

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de contenidos</b>	<b>III</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>VIII</b>
<b>Resumen</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>X</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos . . . . .	2
1.1.1. Objetivo general . . . . .	2
1.1.2. Objetivos específicos . . . . .	2
1.2. Estructura de la memoria . . . . .	3
<b>2. Marco teórico</b>	<b>4</b>
2.1. Estado del arte . . . . .	4
2.1.1. Interfaz basada en visión para dispositivos móviles con trazo de la punta de los dedos de alta velocidad . . . . .	5
2.1.2. Clasificación de gestos de la mano haciendo uso de plantillas temporales de movimiento . . . . .	5
2.1.3. Segmentación de color de piel a base de visión de manos en movimiento para aplicaciones en tiempo real . . . . .	5
2.1.4. HIE-D . . . . .	7
2.1.5. Kinect . . . . .	8
2.2. Visión por computador . . . . .	9
2.2.1. Comparación entre sistema humano de visión y visión por computador . . . . .	9

2.3.	Imagen digitalizada . . . . .	10
2.4.	Modelos de color . . . . .	11
2.4.1.	RGB . . . . .	12
2.4.2.	YUV . . . . .	13
2.4.3.	YCbCr . . . . .	15
2.4.4.	HSV . . . . .	15
2.4.5.	CIELAB . . . . .	17
2.4.6.	Modelos de color y detección de color de piel . . . . .	17
2.5.	Segmentación de imágenes . . . . .	20
2.5.1.	Imágenes binarias . . . . .	20
2.5.2.	Método de umbralización . . . . .	20
2.5.3.	Etiquetado . . . . .	25
2.6.	Operaciones morfológicas . . . . .	25
2.6.1.	Dilatación y Erosión . . . . .	26
2.6.2.	Apertura y Cierre . . . . .	28
2.7.	Envolvente convexa (convex hull) . . . . .	29
2.8.	Polyfit . . . . .	30
2.9.	Clasificadores de patrones . . . . .	31
2.9.1.	Perceptrón Multicapa – MLP . . . . .	32
2.9.2.	Funciones de Base Radial – RBF . . . . .	33
2.9.3.	Naïve Bayes – NB . . . . .	33
2.9.4.	Modelo Lineal Generalizado – GLM . . . . .	34
2.9.5.	Nearest Neighbour – Vecino más cercano . . . . .	34
2.9.6.	Validación Cruzada . . . . .	35
2.9.7.	Matriz de Confusión . . . . .	36
<b>3.</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>38</b>
3.1.	Captura de imagen . . . . .	39
3.2.	Detección de color de piel . . . . .	39
3.3.	Reconocimiento de rostro y mano . . . . .	52
3.3.1.	Utilizando etiquetado . . . . .	56
3.4.	Seguimiento de mano reconocida . . . . .	59
3.5.	Información útil . . . . .	62
3.6.	Ejecución de orden . . . . .	66

<b>4. Análisis y resultados obtenidos</b>	<b>67</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>69</b>
5.1. Trabajo futuro . . . . .	70
<b>Glosario</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Técnica de Histograma – Histograma fila y columna de la imagen binaria. . . . .	6
2.2. Técnica de Histograma – Determinación del máximo en cada región. .	6
2.3. Técnica de Histograma – Puntos de intersección. . . . .	7
2.4. Técnica de Histograma – Posiciones resultantes. . . . .	7
2.5. Kinect. . . . .	8
2.6. Imagen y su histograma correspondiente. . . . .	11
2.7. Cubo RGB . . . . .	12
2.8. Representación del formato YUV422. . . . .	14
2.9. Conversión del formato YUV422 a YUV . . . . .	15
2.10. Hexágono HSV . . . . .	16
2.11. Visualización de modelos de colores . . . . .	19
2.12. Ejemplo umbralización basada en color. . . . .	23
2.13. Imagen binarizada obtenida a través de umbral por color. . . . .	24
2.14. Algoritmo de etiquetado. . . . .	25
2.15. Ejemplo de Dilatación. . . . .	26
2.16. Ejemplo de Erosión. . . . .	27
2.17. Envolvente convexa. . . . .	29
2.18. Plano convexo. . . . .	29
2.19. Ejemplo de un plano no convexo y un plano convexo. . . . .	30
2.20. Validación cruzada simple. . . . .	35
3.1. Sistema de visión por computador . . . . .	38
3.2. Etapas de desarrollo del sistema de visión. . . . .	39
3.3. Etiquetado manual de piel y de fondo. . . . .	40
3.4. Imágenes tomadas con cámara Web para etiquetado manual. . . . .	41
3.5. Píxeles de piel y fondo en el espacio HS del modelo de color HSV . .	43
3.6. Segmentación utilizando MLP. . . . .	46
3.7. Matriz de Confusión MLP. . . . .	46
3.8. Segmentación utilizando RBF. . . . .	47
3.9. Matriz de Confusión RBF. . . . .	47

3.10. Segmentación utilizando NB. . . . .	48
3.11. Matriz de Confusión NB. . . . .	48
3.12. Segmentación utilizando GLM. . . . .	49
3.13. Matriz de Confusión GLM. . . . .	49
3.14. Segmentación utilizando NN. . . . .	50
3.15. Matriz de Confusión NN. . . . .	50
3.16. Imagen y su binarización obtenida usando MLP . . . . .	52
3.17. Técnica de histograma. . . . .	53
3.18. Técnica de histograma, determinación del máximo en cada región. . .	54
3.19. Puntos de interés definidos haciendo uso de la técnica de histograma.	55
3.20. Etiquetado para reconocer manos y rostro. . . . .	56
3.21. Uso de envolvente convexa. . . . .	58
3.22. Seguimiento de mano derecha . . . . .	60
3.23. Gráfico de frames por segundo procesados al desplazar la mano derecha	60
3.24. Seguimiento de mano izquierda . . . . .	61
3.25. Gráfico de frames por segundo procesados al desplazar la mano izquierda	61
3.26. Gesto mano abierta. . . . .	62
3.27. Gesto mano empuñada. . . . .	63
3.28. Extracción de los dedos, mano estirada. . . . .	64
3.29. Extracción de los dedos, mano empuñada. . . . .	65

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Matriz de Confusión . . . . .	36
3.1. Píxeles de piel. . . . .	44
3.2. Píxeles de fondo. . . . .	44
3.3. Resultado de los clasificadores. . . . .	51