0,145	0,144	0,224	0,225
0.01	0,145	0,104	0,104	0,144	0,146	0,107	0,224	0,105	0,266	0,104	0,185	0,146	0,185	0,187
0.05	0,225	0,145	0,145	0,145	0,144	0,145	0,104	0,185	0,266	0,184	0,104	0,144	0,226	0,185
1	0,611	0,619	0,602	0,615	0,607	0,606	0,601	0,604	0,612	0,601	0,605	0,591	0,607	0,611
5	0,626	0,633	0,629	0,631	0,641	0,644	0,639	0,644	0,633	0,642	0,642	0,633	0,628	0,632
10	0,630	0,641	0,638	0,650	0,656	0,648	0,653	0,639	0,646	0,651	0,651	0,652	0,647	0,647
50	0,658	0,650	0,647	0,664	0,676	0,676	0,669	0,636	0,627	0,624	0,632	0,629	0,616	0,628
100	0,657	0,670	0,668	0,679	0,692	0,678	0,665	0,641	0,635	0,624	0,608	0,597	0,597	0,602
500	0,664	0,666	0,667	0,677	0,692	0,694	0,687	0,675	0,664	0,640	0,630	0,605	0,584	0,569
1000	0,670	0,662	0,672	0,672	0,689	0,691	0,689	0,686	0,685	0,663	0,654	0,629	0,617	0,583
5000	0,671	0,675	0,676	0,666	0,683	0,676	0,683	0,697	0,699	0,690	0,680	0,669	0,658	0,630
10000	0,668	0,674	0,678	0,670	0,682	0,692	0,687	0,683	0,680	0,692	0,684	0,688	0,676	0,654
50000	0,671	0,668	0,677	0,671	0,682	0,674	0,680	0,697	0,698	0,687	0,700	0,685	0,687	0,684

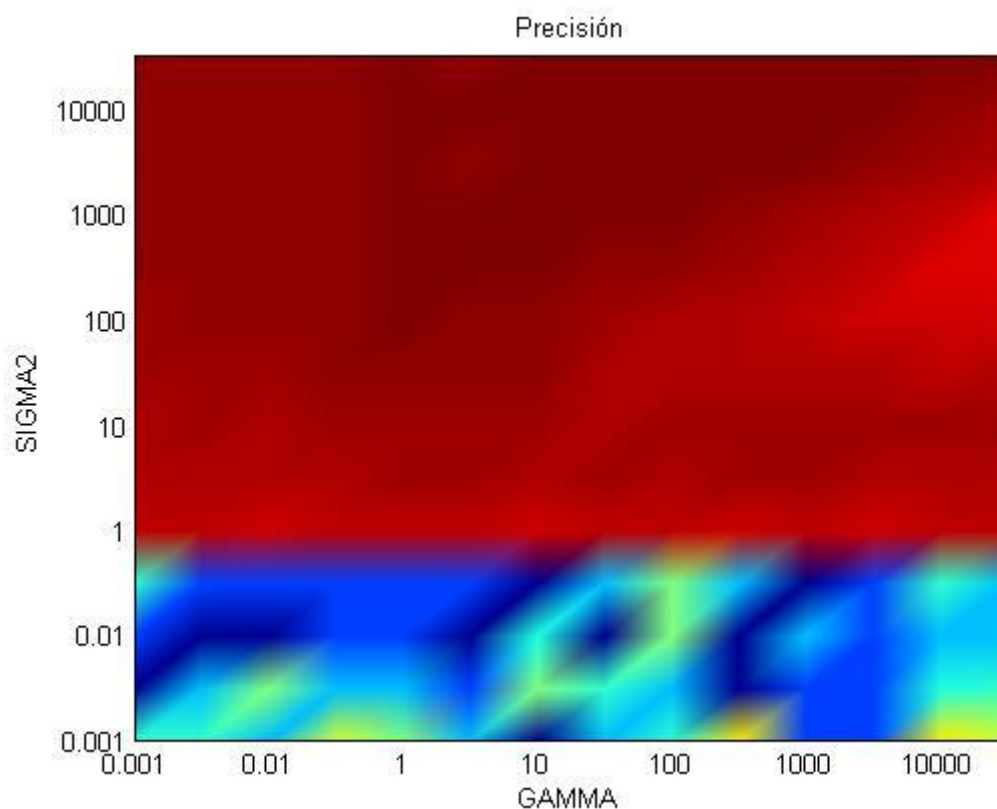


Figura 6-112: Representación gráfica pre. según parámetros SVM U-70ms con solape

❖ Sensibilidad

Tabla 6-108: Sensibilidad según parámetros SVM para U-70ms con solape

SIG/GAM	0.001	0.005	0.01	0.05	1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000	50000
0.001	0,162	0,162	0,112	0,259	0,212	0,111	0,013	0,112	0,161	0,309	0,063	0,063	0,310	0,260
0.005	0,014	0,111	0,210	0,112	0,113	0,062	0,211	0,162	0,113	0,012	0,063	0,062	0,161	0,161
0.01	0,063	0,013	0,013	0,062	0,064	0,016	0,161	0,013	0,211	0,013	0,112	0,064	0,112	0,114
0.05	0,162	0,063	0,063	0,063	0,062	0,063	0,013	0,112	0,211	0,111	0,013	0,062	0,162	0,112
1	0,613	0,621	0,603	0,616	0,608	0,606	0,602	0,606	0,613	0,601	0,606	0,592	0,608	0,611
5	0,626	0,633	0,629	0,631	0,641	0,644	0,639	0,644	0,633	0,642	0,642	0,633	0,628	0,632
10	0,630	0,641	0,638	0,650	0,656	0,648	0,653	0,639	0,646	0,651	0,651	0,652	0,647	0,647
50	0,658	0,650	0,647	0,664	0,676	0,676	0,669	0,637	0,627	0,624	0,632	0,629	0,616	0,628
100	0,657	0,670	0,668	0,679	0,692	0,678	0,665	0,641	0,635	0,624	0,608	0,597	0,597	0,601
500	0,664	0,666	0,667	0,677	0,692	0,694	0,687	0,675	0,664	0,640	0,630	0,606	0,584	0,569
1000	0,670	0,662	0,672	0,672	0,689	0,691	0,689	0,686	0,685	0,663	0,654	0,629	0,617	0,582
5000	0,671	0,675	0,676	0,666	0,683	0,676	0,683	0,697	0,699	0,690	0,680	0,669	0,658	0,630
10000	0,668	0,674	0,678	0,670	0,682	0,692	0,687	0,683	0,680	0,692	0,684	0,688	0,676	0,654
50000	0,671	0,668	0,677	0,671	0,682	0,674	0,680	0,697	0,698	0,687	0,700	0,685	0,687	0,684

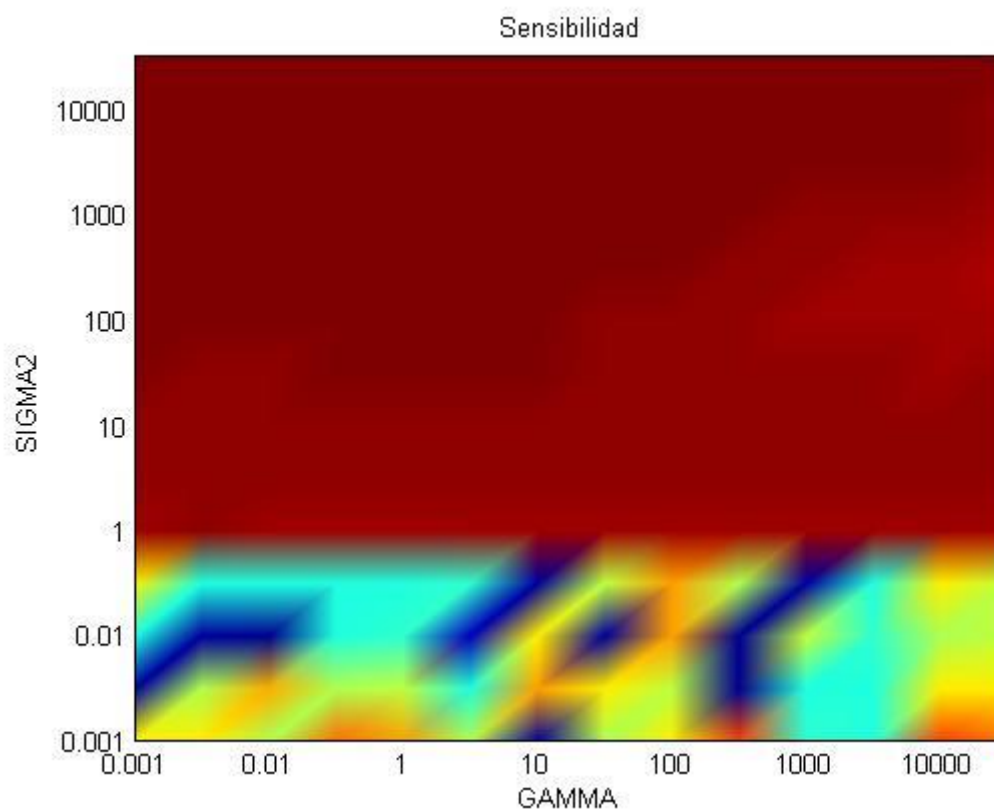


Figura 6-113: Representación gráfica sen. según parámetros SVM U-70ms con solape

6.1.2.3.7 Resumen resultados Vocal U

A continuación se muestran los porcentajes que consiguen un mejor rendimiento del sistema para cada uno de los tres valores a estudio:

- Venta de 30 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
1000	50	0.717	0.717	0.717

- Venta de 30 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
100	5	0.720	0.721	0.721

- Venta de 50 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
500	10	0.709	0.710	0.711

- Venta de 50 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
100	1	0.704	0.703	0.703

- Venta de 70 ms:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
50000	10000	0.710	0.709	0.709

- Venta de 70 ms con solape:

SIG2	GAM	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
50000	1000	0.700	0.700	0.700

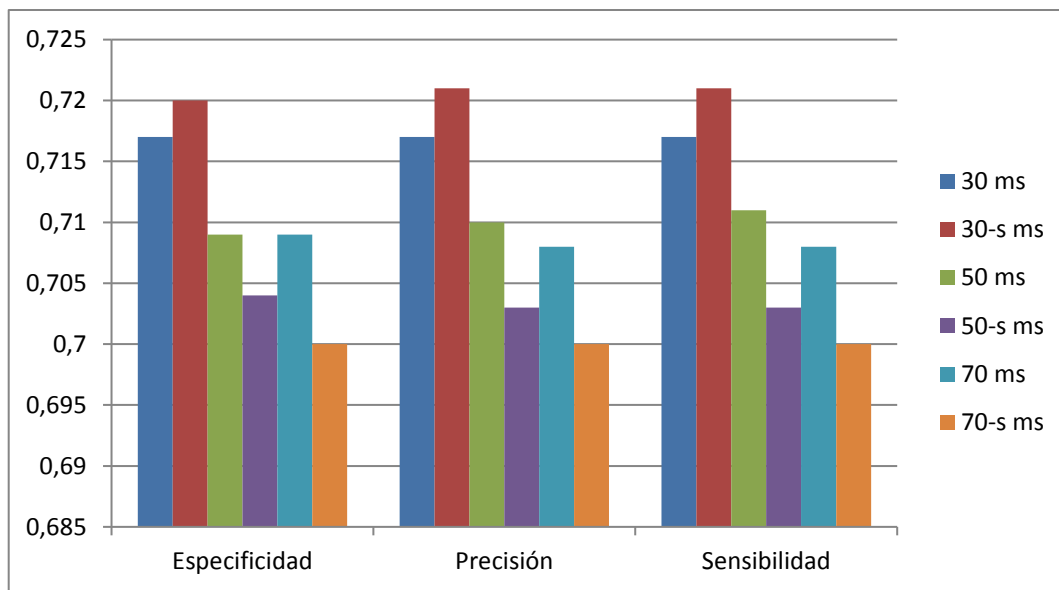


Figura 6-114: Resumen de resultados según parámetros de la SVM para la vocal U

Capítulo 7

Discusión

Son varios los estudios realizados en el campo de la detección patológica que usan la SVD (*Saarbruecken Voice DataBase*) como base de datos de referencia, de los cuales se hace una recopilación en el Anexo A. La mayor parte de estos, utilizan las grabaciones de voz con las que cuenta la base como señales de entrada. Las tasas de éxito obtenidas en estos trabajos varían en función del método particular usado en cada uno, desde el 37.3% en [57] al 99.68% en [62]. Si bien cada autor/es eligen diferentes tipos de parámetros para realizar la extracción de características de las señales de la base, el algoritmo de clasificación más extendido, al igual que en este proyecto, resulta ser la clasificación mediante máquinas de vectores soporte.

Además de las grabaciones de voz, las grabaciones EGG de la SVM también son utilizadas en [65] como entradas del algoritmo para la detección patológica, consiguiendo una tasa de éxito del 99.2% y 86.4% respectivamente. Frente a estos resultados, el sistema implementado en este proyecto, alcanza una tasa de éxito del 73%.

Durante este capítulo se tratará de ofrecer una visión general del compendio de figuras y tablas expuestas en el capítulo anterior, resumiendo los resultados obtenidos y poniendo de manifiesto los datos más relevantes.

La metodología elegida para presentar estos datos, tanto para la búsqueda de los porcentajes de entrenamiento de la SVM como para los parámetros propios de la máquina de vectores soporte, los divide primeramente por vocal empleada y a continuación por el tamaño y tipo de ventana que se ha usado para realizar la extracción de características en cada trama resultante.

Vocal empleada → Tamaño de ventana → Estudio del porcentaje/parámetro

Se discuten en los siguientes apartados los resultados obtenidos y presentados, basándonos en los parámetros de especificidad, precisión o sensibilidad para establecer comparativas entre las distintas configuraciones.

7.1 Vocal grabada

La Figura 7-1 muestra el mejor valor de *Precisión* alcanzado por cada vocal en los diferentes tamaños de ventana en los que se descomponen las señales.

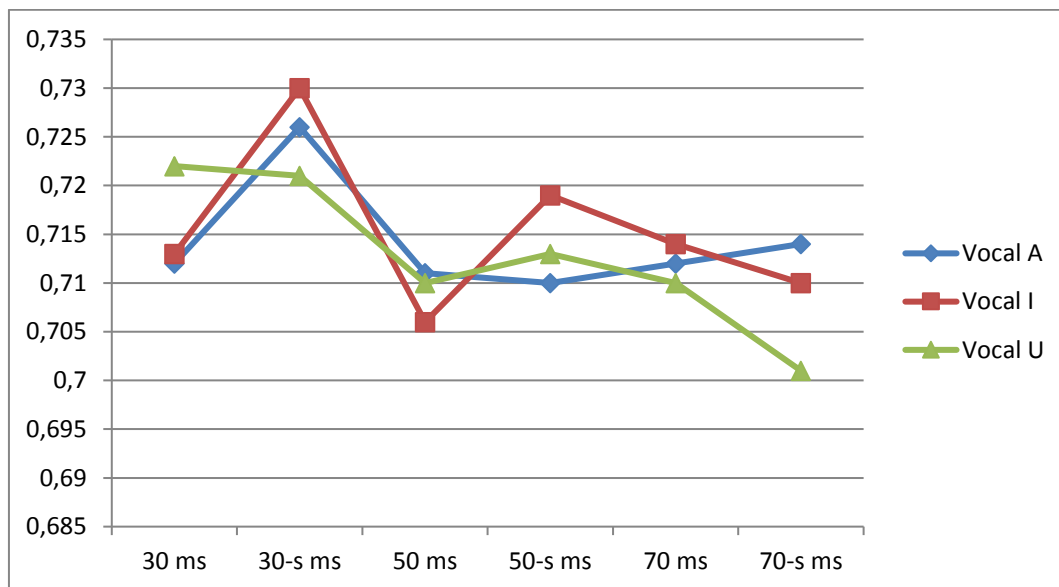


Figura 7-1: Precisión para cada vocal según tamaño de ventana

Como se puede observar en la figura anterior, la vocal 'I' consigue los mejores resultados absolutos para la mayoría de las ventanas a estudio, alcanzando además el máximo de precisión de la que es capaz el sistema con un 73% en la ventana de 30 ms con solapamiento.

Si además tenemos en cuenta el resto de valores obtenidos para el parámetro de precisión para la totalidad de los experimentos y hayamos su media por vocal, encontramos lo siguiente:

- Media de la precisión para la vocal 'I'= 0.714%
- Media de la precisión para la vocal 'A'= 0.712%
- Media de la precisión para la vocal 'U'= 0.711%

Atendiendo a estos datos, la vocal 'I' demuestra ser la grabación más interesante a la hora de detectar y separar pacientes sanos de patológicos.

7.2 Tamaño de ventanas

Como se puede ver en las gráficas aportadas en cada apartado resumen de la experimentación y en la Figura 7-2, el tamaño de ventana que en la mayoría de los casos consigue mejores prestaciones, coincide con la ventana de 30 ms sobre la que se le aplica un solape del 50%.

La siguiente figura muestra la mejor *Precisión* obtenida en cada tamaño de ventana para cada vocal, sin tener en cuenta que porcentajes de entreno o parámetros propios del SVM se han utilizado.

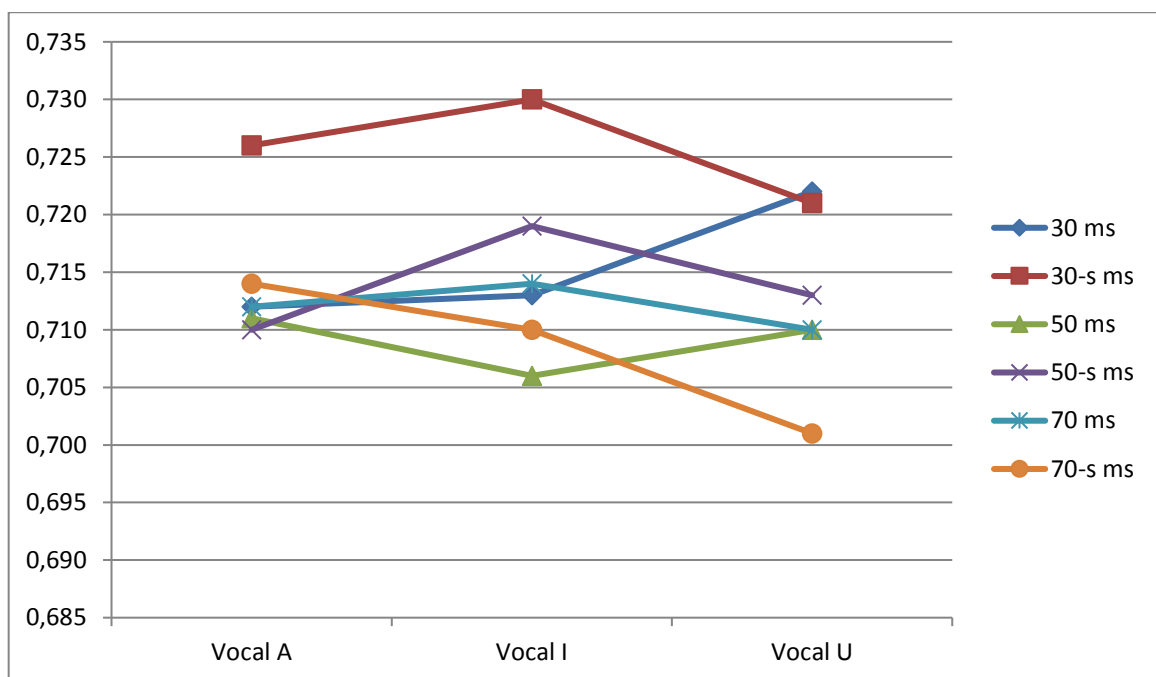


Figura 7-2: Precisión alcanzada en cada tamaño de ventana

Igualmente, en la Figura 7-3 se puede observar como, las medias de los parámetros de precisión, especificidad y sensibilidad que miden las prestaciones del sistema, son mejores para las ventanas con solapamiento tanto en 30 como en 50 ms, estando muy próximas en la división por 70 ms.

Por último, se pone de manifiesto que las extracciones de parámetros que usan ventanas de 30 ms y 30ms con solape producen tasas de éxito más elevadas.

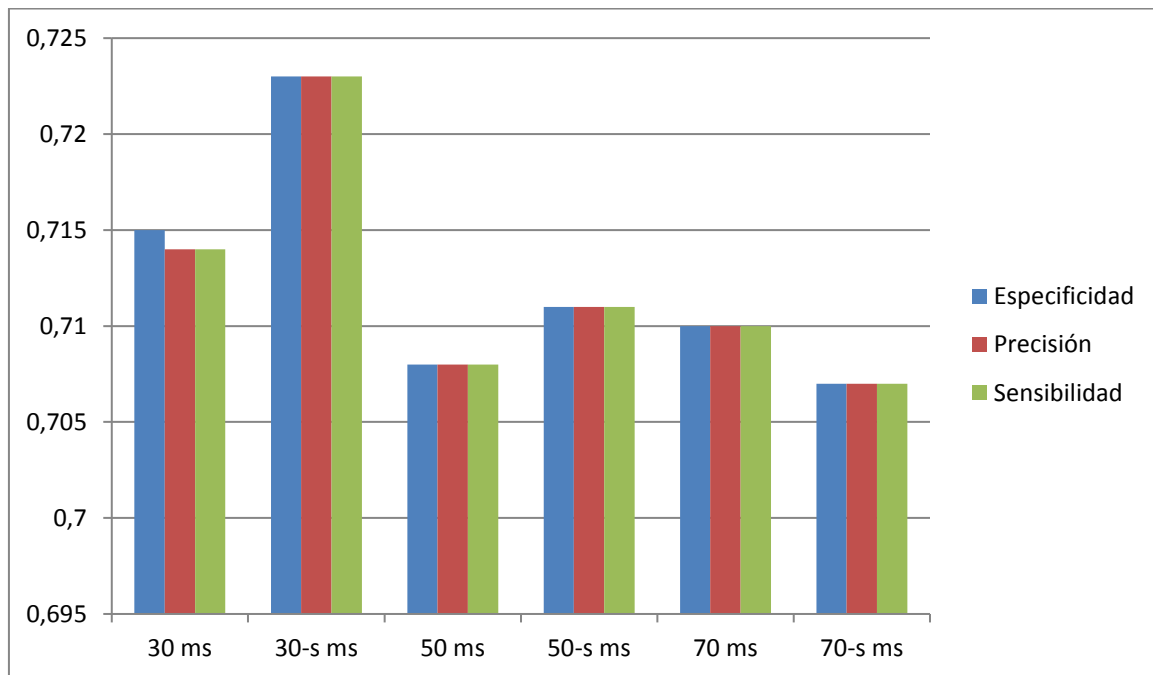


Figura 7-3: Prestaciones medias del sistema según tamaños de ventana

7.3 Porcentajes de entrenamiento

Los pares de porcentajes de entrenamiento de señales sanas (PES) y señales patológicas (PEP) que generalmente proporcionan mejores resultados, tienden hacia el uso de una gran cantidad de señales de la base de datos, tanto sanas como patológicas, pudiendo pasar del 60% en el caso de la vocal ‘A’ en la Tabla 8-1, al 85 o 90%. Revisando los valores obtenidos en el Capítulo 6, se demuestra que los estados óptimos del sistema necesitan porcentajes de entrenamiento de entre el 75-90%, siendo, normalmente, el PES mayor que el PEP.

En la Figura 7-4 se muestran las medias para los porcentajes de entrenamiento PES y PEP que han obtenido mejores resultados para cada vocal en los seis tipos de ventanas diferentes.

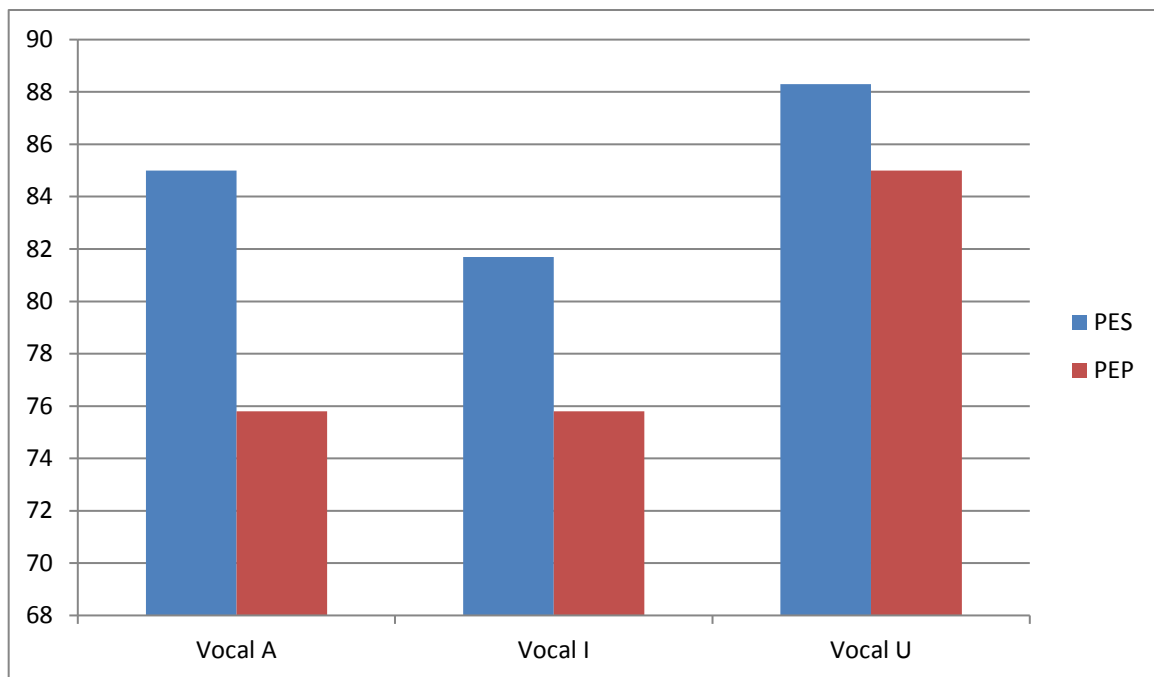


Figura 7-4: Medias de los porcentajes de entrenamiento de la SVM

Como se extrae de la figura anterior, la vocal ‘U’, necesita usar una mayor cantidad de señales de la base, tanto sanas (88,3%) como patológicas (85%) para obtener sus mejores resultados, por el contrario para la vocal ‘I’, que además ha demostrado mejores prestaciones, es suficiente con un 81,7% y 75,85% respectivamente.

7.4 Parámetros SVM

Inicialmente, los valores de gamma y sigma cuadrado, fueron ajustados a 0.1 y 100 respectivamente, para la primera de las fases de experimentación (6.1.1) centrada en la búsqueda de los porcentajes óptimos. A la vista de los resultados obtenidos posteriormente y resumidos en los apartados 6.1.2.1.7, 6.1.2.2.7 y 6.1.2.3.7, aquella aproximación inicial ha demostrado conseguir las mejores prestaciones.

Tabla 7-1: Valores de sigma y gamma que optimizan el sistema

Vocal	Sigma	Gamma	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
A	100	0.1	0.726	0.726	0.726
I	100	0.1	0.730	0.730	0.730
U	100	0.1	0.722	0.722	0.722

Capítulo 8

Conclusiones

Frente a la mayor parte de los estudios realizados en el campo de la detección de desórdenes patológicos de la función laríngea, basados en el análisis de la señal de voz [55] [56] [57], para este proyecto se ha elegido como señal en la que fundamentar el estudio la señal electroglotográfica. Aprovechando el carácter abierto de la *Saarbruecken Voice DataBase* (Capítulo 3), que mediante su manual [32] relaciona la señal EGG de cada paciente con la existencia o no de patología, se ha desarrollado un sistema cuyos resultados han sido expuestos durante el Capítulo 6.

Concretamente, en este proyecto, se ha planteado un sistema para la detección y separación de pacientes completamente sanos de aquellos que presentan algún tipo de patología laríngea (como las listadas en la Tabla 3-3). Para ello, basándonos en la extracción de una serie de características temporales, frecuenciales y cepstrales (explicadas en el Capítulo 4), se han descompuesto las señales objeto del análisis y se han hecho pasar por un clasificador que, dadas las prestaciones que ofrece a la hora de discriminar entre dos conjuntos de datos (sanos y patológicos), se decidió que fuera una máquina de vectores soporte, SVM cuyo uso se muestra en el Capítulo 5.

Atendiendo a los resúmenes presentados al final de cada experimentación realizada en el Capítulo 6, la Figura 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada, muestra el mejor comportamiento de cada vocal, conseguido para unos parámetros de experimentación concretos (ventana, PES, PEP, sigma y gamma).

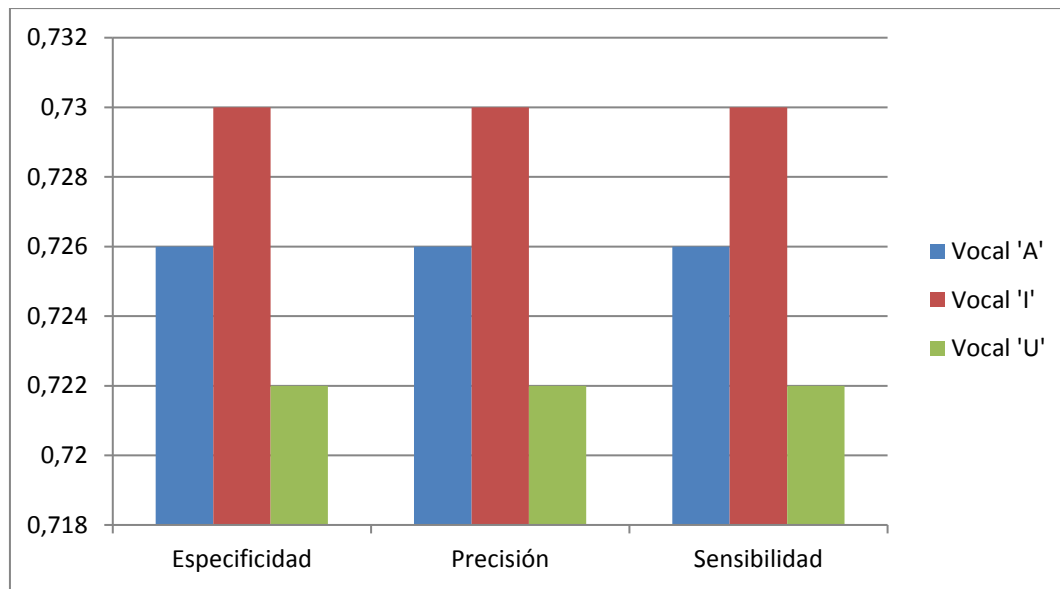


Figura 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada

La mejor aproximación obtenida por el sistema de detección y clasificación para cada vocal, varía entre el **72.2%** de la vocal 'U', el **72.6%** de la vocal 'A' y el **73%** obtenido por la vocal 'I'.

Los valores variables del experimento que han reportado estos resultados son los siguientes:

Tabla 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada

Vocal	Ventana	PES	PEP	Sigma	Gamma
A	30-s	85	60	100	0.1
I	30-s	90	85	100	0.1
U	30	90	85	100	0.1

Atendiendo a los datos obtenidos sobre la totalidad de las combinaciones posibles del sistema, cuyos mejores resultados vemos en la Figura 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada y Tabla 8-1: Prestaciones del sistema según vocal empleada, se concluye

que la configuración que presenta mejores prestaciones es la indicada en la Tabla 8-2: Configuración óptima del sistema.

Tabla 8-2: Configuración óptima del sistema

Vocal	Ventana	PES	PEP	Sigma	Gamma	Especificidad	Precisión	Sensibilidad
l	30-s	90	85	100	0.1	0.73	0.73	0.73

El sistema propuesto en este proyecto, en su configuración óptima, es capaz de detectar la presencia de las patologías laríngeas más frecuentes en un paciente, a través del análisis de las grabaciones de su aparato fonador utilizando la técnica de la electroglotografía, con una tasa de éxito estimada del 73%.

8.1 Líneas futuras

Durante la ejecución de este proyecto un sistema de discriminación entre pacientes sanos y patológicos se ha implementado y analizado sus prestaciones. Los resultados obtenidos ofrecen una tasa de éxito máxima del 73%.

Como posible línea de trabajo futura, se propone el uso del resto de señales EGG que componen la *Saarbruecken Voice DataBase*. En este trabajo se han utilizado sólo parte de los registros que la componen, concretamente aquellos que contienen las vocales ‘a’, ‘i’, ‘u’ en tonos normales, quedando pendientes de estudio las grabaciones correspondientes a tonos altos y bajos y crecientes y decrecientes para estas mismas vocales, así como los registros asociados a la grabación de la frase "*Guten Morgen, wie geht es Ihnen?*".

Otra posible revisión de este proyecto consistiría en estudiar aquel grupo/grupos de parámetros o características que tienen mayor relevancia a la hora de separar las señales en una clase u otra. En este sistema se han utilizado un total de 21, todos con el mismo peso e importancia, analizando cuáles de ellos tienen más relevancia que otros se podría optimizar el algoritmo.

En cuanto al módulo de clasificación, posibles variaciones a estudio consistirían en un ajuste más fino de los parámetros gamma y sigma de la máquina de vectores soporte o probar la respuesta de otros tipos de clasificadores como ANN (*Artificial Neural Networks*) o GMM (*Gaussian Mixtures Models*) aplicados en los estudios indicados en el Anexo A, que utilizan la *Saarbruecken Voice DataBase* para la detección de patologías [60] [65].

Estado del arte en el uso de la SVD

En la siguiente tabla se muestra una relación de varios estudios publicados que usan la SVD (*Saarbruecken Voice DataBase*) como base de datos para realizar sus trabajos y presentar modelos que consigan altas tasas de éxito a la hora de discriminar entre pacientes sanos y patológicos.

La tabla está dividida en los siguientes campos:

Título: Título del estudio.

Autores: Nombres del autor/autores responsables de la publicación.

Señal: La SVD se compone de dos tipos de señales:

- Voz hablada
- Electroglotografía (EGG, usadas en el presente estudio)

Parámetros: Relación de parámetros usados para caracterizar las señales utilizadas.

Clasificador: Tipo de algoritmo de clasificación utilizado.

Tasa de éxito (%): Porcentaje de acierto en las predicciones realizadas por el clasificador.

Detección de patologías laríngeas mediante EGG

<i>Título</i>	<i>Autores</i>	<i>Señal</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Clasificador(*)</i>	<i>Tasa de éxito (%)</i>
Voice Pathology Detection Using Auto-Correlation of Different Filters Bank [55]	Ahmed Al Nasheri, Zulfiqar Ali, Ghulam Muhammad, Mansour Alsulaiman	Voz	Amplitudes y momentos de pico	GMM/SVM	72
Voice pathology detection using interlaced derivative pattern on glottal source excitation [56]	Ghulam Muhammad, Mansour Alsulaiman, Tamer Mesallam, Mohamed Farahat	Voz	Momentos de apertura (to) y cierre (tc)	SVM	93.2
Voice Pathology Detection on the Saarbrucken Voice Database with Calibration and Fusion of Scores Using MultiFocal Toolkit [57]	David Martínez, Eduardo Lleida, Alfonso Ortega, Antonio Miguel, Jesús Villalba	Voz	Relación armónicos a ruido (HNR) y energía normalizada de ruido (NNE)	GMM	37.3
Voice Disorder Classification Based on Multitaper Mel Frequency Cepstral Coefficients Features [58]	Ömer Eskidere, Ahmet GürhanJ	Voz	MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficient)	GMM	95
Investigation of Voice Pathology Detection and Classification on Different Frequency Regions Using Correlation Functions [59]	Ahmed Al-nasheri, Ghulam Muhammad, Mansour Alsulaiman, Zulfiqar Ali	Voz	Amplitudes y momentos de pico	SVM	90.97
Cancer Larynx Detection Using Glotal Flow Parameters and Statistical Tools [60]	Anis Ben Aicha, Kadria Ezzine	Voz	OQ, NAQ, AQ, CQ, OQA, QOQ, SQ1, SQ2, DH, HRF y PSP *	ANN	96.9

Speech Recognition System Based on Short-term Cepstral Parameters, Feature Reduction Method and Artificial Neural Networks [61]	Nawel Souissi, Adnane Cherif	Voz	MFCC	ANN	87.82
An Investigation of Multidimensional Voice Program Parameters in Three Different Databases for Voice Pathology Detection and Classification [62]	Ahmed Al-nasheri, Ghulam Muhammad, Mansour Alsulaiman, Zulfiqar Ali, Tamer A. Mesallam, Mohamed Farahat,	Voz	MDVP (Multidimensional Voice Program) [54]	SVM	99.68
Dimensionality Reduction for Voice Disorders Identification System Based on Mel Frequency Cepstral Coefficients and Support Vector Machine [63]	Nawel Souissi, Adnane Cherif	Voz	MFCC	SVM	80.36
Voice datamining for laryngeal pathology assessment [64]	Daria Hemmerling, AndrzejSkalski, JanuszGajda	Voz	Frecuencia fundamental, jitter, shimer, relaciones de energía, amplitud y frecuencia de los formantes	K-MEANS/RF	100
Enhanced Living by Assessing Voice Pathology Using a Co-Occurrence Matrix [65]	Ghulam Muhammad, Mohammed F. Alhamid, M. Shamim Hossain , Ahmad S. Almogren, Athanasios V. Vasilakos	Voz/EGG	MFCC, linear prediction coefficients (LPCs), shimmer, jitter, HNR	GMM	99.2/86.4

- Parámetros usados en [58]:
 - OQ: Cociente de apertura
 - AQ: Cociente de amplitud
 - NAQ: Cociente de amplitud normalizado
 - OQA: Amplitud del cociente de apertura
 - QOQ: Cociente de cuasi apertura
 - SQ1: Primer cociente de velocidad
 - SQ2: Segundo cociente de velocidad
 - DH: Diferencia del nivel de armónicos
 - HRF: factor de riqueza armónica
 - PSP: Parámetro espectral parabólico
- Tipos de clasificadores:
 - SVM: Support vector machine
 - ANN: Artificial Neural Networks
 - GMM: Gaussian Mixture Model
 - K-MEANS
 - RF: Random Forest

Aplicaciones Clínicas

Introducida como prueba clínica durante las décadas de 1970 y 1980, la EGG puede ser utilizada en el tratamiento de numerosas patologías clínicas, con aplicaciones tanto en el diagnóstico como en la rehabilitación de dichas patologías vocales (sobre todo en disfonía e implantes cocleares), incluso más de una condición anatómica o fisiológica solo se diagnostica mediante EGG. Como ejemplo, una señal de alta calidad reflejará cualquier irregularidad en el contacto de la mucosa en la glotis y complementa sustancialmente el examen endoscópico [14]. Cuando las cuerdas vocales oscilan, el tejido superficial de la cuerda vocal se desplaza en forma de onda dando lugar a la llamada "onda mucosa". Debido a que la onda mucosa depende de la estructura de las cuerdas vocales, sus alteraciones físicas causan anomalías en dicha onda. La visualización y cuantificación de las propiedades de la onda de la mucosa se han convertido en parámetros útiles en el diagnóstico y el manejo de las patologías en las cuerdas vocales. La medición de la onda mucosa proporciona información sobre las características de las cuerdas vocales que no se pueden determinar con otras técnicas de evaluación. El uso de la EGG, sus ventajas, desventajas y su utilidad clínica es discutido en [29].

Como ya se ha dicho la principal ventaja de la EGG radica en que es un procedimiento sencillo y no invasivo por lo que actualmente se utiliza como complemento en procedimientos de visualización directa como la estroboscopia o la HSDI (*high-speed digital imaging*). Ha sido usada especialmente para hacer valoraciones de la función laríngea en conexión con intubación endotraqueal, [15] investiga la ronquera postoperatoria mediante la comparación subjetiva de los cambios en la voz del paciente después de la intubación con medidas objetivas realizadas anteriormente. Para ello evalúan veinticinco pacientes ingresados para cirugías rutinarias antes y después de la operación. Se concluye que los cambios en la voz después de la intubación están relacionados con las medidas de trauma de las cuerdas vocales, por lo que la ronquera postoperatoria transitoria después de la intubación se debe al daño laríngeo.

[16] Trata de validar la EGG como una herramienta importante en la evaluación multidimensional de la voz traqueoesofágica después de una laringectomía total. Para ello se utiliza un grupo de pacientes tratados por el mismo cirujano y un grupo de control sin problemas laríngeos a los que se realiza un análisis mediante la fonación de vocales sostenidas. Se concluye que la EGG es una herramienta de evaluación importante del habla traqueoesofágica, y se puede utilizar de forma fiable en un entorno clínico.

Otra aplicación consiste en monitorizar la función laríngea ante diferentes tipos de problemas neuromusculares y parálisis laríngeas, fotoglografía (PGG) y electroglografía se aplican a grupos de pacientes con parálisis recurrente del nervio laríngeo [17]. Medidas de fase con EGG y PGG grabadas simultáneamente se han estudiado en modelos caninos y han demostrado ser sensibles al efecto de la parálisis recurrente del nervio laríngeo (NLR) en la vibración de las cuerdas vocales. El estudio [27] examinó la utilidad de este tipo de medidas en aplicaciones clínicas. Consistió en 2 experimentos: el primero incluyó a pacientes con parálisis unilateral, en el segundo participaron pacientes con diferentes estados de parálisis. Se concluyó que la relación de fase entre las señales EGG y PGG resulta de gran utilidad en la detección de la parálisis unilateral del NLR en la población masculina.

Mediante las perturbaciones y formas de onda alteradas encontradas en la EGG, se han estudiado la disfonía espasmódica y la tartamudez. Se compara el comportamiento de la laringe asociado a la fluidez en el habla de pacientes tartamudos con sujetos normales mediante la medición de vocales y consonantes durante la fonación de varias palabras [18]. Los movimientos durante la deglución pueden ser particularmente bien monitorizados mediante la ayuda de una electroglografía especial que incluya dos electrodos a cada lado del cuello. Un electroglógrafa multicanal es especialmente útil para determinar el grado

en que una traza determinada se genera principalmente por el nivel de contacto de las cuerdas vocales y no por el ruido o los componentes de distorsión de los instrumentos empleados. Además, puede proporcionar una medida cuantitativa de los movimientos verticales de la laringe durante la producción de la voz [19].

Para aplicaciones clínicas muchos autores prefieren usar la EGG en combinación con otros métodos para investigar la función vocal como puede ser el estroboscopio [22]. En [20] se investiga una técnica EGG/videostroboscopio simultánea para evaluar la relación existente entre una discontinuidad en la fase de apertura de la forma de onda de la EGG y el inicio de la apertura glótica vista a través videoestroboscopia. Cuando se sincroniza con videoestroboscopia en hablantes normales, la EGG puede detectar el inicio de la apertura glótica a lo largo de la superficie inferior de las cuerdas vocales, que permanece oculta a la vista ya que está cubierta por el pliegue vocal superior. Utilizada con imágenes de alta velocidad y análisis acústico, la EGG es capaz de analizar patrones vibratorios irregulares. En [21] se realizan electroglotografías sincronizadas con imágenes estroboscópicas que indican que la forma de onda EGG proporciona información útil acerca del tiempo de apertura y cierre de la glotis en estados de vibración laríngea asimétrica.

Una recopilación de multitud de trabajos en el uso de la EGG como aplicación clínica se puede consultar en [24], basado en las investigaciones de 17 reconocidos especialistas en la materia, se describe la técnica de la electroglotografía y se ponen de manifiesto sus limitaciones. Se documentan métodos para el estudio de la calidad de la voz o para obtener información sobre perturbaciones en la vibración de las cuerdas vocales entre otros.

Bibliografía

- 1 FABLE, M. P. Un procédé électrique percutané d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation; Glottographie de haute fréquence. Premiers resultants. Bull. Acad. nat. Mé d, 1957, vol. 141, p. 66.
- 2 BAKEN, Ronald J.; ORLIKOFF, Robert F. Clinical measurement of speech and voice. Cengage Learning, 2000.
- 3 CHILDERS, Donald G.; LARAR, J. N. Electroglottography for laryngeal function assessment and speech analysis. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1984, no 12, p. 807-817.
- 4 SMITH, Alan M.; CHILDERS, D. G. Laryngeal evaluation using features from speech and the electroglottograph. IEEE transactions on biomedical engineering, 1983, no 11, p. 755-759.
- 5 SONG, Chulgyu; KIM, Jongmyoung; LEE, Myounggho. Perturbation analysis of EGG for detecting laryngeal pathology. En Engineering in Medicine and Biology Society, 1994. Engineering Advances: New Opportunities for Biomedical Engineers. Proceedings of the 16th Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 1994. p. 1344-1345.
- 6 CHILDERS, Donald G.; BAE, Keun Sung. Detection of laryngeal function using speech and electroglottographic data. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1992, vol. 39, no 1, p. 19-25. 2.
- 7 HENRICH, Nathalie, et al. On the use of electroglottography for characterisation of the laryngeal mechanisms. En Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference. 2003. p. 6-9.
- 8 HERBST, Christian T.; FITCH, W. Tecumseh S.; ŠVEC, Jan G. Electroglottographic wavegrams: A technique for visualizing vocal fold dynamics noninvasively a. The Journal of the Acoustical Society of America, 2010, vol. 128, no 5, p. 3070-3078.
- 9 THOMAS, Mark RP; NAYLOR, Patrick A. The SIGMA algorithm: A glottal activity detector for electroglottographic signals. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 2009, vol. 17, no 8, p. 1557-1566.
- 10 THOMAS, Mark RP; GUDNASON, Jon; NAYLOR, Patrick A. Estimation of glottal closing and opening instants in voiced speech using the YAGA algorithm. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 2012, vol. 20, no 1, p. 82-91.
- 11 SZMIDT, Dorota. La electroglotografía en el estudio de la estructura sonora de las lenguas. Estudios de fonética experimental, 2008, vol. 17, p. 398-416.
- 12 KANIA, Romain E., et al. Fundamental frequency histograms measured by electroglottography during speech: a pilot study for standardization. Journal of voice, 2006, vol. 20, no 1, p. 18-24.
- 13 HENRICH, Nathalie, et al. On the use of the derivative of electroglottographic signals for characterization of nonpathological phonation. The Journal of the Acoustical Society of America, 2004, vol. 115, no 3, p. 1321-1332.
- 14 WATSON, Colin. Quality analysis of laryngography in a busy hospital ENT voice clinic. European journal of disorders of communication, 1995, vol. 30, no 2, p. 132-139.
- 15 LESSER, Tristram; WILLIAMS, Gareth. Laryngographic investigation of postoperative hoarseness. Clinical Otolaryngology & Allied Sciences, 1988, vol. 13, no 1, p. 37-42.

- 16 KAZI, Rehan, et al. Electroglottographic and perceptual evaluation of tracheoesophageal speech. *Journal of Voice*, 2009, vol. 23, no 2, p. 247-254.
- 17 HANSON, David G., et al. Glottographic measures of vocal fold vibration: an examination of laryngeal paralysis. *The Laryngoscope*, 1988, vol. 98, no 5, p. 541-549.
- 18 CONTURE, Edward G.; ROTHENBERG, Martin; MOLITOR, Richard D. Electroglottographic observations of young stutterers' fluency. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1986, vol. 29, no 3, p. 384-393.
- 19 ROTHENBERG, Martin. A multichannel electroglottograph. *Journal of Voice*, 1992, vol. 6, no 1, p. 36-43.
- 20 ANASTAPLO, Sara; KARNELL, Michael P. Synchronized videostroboscopic and electroglottographic examination of glottal opening. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1988, vol. 83, no 5, p. 1883-1890.
- 21 SERCARZ, Joel A., et al. Videostroboscopy of human vocal fold paralysis. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 1992, vol. 101, no 7, p. 567-577.
- 22 FOURCIN, Adrian. *Precision Stroboscopy, Voice Quality and Electrolaryngography*, University College London & Laryngograph Ltd.
- 23 DICANIO, Christian T. The phonetics of register in Takhian Thong Chong. *Journal of the International Phonetic Association*, 2009, vol. 39, no 02, p. 162-188.
- 24 KITZING, Peter. Clinical applications of electroglottography. *Journal of Voice*, 1990, vol. 4, no 3, p. 238-249.
- 25 KUMAR, Suman, et al. Effects of hearing loss on vocal fold vibrations: an electroglottographic analysis. *Eastern Journal of Medicine*, 2012, vol. 17, no 1, p. 17.
- 26 BOUZID, Aicha; ELOUZE, Noureddine. Electroglottographic measures based on GCI and GOI detection using multiscale product. *International Journal of Computers Communications & Control*, 2008, vol. 3, no 1, p. 21-32.
- 27 JIANG, Jack; LIN, Emily; HANSON, David G. Glottographic phase difference in recurrent nerve paralysis. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 2000, vol. 109, no 3, p. 287-293. 0
- 28 ROUBEAU, Bernard; HENRICH, Nathalie; CASTELLENGO, Michèle. Laryngeal vibratory mechanisms: The notion of vocal register revisited. *Journal of voice*, 2009, vol. 23, no 4, p. 425-438.
- 29 KRAUSERT, Christopher R., et al. Mucosal wave measurement and visualization techniques. *Journal of Voice*, 2011, vol. 25, no 4, p. 395-405.
- 30 BOUZID, Aicha; ELLOUZE, Noureddine. Singularity detection of electroglottogram signal by multiscale product method. *En Signal Processing Conference, 2006 14th European. IEEE*, 2006. p. 1-5.
- 31 KITZING, Peter. *Electroglottography. Diseases of the Larynx*, 2000, p. 127-138.
- 32 SAARBRUECKEN VOICE DATABASE – HANDBOOK. Disponible en : http://stimmdb.coli.uni-saarland.de/help_en.php4 [Acceso 20 Mar. 2015].
- 33 LILJENCRANTZ-FANT DERIVATIVE GLOTTAL WAVE MODEL. Disponible en: https://ccrma.stanford.edu/~jos/Mohonk05/Liljencrantz_Fant_Derivative_Glottal_Wave.html [Acceso 10 Nov. 2014].

- 34 RESEARCHGATE. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/220629591_fig1_Figure-1-Typical-waveforms-according-to-the-Liljencrants-Fant-LF-model-of-one-cycle [Acceso 30 Nov. 2014].
- 35 RIEGELSBERGER, Edward L.; KRISHNAMURTHY, Ashok K. Glottal source estimation: Methods of applying the LF-model to inverse filtering. En *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1993. ICASSP-93., 1993 IEEE International Conference on.* IEEE, 1993. p. 542-545.
- 36 STRIK, Helmer. Automatic parametrization of voice source signals: a novel evaluation procedure is used to compare methods and test the effect of low-pass filtering. Internal Report, University of Nijmegen (available at <http://lands.let.kun.nl/TSPublic/strik/>), 1997.
- 37 FROHLICH, Matthias; MICHAELIS, Dirk; STRUBE, H. Werner. Acoustic" breathiness measures" in the description of pathologic voices. En *Acoustics, Speech and Signal Processing, 1998. Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on.* IEEE, 1998. p. 937-940.
- 38 ALONSO, Jesus B., et al. Automatic detection of pathologies in the voice by HOS based parameters. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 2001, vol. 4, p. 275-284.
- 39 FEIJOO, S., et al. Acoustic Evaluation of glottal cancer based on short-term stability measures. En *Engineering in Medicine and Biology Society, 1989. Images of the Twenty-First Century., Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in.* IEEE, 1989. p. 675-676.
- 40 WALLEN, Eric J.; HANSEN, John HL. A screening test for speech pathology assessment using objective quality measures. En *Spoken Language, 1996. ICSLP 96. Proceedings., Fourth International Conference on.* IEEE, 1996. p. 776-779.
- 41 BOYANOV, Boyan; HADJITODOROV, Stefan. Acoustic analysis of pathological voices. A voice analysis system for the screening of laryngeal diseases. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 1997, vol. 16, no 4, p. 74-82.
- 42 PLANTE, Fabrice, et al. Speech monitoring of infective laryngitis. En *Spoken Language, 1996. ICSLP 96. Proceedings., Fourth International Conference on.* IEEE, 1996. p. 749-752.
- 43 MATLAB & SIMULINK - MathWorks United Kingdom. Support Vector Machines for Binary Classification. Disponible en: <https://es.mathworks.com/help/stats/support-vector-machines-for-binary-classification.html> [Acceso 2 Sep. 2015].
- 44 BURBIDGE, Robert; BUXTON, Bernard. An introduction to support vector machines for data mining. *Keynote papers, young OR12, 2001*, p. 3-15.
- 45 LS-SVMLAB. Disponible en: <http://www.esat.kuleuven.be/sista/lssvmlab/> [Acceso 21 Sep. 2015].
- 46 MONTT, Cecilia; CASTRO, Félix; RODRÍGUEZ, Nibaldo. Análisis de Accidentes de Tránsito con Máquinas de Soporte Vectorial LS-SVM. *Ingeniería de Transporte*, 2011, vol. 15, no 2.
- 47 SUYKENS, Johan AK; VANDEWALLE, Joos. Least squares support vector machine classifiers. *Neural processing letters*, 1999, vol. 9, no 3, p. 293-300.
- 48 PLOTTING AND INTREPRETATING AN ROC CURVE. Disponible en: <http://gim.unmc.edu/dxtests/roc2.htm> [Acceso 15Mar. 2016].
- 49 MARTÍNEZ, David, et al. Voice pathology detection on the Saarbrücken voice database with calibration and fusion of scores using multifocal toolkit. En *Advances in Speech and Language Technologies for Iberian Languages.* Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 99-109.
- 50 HANLEY, James A.; MCNEIL, Barbara J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 1982, vol. 143, no 1, p. 29-36.

- 51 RESEARCHGATE. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/8643666_fig1_FIG-1-Principle-of-an-electroglottograph-EGG-using-the-%27%27vocal-fold-contact [Acceso 10 Jul. 2014]
- 52 COBETA, Ignacio; NÚÑEZ, Faustino; FERNÁNDEZ, Secundino. *Patología de la voz*. Marge books, 2013.
- 53 ARJMANDI, Meisam Khalil, et al. Identification of voice disorders using long-time features and support vector machine with different feature reduction methods. *Journal of Voice*, 2011, vol. 25, no 6, p. e275-e289..
- 54 NICASTRI M, E. A. Multidimensional Voice Program (MDVP) and amplitude variation parameters in euphonic adult subjects. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15952683> [Acceso 8 Nov. 2016].
- 55 AL-NASHERI, Ahmed, et al. Voice pathology detection using auto-correlation of different filters bank. En *Computer Systems and Applications (AICCSA), 2014 IEEE/ACS 11th International Conference on*. IEEE, 2014. p. 50-55.
- 56 MUHAMMAD, Ghulam, et al. Voice pathology detection using interlaced derivative pattern on glottal source excitation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2017, vol. 31, p. 156-164.
- 57 ESKIDERE, Ömer; GÜRHANLI, Ahmet. Voice disorder classification based on multitaper Mel Frequency Cepstral Coefficients features. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2015, vol. 2015.
- 58 AL-NASHERI, Ahmed, et al. Investigation of Voice Pathology Detection and Classification on Different Frequency Regions Using Correlation Functions. *Journal of Voice*, 2017, vol. 31, no 1, p. 3-15.
- 59 AICHA, Anis Ben; EZZINE, Kadria. Cancer larynx detection using glottal flow parameters and statistical tools. En *Signal, Image, Video and Communications (ISIVC), International Symposium on*. IEEE, 2016. p. 65-70.
- 60 SOUISSI, Nawel; CHERIF, Adnane. Speech recognition system based on short-term cepstral parameters, feature reduction method and Artificial Neural Networks. En *Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), 2016 2nd International Conference on*. IEEE, 2016. p. 667-671.
- 61 AL-NASHERI, Ahmed, et al. An Investigation of Multidimensional Voice Program Parameters in Three Different Databases for Voice Pathology Detection and Classification. *Journal of Voice*, 2017, vol. 31, no 1, p. 113. e9-113. e18.
- 62 SOUISSI, Nawel; CHERIF, Adnane. Dimensionality reduction for voice disorders identification system based on Mel Frequency Cepstral Coefficients and Support Vector Machine. En *Modelling, Identification and Control (ICMIC), 2015 7th International Conference on*. IEEE, 2015. p. 1-6.
- 63 HEMMERLING, Daria; SKALSKI, Andrzej; GAJDA, Janusz. Voice data mining for laryngeal pathology assessment. *Computers in biology and medicine*, 2016, vol. 69, p. 270-276.
- 64 MUHAMMAD, Ghulam, et al. Enhanced Living by Assessing Voice Pathology Using a Co-Occurrence Matrix. *Sensors*, 2017, vol. 17, no 2, p. 267.
- 65 ALONSO, Jesús Bernardino. *La evaluación acústica del sistema fonador*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa, 2008..
- 66 HENRÍQUEZ, Aarón, et al. An automatic acoustic bat identification system based on the audible spectrum. *Expert Systems with Applications*, 2014, vol. 41, no 11, p. 5451-5465.

- 67 DEL PINO, Paulino, et al. Diseño de un sistema de medición de parámetros característicos y de calidad de señales de voz. *Revista Ingeniería UC*, 2008, vol. 15, no 2, p. 13-20.
- 68 ALONSO, Jesús B., et al. Cuantificación de la calidad de la voz para su evaluación clínica por medio del análisis acústico. *IV Jornadas en Tecnología del Habla*, 2006, p. 203-208.
- 69 EL PARÁMETRO GAMMA, el coste, la complejidad de un svm | análisis y decisión. Disponible en: <http://analisisydecision.es/el-parametro-gamma-el-coste-la-complejidad-de-un-svm/> [Acceso 2 Abr. 2017].
- 70 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS: SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD. Disponible en: http://www.fisterra.com/mbe/investiga/pruebas_diagnosticas/pruebas_diagnosticas.asp [Acceso 15 Abr. 2017].



Planos y Programas

Planos y Programas

1. Introducción

A continuación, se presentan los algoritmos implementados para la realización del presente proyecto. Dicho código ha sido programado haciendo uso de la herramienta de entorno matemático MATLAB 2012.

Divididas en secciones, atendiendo al bloque funcional del proyecto en el que fueron utilizadas, se presentan en los próximos apartados las cabeceras de las funciones y programas que componen el sistema, además de una breve descripción de cada una de ellas.

2. Código utilizado en la fase de tratamiento de la base de datos

Contiene los algoritmos aplicados en el procesado de la base de datos. En esta fase, la base (ya descargada localmente), es separada entre señales sanas y señales patológicas. Mediante la función *Clasificación.m*, se procesa la base de datos completa y se dividen en dos carpetas según su clase para su tratamiento futuro. Esta función hace uso del parámetro

etiquetas.m que contiene un registro en el que previamente se han ordenado las señales de la base identificándolas con un número de señal y con un valor (0, 1) dependiendo si son sanas o patológicas.

1. Clasificación.m
 - a. *etiquetas.m*

2.1 Rutinas y funciones utilizadas

2.1.1 *etiquetas.m*

Parámetro generado con los datos que aporta el manual “*Saarbruecken Voice Database – Handbook*” procedente de la web de descarga de la base, mediante el que se genera un registro que contiene cada señal de la base numerada y asociada a un valor ‘0’/‘1’ según la señal a la que hace referencia se corresponda a una grabación de un paciente sano o patológico.

2.1.2 Clasificación.m

Rutina que tiene como parámetros de entrada *etiquetas.m* y un puntero que mediante un bucle va recorriendo la totalidad de las señales de la base previamente almacenadas y divididas por vocales en diferentes directorios y separándolas en carpetas según pertenezcan a una u otra clase.

3. Código utilizado en el módulo parametrizador

Esta parte del proyecto, contiene las funciones utilizadas para caracterizar cada señal de la base de datos en función de varios parámetros elegidos por su importancia a la hora de analizar señales en sus diferentes dominios: temporal, frecuencial y cepstral. La función *parametrizarsenal.m*, además de dividir las señales de entrada según el tamaño de ventana a estudio, llama a cada una de las rutinas que calculan los parámetros de cada dominio (*paratemp.m*, *parafrec.m*, *paraceps.m*). La rutina principal (*creamatriz.m*), crea la matriz de parámetros que se pasará al siguiente módulo del sistema (Clasificador). Anteriormente, los parámetros calculados en las diferentes ventanas en las que se divide la señal, se han pasado a las funciones estadísticas (*media.m*, *varianza.m*, *kurto.m*, *skew.m*).

El árbol de ejecución del módulo de parametrización queda de la siguiente forma:

- 2. Creamatriz.m
 - a. Parametrizarsenal.m
 - i. Paratemp.m
 - ii. Parafrec.m
 - iii. Paraceps.m
 - 1. Pickpeaks.m
 - 2. Pitch.m
 - iv. Jitter.m
 - v. Media.m
 - vi. Varianza.m
 - vii. Kurto.m
 - viii. Skew.m

3.1 Rutinas y funciones utilizadas

3.1.1 Creamatriz.m

Rutina que toma una por una las señales tanto sanas como patológicas almacenadas y con cada una llama a *parametrizarsenal.m* para que le devuelva un vector con los parámetros obtenidos para cada señal en particular. Este vector es almacenado por orden en las filas de la matriz resultado de este módulo.

3.1.2 parametrizarsenal.m

function invector=parametrizarsenal (directorio,nombre)

Función que tiene como entradas el directorio donde está guardada y el nombre de la señal que tiene que parametrizar y como salida el vector de la señal caracterizada (*invector*). Realiza llamadas a las rutinas del apartado 3.1.3 con las señales inventanadas, que le devuelven los valores para cada parámetro y se encarga de almacenarlos en su vector correspondiente.

3.1.3 Paratemp.m, parafrec.m y paraceps.m

Estas tres rutinas son las invocadas por la función anterior para el cálculo de los parámetros de cada dominio. En la llamada desde *parametrizarsenal.m*, se les pasa únicamente la ventana sobre la que tienen que calcular sus correspondientes parámetros.

3.1.3.1 Pickpeaks.m

function [Vo,Io] = pickpeaks(X,npts,dim,mode)

Con la ayuda de esta función, se localizan los valores y posiciones de los picos en una señal. Se usa para calcular parámetros de amplitud o momentos.

3.1.3.2 Jitter.m

function [Vjitter]= jitter (VT)

Función que calcula el parámetro jitter de una señal. Como entrada se le pasa un vector con los periodos de cada ventana y devuelve otro vector con el jitter asociado.

3.1.3.3 Pitch.m

function [T,f]= pitch (xvh, Fs, TV)

Función que utilizando la autocorrelación de la señal *xvh* (señal de entrada eventada de hamming), su frecuencia de muestreo y el periodo fundamental de dicha señal, devuelve la frecuencia y posición de pitch.

3.1.4 Media.m, Varianza.m, Skew.m, Kurto.m

function vector_medias = media

(VT,Vf,VU,VE,Vtp,Vte,Vtc,Vto,VCQ,VSQ,VOQ,Vjitter,VLT,Vrre1,Vrre2,Vrre3,VPMR,VPC,VEpitch,VEtotal,VPECM)

Función que tiene como entradas los vectores donde se almacenan los valores de cada parámetro para cada una de las ventanas en las que se ha dividido la señal. Devuelve otro vector en el que las posiciones contienen el cálculo de la media de cada parámetro.

function vector_varianza=varianza

(VT,Vf,VU,VE,Vtp,Vte,Vtc,Vto,VCQ,VSQ,VOQ,Vjitter,VLT,Vrre1,Vrre2,Vrre3,VPMR,VPC,VEpitch,VEtotal,VPECM)

Función que tiene como entradas los vectores donde se almacenan los valores de cada parámetro para cada una de las ventanas en las que se ha dividido la señal. Devuelve otro vector en el que las posiciones contienen el cálculo de la varianza de cada parámetro.

function vector_skew=skew

(VT,Vf,VU,VE,Vtp,Vte,Vtc,Vto,VCQ,VSQ,VOQ,Vjitter,VLT,Vrre1,Vrre2,Vrre3,VPMR,VPC,VEpitch,VEtotal,VPECM)

Función que tiene como entradas los vectores donde se almacenan los valores de cada parámetro para cada una de las ventanas en las que se ha dividido la señal. Devuelve otro vector en el que las posiciones contienen el cálculo del skewness de cada parámetro.

function vector_kurto=kurto

(VT,Vf,VU,VE,Vtp,Vte,Vtc,Vto,VCQ,VSQ,VOQ,Vjitter,VLT,Vrre1,Vrre2,Vrre3,VPMR,VPC,VEpitch,VEtotal,VPECM)

Función que tiene como entradas los vectores donde se almacenan los valores de cada parámetro para cada una de las ventanas en las que se ha dividido la señal. Devuelve otro vector en el que las posiciones contienen el cálculo de la kurtosis de cada parámetro.

4. Código utilizado en el módulo de clasificación

Contiene las funciones y rutinas empleadas en el proceso de clasificación de las señales y evaluación de los resultados. En la fase de clasificación, se parte de la matriz de parámetros obtenida en el módulo anterior (señales sanas y patológicas caracterizadas según sus parámetros más significativos) y se obtienen como resultados los tres parámetros que se han definido durante el proyecto, especificidad, precisión y sensibilidad que evalúan las prestaciones del sistema.

El módulo clasificador se encarga de obtener los resultados para dos experimentaciones diferentes, según porcentajes de entreno y según parámetros de la máquina de vectores soporte. Es por esto que la clasificación se realiza desde dos rutinas principales (*Calculo_porcentajes.m* y *Calculo_parametros.m*) que llaman a sus funciones de cálculo (*Funcion_clasificador_porcentajes* y *Funcion_clasificador_parametros.m*). Para la obtención de los parámetros de prestaciones y su posterior representación gráfica se usan las funciones *Resul_ROC.m* y *Espectrograma.m*.

El árbol de ejecución del módulo de clasificación queda de la siguiente forma:

3. *Calculo_porcentaje.m*
 - a. *Funcion_clasificador_porcentajes.m*
 - i. *Resul_ROC.m*
 1. *Espectrograma.m*
4. *Calculo_parametros.m*
 - a. *Funcion_clasificador_parametros.m*
 - i. *Resul_ROC.m*
 1. *Espectrograma.m*

4.1 Rutinas y funciones utilizadas

4.1.1 Calculo_porcentaje.m

Rutina que, a través de dos bucles anidados en los que cambia los porcentajes de entreno y test de la máquina de vectores soporte, llama a la función *Funcion_clasificador_porcentajes.m* y va almacenando en una matriz los valores de la especificidad, precisión y sensibilidad para cada señal, devueltos por la función siguiente.

4.1.2 Funcion_clasificador_porcentajes.m

function [premedia,senmedia,espmmedia]=Funcion_clasificador_porcentajes(pes,pep)

Como entradas de la función, pasadas por la rutina *Calculo_porcentaje.m*, tiene el par *pes* (porcentaje de entreno sanas)-*pep* (porcentaje de entreno patológicas). Para cada uno de los pares posibles, se entrena y se simula la máquina de vectores soporte, obteniendo un vector con las predicciones realizadas por la SVM. Este vector es pasado a

la siguiente rutina (*Resul_ROC.m*) quien calculará los valores de especificidad, precisión y sensibilidad. Ya con los valores devueltos, esta función los va almacenando, cada uno en un vector, para ofrecer como salida la media de estos valores para cada señal y cada par de entrada.

4.1.3 Calculo_parametros.m

Rutina que, a través de dos bucles anidados en los que cambia los valores de gamma y sigma cuadrado, parámetros propios de las máquinas de vectores soporte, llama a la función *Funcion_clasificador_parametros.m* y va almacenando en una matriz los valores de la especificidad, precisión y sensibilidad para cada señal.

4.1.4 Funcion_clasificador_parametros.m

```
function [premedia,senmedia,espmedia]=Funcion_clasificador_parametros(gam,sig2)
```

Como entradas de la función, pasadas por la rutina *Calculo_parametros.m*, tiene el par *gam – sig2*. Para cada uno de los pares posibles, se entrena y simula la máquina de vectores soporte, obteniendo un vector con las predicciones realizadas. Este vector es pasado a la siguiente rutina (*Resul_ROC.m*) quien calculará los valores de especificidad, precisión y sensibilidad. Ya con los valores devueltos, esta función los va almacenando, cada uno en un vector, para ofrecer como salida, la media de estos valores para cada señal y cada par de entrada.

4.1.5 Resul_ROC.m

Mediante esta rutina, a la que se llama habiendo obtenido previamente los vectores de la simulación de la SVM con la función anterior, se ejecuta una llamada a la función *roc.m* contenida en la toolbox LS-SVMLab. La caracterización de la curva ROC (*receiver operating characteristic*) nos da la posibilidad de obtener los parámetros que informan de las prestaciones del sistema, especificidad, precisión y sensibilidad, además de situar el punto de EER (*equal error rate*) que nos permitirá ajustar el umbral de decisión de la máquina de vectores soporte.

4.1.6 Espectrograma.m

Con esta rutina se obtienen las representaciones gráficas de cada matriz resultante del *Calculo_porcentaje.m* y *Calculo_parametros.m*. El gráfico resultante es una

Detección de patologías laríngeas mediante EGG

representación en 2-D por colores de la especificidad, precisión y sensibilidad, tomando como ejes los pares estudiados en cada caso, pes-pep o gamma-sigma cuadrado (parámetros propios de la SVM).



Pliego de Condiciones

Pliego de Condiciones

Durante la elaboración de este proyecto ha sido necesaria la utilización de diferentes recursos tanto *hardware* como *software* para completar las tareas y obtener los resultados de la experimentación objeto del mismo.

1. Elementos Hardware

Como elementos *hardware*, tanto para la implementación de los algoritmos y tratamientos de datos del proyecto como para la redacción y composición de la memoria y la presentación se ha utilizado el siguiente equipamiento:

- Portátil DELL Intel Core i3-2348M, 2.30 GHz, 4GB de RAM y disco duro de 250 GB.
- Portátil Packard Bell Intel Core i5, 2.80 GHz, 4GB de RAM y disco duro de 500 GB.

2. Elementos Software

Como elementos *software*, para la implementación de los algoritmos y tratamientos de datos del proyecto inicialmente y posteriormente para la redacción y composición de la memoria y presentación, se ha utilizado la siguiente lista de elementos:

- MICROSOFT WINDOWS 7 PROFESSIONAL (Service Pack 1). Sistema operativo de 64 bits.
- MICROSOFT OFFICE 2010: Herramienta ofimática utilizada. De todo el paquete las herramientas que se han utilizado principalmente son:
 - Microsoft Excel
 - Microsoft Power Point
 - Microsoft Visio
 - Microsoft Word
- ADOBE READER XI: Lector de documentos PDF. Utilizado durante la fase de documentación del proyecto y elaboración de la memoria.
- MATLAB 2012: Es la herramienta utilizada para el desarrollo completo de los algoritmos del proyecto. En él se han implementado los diferentes módulos que lo componen. Además de las librerías básicas incluidas en MATLAB 2012, se empleó la herramienta LS-SVMLab Toolbox, que está disponible de forma gratuita en <http://www.esat.kuleuven.be/sista/lssvmlab/>

3. Pliego de condiciones legales

Este proyecto, así como toda su documentación y resultados, son propiedad de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y cualquier usuario debe estar de acuerdo en los términos y condiciones sobre la utilización de la información y datos en él expuestos, aceptando todas las cláusulas que la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria establece para sus publicaciones.

3.1 Limitación de responsabilidad

En ningún caso serán el autor ni los tutores, ni la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria responsables de los perjuicios directos, indirectos incidentales o consiguientes, gastos, lucro cesante, pérdida de ahorros, interrupción de negocios, pérdida de información comercial o de negocio, o cualquier otra pérdida que resulte del uso o de la incapacidad de uso de la documentación o resultados expuestos en este proyecto. El usuario conoce y acepta que los derechos relativos a la utilización de esta información no incluyen ningún tipo de contrapartida, rechazando el autor y los tutores cualquier tipo de garantía que no haya sido indicada.



Presupuesto

1 Introducción

Durante este bloque del proyecto, se presenta la estimación de gastos derivados de su realización. El presupuesto se ha calculado teniendo en cuenta los gastos provenientes del uso del material, del trabajo realizado (honorarios), de la redacción del proyecto y de los derechos de visado del mismo.

Para el cálculo del presupuesto se han tenido en cuenta los siguientes conceptos:

- Recursos humanos: Trabajo tarifado por tiempo empleado.
- Recursos hardware y software
- Honorarios por la redacción del proyecto
- Gastos asociados como son el material fungible o los derechos de visado del proyecto.
- Aplicación de impuestos

2 Presupuesto de ejecución

Tabla 2.1: Presupuesto de ejecución

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Presupuesto d ejecución material	63726,26
Honorarios	3568,67
Gastos	429.49
Presupuesto previo	67724,42

El presupuesto de ejecución asciende a un total de: *sesenta y siete mil setecientos veinticuatro euros con cuarenta y dos céntimos.*

2.1 Presupuesto de ejecución material

Tabla 2.2: Presupuesto de ejecución material

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Recursos humanos	63483,26
Recursos hardware	165
Recursos software	78
Presupuesto de ejecución material	63726,26

El presupuesto de ejecución material asciende a un total de: *sesenta y tres mil setecientos veintiséis euros con veintiséis céntimos.*

2.1.1 Recursos humanos

Para obtener el número de horas dedicadas a la realización de este Proyecto Fin de Carrera, se estima una ocupación del tiempo dividiéndolo en cuatro grandes bloques:

- Documentación inicial: Periodo en el que se recopila la información necesaria para la comprensión y desarrollo del proyecto. (2 meses)
- Diseño y programación: Tiempo empleado en el tratamiento de la base de datos e implementación de los diferentes módulos del sistema. (4 meses)
- Experimentación: Durante esta etapa se ha realizado el análisis y valoración del sistema, estudiando su comportamiento ante diferentes cambios. (2,5 meses)
- Memoria: Redacción de la memoria del proyecto (2 meses)

Teniendo en cuenta la división temporal descrita anteriormente, el número total de horas invertidas en la elaboración de este proyecto ascienda a 1680 horas. Para este cálculo se ha tenido en cuenta un horario de trabajo de 8 horas diarias 5 días a la semana (todas dentro del horario laboral).

La siguiente fórmula, conforme lo estipulado en 2006 por el Colegio Oficial de Ingenieros de telecomunicaciones (COIT), relaciona el número de horas trabajadas con los honorarios a percibir según esas horas:

$$H = Ct * 74.88 * Hn + Ct * 96.72 * He \text{ (€)} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

- H son los honorarios totales por el tiempo dedicado.
- H_n son las horas normales trabajadas (dentro de la jornada laboral).
- H_e son las horas extraordinarias.
- C_t es un factor de corrección en función del número de horas trabajadas.

La obtención de los coeficientes de corrección se basa en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Coeficientes de corrección por horas de trabajo

Horas de Trabajo		Ct
Desde	Hasta	
	36	1
36	72	0.90
72	108	0.80
108	144	0.70

Detección de patologías laríngeas mediante EGG

144	180	0.65
180	360	0.60
360	540	0.55
540	720	0.50
720	1080	0.45
1080		0.40

Atendiendo a estos valores, el reparto final de horas quedaría de la siguiente manera:

Tabla 2.4: Horas ponderadas según coeficiente

Horas de Trabajo		Ct	Horas	Horas finales
<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>			
	36	1	36	36
36	72	0.90	36	32.4
72	108	0.80	36	28.8
108	144	0.70	36	25.2
144	180	0.65	36	23.4
180	360	0.60	180	108
360	540	0.55	180	99
540	720	0.50	210	105
720	1080	0.45	360	162
1080		0.40	570	228
		Total	1600	847.8

Por lo tanto, aplicando la Ecuación (2.1) al sumatorio de las horas reales (ya ponderadas con el coeficiente de corrección), se obtiene el coste de los recursos humanos:

$$H = 63483,26\text{€}$$

El coste total de los recursos humanos asciende a un total de: *sesenta y tres mil cuatrocientos ochenta y tres euros con doscientos sesenta y cuatro céntimos.*

2.1.2 Recursos hardware

En este apartado se valoran los recursos hardware que han sido necesarios para la elaboración completa del proyecto. El coste anual de la amortización viene expresado por la siguiente definición:

$$\text{Coste de amortización} = \frac{\text{Valor de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Número de años de vida útil}} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

El valor residual se define como el valor del inmovilizado material tras su vida útil. Se va a estimar una vida útil de los equipos informáticos de 5 años.

El cálculo y la tabla que se presentan a continuación toma como premisas la depreciación constante del inmovilizado material a lo largo del tiempo, presentando un coste de amortización anual.

Tabla 2.5: Recursos hardware

<i>Concepto</i>	<i>Valor de adquisición(€)</i>	<i>Valor residual(€)</i>	<i>Coste de amortización(€)</i>
DELL Intel Core i3	900	450	90
Packard Bell Intel i5	750	375	75
Recursos hardware	1650	825	165

El coste total de los recursos hardware utilizados asciende a un total de: *ciento sesenta y cinco euros*.

2.1.3 Recursos software

En este apartado se valoran los recursos software que han sido necesarios para la elaboración completa del proyecto. El coste anual de la amortización viene expresado por la siguiente definición:

$$\text{Coste de amortización} = \frac{\text{Valor de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Número de años de vida útil}} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

El valor residual se define como el valor del inmovilizado material tras su vida útil. Se va a estimar una vida útil de los equipos informáticos de 5 años.

El cálculo y la tabla que se presentan a continuación toma como premisas la depreciación constate del inmovilizado material a lo largo del tiempo, presentando un coste de amortización anual.

Tabla 2.6: Recursos software

<i>Concepto</i>	<i>Valor de adquisición(€)</i>	<i>Valor residual(€)</i>	<i>Coste de amortización(€)</i>
Microsoft Windows 7 Professional	220	110	22
Microsoft office 2010	150	75	15
Matlab 2012	410	205	41
Recursos software	780	390	78

El coste total de los recursos software utilizados asciende a un total de: *setenta y ocho euros*.

2.2 Honorarios

Los honorarios a tener en cuenta son los que derivan de la redacción del Proyecto Fin de Carrera.

Tabla 2.7: Honorarios por redacción de proyecto

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Redacción PFC	3568.67
Honorarios	3568.67

2.2.1 Redacción del Proyecto Fin de Carrera

Para la redacción de Proyectos y Trabajos en general, el COIT define la siguiente fórmula:

$$H = 0.07 * P * C \quad (\text{Ec. 2.4})$$

- P es el presupuesto del proyecto.
- C es el coeficiente de ponderación en función del presupuesto.

Para un presupuesto que por el momento asciende a un total de 63726,264 €, el COIT fija un coeficiente de $C=0.8$. Por lo que los honorarios por la redacción del PFC quedan en:

$$H = 3568,67 \text{ €}$$

Los honorarios por la redacción del PFC ascienden a un total de: *tres mil quinientos sesenta y ocho euros con sesenta y siete céntimos*.

2.3 Gastos

Tabla 2.8: Gastos

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Material fungible	100
Derechos de visado del COIT	323,49
Gastos de tramitación y envío	6
Gastos	429,49

El apartado de gastos asciende a un total de: *cuatrocientos veintinueve euros con cuarenta y nueve céntimos*.

2.3.1 Material fungible

Corresponden a este apartado del presupuesto, los gastos derivados de la realización, entrega y presentación del proyecto, como son: papel y material de impresión, encuadernación y CD-ROM.

Tabla 2.9: Material fungible

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Material para entrega de PFC	100
Material fungible	100

El coste del material fungible asciende a un total de: *cien euros*.

2.3.2 Derechos de visado del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT)

Para obtener los gastos achacables a la consecución del visado del COIT se ha de aplicar la siguiente expresión:

$$V = 0.006 * P * C \quad (\text{Ec. 2.5})$$

- *P* es el presupuesto del proyecto.
- *C* es el coeficiente reductor en función del presupuesto.

Hasta el momento, el presupuesto para este proyecto se calcula en 67.394,63 €. El COIT fija un coeficiente de $C=0.8$ en este rango de valores. Por lo que los gastos por visado quedan en:

$$V = 323,49 \text{ €}$$

El coste de los derechos de visado del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación asciende a un total de: *trescientos veintitrés euros con cuarenta y nueve céntimos*.

2.3.3 Gastos de tramitación y envío

Los gastos de tramitación y envío se fijan en: seis *euros*.

3 Presupuesto Total

Tabla 3: Presupuesto total

<i>Concepto</i>	<i>Coste (€)</i>
Presupuesto de ejecución material	63726,26
Honorarios	3568,67
Gastos	429,49
Presupuesto de ejecución	67724,42
Impuestos: IGIC (7%)	4740,71
Presupuesto total	72465,13

El presupuesto total del proyecto “Detección de patologías laríngeas mediante EGG”, asciende a la cantidad de *setenta y dos mil cuatrocientos sesenta y cinco euros con trece céntimos*.

Fdo.: José P. González Torres
Autor del Proyecto Fin de Carrera

Las Palmas de Gran Canaria a 1 de junio de 2017