



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
DETECCIÓN DE IRREGULARIDADES PRESENTES EN UNA  
PIEZA DE CUERO POST-CURTIDO BASADO EN VISIÓN  
ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA  
S.A.**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**RAIMUNDO AMADO LAGUAS PAREDES  
FRANCISCO JAVIER BONILLA ARGUELLO**

Riobamba-Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
DETECCIÓN DE IRREGULARIDADES PRESENTES EN UNA  
PIEZA DE CUERO POST-CURTIDO BASADO EN VISIÓN  
ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA  
S.A.**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES: RAIMUNDO AMADO LAGUAS PAREDES**

**FRANCISCO JAVIER BONILLA ARGUELLO**

**DIRECTOR: ING. PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ**

Riobamba-Ecuador

2021

**©2021, Raimundo Amado Laguas Paredes & Francisco Javier Bonilla Arguello**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Raimundo Amado Laguas Paredes & Francisco Javier Bonilla Arguello, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de diciembre de 2021



---

**Raimundo Amado Laguas Paredes**  
C.I. 180480640-2



---

**Francisco Javier Bonilla Arguello**  
C.I. 180497035-6

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que. El trabajo de titulación tipo: Propuesta tecnológica, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE IRREGULARIDADES PRESENTES EN UNA PIEZA DE CUERO POST-CURTIDO BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A.**”, realizado por los señores. **RAIMUNDO AMADO LAGUAS PAREDES** y **FRANCISCO JAVIER BONILLA ARGUELLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

2021-12-08

.....

Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....

Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE  
TITULACION**

2021-12-08

.....

Ing. Marco Antonio Viteri Barrera  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

2021-12-08

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser la mayor fortaleza en los momentos de debilidad, a mi familia quienes de una u otra manera han contribuido a la realización de mi trabajo de titulación, por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, me han ayudado a llegar hasta donde estoy ahora, logrando cumplir mi meta. Gracias a todos

Raimundo

Agradezco a mis padres por haberme apoyado tanto económicamente como psicológicamente en todo este camino que eh realizado a pesar de los altibajos que se presentaron en el transcurrir de esta carrera.

Francisco

## **DEDICATORIA**

A mis padres Williams y María, hermanos Williams, Michelle, Jonathan, David, Elvis y Monserrath por todo su esfuerzo y su amor incondicional a lo largo de este camino.

Raimundo

Dedico este trabajo de titulación primero a Dios por dar salud y fuerza a mis padres Eva y Polo que me han apoyado en este largo camino emprendido, a mi esposa e hija que han sido el motor para seguir adelante.

Francisco

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN .....	xvii
SUMMARY .....	xviii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Curtiembre .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Procesos de producción en la curtiembre o curtiduría.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.1 <i>Proceso de ribera</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.2 <i>Proceso de curtido</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.3 <i>Proceso de post curtido</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Irregularidades presentes en el cuero post curtido.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.1 <i>Rayón abierto</i> .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.2 <i>Rayón curado</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4.3 <i>Sarna</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4.4 <i>Tupe</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.5 <i>Marca de fuego</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Visión Humana.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6 Visión Artificial.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.1 <i>Objetivos de la visión artificial</i>.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.2 <i>Campos de aplicación de la visión artificial</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.3 <i>Procesos de la visión artificial</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.7 Comparativa visión artificial vs visión humana .....</b>	<b>16</b>
<b>1.8 Tipos de sistemas de visión artificial.....</b>	<b>17</b>
<b>1.8.1 <i>Sistemas de visión 1D</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>1.8.2 <i>Sistemas de visión 2D</i>.....</b>	<b>18</b>
<b>1.8.3 <i>Sistemas de visión 3D</i>.....</b>	<b>18</b>
<b>1.9 Elementos que intervienen en un sistema de visión artificial.....</b>	<b>18</b>
<b>1.9.1 <i>Hardware</i>.....</b>	<b>18</b>

1.9.1.1	<i>Iluminación</i> .....	18
1.9.1.2	<i>Cámaras</i> .....	27
1.9.2	<b><i>Software usado en visión artificial</i></b> .....	28
1.9.2.1	<i>Python</i> .....	28
1.9.2.2	<i>OpenCv</i> .....	29
2.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	30
2.1	<b>Requerimientos en el diseño del sistema</b> .....	31
2.2	<b>Concepción de la Arquitectura General del Sistema</b> .....	31
2.3	<b>Descripción de los elementos hardware del prototipo</b> .....	32
2.3.1	<i>Cálculos para el posicionamiento de la cámara</i> .....	32
2.3.2	<i>Cálculos para el posicionamiento de lámparas led</i> .....	34
2.4	<b>Diseño de la instalación eléctrica que constituye parte del prototipo</b> .....	36
2.4.1	<i>Diseño del circuito eléctrico de iluminación</i> .....	37
2.4.2	<i>Diseño del circuito eléctrico de tomacorriente para computadora y cámara</i> .....	39
2.5	<b>Software que constituye el prototipo</b> .....	39
2.5.1	<b><i>Requerimientos de software</i></b> .....	39
2.5.1.1	<i>DigiCam Control</i> .....	40
2.5.1.2	<i>Visual Studio Code</i> .....	40
2.5.1.3	<i>Python</i> .....	41
2.5.2	<b><i>Extracción de tonalidades de una imagen</i></b> .....	43
2.5.3	<b><i>Líneas de programación más relevantes</i></b> .....	46
2.5.4	<b><i>Librerías utilizadas</i></b> .....	46
2.5.5	<b><i>Base de conocimientos o Base de datos</i></b> .....	50
2.5.6	<b><i>Diagramas de flujo para la detección de irregularidades en una pieza de cuero</i></b> .....	51
2.5.7	<b><i>Interfaz grafica</i></b> .....	53
2.6	<b>Resultados adquiridos de las pruebas de campos del sistema de visión artificial para la detección de Irregularidades en una pieza de cuero</b> .....	54
2.6.1	<b><i>Pruebas de parámetros de la cámara</i></b> .....	54
2.6.2	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades rayón abierto</i></b> . .....	59
2.6.3	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades rayón curado o cerrado</i></b> . .....	61
2.6.4	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades sarna</i></b> . .....	63
2.6.5	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades tupe</i></b> . .....	64
2.6.6	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades marca de fuego</i></b> . .....	66
2.6.7	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades mal secado</i></b> . .....	68
2.6.8	<b><i>Pruebas de detección de irregularidades en general</i></b> . .....	70

2.6.9	<i>Optimización de tiempo en la detección de irregularidades</i> .....	72
3.	<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b> .....	74
3.1	<b>Cronograma de Actividades</b> .....	75
3.2	<b>Estudio de costos</b> .....	76
3.2.1	<i>Costos directos</i> .....	76
3.2.2	<i>Costos indirectos</i> .....	76
3.2.3	<i>Costos Totales</i> .....	77
3.3	<b>Recursos Materiales:</b> .....	77
3.3.1	<i>Cámara Nikon d3200</i> .....	77
3.3.2	<i>Lámpara LEDEX flood light</i> .....	78
3.3.3	<i>Diseño de las estructuras</i> .....	79
3.3.4	<i>Diseño de estructura de soporte de iluminación y cámara digital</i> .....	79
3.3.5	<i>Diseño de la plataforma para el reposo del cuero</i> .....	80
3.3.6	<i>Diseño de la estructura de soporte de la cámara</i> .....	81
3.3.7	<i>Diseño de la pieza de sujeción de la cámara</i> .....	81
4.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	83
5.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	84
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Procesos de la visión artificial.....	15
<b>Tabla 2-1:</b>	Comparativa visión artificial vs visión humana.....	16
<b>Tabla 3-1:</b>	Tipos de iluminación.....	19
<b>Tabla 1-2:</b>	Angulo de visión de la cámara Nikon D3200.....	33
<b>Tabla 2-2:</b>	Iluminancias recomendadas según la actividad.....	35
<b>Tabla 3-2:</b>	Valores normalizados cables A.W.G.....	38
<b>Tabla 4-2:</b>	Modelos de colores.....	44
<b>Tabla 5-2:</b>	Parámetros de la cámara a considerar.....	55
<b>Tabla 6-2:</b>	Combinación de parámetros.....	55
<b>Tabla 7-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125.....	55
<b>Tabla 8-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5; Tiempo: 1/100.....	56
<b>Tabla 9-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100.....	56
<b>Tabla 10-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5; Tiempo: 1/125.....	56
<b>Tabla 11-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5; Tiempo: 1/125.....	57
<b>Tabla 12-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100.....	57
<b>Tabla 13-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125.....	57
<b>Tabla 14-2:</b>	Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5; Tiempo: 1/100.....	58
<b>Tabla 15-2:</b>	Cantidad de irregularidades detectadas.....	58
<b>Tabla 16-2:</b>	Conteo de irregularidades rayón abierto.....	59
<b>Tabla 17-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades rayón abierto.....	60
<b>Tabla 18-2:</b>	Conteo de irregularidades rayón cerrado.....	61
<b>Tabla 19-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades rayón cerrado.....	62
<b>Tabla 20-2:</b>	Conteo de irregularidades sarna.....	63
<b>Tabla 21-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades sarna.....	64
<b>Tabla 22-2:</b>	Conteo de irregularidades tupe.....	65
<b>Tabla 23-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades tupe.....	66
<b>Tabla 24-2:</b>	Conteo de irregularidades marca de fuego.....	67
<b>Tabla 25-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades marca de fuego.....	68
<b>Tabla 26-2:</b>	Conteo de irregularidades mal secado.....	69
<b>Tabla 27-2:</b>	Acierto positivos y negativos de irregularidades mal secado.....	70
<b>Tabla 28-2:</b>	Conteo de detección de irregularidades en general.....	71
<b>Tabla 29-2:</b>	Aciertos positivos y negativos del sistema en detección general.....	72
<b>Tabla 30-2:</b>	Aciertos positivos y negativos del sistema en detección general.....	72
<b>Tabla 1-3:</b>	Parámetros de la cámara a considerar.....	75

<b>Tabla 2-3:</b>	Costos Directos de fabricación del prototipo.....	76
<b>Tabla 3-3:</b>	Costos Indirectos de fabricación del prototipo .....	76
<b>Tabla 4-3:</b>	Costos Totales .....	77
<b>Tabla 5-3:</b>	Características cámara Nikon d3200 .....	77
<b>Tabla 6-3:</b>	Características lámpara LEDEX flood light .....	78
<b>Tabla 7-3:</b>	Medidas de la plataforma para el reposo del cuero.....	80
<b>Tabla 8-3:</b>	Medidas de la pieza de sujeción de la cámara .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Proceso de curtiembre.....	7
<b>Figura 2-1:</b>	Cuero con rayón abierto.....	9
<b>Figura 3-1:</b>	Cuero con rayón curado.....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Cuero con sarna.....	10
<b>Figura 5-1:</b>	Cuero con tupe.....	11
<b>Figura 6-1:</b>	Cuero con marca de fuego.....	11
<b>Figura 7-1:</b>	Visión artificial.....	12
<b>Figura 8-1:</b>	Sistema de visión 1D.....	17
<b>Figura 9-1:</b>	Sistema de visión 2D.....	18
<b>Figura 10-1:</b>	Sistema de visión 3D.....	18
<b>Figura 11-1:</b>	Iluminación frontal.....	20
<b>Figura 12-1:</b>	Iluminación lateral.....	21
<b>Figura 13-1:</b>	Iluminación por campo oscuro.....	21
<b>Figura 14-1:</b>	Iluminación por contraste.....	23
<b>Figura 15-1:</b>	Iluminación axial difusa.....	24
<b>Figura 16-1:</b>	Iluminación difusa tipo domo.....	25
<b>Figura 17-1:</b>	Iluminación por laser.....	26
<b>Figura 18-1:</b>	Cámara lineal.....	27
<b>Figura 19-1:</b>	Cámara matricial.....	28
<b>Figura 20-1:</b>	Cámara colores.....	28
<b>Figura 1-2:</b>	Etapas del diseño e implementación del sistema de detección mediante visión artificial.....	30
<b>Figura 2-2:</b>	Etapas del diseño e implementación del sistema de detección mediante visión artificial.....	32
<b>Figura 3-2:</b>	Posicionamiento de la cámara digital.....	32
<b>Figura 4-2:</b>	Variables para el cálculo de altura mínima de suspensión de la cámara.....	33
<b>Figura 5-2:</b>	Medidas del área de trabajo donde se instala las luminarias.....	34
<b>Figura 6-2:</b>	Posicionamiento de lámparas led.....	36
<b>Figura 7-2:</b>	Diagrama unifilar del circuito de iluminación.....	37
<b>Figura 8-2:</b>	Diagrama unifilar del circuito de tomacorriente.....	39
<b>Figura 9-2:</b>	DigiCam Control.....	40
<b>Figura 10-2:</b>	Visual Studio Code.....	41
<b>Figura 11-2:</b>	Python.....	41
<b>Figura 12-2:</b>	Instalación librería glob2.....	42

<b>Figura 13-2:</b>	Instalación librería Numpy.....	42
<b>Figura 14-2:</b>	Instalación librería imutils .....	42
<b>Figura 15-2:</b>	Instalación librería opencv .....	43
<b>Figura 16-2:</b>	a) Modelo binario, b) Modelo RGB, c) Modelo escala de grises, d) Modelo HSV .....	44
<b>Figura 17-2:</b>	Proceso de extracción de tonalidades.....	45
<b>Figura 18-2:</b>	Extracción de valores HSV .....	45
<b>Figura 19-2:</b>	a) imagen original, b) limitación del área de trabajo aplicado filtro HSV .....	46
<b>Figura 20-2:</b>	a) imagen original, b) Imagen a escala de grises .....	47
<b>Figura 21-2:</b>	a) imagen original, b) Imagen a escala de grises, c) Filtro HSV .....	47
<b>Figura 22-2:</b>	a) imagen original, b) Dilatación .....	48
<b>Figura 23-2:</b>	Aplicación transformada de Hough.....	49
<b>Figura 24-2:</b>	Clasificación de rayones por tamaño .....	49
<b>Figura 25-2:</b>	Base de datos .....	50
<b>Figura 26-2:</b>	Diagrama de flujo del algoritmo de detección de irregularidades. ....	53
<b>Figura 27-2:</b>	Interfaz gráfica .....	54
<b>Figura 1-3:</b>	Cámara Nikon D3200 .....	78
<b>Figura 2-3:</b>	Lámpara LEDEX flood light.....	79
<b>Figura 3-3:</b>	Estructura de soporte de iluminación y cámara digital.....	80
<b>Figura 4-3:</b>	Plataforma de reposo del cuero .....	81
<b>Figura 5-3:</b>	Estructura de soporte de la cámara.....	81
<b>Figura 6-3:</b>	Estructura de sujeción de la cámara .....	82

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Resultados en valores porcentuales de cantidad de irregularidades detectadas....	58
<b>Gráfico 2-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos positivos y negativos rayón abierto .....	60
<b>Gráfico 3-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en rayón cerrado .....	62
<b>Gráfico 4-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en sarna .....	64
<b>Gráfico 5-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en tupe.....	66
<b>Gráfico 6-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en marca de fuego .....	68
<b>Gráfico 7-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en mal secado .....	70
<b>Gráfico 8-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en general .....	72
<b>Gráfico 9-2:</b> Resultados en valores porcentuales de aciertos en general .....	73

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

**ANEXO B:** SELECCIÓN DE LAS PIEZAS DE CUERO PARA LA ETAPA DE PRUEBAS.

**ANEXO C:** PRUEBA DE PARÁMETROS ISO APERTURA TIEMPO DE OBTURACIÓN.

**ANEXO D:** RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LAS IRREGULARIDADES PRESENTES EN LA PIEZA DEL CUERO.

**ANEXO E:** DEFENSA DEL SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL EN LA EMPRESA CURTIDURIA TUNGURAHUA

**ANEXO F:** CÓDIGO FUENTE

## RESUMEN

En la presente investigación se diseñó e implementó un sistema de detección basado en visión artificial para detectar las irregularidades en una pieza de cuero en la Empresa CURTIDURÍA TUNGURAHUA. Para llevar a cabo el sistema de visión se empleó los métodos heurístico y experimental, el sistema se basó en una estructura de soporte para la cámara Nikon D3200 y 2 lámparas LEDEX flood con una plataforma donde reposa la pieza de cuero. El modelado de las estructuras se realizó en SolidWorks obteniendo así la medida para la instalación de los diferentes componentes. El sistema obtiene la imagen mediante el programa DigiCamControl, el procesamiento de imagen se elaboró en el lenguaje de programación Python Opencv, con el fin de obtener una imagen del cuero detectando los daños existentes y validar el funcionamiento óptimo y luego determinar la eficiencia al momento de detectar las irregularidades. Se concluye que el sistema es capaz de detectar irregularidades presentes en el cuero con una efectividad entre 97% a 99% con un ahorro de tiempo de 40% aceptable por los expertos del área de clasificado. Se recomienda para esta aplicación una cámara robusta de alta gama por su mayor número de pixel con un ángulo de enfoque mayor a 110°.

**Palabras claves:** <SISTEMA DE DETECCIÓN> <VISIÓN ARTIFICIAL>  
<CURTIDURÍA> <PROCESAMIENTO DE IMÁGENES> <CUERO>



1080-DBRA-UPT-2021

2021-04-29

## SUMMARY

In the present research work, an artificial vision-based detection system was designed and implemented to identify irregularities in a piece of leather at tannery CURTIDURÍA TUNGURAHUA Co. To carry out the vision system, the heuristic and experimental methods were used, the system was based on a support structure for the Nikon D3200 camera and 2 LEDEX flood lamps with a platform where the piece of leather lies. The modeling of structures was made in SolidWorks thus obtaining the measure for the installation of the different components. The system obtains the image by means of using the DigiCamControl program, the image processing was developed in the Python Opencv programming language to obtain an image of the leather and so detecting existing damage and validating optimal performance and then determining efficiency when detecting irregularities. It is concluded that the system can detect existing irregularities in the leather with an effectiveness between 97% to 99% with a 40% of time saving, acceptable by experts in the classification area. It is recommended for this application to get a high-end robust camera for its higher pixel count with a focus angle greater than 110 °.

**Keywords:** <DETECTION SYSTEM> <ARTIFICIAL VISION> <TANNERY> <IMAGE PROCESSING> <LEATHER>

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria en la actualidad ha avanzado a pasos agigantados, ya que con la revolución tecnológica ha pretendido implementar espacios inteligentes y autónomos. La Industria ha puesto énfasis en una contribución mutua entre máquinas y humanos ayudando así a mejorar la productividad y la eficiencia. El avance tecnológico interviene en facilitar el trabajo humano (Oasys, 2020).

La visión artificial es una de las áreas de la tecnología que actualmente ha ganado un gran campo de aplicación y desarrollo. Los elementos de visión artificial aplicados a la industria han evolucionado considerablemente buscando cumplir la necesidad de las líneas de producción que necesitan una precisión y una agilidad cada vez más llevada al límite. Los sistemas de visión artificial en producción se encargan de adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes con el fin de producir información numérica o simbólica utilizada para la toma de decisiones tanto en tiempo real como en análisis posteriores. (Garcia, 2014)

La detección de irregularidades de la pieza del cuero o la calidad, se realiza empíricamente por la experiencia del operador: la clasificación se realiza observando las imperfecciones como cortes, enfermedades, picaduras, marcas por hierros, Para saber de qué tipo de cuero se trata (clase A, clase B, clase C); generando que no se obtenga un control real de las imperfecciones en el cuero, sino un estimado; consecuentemente esto provoca pérdidas para la empresa al momento de la venta. (Rojas, 2016)

En Ecuador se ha realizado la investigación de un sistema basado en visión artificial, éste realiza la medida del área y clasificación en hojas de cuero para la fábrica **GAMACUEROS**. El sistema se compone de software: Control de calidad y Base de datos; hardware que es el conjunto de: estructura inferior y superior, cámara, luminaria, El control de calidad con el sistema de visión artificial garantiza una real clasificación del cuero de acuerdo a las normas sobre imperfecciones existentes y de un control en el acabado de la pintura a fin de darle un valor agregado importante al terminado del producto. Por tal razón la empresa debe insertarse en el cumplimiento de normas y estándares de calidad debido a la implementación en el país de una nueva matriz productiva. (Rojas, 2016)

Basado en otros estudios de detención de Calidad se puede mencionar la siguiente tesis. **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y**

PERFORACIÓN DE MARCAS EN LÁMINAS DE PVC UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR realizado por ALEXANDER JAVIER VITERI TULCANAZA necesita un sistema que permita disminuir el error de perforación en las marcas de las láminas de cédulas. Estas perforaciones deben ser muy precisas pues permiten la posterior alineación de anverso y reverso de las láminas. Este trabajo tiene como objetivo el diseño de un sistema automático de detección y perforación de marcas circulares que se maneje en un rango de error de perforación de  $\pm 1$ mm. (Viteri, 2016)

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo Se puede implementar un sistema de detección, de irregularidades presentes en una pieza de cuero aplicando visión artificial?

¿Cuáles son las características necesarias que debe poseer el sistema para garantizar un óptimo funcionamiento de detección de irregularidades en una pieza de cuero?

¿Qué software y hardware resultará adecuado para cumplir con los requerimientos que amerita la construcción del sistema?

¿Seleccionados hardware y software para cubrir los requerimientos, se podría iniciar con la implementación del sistema?

¿De qué forma se enlazaría el sistema de detección de irregularidades presentes en una pieza de cuero aplicando visión artificial para obtener una óptima visualización de los mismos?

¿Cómo se puede validar el correcto funcionamiento del sistema de detección de irregularidades presentes en una pieza de cuero post curtido?

## **JUSTIFICACIÓN**

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Se denomina curtido al proceso mediante el cual las pieles de los animales se transforman en un material denominado cuero, que se conserva a través del tiempo con características de flexibilidad, resistencia y belleza.

En las industrias del curtido se utilizan las pieles de los animales en bruto que se obtienen como

subproducto de las industrias cárnicas, Las pieles que más comúnmente se utilizan son las de bovino, porcino y ovino, las cuales constituyen la principal materia prima del sector industrial del curtido.

Rayón abierto es producida cuando el vacuno sufre alguna herida profunda en el proceso de curado no se reconstruye totalmente el cuero, convirtiéndose en piel la zona afectada. La cual en el proceso de detección se analizará como una abertura abierta en el cuero.

Rayón curado es producido cuando el vacuno sufre alguna herida leve en el proceso de curado, se regenera el cuero del vacuno en su totalidad. Aplicando la visión se notará partes elevadas o profundas de nivel superficie del cuero.

Sarna son afecciones de la piel sufrida por paracitos ser dolorosas e irritantes para el ganado. Ocurren con frecuencia en épocas húmedas y frías. Si no se tratan a tiempo, pueden expandirse a todo el rebaño. Aplicando la visión artificial se notarán como lunares eminentes por encima del nivel del cuero.

Tupe son afecciones del cuero producida por garrapatas y moscos. La cual las garrapatas introducen sus cabezas en el cuero dejando así perforaciones, aplicando la visión se notaría lunares profundos u hoyuelos a nivel del cuero.

Marca de fuego son producidas cuando al animal se marca una señal o carácter en su piel identificando del resto de animales, aplicando visión se notaría una figura o símbolos plasmados en el cuero.

La detección de irregularidades de las piezas de cuero mejorara la calidad con el sistema de visión artificial, garantiza una real detección del cuero de acuerdo a las daños o imperfecciones existentes. Un control de calidad a la hora de procesar y obtener un acabado del cuero de calidad y darle un valor agregado importante al producto. Por tal razón la empresa debe insertarse en el cumplimiento de normas y estándares de calidad productiva.

La promoción del desarrollo tecnológico en la investigación de las nuevas alternativas hacia una economía generadora de un alto valor agregado sobre la base del conocimiento y el talento humano, vinculada con la reducción de los costos y obtención de beneficios económicos; conlleva a la tecnificación de los procedimientos productivos en la generación de materias primas hacia nuevos emprendimientos, todo esto dentro del plan de desarrollo del buen vivir.

La importancia de la investigación y desarrollo en la industria lleva a tomar decisiones acordes a los avances tecnológicos aplicadas a todos los sistemas de producción, creando así sistemas autónomos capaces de facilitar trabajos repetitivos y forzosos. La visión humana frente a dispositivo de captura como ejemplo una cámara. Da una gran solución a la hora de dar un criterio real con un mínimo error a de resaltar los daños existentes en el cuero.

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

El presente trabajo consistirá en el diseño e implementación de un sistema de detección de irregularidades presentes en una pieza de cuero post curtido basado en visión artificial con la finalidad de detectar las irregularidades invisibles para el ojo humano y generar un pronóstico más detallado de los mismos.

Se plantea desarrollar un sistema de detección de irregularidades presentes en una pieza de cuero ejecutando inicialmente un estudio previo que implica realizar un listado de las zonas que abarcan el área de trabajo, para posteriormente generar un análisis de las vulnerabilidades que puedan existir e identificar los puntos críticos, y de esta manera determinar los mejores lugares para captar imágenes más precisas.

Se pretende emplear cámaras de varias resoluciones para la captación de imágenes y así generar una base de conocimientos (n imágenes), para el entrenamiento del sistema. Mediante el uso de algoritmos generados en herramientas CAD se realizará el procesamiento digital de las imágenes cotejándolas con la base de conocimientos y así identificar las distintas irregularidades presentes en una pieza de cuero.

El sistema de interfaz de usuario (pc, HMI) presentara una amplia información de las distintas irregularidades, detallando la zona específica en la pieza de cuero en la que se presenta la irregularidad, así también indicando el tipo de falla que se ha presentado, para posteriormente presentar un informe en pantalla para su posterior análisis.

El ciclo de funcionamiento de la detección de irregularidades haciendo uso del sistema partiría con el ingreso de la pieza de cuero post curtido al área de trabajo para reconocer las irregularidades presentes en el mismo y ser presentados en pantalla, para su posterior análisis y clasificación a cargo del especialista de dicha área.

El propósito es que el operador de este sistema además de contar con su propio criterio tenga una garantía tecnológica a la hora de identificar las irregularidades presentes en la pieza de

cuero en base a las normas de calidad exigidas y así realizar una clasificación más precisa de los mismos.

El operario al hacer uso de este sistema generara un proceso sin que se presente fallos humanos a la hora de identificar las distintas irregularidades presentes en el cuero, lo que facilitara la clasificación de un mayor número de piezas de cuero en menor tiempo.

El sistema planteado resulta de utilidad para la empresa al generar un alto porcentaje de eficiencia a la hora de trabajar con grandes cantidades de piezas de cuero.

### **Alcance de la Investigación**

Este proyecto tiene como alcance detectar las irregularidades presentes en una pieza de cuero post curtido basado en visión artificial. Entre los aspectos puntuales que comprende el diseño están la detección y análisis de imperfecciones, en una base de datos e impresión remarcando las imperfecciones en una piza de cuero.

El desarrollo del sistema se lo realiza de la siguiente manera:

La cantidad de luz en el sistema está basada por lámparas reflectores de luz artificial y dependiendo de la luz natural que exista en el entorno; las lámparas se encuentran a tres metros de distancia sobre la plataforma la cual va a reposar el cuero. Con esto se asegura una buena calidad fotográfica para facilitar la identificación de imperfecciones para el análisis de desperfectos por marcas, hueco, daños e imperfecciones en la pieza de cuero post curtido

La superficie de la mesa de trabajo sobre la que se coloca el cuero es una plataforma móvil de madera, de esta forma ayuda con movilidad y visualización en el área de clasificado, además, se usa una cámara de 24 megapíxeles con lente gran angular para disminuir la distancia entre el lente hasta el objeto a tomar.

El operario procede a la colocación del cuero en la plataforma móvil centrándola y verificando que no se encuentre con dobleces y este cuero, luego da la confirmación para obtener la toma de foto.

En el programa se procede al tratamiento de la imagen, identificación de patrones y al cálculo. Este valor es almacenado en una base de datos que tiene la imagen del cuero, obteniendo los daños presentados en el cuero.

Para la verificación se emite la imagen del cuero con los daños presentado en ello, con esta información, el usuario verifica al cuero para determinar la calidad y determinar la categoría del cuero.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un sistema de detección basado en visión artificial para detectar las irregularidades en una pieza de cuero en la empresa CURTIDURÍA TUNGURAHUA.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir los requerimientos necesarios para el desarrollo de un sistema de detección mediante la visión artificial para la detección irregularidades en el cuero por medio de revisión bibliográfica y asesoría de un especialista.
- Dimensionar y seleccionar el hardware y software necesario para cumplir con los requerimientos planteados.
- Integrar software necesario para visión artificial y visualización mediante una interfaz para realizar la detección que resalte las irregularidades de imperfecciones en una pieza de cuero.
- Implementar el sistema de visión artificial para la detección irregularidades del cuero, en la empresa CURTIDURIA TUNGURAHUA, área de clasificado.
- Validar el sistema de visión artificial mediante pruebas de campo en el área de clasificación, en la empresa ya mencionada supervisadas por un especialista.

## 1.1 Marco teórico

## 1.2 Curtiembre



**Figura 1-1:** Proceso de curtiembre

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

La curtiembre como se muestra en la figura 1-1, es la industria cuya actividad productiva se enfoca en someter a las de pieles de animales generalmente bovinos y ovinos, a tratamientos que involucran sales para modificar el cuero hasta obtener un material apenas permeable al agua, imputrescible, duradero, suave y flexible (Quimipiel, 2016).

También mencionada como curtiduría, refiere al sitio donde se lleva a cabo el proceso que permite transformar la piel de un animal muerto en cuero. Este procedimiento se realiza en varias etapas (Perez, 2019).

En resumen, un proceso de curtiembre o conocido más comúnmente como curtiduría es el medio por el cual se adecua la piel tanto de bovinos como ovinos modificándolos para obtener un material óptimo para la elaboración de productos textiles.

## 1.3 Procesos de producción en la curtiembre o curtiduría

### 1.3.1 *Proceso de ribera*

Ribera denominado proceso de “limpieza”, consiste en obtener la materia prima, eliminar las cantidades de carne, grasa, pelo que tienen las pieles, incluido la división de pieles; separar la carnaza y la flor de piel (El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: Cuenca alta del río Bogotá, 2006). Se lo realiza en diferentes fases:

- a) Recepción de las pieles: Las pieles son apiladas en la zona de recepción según sea el

proveedor para que posteriormente sean clasificadas según el tamaño, cicatrices, cortes y tupe (Vinueza, 2018).

- b) Remojo: Como partida se tiene un lavado con la finalidad de retirar impurezas presentes en las pieles como sangre, microorganismos impregnados, sal, estiércol y con la finalidad que la piel vuelva a retomar la humedad se la deja en remojo (Vinueza, 2018).
- c) Pelambre: la finalidad es reducir al ciento por ciento del pelo evidente en la piel (Bezama, 2017).
- d) Descarnado: obtiene los restos de grasa o carne que todavía se encuentran fusionados al cuero, y que no fueron eliminados en el proceso anterior (General, 2016).
- e) Desencalado y purgado: El desencalado se lo realiza con la idea de remover la cal y el sulfuro, con la finalidad que durante la etapa de curtido pueda existir alteraciones para posteriormente luego aplicar productos neutralizantes tales como ácidos orgánicos tamponados, peróxido de hidrógeno, bisulfito de sodio, entre otras (Vinueza, 2018).
- f) Piquelado: Es el proceso pre curtido de las pieles o también determinada como la etapa de la preparación química previo al curtido, empleando el uso cloruro de sodio y ácido fórmico, generando un aporte de protones, permitiendo la difusión del curtiente hacia el interior de la piel por la acción de enlazarse con el grupo carboxilo (Vinueza, 2018).

### **1.3.2 *Proceso de curtido***

La etapa del curtido comprende en la estabilización de la estructura que comprende la estructura de colágeno que compone al cuero con cromo III ( $Cr^{+3}$ ), convirtiéndola en un material durable y con una acción resistente al paso del tiempo como es la putrefacción. Para mantener el medio ácido se emplea el uso de soluciones de formiato de sodio y sulfato básico de cromo. El consumo de agua a diferencia de las etapas anteriores no tiene mayor magnitud, pero puede llegar a tener un valor de 200% en peso dependiendo la cantidad de producción de piel a tratar (Vinueza, 2018).

### **1.3.3 *Proceso de post curtido***

En este proceso intervienen las siguientes etapas:

- a) Re curtido: Proceso adicional al curtido para mejorar la fijación del cromo.

Convirtiéndose en un proceso fundamental ya que este influirá directamente con el engrase, teñido y acabado del cuero (General, 2016).

- b) Teñido: Es la etapa donde se imparte color al cuero ya sea superficial o totalmente. Dependiendo la coloración que se desea obtener se añade anilinas para la pigmentación de la piel (General, 2016).
- c) Engrasado: En esta etapa con finalidad de otorgar al cuero una lubricación superficial, blandura y flexibilidad, resistencia a los desgarros, permeabilidad al aire y vapor de agua, e impermeabilización al agua, la cantidad de agua usada en esta etapa tiene un aproximado de uso del 100% en peso de cuero a producir (General, 2016).

#### 1.4 Irregularidades presentes en el cuero post curtido

##### 1.4.1 *Rayón abierto*



**Figura 2-1:** Cuero con rayón abierto

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

Rayón abierto como se muestra en la figura 2-1, es producida cuando el vacuno sufre alguna herida profunda en el proceso de curado no se reconstruye totalmente el cuero, convirtiéndose en piel la zona afectada. La cual en el proceso de detección se analizará como una abertura abierta en el cuero (TUNGURAHUA, 2018).

### 1.4.2 *Rayón curado*

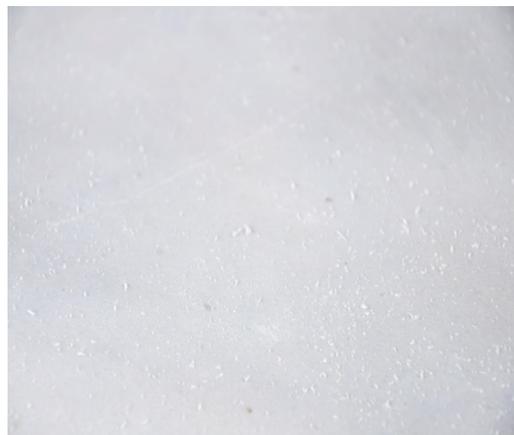


**Figura 3-1:** Cuero con rayón curado

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

Rayón curado como se muestra en la figura 3-1, es producido cuando el vacuno sufre alguna herida leve en el proceso de curado, se regenera el cuero del vacuno en su totalidad. Aplicando la visión se notará partes elevadas o profundas de nivel superficie del cuero (TUNGURAHUA, 2018).

### 1.4.3 *Sarna*



**Figura 4-1:** Cuero con sarna

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

Sarna como se muestra en la figura 4-1, son afecciones de la piel sufrida por paracitos ser dolorosas e irritantes para el ganado. Ocurren con frecuencia en épocas húmedas y frías. Si no se tratan a tiempo, pueden expandirse a todo el rebaño. Aplicando la visión artificial se notarán como lunares eminentes por encima del nivel del cuero (TUNGURAHUA, 2018).

#### 1.4.4 *Tupe*



**Figura 5-1:** Cuero con tupe

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

Tupe como se muestra en la figura 5-1, son afecciones del cuero producida por garrapatas y moscos. La cual las garrapatas introducen sus cabezas en el cuero dejando así perforaciones, aplicando la visión se notaría lunares profundos u hoyuelos a nivel del cuero (TUNGURAHUA, 2018).

#### 1.4.5 *Marca de fuego*



**Figura 6-1:** Cuero con marca de fuego

Fuente: <http://www.ctu.com.ec/>

Marca de fuego como se muestra en la figura 6-1, son producidas cuando al animal se marca una señal o carácter en su piel identificando del resto de animales, aplicando visión se notaría una figura o símbolos plasmados en el cuero (TUNGURAHUA, 2018).

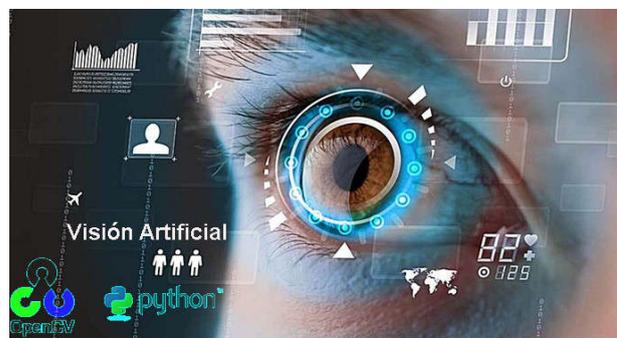
## 1.5 Visión Humana

El ser humano percibe las imágenes a través de la retina, la cual se comporta como una cámara fotográfica sensible a la luz, mediante la cual, es posible obtener información visual proveniente del entorno, mediante un sistema de visión estereoscópico(Sanabria S & Archila D, 2011).

Dentro del ojo se encuentran minúsculos receptores denominados bastones y conos agrupados en estructuras, existiendo dentro de estas estructuras, secciones sensibles a cada uno de los tres colores básicos del RGB. Una vez los receptores realizan su labor, la información recibida es enviada al cerebro por medio del nervio óptico, para ser procesada por el cerebro(Sanabria S & Archila D, 2011).

Ya dentro del cerebro la información es analizada por millones de neuronas, altamente especializadas, distribuidas en capas. Teniendo por función la primera capa detectar los límites “bordes” en las imágenes, siendo estos la manifestación de cambios importantes en la intensidad o iluminación de la imagen, mientras las otras capas detectan contornos y demás comportamientos presentes en la imagen como es el caso de profundidad y movimiento(Sanabria S & Archila D, 2011).

## 1.6 Visión Artificial



**Figura 7-1: Visión artificial**

Fuente: <https://www.ubu.es/sites/default/files/article/images/visionartificial.jpg>

La visión artificial o visión por computador como se muestra en la figura 7-1, son la ciencia y la tecnología que permiten a las "máquinas" ver, extraer información de las imágenes digitales, resolver alguna tarea o entender la escena que están visionando (García, 2016).

Es un proceso por el cual se transforma imágenes del mundo real a código que puede ser procesado por el computador para ser analizado, estudiándolo a detalle para emplearlo en identificación de objetos, reconocimiento facial y un sin número de aplicaciones.

### **1.6.1 *Objetivos de la visión artificial***

Los objetivos de la visión artificial dentro del ámbito de la industria son esencialmente mejorar la productividad y la calidad en las operaciones de fabricación, disminuir el número de piezas defectuosas, cumplir con las expectativas impuestas por el cliente final, maximizar el rendimiento de la maquinaria y detectar, identificar y visualizar defectos antes de añadir valor al producto (Albert & Antiga, 2012).

### **1.6.2 *Campos de aplicación de la visión artificial***

Las técnicas y métodos a utilizar en la solución del problema son diversas y varían dependiendo de la naturaleza del problema a tratar, por ejemplo, utilizando técnicas de color, formas, texturas, etc. (Pajares, 2008). Las aplicaciones de la visión artificial en algunos campos son:

- a) Agricultura. -Se puede implementar soluciones tecnológicas en el agro para minimizar la aplicación de químicos e incrementar la producción (Ivan Garcia, 2015).
- b) Astronomía. -Se puede hacer observaciones del cosmos (estrellas, explosiones, planetas, superficies, etc.) (Caracterización del Ruido Presente en las Imágenes Astronómicas del Observatorio de la Universidad Tecnológica de Pereira, 2013).
- c) Biología. -Se puede identificar determinadas características en las especies vegetales o animales de acuerdo a la textura, color, tamaño, forma, etc. (Ivan Garcia, 2015).
- d) Inspección y control de calidad. -Los procesos industriales requieren la automatización para verificar que los productos manufacturados, frutas, vegetales cumplan con ciertos criterios de calidad previamente establecidos, evitándolos defectos de producción, impurezas no deseadas, mala apariencia de los productos (Ivan Garcia, 2015).
- e) Geología. -Se puede detectar movimientos de terrenos (por deslaves) (Ivan Garcia, 2015).
- f) Medicina. -Se puede trabajar con las imágenes provenientes de ecografías, radiografías, mamografías, resonancia magnética, tomografía, etc. (Ivan Garcia, 2015).
- g) Meteorología. -Se emplea para el monitoreo y prevención de fenómenos meteorológicos y las condiciones ambientales (Ivan Garcia, 2015).

- h) Microscopía. -Utilizado principalmente para la observación celular y microorganismos (Ivan Garcia, 2015).
- i) Modelado y visualización en 3D.-Se puede extraerla estructura geométrica y semántica de imágenes para reconstruir y crear automáticamente modelos 3D y sistemas de visualización interactiva (Snavely, 2010).
- j) Reconocimiento y clasificación. -Se puede reconocer objetos inmersos en las imágenes y su posterior clasificación, como por ejemplo el reconocimiento de rostros y la clasificación por edades (Mummareddy, 2008).
- k) Robótica. -Un sistema de visión permite la navegación o el guiado automático de máquinas (Jiang, y otros, 2010).
- l) Seguridad. -A través de secuencias de imágenes se puede realizar vigilancia para detectar la presencia y movimiento de cuerpos extraños, reconocimiento dactilar y ocular (Caicedo, 2012).
- m) Teledetección. -Mediante el uso de imágenes aéreas o satelitales se puede detectar cambios en una zona de terreno en diferentes lapsos como, por ejemplo, detección de zonas erosionadas, deforestadas, incendios, inundaciones, presencia de edificaciones o infraestructuras como carreteras y puentes (Detección de olivos en imágenes de satélite de alta resolución, 2004).

### **1.6.3 *Procesos de la visión artificial***

La Visión Artificial puede ser definida como los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes tomadas desde un mundo tridimensional a partir de imágenes bidimensionales (Ivan Garcia, 2015). Estos procesos pueden ser seis como se puede observar en la tabla 1-1.

**Tabla 1-1:** Procesos de la visión artificial

Procesos	Nivel de Visión	Entrada	Salida	Área
1. Captura	Bajo	Imagen	Imagen	Procesamiento de imágenes
2. Preprocesamiento				
3. Segmentación	Medio	Imagen	Grupos de píxeles en bruto (objetos o regiones)	Análisis de Imágenes
4. Descripción		Objetos o regiones	Información cuantitativa de los objetos o regiones	
5. Reconocimiento (clasificación)		Información cuantitativa	Objetos clasificados en categorías	
6. Interpretación	Alto	Objetos clasificados en categorías	Comprensión de la escena	Visión por Computador

Fuente: Adaptado de (Gonzalez, y otros, 2014)

- a) *La captura* es el proceso donde se obtiene una imagen digital a través de un dispositivo como una cámara digital, video-cámara, escáner, telescopio, satélite, etc. (Ivan Garcia, 2015).
- b) *El preprocesamiento* incluye técnicas tales como la reducción del ruido, mejoramiento del contraste, nitidez de la imagen, realce de ciertos detalles o características de la imagen, restauración de la imagen (Ivan Garcia, 2015).
- c) *La segmentación* es el proceso que divide una imagen en objetos o regiones (grupos de píxeles) que sean de nuestro interés de estudio. Esta etapa es una parte muy crítica para el éxito o fracaso de la aplicación (Ivan Garcia, 2015).
- d) *La descripción* es el proceso que obtiene características relevantes convenientes para diferenciar un tipo de objeto de otro. Estas características pueden ser externas como la forma, perímetro, eje mayor, eje menor, rectángulo mínimo que contiene la región, excentricidad; o internas como el área, centro de gravedad, patrones de texturas (liso, áspero, regular), color (promedio y mediana de niveles de intensidad, máximo y mínimo

de valores de intensidad), entre otros (Ivan Garcia, 2015).

- e) *El reconocimiento* es el proceso que clasifica en categorías los objetos presentes en la imagen utilizando los descriptores del proceso anterior. Los objetos detectados que presenten descriptores semejantes se agrupan automáticamente en una misma clase o categoría o con una mínima intervención humana. Para esto se utiliza técnicas como métodos estadísticos avanzados, estructurales (sintáctico), basados en la apariencia, redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos, entre otros. Este proceso en sí mismo es una línea de investigación bastante extensa (Ivan Garcia, 2015).
- f) *La interpretación* es el proceso que da sentido o un significado a las clases (categorías) de objetos reconocidos para entender la escena. Trata de emular la visión humana y utiliza técnicas cognitivas para la toma de decisiones. Esta fase depende de cada campo de aplicación (Ivan Garcia, 2015).

Los procesos son en cadena y el resultado del proceso anterior es el elemento principal del siguiente proceso, según que complejidad tenga el problema que se vaya a resolver usando visión artificial no necesariamente tendrá que seguir todos los procesos anteriormente descritos.

### 1.7 Comparativa visión artificial vs visión humana

Los sistemas de visión artificial pretenden ser tan avanzados y complejos como el propio ojo humano. En procesos de medición de precisión ya lo han superado, pero en otras aún falta tecnologías para tan siquiera igualarlo (*Albert & Antiga, 2012*). En la siguiente tabla 2-1 se puede observar una comparativa entre la visión artificial vs la visión humana.

**Tabla 2-1:** Comparativa visión artificial vs visión humana

VISIÓN HUMANA VS VISIÓN ARTIFICIAL		
CAPACIDADES	VISIÓN ARTIFICIAL	VISIÓN HUMANA
Distancia	Capacidades limitadas	Buena capacidad
Orientación	Buena para 2D	Buena capacidad
Movimiento	Limitada, sensible al objeto a inspeccionar	Buena capacidad
Detección de bordes	Requerimiento de existencia de alto contraste en la imagen	Elevadas capacidades
Imágenes parcialmente ocultas	Buena para diferencias cuantificables	Valoración cualitativa
Interpretación de la imagen	Capacidades limitadas	Muy desarrollada

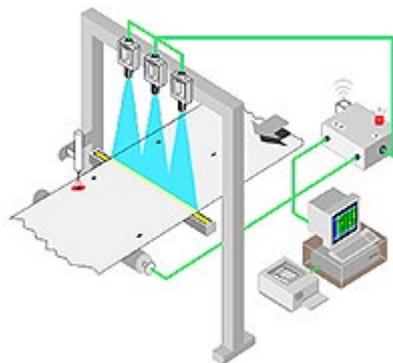
Sombras en la imagen	Limitado sobre todo en B/N	Muy desarrollada
Valoración en 2D	Excelente	Muy desarrollada
Valoración en 3D	Capacidades limitadas	Muy desarrollada
Resolución	Limitado por el tamaño de los píxeles	Capacidades de alta resolución
Tiempo de procesado	Fracciones de segundo por imagen	Procesamiento en tiempo real
Discriminación	Limitado a imágenes de alto contraste	Discriminación muy elevada
Sensibilidad	Aceptable	Muy sensible
Coste de operación	Alto para poco volumen	Bajo para poco volumen
Coste total	Óptimo para grandes producciones	Óptimo para poca producción o muy variable

Fuente: Adaptado de (Albert & Antiga, 2012)

## 1.8 Tipos de sistemas de visión artificial

Los sistemas de visión artificial son variados según la aplicación, para el trabajo en cuestión se tomó en cuenta los siguientes tipos:

### 1.8.1 Sistemas de visión 1D

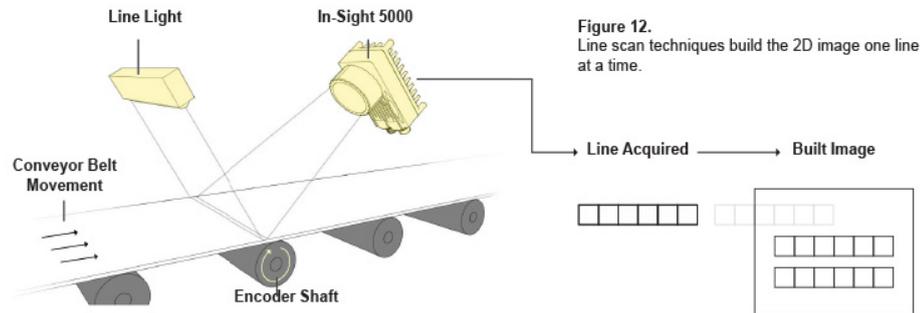


**Figura 8-1:** Sistema de visión 1D

Fuente: <https://www.cognex.com/es-cl/what-is/machine-vision/system-types/1d-vision>

Este tipo de sistema es guiado por una señal digital como se muestra en la figura 8-1, que sigue líneas en lugar de imágenes, esto permite detectar y clasificar desperfectos en materiales o productos de una producción en serie (COGNEX, 2016).

## 1.8.2 *Sistemas de visión 2D*

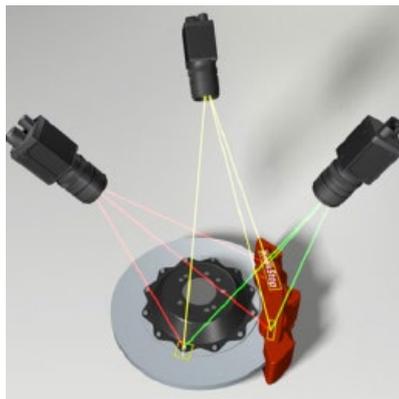


**Figura 9-1:** Sistema de visión 2D

Fuente: <https://www.cognex.com/es-cl/what-is/machine-vision/system-types/2d-vision>

Emplea dos métodos de escaneos, lineal y superficial los mismos generan imágenes 2D en forma paralela como se muestra en la figura 9-1 (COGNEX, 2016).

## 1.8.3 *Sistemas de visión 3D*



**Figura 10-1:** Sistema de visión 3D

Fuente: <https://www.cognex.com/es-cl/what-is/machine-vision/system-types/3d-vision>

El sistema de visión 3D como se muestra en la figura 10-1, utiliza varias cámaras y sensores laser, esto permite proporcionar información sobre la orientación, ubicación y posición del objeto (COGNEX, 2016).

## 1.9 Elementos que intervienen en un sistema de visión artificial

### 1.9.1 *Hardware*

#### 1.9.1.1 *Iluminación*

La iluminación en un sistema de visión artificial es sin duda un factor muy importante en la

resolución de la aplicación. Pensemos que las cámaras capturan la luz reflejada de los objetos para su posterior análisis. El propósito de la iluminación es el de controlar la forma en que la cámara va a ver el objeto para determinar si cumple con las especificaciones requeridas. Sin duda, si se utiliza la iluminación correcta en una aplicación, esta será de fácil solución. Por el contrario, si se utiliza una iluminación inapropiada, dicha aplicación puede que sea de imposible solución. Los objetivos de la iluminación son: optimizar el contraste, normalizar cualquier variación de la iluminación ambiente y simplificar el proceso de tratamiento posterior de la imagen (si se utilizan filtros por software el tiempo de procesado se ve incrementado)(*Albert & Antiga, 2012*).

Un buen sistema de iluminación es esencial a la hora de resolver un problema en visión artificial, el mismo puede otorgar un mejor enfoque de la imagen sin que se presenten sombras en la misma u obstáculos que impidan la captación correcta de lo que se necesite resaltar, con un buen sistema de iluminación se podría resolver más rápido el problema en cuestión reduciendo así el costo computacional.

• **Diferentes opciones de iluminación**

En la actualidad existen una amplia gama de elementos que proporcionan una adecuada iluminación, pero no todos estos pueden servir al momento de resolver un problema se debería seleccionar el adecuado según el ambiente en el que se vaya a trabajar dicho esto tenemos las siguientes opciones que se resalta en la tabla 3-1:

**Tabla 3-1:** Tipos de iluminación

TIPO DE ILUMINACION	CARACTERISTICAS
Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy luminosa y ajustable</li> <li>• Se calienta y degrada con el tiempo</li> </ul>
Incandescencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económicas</li> <li>• Alto consumo energético</li> </ul>
Fluorescente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su iluminación es difusa y reduce el reflejo</li> <li>• Difícil de atenuar su luminosidad</li> </ul>
Laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Útil en sistema de visión 3D</li> <li>• Frágil y caras</li> </ul>
Xenón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta intensidad (Flash)</li> <li>• Fácil degradación con el tiempo</li> </ul>
LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larga duración</li> <li>• Bajo consumo energético</li> </ul>

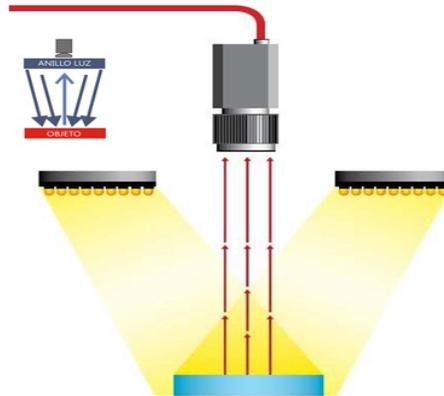
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, J. (2020)

• **Técnicas de iluminación**

Según el posicionamiento del sistema de iluminación se podrá obtener mejores resultados a la hora de captación de las imágenes, para así resaltar las características del objeto en observación,

los sistemas de iluminación más utilizados en visión artificial son los siguientes:

### ***Iluminación frontal***



**Figura 11-1:** Iluminación frontal

**Fuente:** <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

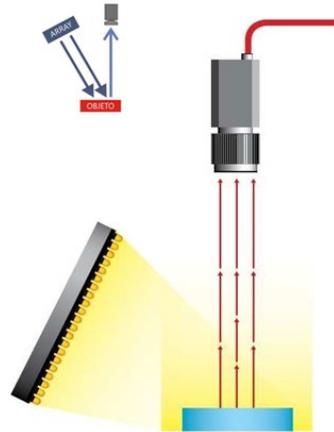
Como se muestra en la figura 11-1, la cámara se posiciona mirando al objeto en la misma dirección que la luz. Esto reduce las sombras, suaviza las texturas y minimiza la influencia de rayas, polvo e imperfecciones que pueda tener el objeto. La cámara recibe la luz reflejada del objeto. Este tipo de iluminación se consigue mediante anillos de luz (Albert & Antiga, 2012).

*Aplicaciones:* indicada para superficies con pocos reflejos: papel, tela... para la detección de marcas de diferentes colores, caracteres y detección de todo lo que suponga un cambio de color en prácticamente cualquier superficie.

*Ventajas:* elimina sombras, se puede utilizar a grandes distancias cámara/objeto.

*Inconvenientes:* intensos reflejos sobre superficies reflectantes (Albert & Antiga, 2012).

### ***Iluminación lateral***



**Figura 12-1:** Iluminación lateral  
**Fuente:** <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

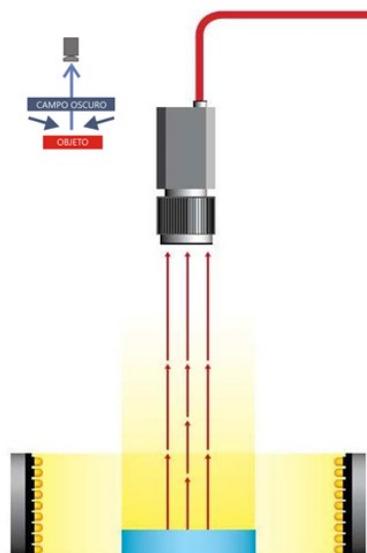
Como se muestra en la figura 12-1, la cámara se posiciona mirando al objeto mientras que la dirección de la luz es lateral al objeto. El grado de inclinación del elemento emisor de luz vendrá determinado por el grado deseado de resalte de los relieves (*Albert & Antiga, 2012*).

Aplicaciones: indicada para resaltar bordes, rayas y fisuras en una dirección determinada.

Ventajas: resalta los relieves por pequeños que sean de los objetos, resultando una sombra muy definida.

Inconvenientes: con ángulos pequeños respecto a la horizontal, la luz producirá sombras en todos los relieves y en el contorno de la pieza (*Albert & Antiga, 2012*).

### ***Iluminación por campo oscuro (DARK FIELD)***



**Figura 13-1:** Iluminación por campo oscuro

La luz es emitida lateralmente con un ángulo muy pequeño mediante un anillo en todas las direcciones, rebotando en los defectos del objeto a analizar e incidiendo en la cámara como se muestra en la figura 13-1 (*Albert & Antiga, 2012*).

Aplicaciones: indicada para resaltar incrustaciones y códigos alfanuméricos con poco contraste en metal sobre metal o gris sobre gris. Muy utilizada en la verificación de grabados tipo láser o troquel.

Ventajas: destaca los detalles en superficies con muy poco contraste.

Inconvenientes: no es recomendable en superficies que absorban la luz (*Albert & Antiga, 2012*).

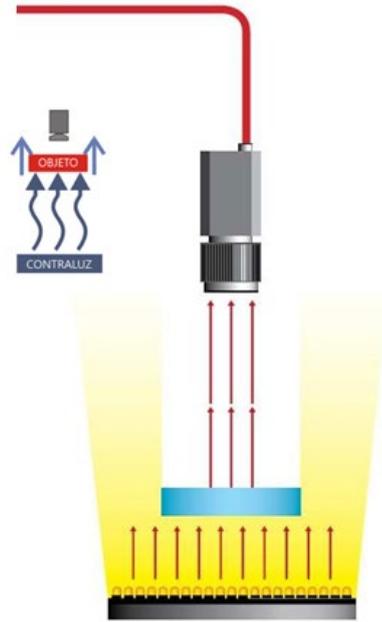
### ***Iluminación por contraste (BACKLIGHT)***

Como se muestra en la figura 14-1, la luz es emitida desde la parte posterior del objeto quedando este entre la fuente de iluminación y la cámara. La iluminación tiene que ser uniforme en toda la superficie del objeto. La cámara inspecciona la silueta del objeto por contraste pudiendo realizar mediciones muy precisas, ya que se eliminan por completo las sombras producidas por la iluminación (*Albert & Antiga, 2012*).

Aplicaciones: indicada para la inspección de la silueta del objeto. Utilizada también en materiales translúcidos o transparentes para detectar manchas, rayas, grietas.

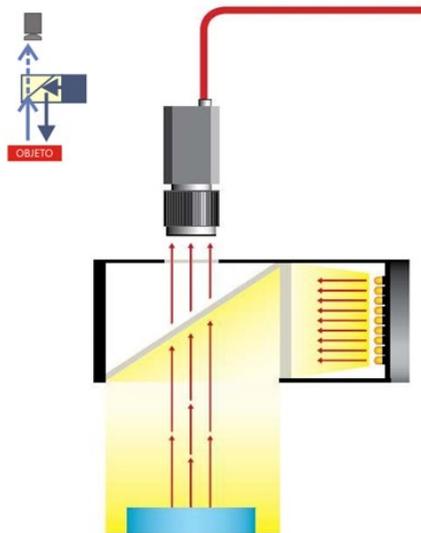
Ventajas: permite inspecciones de siluetas con mediciones muy precisas y de impurezas en los objetos transparentes o translúcidos.

Inconvenientes: no permite reconocer los detalles superficiales del objeto, códigos, inscripciones, etc. (*Albert & Antiga, 2012*).



**Figura 14-1:** Iluminación por contraste  
Fuente: <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

## *Iluminación axial difusa*



**Figura 15-1:** Iluminación axial difusa

Fuente: <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

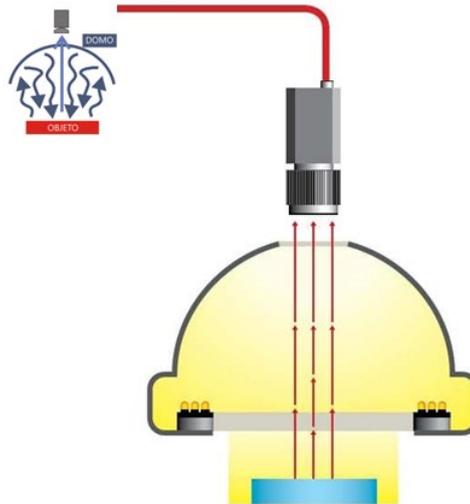
La luz es emitida lateralmente siendo reflejada  $90^\circ$  por un espejo semitransparente que desvía los haces de luz en la misma dirección que el eje de la cámara, consiguiendo una luz difusa homogénea como se muestra en la figura 15-1. En superficies planas reflectantes si no se utiliza este método de iluminación, la cámara vería reflejado su propio objetivo (Albert & Antiga, 2012).

Aplicaciones: indicada para la inspección superficies planas reflectantes, como PCB, etiquetas reflectantes, inspección de impresión sobre aluminio o cavidades profundas.

Ventajas: permite inspecciones de códigos en materiales altamente reflectantes.

Inconvenientes: no permite reconocer relieves en el objeto (Albert & Antiga, 2012).

## *Iluminación difusa tipo domo*



**Figura 16-1:** Iluminación difusa tipo domo  
Fuente: <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

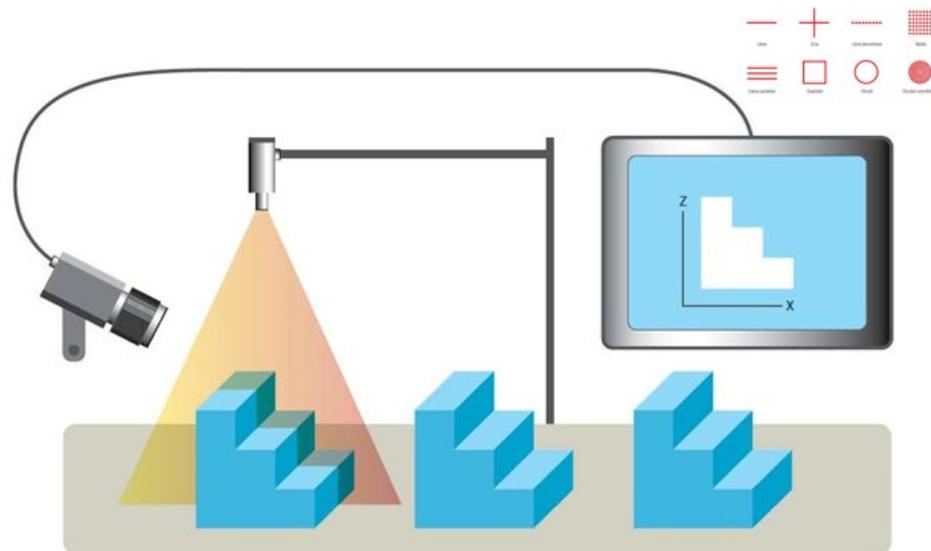
La luz es emitida dentro de una cúpula esférica resultando una luz difusa desde todas direcciones, eliminando sombras y reflejos, suavizando texturas y minimizando la influencia de rayas, polvo, relieves y curvaturas que pueda tener el objeto inspeccionado como se muestra en la figura 16-1. A este tipo de iluminación también se le denomina iluminación de día nublado por no producir ningún tipo de sombra al objeto(Albert & Antiga, 2012).

Aplicaciones: indicada para la inspección de superficies tales como instrumental médico, espejos, compact disk, latas, etc.

Ventajas: eliminación de sombras y minimizado de arrugas, polvo y relieves.

Inconvenientes: coste elevado(Albert & Antiga, 2012).

### ***Iluminación por láser***



**Figura 17-1:** Iluminación por láser  
**Fuente:** <http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/Conocimientos.pdf>

La iluminación mediante láser o luz estructurada se utiliza normalmente para resaltar o determinar una tercera dimensión de un objeto como se muestra en la figura 17-1. Se trata de colocar la fuente de luz láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y a la cámara, de forma que viendo la distorsión de la luz pueda interpretarse la profundidad de los objetos a medir. También se utiliza para indicar el trazado por el que se debe ajustar un proceso, por ejemplo en aplicaciones de corte.

Para realizar una inspección en 3D de un objeto, se proyecta una línea de luz. Las distorsiones en la línea se traducen en variaciones en la altura. De aquí se puede desprender una forma en 3D detectando la falta o exceso de material o llegar a hacer una reconstrucción en tres dimensiones del objeto (*Albert & Antiga, 2012*).

Aplicaciones: ajuste de procesos de corte, control de profundidad de objetos.

Ventajas: no le influye la iluminación externa.

Inconvenientes: coste elevado. Si se utilizan lentes cilíndricas para conseguir una línea o un patrón concreto, el láser no tiene la misma intensidad lumínica a lo largo del patrón (*Albert & Antiga, 2012*).

De todas estas técnicas de iluminación la más apropiada hasta el momento para la zona en que se realizara la presente investigación es la iluminación frontal ya que esta ayudara a que se resalte mejor las irregularidades presentes en una pieza de cuero y eliminara algunas sobras por dobles en el mismo.

### 1.9.1.2 Cámaras

En un sistema de visión artificial la cámara son los ojos del sistema ya que a través de este se recolectará información en forma de imagen para posteriormente ser procesada a través de los distintos procesos que implican el procesamiento digital de imágenes.

- **Tipos de cámaras**

Las cámaras utilizadas en visión artificial pueden clasificarse de la siguiente manera:

***Según la tecnología del elemento sensor***

- **Cámaras de tubo:** Utilizan materiales fotosensibles que capturan la imagen y son procesados por electrones.
- **Cámaras de estado sólido CCD (Charge – Coupled – Device):** Emplean materiales semiconductores fotosensibles (Ludeña, 2019).

***Según la disposición física***

- **Cámaras lineales:** Crean imágenes que van alineadas mediante líneas longitudinales.



**Figura 18-1:** Cámara lineal

Fuente: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

Las cámaras lineales como se muestra en la figura 18-1 emplean sensores abarcan entre 512 y 8192 píxeles que permite obtener imágenes de alta calidad. Este tipo de cámaras permiten sincronizar los objetos mediante líneas de alta precisión (Ludeña, 2019).

- **Cámaras matriciales:** Está conformada por una central de píxeles que posicionan de manera muy precisa los sensores en las matrices fotosensibles. Utilizan tecnología CCD que determinan el tamaño de los tubos Vidicón como se muestra en la figura 19-

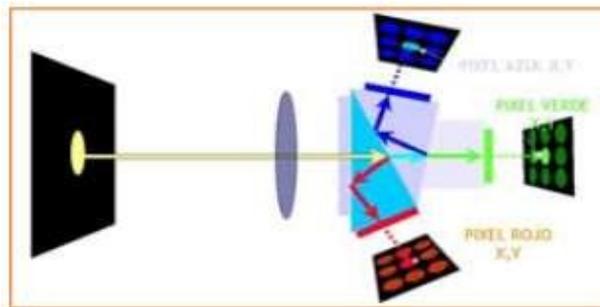
1 (Ludeña, 2019).



**Figura 19-1:** Cámara matricial

Fuente: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

- **Cámaras color:** Como se muestra en la figura 20-1, utilizan métodos más complejos que las cámaras monocromas esto permite obtener mayor cantidad de información (Ludeña, 2019).



**Figura 20-1:** Cámara colores

Fuente: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

## 1.9.2 *Software usado en visión artificial*

### 1.9.2.1 *Python*

Según David Masip Rodó, Python es un lenguaje de programación libre basada en Iron Python (codificada en C#) o J Python (codificada en Java), en la actualidad existen múltiples implementaciones en función que construye el intérprete (Ludeña, 2019).

Para instalar las versiones de Python es necesario recurrir al sitio web oficial, aquí se encuentra toda la información para instalar el entorno y los paquetes para sistemas Linux, Windows o MacOS (Ludeña, 2019).

### 1.9.2.2 *OpenCv*

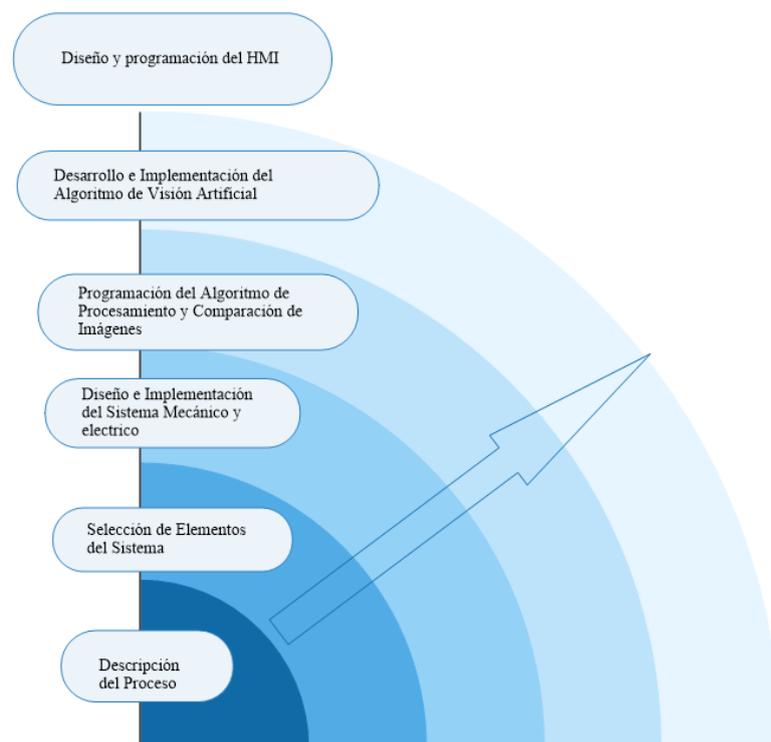
La librería *OpenCv* (*Open Source Computer Vision*) se emplea para el procesamiento de imágenes en visión artificial, se emplea también en sistemas de seguridad, programas de detección de movimiento, reconocimiento de objetos, control de procesos, robótica entre otros.

Se considera una librería gratuita y libre escrita en C y C++, se emplea con cualquier tipo de procesador y funcionan con sistemas como Windows, Linux, Android, Mac OSX e iOS, por lo cual permite crear aplicaciones en tiempo real (Ludeña, 2019).

La biblioteca *OpenCV* utiliza funciones que permite identificar personas u objetos, inspección de objetos, reconocimiento de rostro, reconstrucción 3D entre otros, esto debido a la infraestructura accesible sobre el procesamiento de imágenes (Ludeña, 2019).

## 2. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se considerará la descripción del requerimiento tanto hardware y software necesarios para la implementación sistema de detección, la selección de los elementos óptimos para el montaje de la estructura mecánico, eléctricos y del sistema de visión. El algoritmo de programación para la detección de las irregularidades en la pieza de cuero para su visualización en una interfaz gráfica.



**Figura 1-2:** Etapas del diseño e implementación del sistema de detección mediante visión artificial

**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El proceso del trabajo de titulación se utiliza las técnicas de observación, experimentación y recolección de datos, a continuación, se describe los métodos que nos ayudara con la investigación, en la figura 1-2, se observa los pasos a seguir para alcanzar con los objetivos propuestos.

En el método heurístico se utiliza para la identificación del diseño e implementación del sistema de visión artificial siendo el desafío de este proyecto, acto para la detección de las irregularidades en la pieza de cuero, posteriormente elaborar un plan de acción para los análisis de los resultados, ser evaluaros y poder tomar decisiones. Para finalmente verificar el óptimo rendimiento del sistema.

El método experimental en la etapa de pruebas y análisis de los resultados obtenidos cualitativos o cuantitativos. En si este método está presente en todo el proyecto, permite el estudio de las variables o datos para ver el comportamiento del sistema, generando criterios sobre funcionamiento del hardware y software.

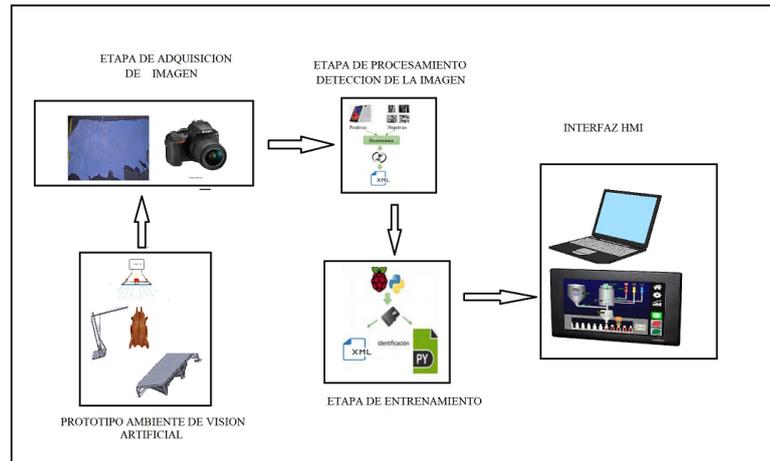
## **2.1 Requerimientos en el diseño del sistema**

Al analizar la información del capítulo I se determinó los requerimientos necesarios para el diseño e implementación del sistema de visión artificial para la detección de irregularidades en una pieza de cuero. De describen a continuación

- Implementar un ambiente adecuado para la implementación de un sistema de visión artificial. La estructura para la instalación de la iluminación, cámara y reposo de la pieza de cuero.
- Selección del dispositivo de captura con una elevada resolución.
- Ubicación estratégica de la cámara para captar imágenes óptimas para ser procesadas.
- Instalar un sistema de iluminación considerando el entorno de la empresa.
- Visualización de los resultados de las irregularidades de la pieza de cuero en una interfaz gráfica HMI.
- Elaborar una interfaz gráfica para la fácil interacción con los usuarios.

## **2.2 Concepción de la Arquitectura General del Sistema**

En la figura 2-2, se observa la concepción general de la arquitectura del sistema, el diseño consta de una estructura donde se coloca tanto las iluminarias como la cámara, una plataforma donde reposa el cuero. La cámara captura la imagen de la pieza de cuero donde a continuación entra a la etapa de procesamiento de la imagen donde se aplica los diferentes métodos de tratamiento de imágenes existente en la visión artificial. Después mediante el entrenamiento dotamos de inteligencia al programa logrando así el reconocimiento de los daños existente en el cuero. Para finalizar los resultados se proyectará en el computador mediante una interfaz gráfica, donde al usuario le facilita la visualización de los daños del cuero.



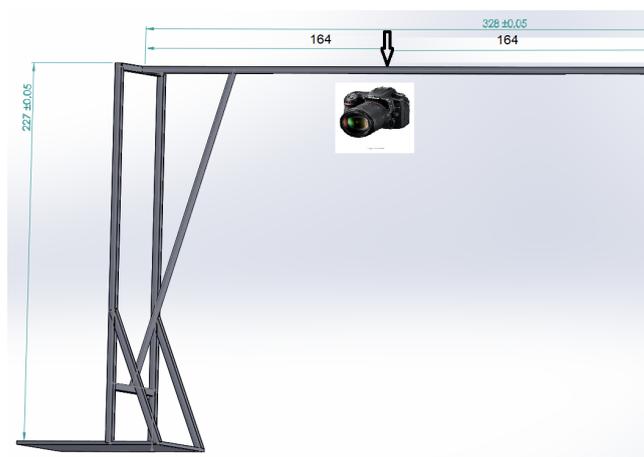
**Figura 2-2:** Etapas del diseño e implementación del sistema de detección mediante visión artificial  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 2.3 Descripción de los elementos hardware del prototipo

En este apartado se describirá los componentes seleccionados con sus características, que conforma el prototipo.

#### 2.3.1 Cálculos para el posicionamiento de la cámara

Sabemos que el largo de la estructura es 3,28 metros, la posición de la cámara será colocada a 1.64m del tubo soldado en la parte superior. Observado en la figura 3-2, la colocación de la cámara Nikon d3200. Es importante la colocación de la cámara en la mitad de dicha estructura, ya con eso aseguramos que la captura abarcara toda la pieza de cuero.



**Figura 3-2:** Posicionamiento de la cámara digital  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Una vez identificado el punto central faltaría definir a que altura mínima deberá estar suspendida desde el centro de la plataforma donde se ubicara la pieza de cuero, para lo cual se tomara en

cuenta el ángulo de enfoque de la cámara Nikon D3200 los mismos que se detallan en la siguiente tabla 1-2.

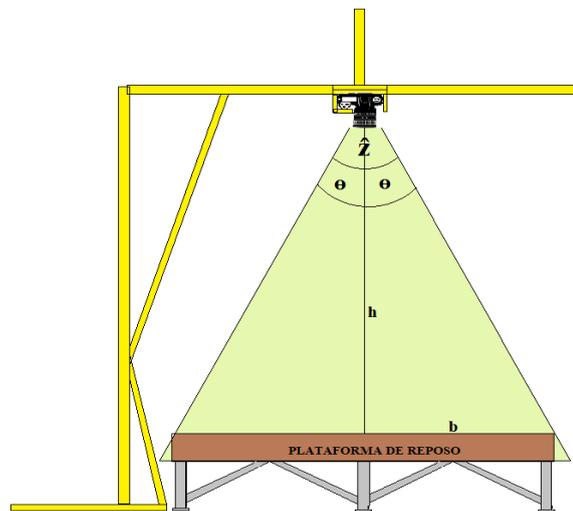
**Tabla 1-2:** Ángulo de visión de la cámara Nikon D3200

Distancia Focal	8mm	25mm	65mm	100mm	160mm	600mm
Angulo de visión	<b>180°</b>	<b>110°</b>	<b>60°</b>	<b>25°</b>	<b>15°</b>	<b>10°</b>

Fuente: Guía de usuario Nikon D3200

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Según la guía de usuario la cámara Nikon D3200 cuenta con una distancia focal de 18mm a 55mm, por lo cual se trabajará con la distancia de 25mm para abarcar toda el área de la pieza de cuero como se muestra en la figura 4-2.



**Figura 4-2:** Variables para el cálculo de altura mínima de suspensión de la cámara  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En donde:

$$\hat{z} = 110^\circ$$

$$\theta = \frac{\hat{z}}{2}$$

$$b = 1,35m$$

***h = altura mínima de suspensión***

$$\tan \theta = \frac{b}{h}$$

Reemplazando  $\theta$ ;

$$\tan \frac{\hat{z}}{2} = \frac{b}{h}$$

$$\tan 55^\circ = \frac{1,35m}{h}$$

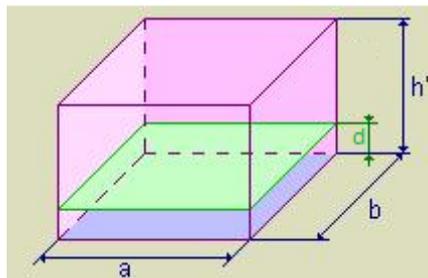
$$h = \frac{1,35m}{1,42}$$

$$h = 0,97m$$

La altura mínima para que el ángulo de visión de la cámara enfoque toda el área de la pieza de cuero es de 0,97m.

### 2.3.2 Cálculos para el posicionamiento de lámparas led

En primer lugar, se debe tener en cuenta cuantas luminarias son necesarias para generar una iluminación óptima para visión artificial, para lo cual se procedió a realizar un cálculo de instalación de alumbrado, tomando en cuenta las medidas que se muestran en la figura 5-2.



**Figura 5-2:** Medidas del área de trabajo donde se instala las luminarias  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En donde:

$$a = 1.25m$$

$$b = 2.70m$$

$$h' = 2.27m$$

$$d = 0.40m$$

Se utilizará lámpara led de 150w de 20.250 Lm

Altura de suspensión de luminaria:

$$h = h' - d$$

$$h = 2.27m - 0.40m = 1.87m$$

Factor de utilización definido por la guía técnica de la lámpara utilizada es de:

$$Cu = 0.98$$

Factor de mantenimiento depende del estado del ambiente en que se encuentra definiendo 0.8 para limpio y 0.3 sucio, debido a que el área de trabajo siempre se mantiene en óptimas condiciones se escoge el de 0.8:

$$Fm = 0.8$$

Para el cálculo de flujo luminoso total se debe tomar en cuenta los niveles de iluminación recomendados para cada actividad, para lo cual nos basamos en la siguiente tabla 2-2:

**Tabla 5-2:** Iluminancias recomendadas según la actividad

Industria en general	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Requerimiento visual limitados	200	300	500
Requerimiento visual normales	500	750	1000
Requerimiento visual especiales	1000	1500	2000

Fuente: [https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html#sist\\_al](https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html#sist_al)

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Debido a que el trabajo de visión artificial necesita un requerimiento visual especial y óptimo se seleccionó 2000 lux.

$$Em = 2000 \text{ lux}$$

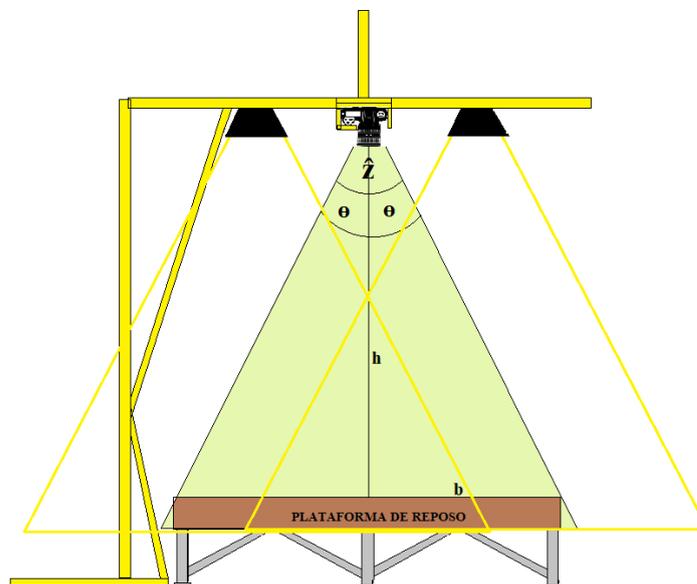
Por lo tanto, el flujo luminoso total se define de la siguiente manera:

$$\phi_t = \frac{Em \times a \times b}{Cu \times Fm} = 8609.69 \text{ lumenes}$$

Cálculo del número de luminarias:

$$N = \frac{\phi_t}{n \times \phi_l} = 0,56 = 1 \text{ lampara led}$$

Con una lámpara en la parte central de la estructura sería suficiente para satisfacer las condiciones deseadas pero como en ese punto ya se encuentra ubicada la cámara digital se procedió a ubicar 2 lámparas led una a cada lado lateral de la cámara como se muestra en la figura 6-2.



**Figura 6-2:** Posicionamiento de lámparas led  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Y por consiguiente gracias al ángulo de apertura de la lámpara que es de  $120^\circ$  satisface y sobrepasa el área de trabajo en el que se necesita la iluminación óptima, como ya se describió en el Capítulo I se utiliza la técnica de iluminación frontal para eliminar sombras causadas por un dobles en la pieza de cuero y a la vez que esta nos ofrece una gran ventaja en detección de marcas de diferente color, caracteres que se presentan por la mara de fuego e irregularidades que presentan un cambio de color como es la sarna y la mala concentración de sal que produce un efecto en el cuero cambiando el color de azul claro a un color blanquecino.

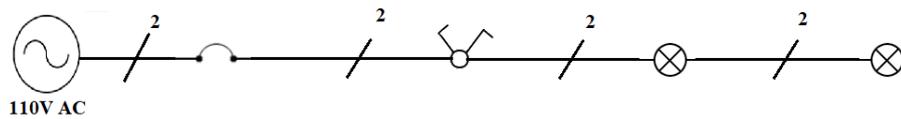
#### 2.4 Diseño de la instalación eléctrica que constituye parte del prototipo

Por los elementos eléctricos anteriormente descritos en este apartado se detalla los circuitos de alimentación necesarios para el funcionamiento del hardware, como es:

- Circuito eléctrico de iluminación.
- Circuito eléctrico de tomacorriente para computadora y cámara.

### 2.4.1 Diseño del circuito eléctrico de iluminación

Para el diseño del circuito eléctrico de iluminación se debe tener en cuenta la potencia de consumo de la lámpara en este caso es de 150w, como se utiliza 2 lámparas led la potencia total será de 300w, para lo cual se procede a generar el diagrama unifilar de la instalación como se observa en la figura 7-2.



**Figura 7-2:** Diagrama unifilar del circuito de iluminación

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Teniendo como dato la potencia total y la distancia desde la fuente hasta la última carga se procede a calcular el calibre del cable necesario para la instalación.

En donde:

$$PT = 300W$$

$$V = 110V$$

$$L = 15m$$

Calculamos la corriente:

$$I = \frac{PT}{V \cos \phi} = \frac{300}{110} = 2,7A$$

Con la corriente nominal y basándonos en la siguiente tabla seleccionamos el número del cable basándonos en la tabla 3-2:

**Tabla 6-2:** Valores normalizados cables A.W.G

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6

Fuente: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.html>

Antes de proceder a seleccionar el cable se debe tener en cuenta que la variación de voltaje debe ser menor al 5% del voltaje nominal, por el amperaje que soporta a simple vista se puede decir que el cable AWG 17 es el más óptimo, pero al no cumplir con la norma de que la variación de voltaje debe ser menor a 5% se desecha y se escoge el cable AWG 14.

$$\Delta v = 2IRL$$

$$\Delta v = 2(2.7)(8.17)(0.015)$$

$$\Delta v = 0,66V$$

$$\Delta v = 0,6\%$$

$$\Delta v < 5\%$$

Para el cálculo de la protección se debe tomar en cuenta que el valor del mismo debe superar en un 25% la corriente nominal por consiguiente se define:

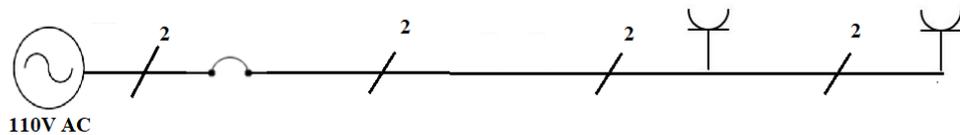
$$I_p = 1.25 \times I$$

$$I_p = 3,37A$$

El fusible de protección necesario para el circuito es un fusible BT de 4A.

#### 2.4.2 *Diseño del circuito eléctrico de tomacorriente para computadora y cámara*

Para el diseño del circuito eléctrico de tomacorriente se toma como potencia nominal para cada toma 150W ya que solo se conectará a un pc y para cargar la cámara, como se usa un tomacorriente doble la potencia total será de 300W, para lo cual se procede a generar el diagrama unifilar de la instalación como se observa en la figura 8-2.



**Figura 8-2:** Diagrama unifilar del circuito de tomacorriente

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Debido a que los niveles de potencia y distancia son iguales en ambos casos se obtendrá los mismos resultados por lo tanto se define el número de cable AWG 14 y la protección un fusible BT de 4A.

### 2.5 Software que constituye el prototipo

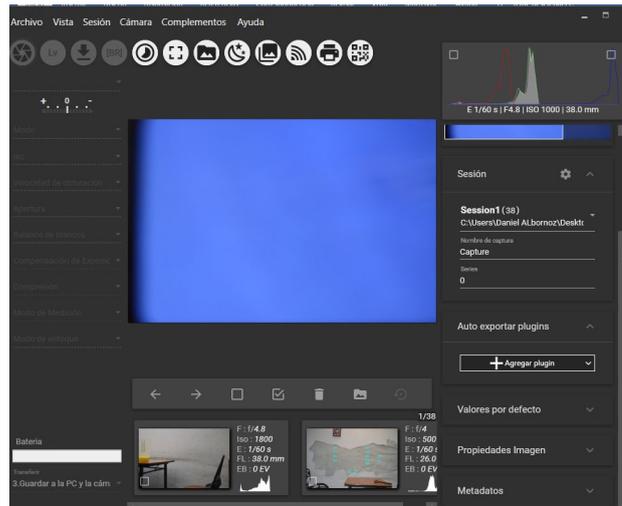
Se debe resaltar que para el desarrollo del software en generar del sistema de detección de irregularidades, se empleó el lenguaje de programación Python en su versión 3.6 + para lo cual se desarrolló algoritmos de umbralización, saturación, extracción de color, entre otros que se describirán posteriormente, se utilizó el software Visual Studio Code para la edición y ejecución del algoritmo, y por ultimo cabe destacar el uso de un editor de imágenes Adobe para la extracción de tonalidades de las imágenes que constituyen la base de conocimientos del prototipo.

#### 2.5.1 *Requerimientos de software*

Los requerimientos en software para que el sistema de visión artificial para la detección de irregularidades son los siguientes:

### 2.5.1.1 DigiCam Control

Es un programa para el control y comunicación entre la cámara con el pc, con diferentes funciones que detallaremos a continuación, enfoque, video en vivo, ampliamente de foco. Permitiendo así ver la que está enfocando la cámara en el monitor de nuestro pc y así capturar la imagen en tiempo real. Continuación en la figura 9-2 se observa la interfaz del programa mencionado donde se visualizan las principales funciones de una cámara reflex al momento de disparar la cámara.

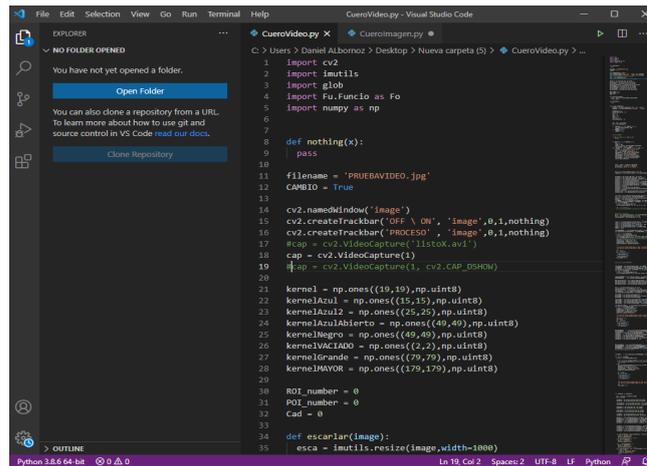


**Figura 9-2:** DigiCam Control

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 2.5.1.2 Visual Studio Code

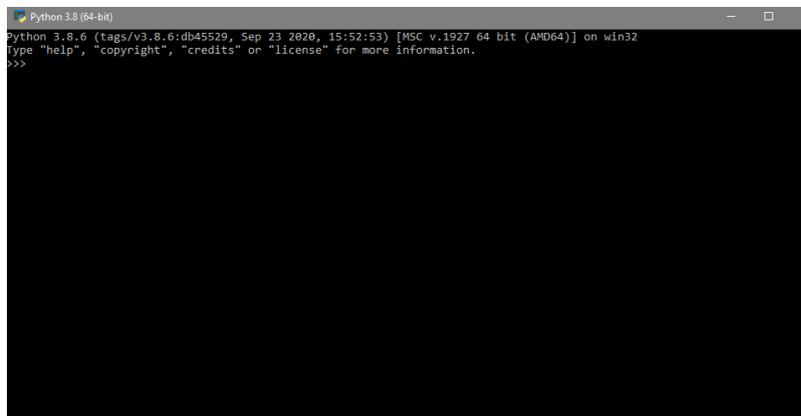
En la figura 10-2 se observa un editor de código fuente ligero pero potente que se ejecuta en su escritorio y está disponible para Windows. Viene con soporte incorporado para JavaScript, TypeScript y Node.js y tiene un rico ecosistema de extensiones para otros como lo es Python que es la plataforma de programación que se está para la aplicación de visión artificial. (visualstudio)



**Figura 10-2:** Visual Studio Code  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 2.5.1.3 Python

Potente lenguaje de programación fácil de aprender cómo se puede observar en la figura 11-2. Tiene estructuras de datos eficientes de alto nivel y un enfoque simple pero efectivo para la programación orientada a objetos. La elegante sintaxis y la escritura dinámica de Python, junto con su naturaleza interpretada, lo convierten en un lenguaje ideal para la creación de scripts y el rápido desarrollo de aplicaciones en muchas áreas en la mayoría de las plataformas. (Python, 2021)



**Figura 11-2:** Python  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Para trabajar con Python en el campo de visión artificial se procedió a instalar algunas librerías necesarias la cual serán detallados continuación su instalación se hace mediante cmd e ingresando el nombre de la librería.

- **pip install glob2**

El glob módulo encuentra todos los nombres de ruta que coinciden con un patrón especificado de

acuerdo con las reglas utilizadas por el shell de Unix, aunque los resultados se devuelven en orden arbitrario, en la figura 12-2 se muestra la instalación de la misma. (Python, 2021)

```
C:\Users\Daniel Albornoz>pip install glob2
Collecting glob2
  Downloading glob2-0.7.tar.gz (10 kB)
Using legacy 'setup.py install' for glob2, since package 'wheel' is not installed.
Installing collected packages: glob2
  Running setup.py install for glob2 ... done
Successfully installed glob2-0.7
WARNING: You are using pip version 20.2.1; however, version 21.0.1 is available.
You should consider upgrading via the 'c:\users\daniel albornoz\appdata\local\programs\python\python38\python.exe -m pip install --upgrade pip' command.

C:\Users\Daniel Albornoz>
```

**Figura 12-2:** Instalación librería glob2  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

- **pip install numpy**

Rápidos y versátiles, los conceptos de vectorización, indexación y transmisión de NumPy son los estándares de facto de la computación de arreglos en la actualidad. NumPy ofrece funciones matemáticas completas, generadores de números aleatorios, rutinas de álgebra lineal, transformadas de Fourier y más, como se muestra en la figura 13-1 la instalación de la misma. (Numpy, 2020)

```
C:\Users\Daniel Albornoz>
C:\Users\Daniel Albornoz>pip install numpy
Collecting numpy
  Downloading numpy-1.20.0-cp38-cp38-win_amd64.whl (13.7 MB)
    |#####| 13.7 MB 409 kB/s
Installing collected packages: numpy
Successfully installed numpy-1.20.0
WARNING: You are using pip version 20.2.1; however, version 21.0.1 is available.
You should consider upgrading via the 'c:\users\daniel albornoz\appdata\local\programs\python\python38\python.exe -m pip install --upgrade pip' command.

C:\Users\Daniel Albornoz>
```

**Figura 13-2:** Instalación librería Numpy  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

- **pip install imutils** Una serie de funciones de confort para hacer las funciones de procesamiento de imágenes básicas, tales como la traslación, rotación, cambio de tamaño, esqueletización, y que muestran imágenes matplotlib más fácil con OpenCV y tanto Python 2.7 y Python 3, y en la figura 14-2 se observa su instalación. (PyPI, 2021)

```
C:\Users\Daniel Albornoz>pip install imutils
Collecting imutils
  Downloading imutils-0.5.4.tar.gz (17 kB)
Using legacy 'setup.py install' for imutils, since package 'wheel' is not installed.
Installing collected packages: imutils
  Running setup.py install for imutils ... done
Successfully installed imutils-0.5.4
WARNING: You are using pip version 20.2.1; however, version 21.0.1 is available.
You should consider upgrading via the 'c:\users\daniel albornoz\appdata\local\programs\python\python38\python.exe -m pip install --upgrade pip' command.

C:\Users\Daniel Albornoz>
```

**Figura 14-2:** Instalación librería imutils  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

- **pip install opencv-python==4.4.0.40**

Paquete que contiene los enlaces de Python OpenCV. OpenCV (Biblioteca de visión por computadora de código abierto) es una biblioteca de código abierto que incluye varios cientos de algoritmos de visión por computadora, y en la figura 15-2 se observa su instalación. (OpenCV, 2021)

```
C:\Users\Daniel Albornoz>pip install opencv-python==4.4.0.40
Collecting opencv-python==4.4.0.40
  Downloading opencv-python-4.4.0.40-cp38-cp38-win_amd64.whl (33.5 MB)
    |#####| 33.5 MB 297 kB/s
Requirement already satisfied: numpy>=1.17.3 in c:\users\daniel albornoz\appdata\local\progra
Installing collected packages: opencv-python
Successfully installed opencv-python-4.4.0.40
WARNING: You are using pip version 20.2.1; however, version 21.0.1 is available.
You should consider upgrading via the 'c:\users\daniel albornoz\appdata\local\programs>python
C:\Users\Daniel Albornoz>
```

**Figura 15-2:** Instalación librería opencv  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 2.5.2 *Extracción de tonalidades de una imagen*

Antes de iniciar con la programación se debe tener presente algunas definiciones de modelos de color que se describen a continuación:

- Modelo de color binario: Define a una imagen a blanco y negro en la cual un pixel de la misma puede tener un solo valor ya sea 0 para negro o 1 para blanco.
- Modelo de color escala de grises: Define una imagen en su variable de luminosidad o en otras palabras la claridad en esta varía el valor de un pixel entre 0 a 255, entre el color negro y blanco.
- Modelo de color RGB: Define una imagen a color en la cual un pixel se compone de sub pixeles denominados R (red), G (green), B (blue) que toman valores entre 0 a 255 para variar su intensidad y así combinarse y generar otros colores.
- Modelo de color HSV: Define al color de una imagen en 3 variables (H (Hue) matiz, S (saturation) saturación, V (value) valor) tomando valores de **0°**a **180°**, 0 a 255 y 0 a 255 respectivamente.
- Matiz: Define el pigmento de un color
- Saturación: Define la intensidad de un color, si es un color vivo o apagado
- Valor: Define la cantidad de blanco que contiene un color

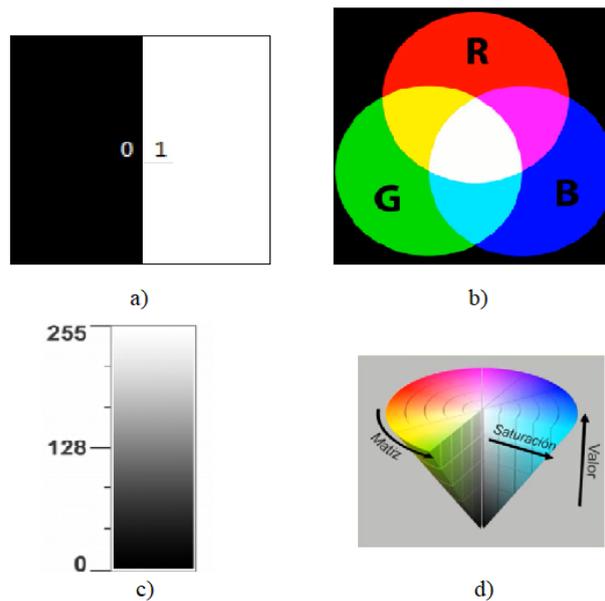
Como se puede observar en la tabla 4-2 los modelos de colores

**Tabla 4-2:** Modelos de colores

Modelo	Características	Valor
Binario	Negro y blanco	[0,1]
Escala de Grises	Negro y blanco	[0-255]
RGB	Rojo, verde y azul	R= [0-255], G= [0-255], B= [0-255]
HSV	Matiz, saturación y valor	H= [0°- 180°], S= [0-255], V= [0-255]

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En la siguiente figura 16-2 se muestra la representación de los modelos de colores anteriormente descritos.

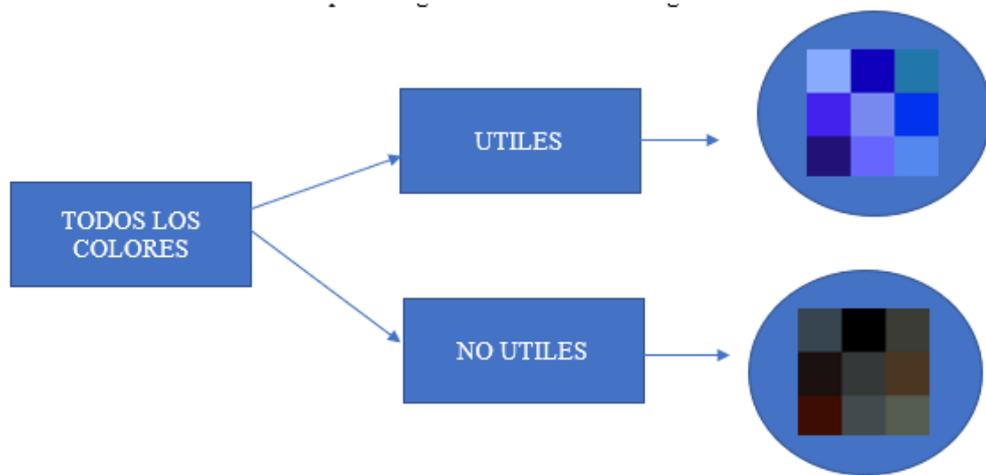


**Figura 16-2:** a) Modelo binario, b) Modelo RGB, c) Modelo escala de grises, d) Modelo HSV

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

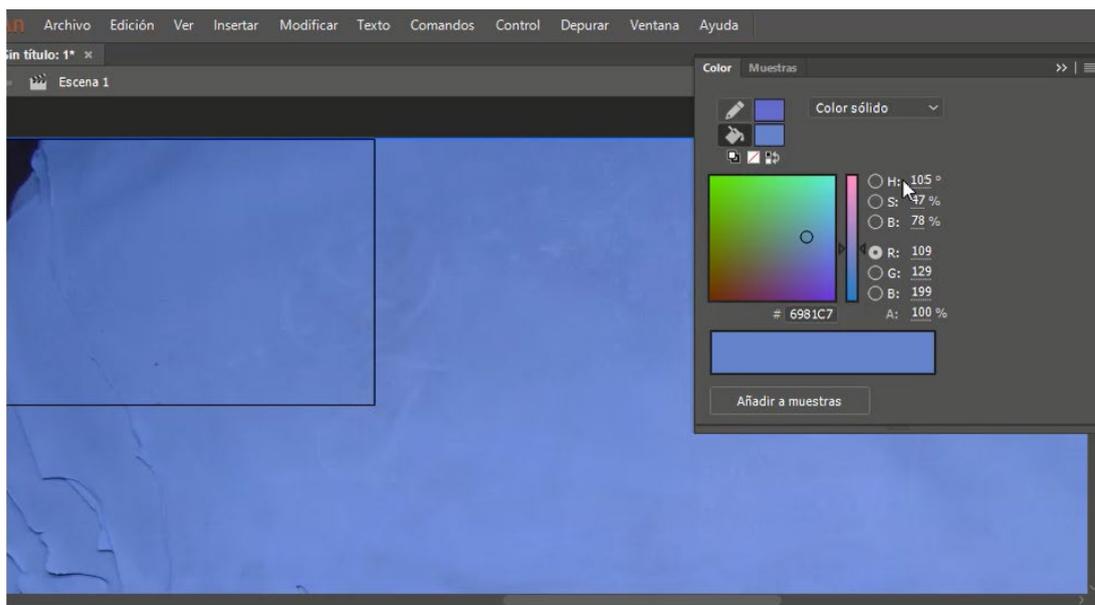
Una vez recordadas las terminologías anteriormente descritas se procede a la extracción de tonalidad de una imagen que se puede extraer con la ayuda de cualquier programa de edición de imágenes en nuestro caso se usó Adobe, se extrajo estos datos con la finalidad de usarlos en la programación.

En términos generales este proceso nos ayuda a identificar los colores útiles de los colores no útiles dependiendo de las necesidades del estudio que se realice como se observa en la figura 17-2.



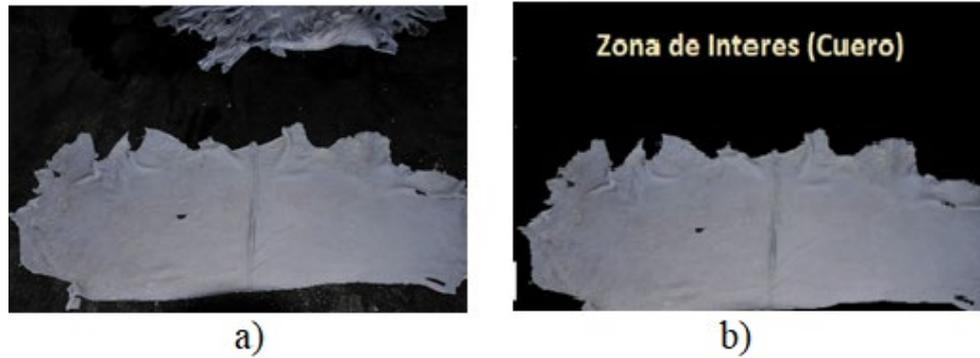
**Figura 17-2:** Proceso de extracción de tonalidades  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Este proceso consiste en extraer los valores HSV de una imagen para definir los colores que serán de utilidad dentro de la programación y los que no se usarán como se muestra a continuación en la figura 18-2.



**Figura 18-2:** Extracción de valores HSV  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Estos valores nos sirven para definir el área de trabajo como se muestra en la figura 19-2 y a la vez utilizar valores específicos de la tonalidad de cada irregularidad presente en la pieza de cuero como sarna y la mala concentración de sal así también como para determinar la tonalidad de las heridas del cuero, ya que parten del mismo proceso, pero son tratadas de diferente manera en la programación.



**Figura 19-2:** a) imagen original, b) limitación del área de trabajo aplicado filtro HSV  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 2.5.3 *Líneas de programación más relevantes*

En este apartado se resalta las partes más importantes que intervienen en la adecuación del software del prototipo como son las librerías utilizadas, filtros, cálculos entre otros.

### 2.5.4 *Librerías utilizadas*

Como se describió anteriormente el lenguaje de programación utilizado es Python en su versión 3.6+ en el cual se empleó las siguientes librerías.

- Opencv: Esta librería es empleada en visión artificial para el procesamiento de imágenes en tiempo real, usada para el procesamiento de videos, imágenes o secuencias.
- Numpy: Esta librería nos permite realizar cálculos de una forma eficiente.
- Imutils: Esta librería nos ayuda para rescatar una imagen.
- Glob: Esta librería nos permite al programa navegar fácilmente por carpetas o archivos

### *Irregularidad de sarna y mala concentración de sal (secado)*

Como se describió anteriormente las irregularidades de sarna y secado se tratan de forma diferente a las demás irregularidades debido a que estas presentan una concentración de saturación diferente pasando de un azul claro típico del cuero a un color azul blanquecino, la manera de trabajar estos defectos parten del mismo principio de extracción de tonalidades, para la detección de estas irregularidades primero se transformó la imagen de RGB a escala de grises para poder trabajar de forma más eficiente con el siguiente comando.

`cv2.COLOR_BGR2GRAY`

Obteniendo el siguiente resultado como se muestra en la figura 20-2.



**Figura 20-2:** a) imagen original, b) Imagen a escala de grises  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Otro punto importante de la programación que se debe resaltar es el comando para la transformación de escala de grises a HSV.

```
cv2.COLOR_GRAY2HSV
```

A la vez se destaca el comando que se aplicó para desarrollar el filtro HSV tanto para definir el área de trabajo como para detección de la sarna y secado.

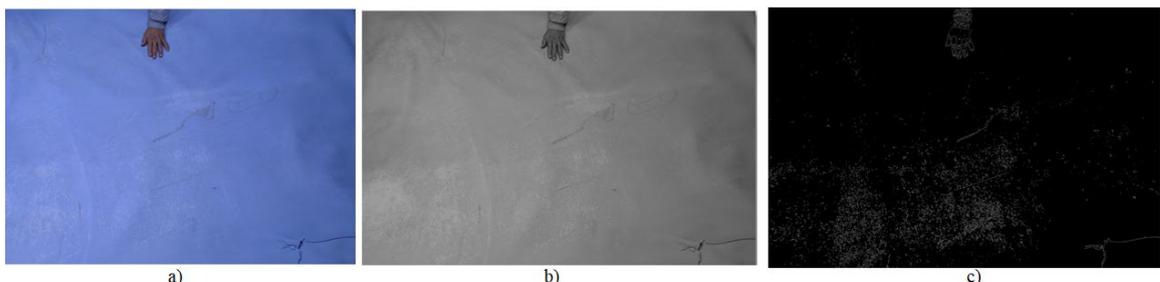
```
grayBajo1 = np.array([0, 100, 20], np.uint8)
```

```
grayAlto1 = np.array([8, 255, 255], np.uint8)
```

```
grayBajo2=np.array([175, 100, 20], np.uint8)
```

```
grayAlto2=np.array([179, 255, 255], np.uint8)
```

Estas líneas de código nos ayudan a definir el rango de color que es de utilidad y excluir los colores que no los son como se muestra en la figura 21-2, los valores que se muestran en el código anterior son los valores HSV obtenidos con la extracción de tonalidades en el programa ADOBE.



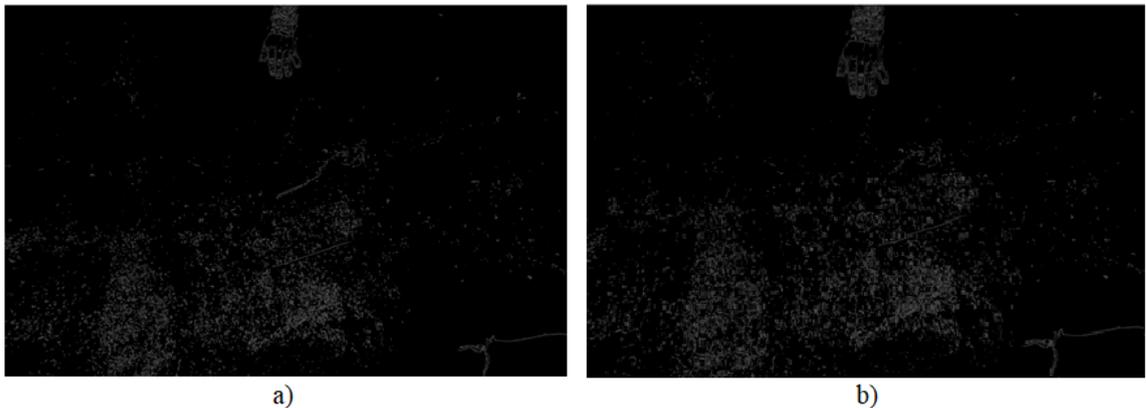
**Figura 21-2:** a) imagen original, b) Imagen a escala de grises, c) Filtro HSV

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Otro aspecto importante es la dilatación para poder observar mejor el daño de sarna por medio del siguiente comando.

```
cv2.dilate()
```

Obteniendo el siguiente resultado observado en la figura 22-2.



**Figura 22-2:** a) imagen original, b) Dilatación  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### *Irregularidades rayón abierto, cerrado, marca de fuego*

Como se reiteró estas irregularidades parten del mismo proceso de extracción de tonalidades, aplicación de filtros HSV en esa parte es de la misma forma que el proceso para detección de sarna y secado, ya que los rayones tienen una forma de línea continuas y discontinuas se debe aplicar otros procesos para su correcta detección, los mismo que se describen a continuación.

Un paso que se debe resaltar es el proceso de detección de bordes, esto nos ayudara a resaltar los bordes de un rayón ya sea abierto o cerrado por medio del siguiente comando.

```
cv2.Canny()
```

Y así poder aplicar la transformada de Hough que nos permite detectar líneas y figuras geométricas, en nuestro caso son las líneas para lo cual se usa la siguiente sintaxis.

```
cv2.HoughLines()
```

Obteniendo el siguiente resultado en la figura 23-2



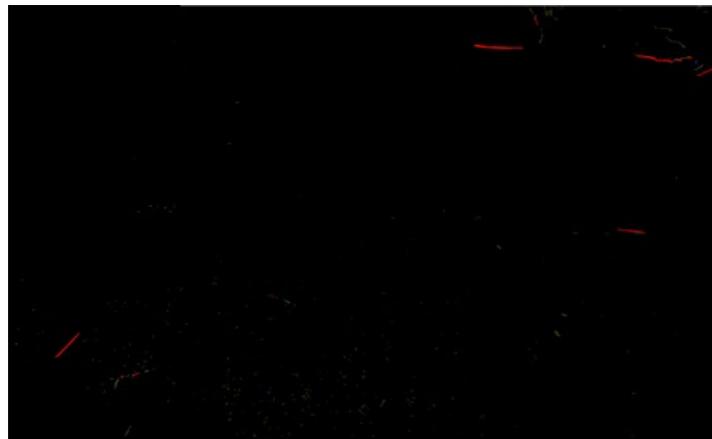
**Figura 23-2:** Aplicación transformada de Hough  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

A esto se debe resaltar dos comandos claves que nos ayuda a clasificar las líneas por el tamaño estos comandos son:

`minLineLength`

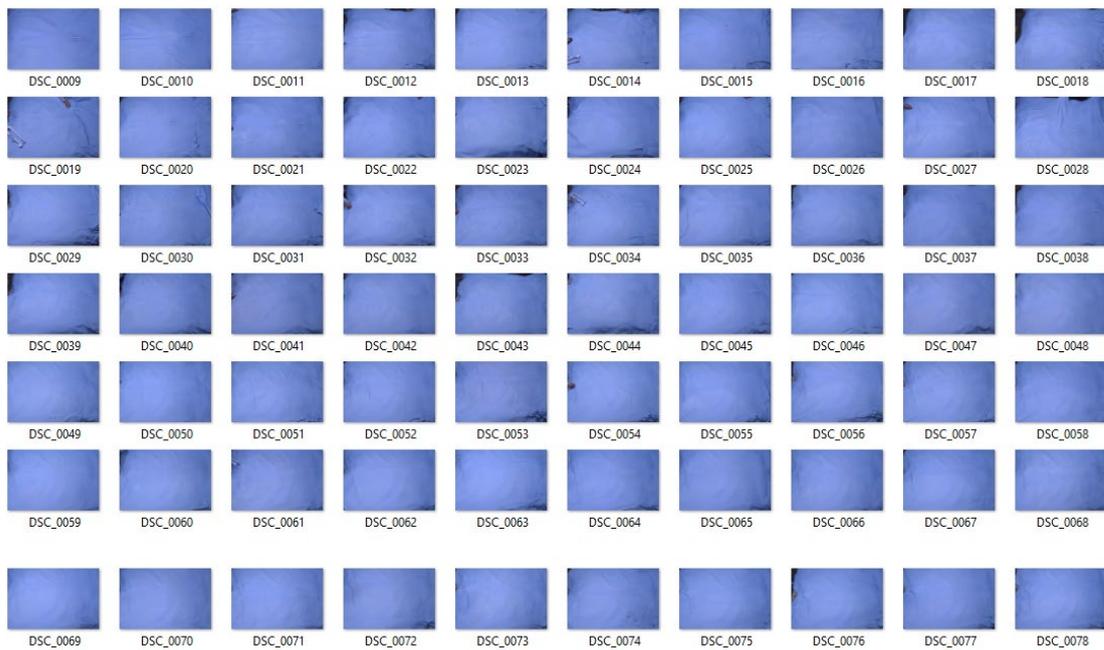
`maxLineGap`

Esto nos ayuda a saber la longitud máxima y mínima de una línea, ya aplicando en el algoritmo obtenemos este resultado que se observa en la figura 24-2.



**Figura 24-2:** Clasificación de rayones por tamaño  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

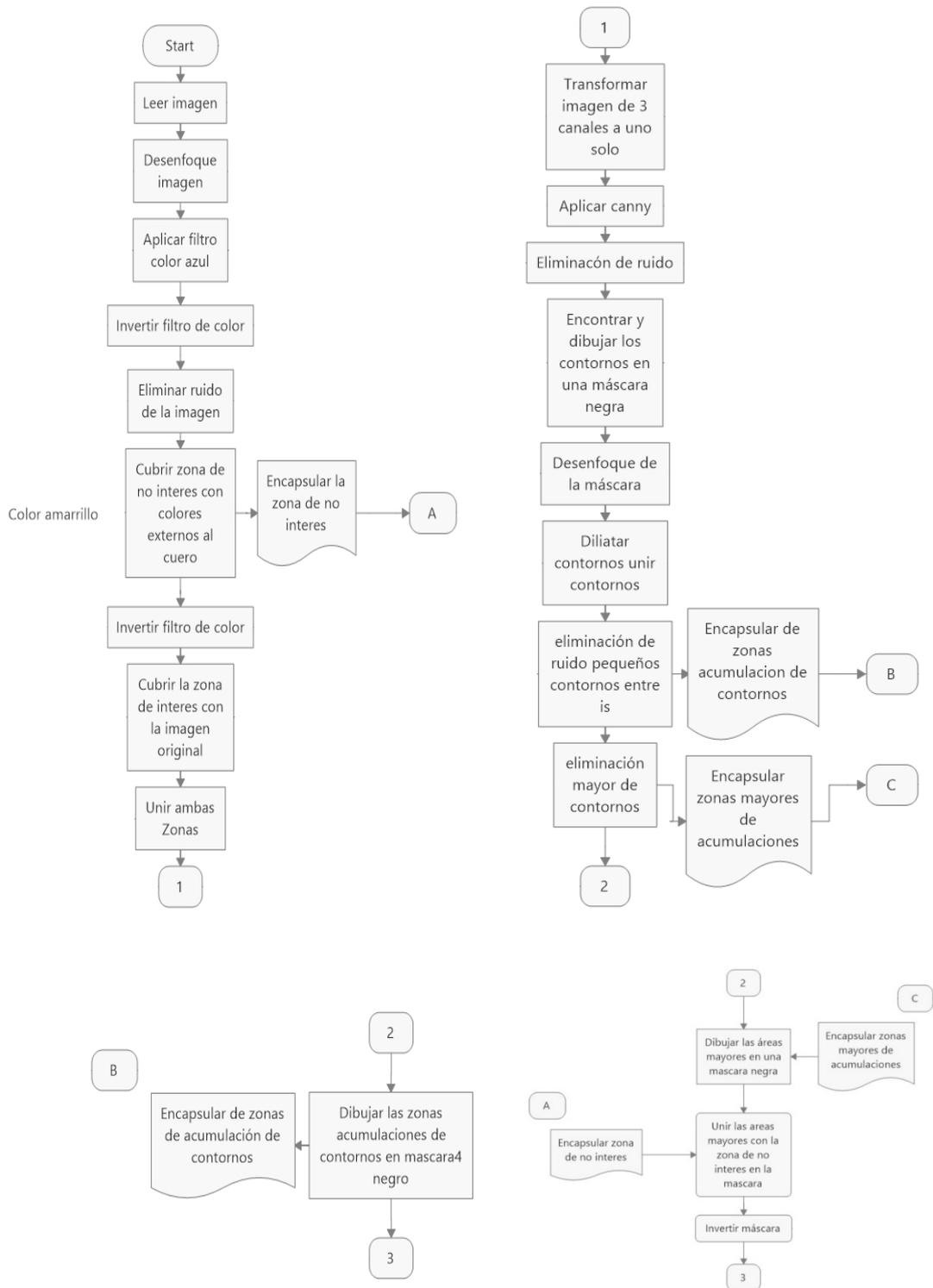
### 2.5.5 Base de conocimientos o Base de datos

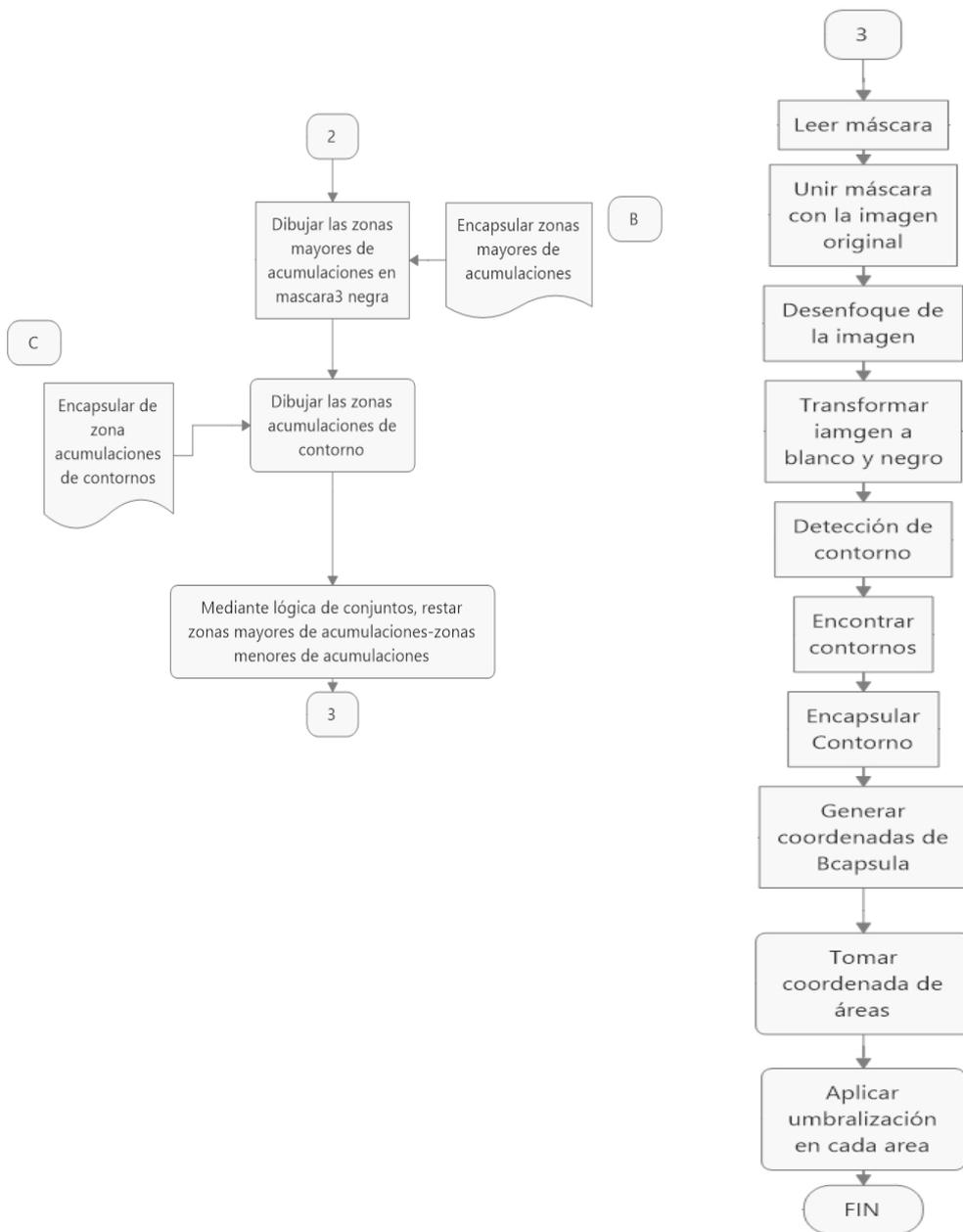


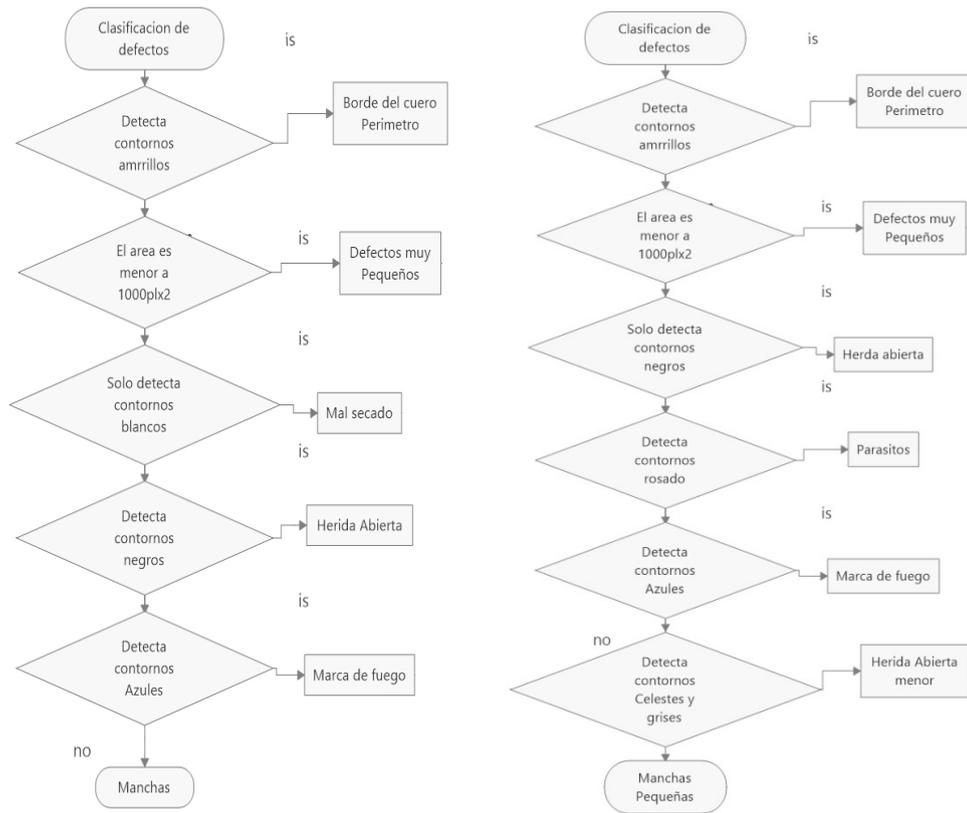
**Figura 25-2: Base de datos**  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Está constituida por imágenes positivas y negativas como se muestra en la figura 25-2 que se usó tanto para el entrenamiento como para la base de datos, entendiendo como imágenes positivas a las que presentan las irregularidad e imágenes negativas a las imágenes que no presentan irregularidad alguna.

### 2.5.6 Diagramas de flujo para la detección de irregularidades en una pieza de cuero







**Figura 26-2:** Diagrama de flujo del algoritmo de detección de irregularidades.  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El diagrama general que compone el sistema de detección de irregularidades en una pieza de cuero está representado en la figura 26-2. La cual compone de los siguientes pasos definir zonas de trabajo, detección de defectos de mayor tamaño acumulaciones, crear zona de defectos de mayor tamaño, crear zona de defecto de menor tamaño, crear zona de defectos de menor tamaño en zonas mayor, la detección de defectos en el cuero y por último la clasificación de las irregularidades en la pieza de cuero.

### 2.5.7 Interfaz grafica

La interfaz maquina usuario debe se lo más sencilla para la comprensión de los operarios, como se observa en la figura 27-2. La interfaz consta de 5 botones que se describen a continuación:

Botón de ½ cuero: Escoge la función de trabajar con la mitad de la pieza de cuero.

Botón de cuero entero: Escoge para trabajar con la pieza de cuero completo.

Botón de iniciar: Ejecuta el programa.

Botón de iniciar: Ejecuta el proceso para la detección de irregularidades en la pieza del cuero.

Botón de Finalizar: Finaliza el programa y cierra la interfaz.



**Figura 27-2:** Interfaz gráfica.

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

## 2.6 Resultados adquiridos de las pruebas de campos del sistema de visión artificial para la detección de Irregularidades en una pieza de cuero.

### 2.6.1 Pruebas de parámetros de la cámara.

Para conseguir un correcto enfoque de la imagen además de tener un ambiente de iluminación fija se toma en consideración tres parámetros relevantes presentes en la cámara, la sensibilidad del sensor (ISO) a mayor luz en el ambiente presentara una disminución en su valor y viceversa, la apertura que se determina según si se desea enfocar el objeto y el fondo la apertura será menor y si se desea enfocar el objeto y desenfocar el fondo la apertura será mayor, la velocidad o tiempo de exposición que determina el tiempo que la cámara está receptando luz, la distancia entre el área de trabajo a enfocar y la cámara es de 0,97m la misma que se calculó en el capítulo en el que se determinó la altura de suspensión de la cámara.

Para determinar que parámetros se debe configurar en la cámara se tomó los siguientes valores que se muestran en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2:** Parámetros de la cámara a considerar

ISO	100	200
Apertura	5,6	5
Tiempo	1/100	1/125

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Estos parámetros son los más óptimos generados por el enfoque automático de la cámara en el ambiente con luz fija, los mismos que se modificaran para determinar cuál de estos es la opción más adecuada que ayudara al sistema a detectar un mayor número de detección de irregularidades basándose en la combinación de parámetros generada en la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2:** Combinación de parámetros

Combinación	Parámetros		
	ISO	Apertura	Tiempo
comb_1	100	5,6	1/125
comb_2	100	5	1/100
comb_3	200	5	1/125
comb_4	200	5,6	1/100
comb_5	200	5,6	1/125
comb_6	200	5	1/100
comb_7	100	5,6	1/100
comb_8	100	5	1/125

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Para determinar los parámetros óptimos de trabajo de la cámara se tomó como muestra 10 piezas de cuero las mismas que se tomaron cada una con diferentes escenarios variando los parámetros como se muestran en las siguientes Tablas.

**Tabla 7-2:** Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125

comb 1	ISO:100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	683
2	607
3	684
4	637
5	636
6	623
7	650
8	639
9	617
10	606
TOTAL	6382

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

**Tabla 8-2:** Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5; Tiempo: 1/100

comb 2	ISO:100; Apertura: 5; Tiempo: 1/100
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	694
2	690
3	623
4	679
5	669
6	636
7	642
8	627
9	676
10	694
<b>TOTAL</b>	<b>6630</b>

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 9-2:** Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100

comb 7	ISO:100; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	658
2	692
3	699
4	690
5	659
6	683
7	656
8	614
9	631
10	646
<b>TOTAL</b>	<b>6628</b>

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 10-2:** Prueba con parámetros ISO: 100; Apertura: 5; Tiempo: 1/125

comb 8	ISO:100; Apertura: 5; Tiempo: 1/125
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	692
2	654
3	684
4	662
5	687
6	643
7	668
8	678
9	642
10	684
<b>TOTAL</b>	<b>6694</b>

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 11-2:** Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5; Tiempo: 1/125

comb_3	ISO:200; Apertura: 5; Tiempo: 1/125
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	806
2	879
3	820
4	816
5	823
6	855
7	836
8	887
9	877
10	838
TOTAL	8437

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 12-2:** Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100

comb_4	ISO:200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/100
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	804
2	879
3	882
4	861
5	840
6	883
7	887
8	819
9	878
10	862
TOTAL	8595

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 13-2:** Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125

comb_5	ISO:200; Apertura: 5,6; Tiempo: 1/125
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	907
2	934
3	967
4	934
5	931
6	935
7	994
8	990
9	972
10	924
TOTAL	9488

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

**Tabla 14-2:** Prueba con parámetros ISO: 200; Apertura: 5; Tiempo: 1/100

comb 6	ISO:200; Apertura: 5; Tiempo: 1/100
PIEZA DE CUERO	CANTIDAD IRREGULARIDADES DETECTADAS
1	844
2	845
3	800
4	823
5	871
6	836
7	831
8	831
9	869
10	893
TOTAL	8443

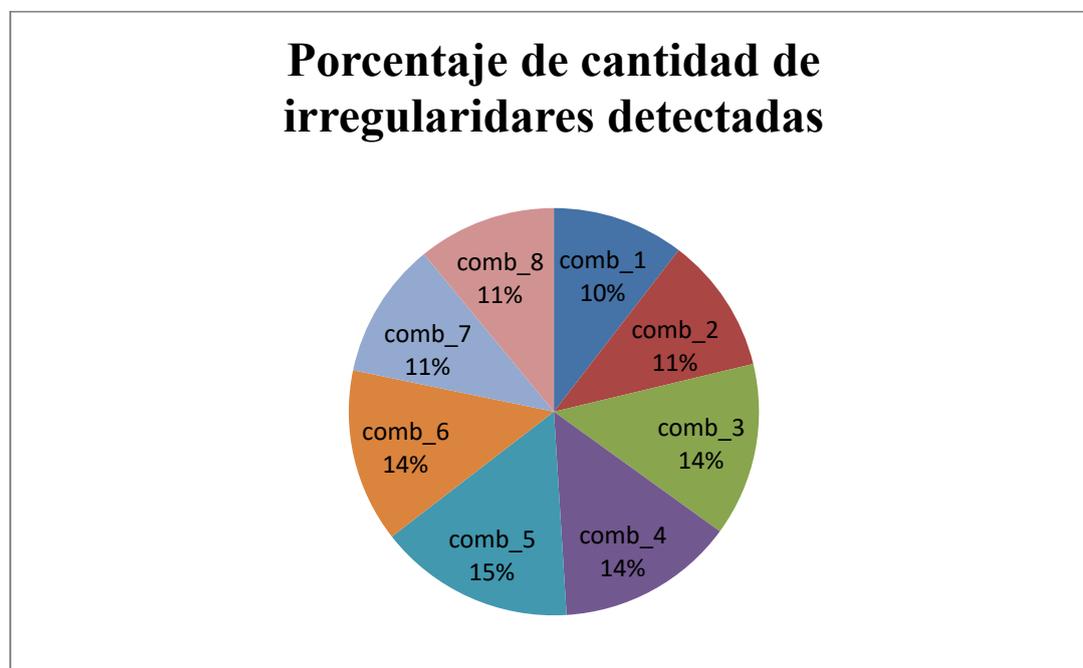
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Con el resultado de estas combinaciones se determinará cuál de estos parámetros garantiza el trabajo óptimo de la cámara en la detección del mayor número de irregularidades valores que se muestra en la Tabla 15-2.

**Tabla 15-2:** Cantidad de irregularidades detectadas

comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 5	comb 6	comb 7	comb 8	TOTAL
6382	6630	8437	8595	9488	8443	6628	6694	61297

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 1-2:** Resultados en valores porcentuales de cantidad de irregularidades detectadas

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 1-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 15-2, en el

mismo podemos observar que la combinación 5 (comb\_5) representa el porcentaje mayor de detección por lo cual se puede definir que los parámetros para garantizar el buen trabajo de la cámara quedan definidos de la siguiente manera ISO: 200, Apertura: 5,6 y Tiempo: 1/125.

Una vez definidos los parámetros de la cámara se procede a realizar pruebas de detección de irregularidades tomando una muestra de 50 piezas de cuero, la misma que está basada en la mínima cantidad de piezas de cuero que la empresa clasifica en un día de trabajo.

Para la validación de las siguientes pruebas descritas se basó en un conteo realizado por un experto en el área de detección y un conteo realizado por el sistema de detección de irregularidades implementado, cabe resaltar que el conteo realizado por el experto en el área será tomado como base para evaluar y validar el óptimo funcionamiento del sistema.

### 2.6.2 Pruebas de detección de irregularidades rayón abierto.

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de rayón abierto como se puede observar en la Tabla 16-2, esta irregularidad es causada por una herida que no se curó completamente o no cicatrizo.

**Tabla 16-2:** Conteo de irregularidades rayón abierto

rayón abierto	sistema	experto
numero de pieza de cuero	Conteo errores	Conteo errores
1	6	6
2	4	4
3	9	9
4	5	5
5	4	4
6	4	4
7	6	6
8	9	9
9	6	6
10	8	8
11	7	7
12	9	9
13	4	4
14	8	8
15	6	6
16	9	9
17	9	9
18	5	5
19	5	5
20	8	8
21	9	9
22	9	9
23	9	9
24	8	8
25	8	8
26	3	4
27	5	6
28	6	7
29	5	6
30	5	5

31	6	6
32	5	5
33	4	4
34	9	9
35	6	6
36	6	6
37	9	9
38	4	4
39	4	4
40	8	8
41	7	7
42	8	8
43	6	7
44	8	9
45	6	7
46	5	6
47	4	5
48	8	8
49	6	6
50	7	7
TOTAL	324	333

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de rayón abierto.

**Tabla 17-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades rayón abierto

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	324	9

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 2-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos positivos y negativos rayón abierto

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 2-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 17-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar

irregularidades de rayón abierto es de un 97% valor aceptable declarado por el experto en el área.

### 2.6.3 Pruebas de detección de irregularidades rayón curado o cerrado.

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de rayón cerrado como se puede observar en la Tabla 18-2, esta irregularidad es causada por una herida que alcanzo a curarse completamente dejando una mínima cicatriz.

**Tabla 18-2:** Conteo de irregularidades rayón cerrado

rayón cerrado	sistema	experto
numero de pieza de cuero	Conteo errores	Conteo errores
1	12	13
2	11	12
3	12	13
4	13	14
5	9	10
6	14	14
7	9	9
8	9	9
9	7	7
10	13	13
11	13	13
12	6	6
13	8	8
14	8	8
15	11	11
16	10	10
17	14	14
18	11	11
19	10	10
20	6	6
21	10	10
22	9	9
23	11	11
24	9	9
25	10	10
26	8	9
27	5	6
28	12	13
29	9	10
30	12	12
31	15	15
32	15	15
33	15	15
34	7	7
35	9	9
36	11	11
37	10	10
38	8	8
39	7	7
40	11	11

41	13	13
42	6	6
43	11	12
44	10	11
45	8	9
46	11	12
47	6	7
48	7	7
49	10	10
50	14	14
TOTAL	505	519

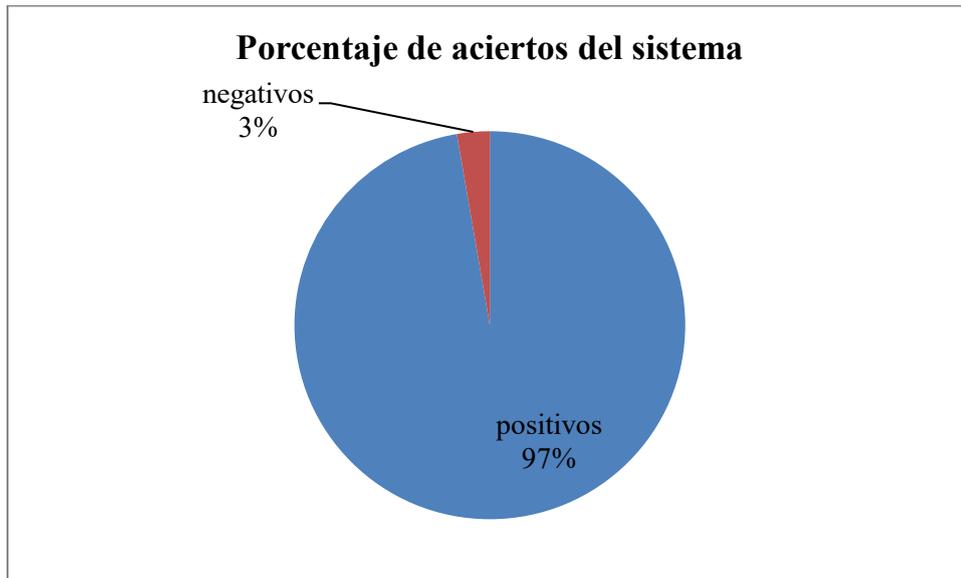
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de rayón cerrado.

**Tabla 19-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades rayón cerrado

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	505	14

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 3-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en rayón cerrado  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 3-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 19-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades de rayón cerrado es de un 97% valor aceptable declarado por el experto en el área.

#### 2.6.4 Pruebas de detección de irregularidades sarna.

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de sarna como se puede observar en la Tabla 20-2, esta irregularidad es causada por moscas o parásitos que dejan manchas en la pieza de cuero.

**Tabla 20-2:** Conteo de irregularidades sarna

Sarna	sistema	experto
numero de pieza de cuero	Conteo errores	Conteo errores
1	6	6
2	3	3
3	4	4
4	1	2
5	2	3
6	3	3
7	6	6
8	5	5
9	2	2
10	6	6
11	4	4
12	4	4
13	4	4
14	5	5
15	6	6
16	3	3
17	5	5
18	3	3
19	5	5
20	4	4
21	6	6
22	4	4
23	4	4
24	2	2
25	3	3
26	1	2
27	3	4
28	4	5
29	5	6
30	4	4
31	2	2
32	5	5
33	4	4
34	2	2
35	4	4
36	5	5
37	4	4
38	6	6
39	6	6
40	5	5
41	4	4
42	2	2
43	1	2

44	3	4
45	1	2
46	1	2
47	1	2
48	3	3
49	3	3
50	2	2
TOTAL	181	192

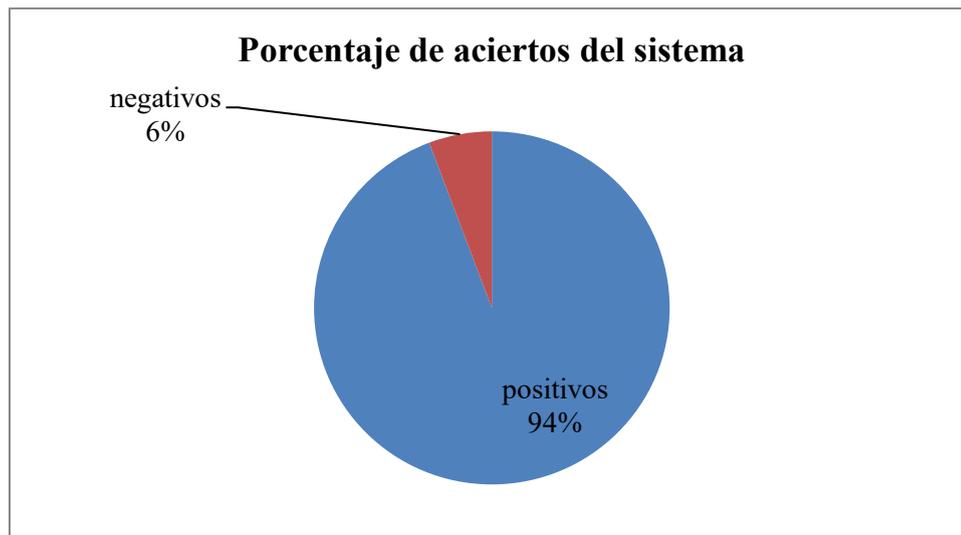
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de sarna.

**Tabla 21-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades sarna

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	181	11

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 4-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en sarna

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 4-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 21-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades de sarna es de un 94% valor aceptable declarado por el experto en el área.

### 2.6.5 Pruebas de detección de irregularidades tupe.

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de tupe como se puede observar en la Tabla 22-2, esta irregularidad es causada por garrapatas que dejan manchas más notorias y en otros casos hasta pequeños agujeros en la pieza de cuero.

**Tabla 22-2:** Conteo de irregularidades tupe

Tupe	sistema	experto
numero de pieza de cuero	Conteo errores	Conteo errores
1	4	4
2	3	3
3	4	4
4	1	1
5	2	2
6	4	4
7	4	4
8	4	4
9	2	2
10	1	1
11	3	3
12	2	2
13	2	2
14	2	2
15	1	1
16	4	4
17	4	4
18	3	3
19	1	1
20	2	2
21	2	2
22	1	1
23	3	3
24	3	3
25	3	3
26	1	2
27	3	4
28	2	3
29	3	4
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	4	4
34	3	3
35	4	4
36	4	4
37	3	3
38	3	3
39	1	1
40	1	1
41	2	2
42	2	2
43	3	3
44	3	3
45	2	2
46	1	1
47	1	1
48	2	2
49	4	4
50	2	2
TOTAL	122	126

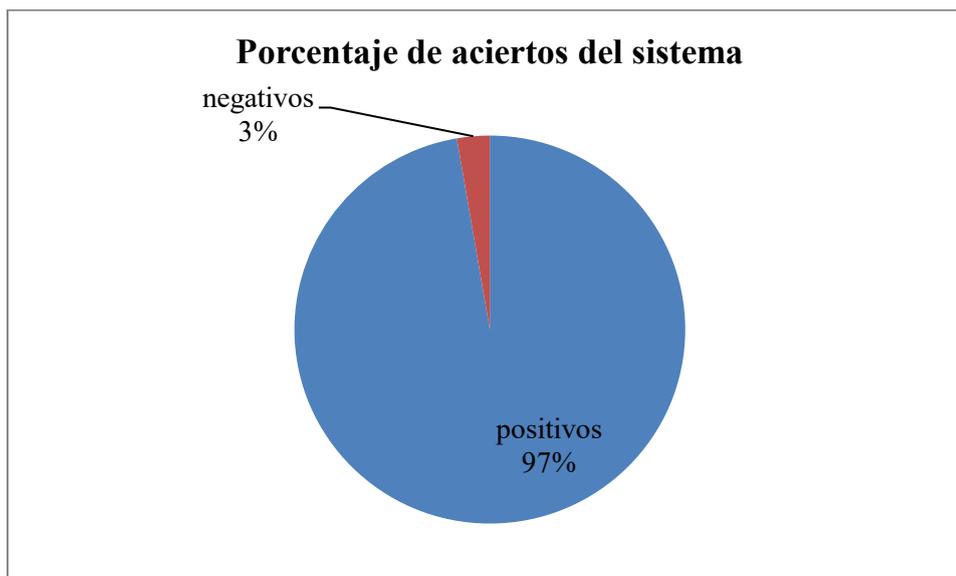
Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de tupe.

**Tabla 23-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades tupe

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	122	4

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 5-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en tupe  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 5-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 23-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades de tupe es de un 97% valor aceptable declarado por el experto en el área.

#### 2.6.6 *Pruebas de detección de irregularidades marca de fuego.*

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de marca de fuego como se puede observar en la Tabla 24-2, esta irregularidad es causada al ser marcado el bovino con un instrumento de hierro calentado al rojo vivo, por lo que genera una señal de quemadura en la pieza de cuero.

**Tabla 24-2:** Conteo de irregularidades marca de fuego

Marca de fuego	sistema	experto
numero de pieza de cuero	Conteo errores	Conteo errores
1	2	2
2	3	3
3	3	3
4	2	2
5	3	3
6	1	1
7	1	1
8	3	3
9	3	3
10	3	3
11	1	1
12	2	2
13	2	2
14	3	3
15	2	2
16	2	2
17	1	1
18	2	2
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	2	2
23	1	1
24	1	1
25	2	2
26	1	2
27	1	2
28	1	2
29	2	3
30	1	1
31	3	3
32	3	3
33	2	2
34	2	2
35	1	1
36	1	1
37	2	2
38	3	3
39	1	1
40	3	3
41	1	1
42	3	3
43	3	3
44	1	1
45	3	3
46	2	2
47	1	1
48	3	3
49	3	3
50	1	1
TOTAL	96	100

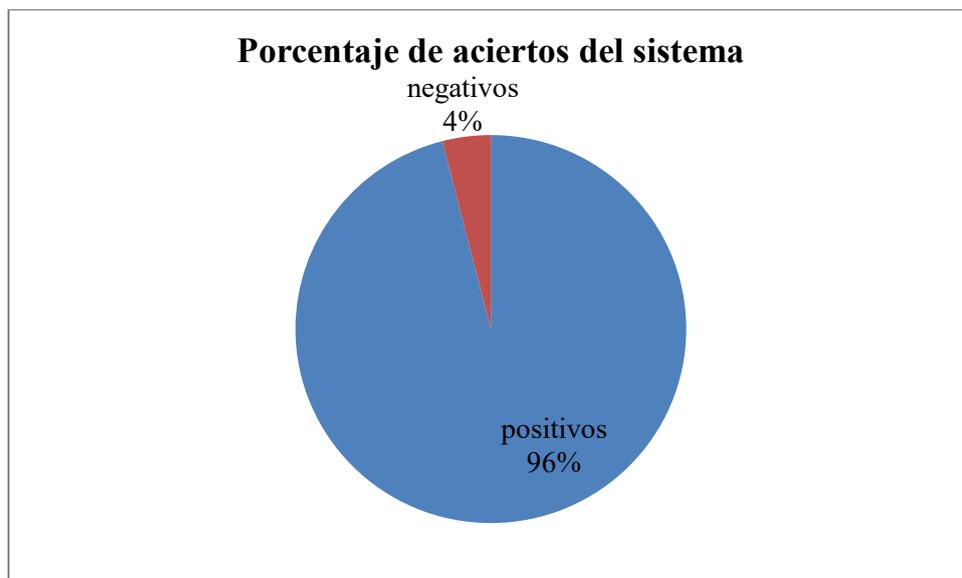
Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de marca de fuego.

**Tabla 25-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades marca de fuego

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	96	4

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 6-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en marca de fuego  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 6-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 25-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades de marca de fuego es de un 96% valor aceptable declarado por el experto en el área.

### 2.6.7 Pruebas de detección de irregularidades mal secado.

A continuación, se realizó una prueba de conteo de irregularidades de mal secado como se puede observar en la Tabla 26-2, esta irregularidad es causada por la mala concentración de sales y químicos ala que es expuesta la pieza de cuero.

**Tabla 26-2:** Conteo de irregularidades mal secado

Mal secado numero de pieza de cuero	sistema Conteo errores	experto Conteo errores
1	1	2
2	3	3
3	3	3
4	1	1
5	2	2
6	4	4
7	2	2
8	2	2
9	1	1
10	1	1
11	3	3
12	3	3
13	3	3
14	1	1
15	4	4
16	3	3
17	2	2
18	4	4
19	3	3
20	1	1
21	2	2
22	2	2
23	4	4
24	4	4
25	3	3
26	2	3
27	2	3
28	1	2
29	2	3
30	2	2
31	1	1
32	2	2
33	1	1
34	3	3
35	3	3
36	4	4
37	2	2
38	3	3
39	4	4
40	1	1
41	2	2
42	1	1
43	4	4
44	1	1
45	4	4
46	1	1
47	1	1
48	2	2
49	2	2
50	4	4
TOTAL	117	122

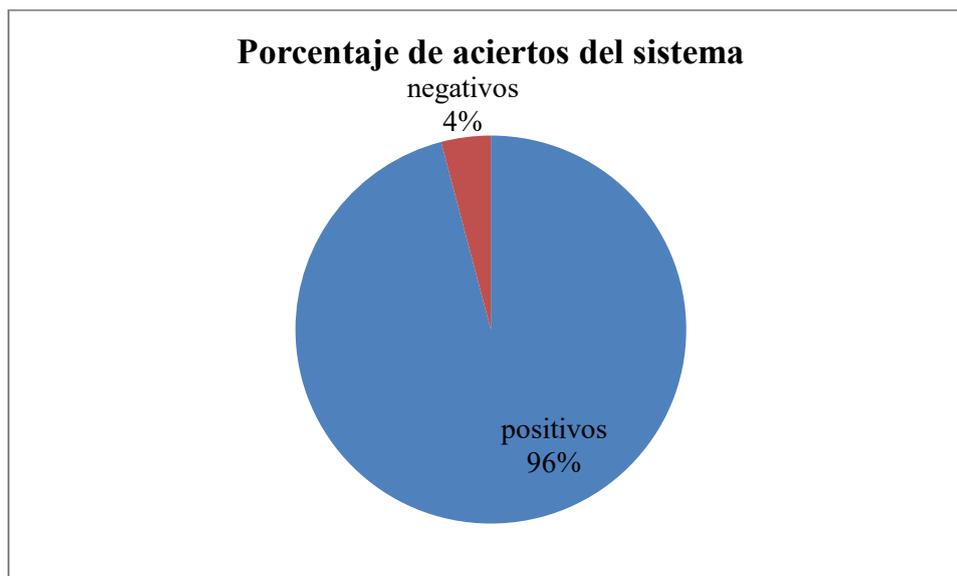
Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

Una vez finalizada la prueba se procede a identificar los aciertos positivos y negativos del sistema para determinar la efectividad del mismo a la hora de detectar las irregularidades de mal secado.

**Tabla 27-2:** Acierto positivos y negativos de irregularidades mal secado

	aciertos	
	positivos	negativos
numero	117	5

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 7-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en mal secado  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 7-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 27-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades de mal secado es de un 96% valor aceptable declarado por el experto en el área.

Una vez finalizado las pruebas para cada escenario posible que se puede presentar a la hora de la detección de irregularidades y basándonos en las especificaciones del experto que dice que una detección en esta área de trabajo no debe ser menor al 95%, se puede determinar que el sistema está en óptimas condiciones para ser validado.

#### 2.6.8 *Pruebas de detección de irregularidades en general.*

Una vez finalizado las pruebas de conteo por cada irregularidad que puede presentarse en una pieza de cuero se procede a hacer pruebas en general con conteo de todas las irregularidades al mismo tiempo tomando una nueva muestra de 50 piezas de cuero y a la vez un conteo con los 5 expertos que laboran en el área de clasificación como se puede observar en la Tabla 28-2.

**Tabla 28-2:** Conteo de detección de irregularidades en general

Numero pieza de cuero	SISTEMA			Expertos	
	Tiempo(s)	Errores		errores	Tiempo(s)
		notables	No notables		
1	10,63	10	997	10	29
2	10,9	32	1040	32	26
3	14,46	71	849	71	27
4	10,97	16	920	16	27
5	13,05	10	525	10	25
6	11,89	16	726	16	26
7	15	46	1000	46	29
8	12,22	13	992	13	29
9	10,69	80	820	80	30
10	14,91	41	770	41	29
11	15,2	14	300	14	29
12	11,67	70	640	70	27
13	10	20	700	20	27
14	14,92	25	1100	25	27
15	13,78	27	711	27	28
16	13,68	33	1233	33	26
17	13,39	34	1005	34	26
18	10,86	68	542	68	28
19	14,93	12	352	12	25
20	23,63	15	850	15	25
21	17,99	38	1028	38	30
22	11,2	70	468	70	27
23	18,01	33	439	33	26
24	14,47	75	636	75	25
25	16,68	53	866	54	29
26	10,87	10	655	11	25
27	12,01	15	843	16	25
28	19,27	62	489	63	26
29	16,48	67	519	68	28
30	20,22	20	405	21	30
31	18,02	67	470	67	29
32	15,91	54	452	54	30
33	13,95	70	360	70	27
34	20,81	67	771	67	25
35	16,11	59	467	59	30
36	15,07	76	854	76	27
37	12,93	79	601	79	26
38	10,52	73	390	73	28
39	17,45	63	774	63	28
40	12,04	67	549	67	29
41	17,5	42	760	42	30
42	16,03	28	834	28	26
43	13,35	44	438	44	28
44	15,36	63	571	63	26
45	13,68	32	619	32	27
46	18,88	61	651	61	26
47	18,26	20	826	20	28
48	22,21	52	731	52	30
49	18,29	40	734	40	26
50	18,94	75	426	75	27
<b>TOTAL</b>	<b>734,83</b>	<b>2228</b>	<b>34698</b>	<b>2302</b>	<b>1369</b>

Realizado por: Laguas, R. &amp; Bonilla, F. 2021

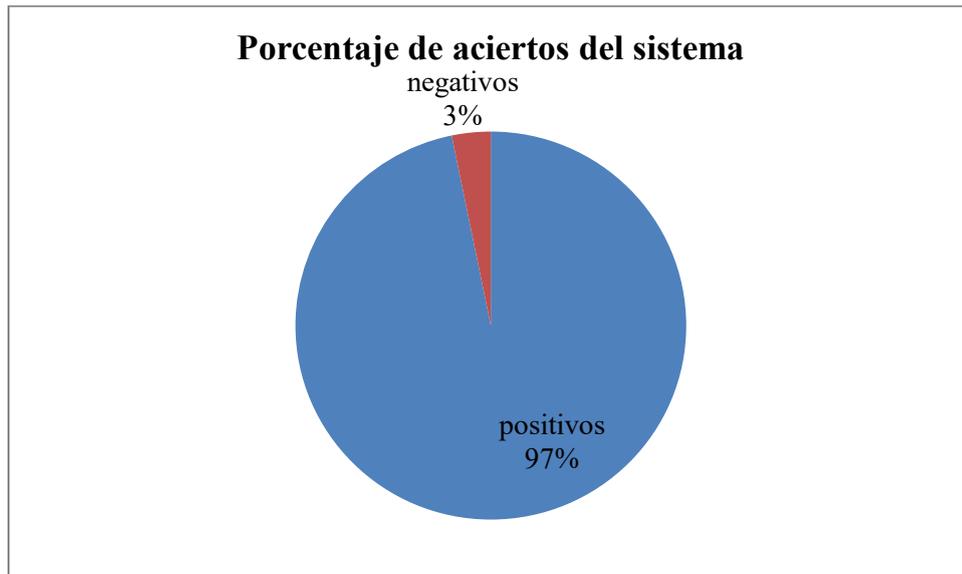
Una vez finalizado las pruebas de conteo de detección de irregularidades en general se procede a

determinar los aciertos del sistema tanto positivos como negativos como se muestra en la Tabla 29-2.

**Tabla 29-2:** Aciertos positivos y negativos del sistema en detección general

	Aciertos	
	positivos	negativos
numero	2228	74

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 8-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en general

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 8-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 29-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de efectividad del sistema a la hora de detectar irregularidades en general es de un 97% un valor superior al 95% especificado por el experto.

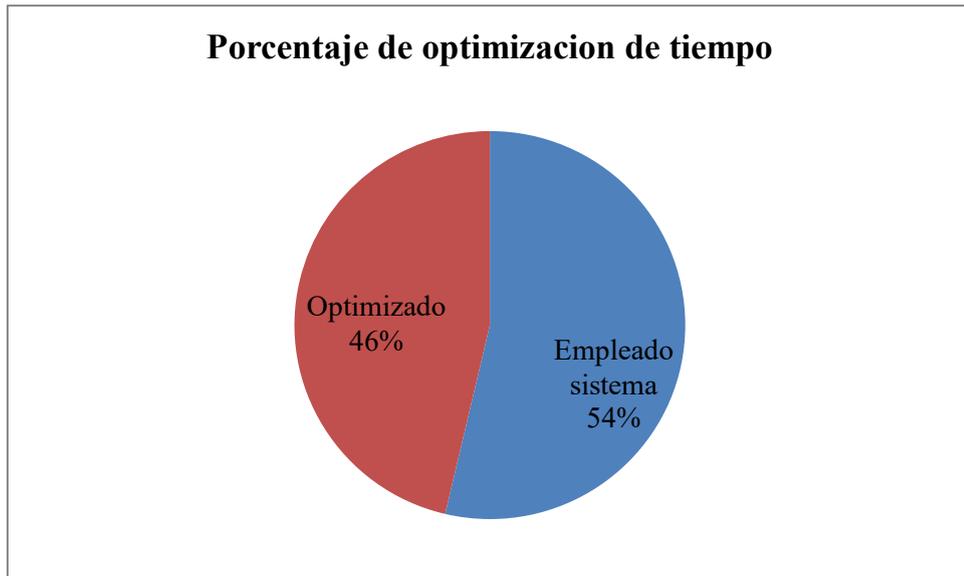
#### 2.6.9 Optimización de tiempo en la detección de irregularidades.

Con los resultados obtenidos en la Tabla 24-3, se puede determinar la optimización de tiempo que genera el sistema a la hora de detectar las irregularidades en general como se muestra en la Tabla 30-2.

**Tabla 30-2:** Aciertos positivos y negativos del sistema en detección general

	Tiempo(s)	
	Empleado sistema	Optimizado
Empleados expertos	1369	634,17
	734,83	

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021



**Gráfico 9-2:** Resultados en valores porcentuales de aciertos en general  
**Realizado por:** Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

El Grafico 9-2 representa en valores porcentuales los valores obtenidos en la Tabla 30-2, en el mismo podemos observar que el porcentaje de tiempo empleado por el sistema es un 54% del total empleado por los expertos, y que el tiempo optimizado por el sistema es de 46% que da a entender que el sistema genera un gran ahorro de tiempo a la hora de la detección de irregularidades.

### **3. GESTIÓN DEL PROYECTO**

Finalizado el diseño e implementación del sistema de detección de irregularidades se procede a realizar pruebas y comparaciones para validar el funcionamiento óptimo del mismo y luego determinar la eficiencia a la hora de detectar las irregularidades, este apartado tiene la función de evidenciar todos los resultados generados por las pruebas realizadas.

### 3.1 Cronograma de Actividades

**Tabla 1-3:** Parámetros de la cámara a considerar

ACTIVIDADES	TIEMPO	MES																							
		1				2				3				4				5				6			
		SEMANAS																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																									
Recopilación de información																									
Visita empresa Curtiduría Tungurahua, Análisis de parámetros, variables y condiciones de ambiente.																									
Creación Base de datos. Pruebas de tomas de fotos (Muestras).																									
Implementación e instalación de las estructuras principal y reposo en el área de clasificado																									
Implementación de estructuras soporte de cámara y sujeción de la cámara. Creación código fuente en el programa PYTHON.																									
Diseño del ambiente de luminarias y potencia. Instalaciones Área de clasificado.																									
Factibilidad técnica y económica para la adquisición de materiales necesarios para la implementación del sistema de visión artificial.																									
Realización de pruebas, correcciones del funcionamiento de detección de irregularidades. Pruebas de campo.																									
Validación del sistema de visión artificial detención de irregularidades																									
Elaboración y corrección de borradores																									
Redacción del trabajo final																									
Defensa del trabajo Empresa Curtiduría Tungurahua																									

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 3.2 Estudio de costos

#### 3.2.1 Costos directos

En este apartado se enlista todos los costos que intervienen directamente en la implementación del prototipo, los cuales se muestran en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Costos Directos de fabricación del prototipo

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
1	Cámara Nikon D3200 24megapixeles	890
1	Cable HDMI 5mts	11,50
1	Cable mini HDMI a HDMI	8,50
1	Memoria Sandisk Ultra 32GB	25
1	batería Nikon	60
1	Capturador de video HDMI	40
	TOTAL	1035

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

#### 3.2.2 Costos indirectos

En este apartado se enlista todos los costos que intervienen indirectamente en la implementación del prototipo, los cuales se muestran en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Costos Indirectos de fabricación del prototipo

Cantidad	Descripción	Precio(USD)
1	Estructura metálica de suspensión	50
1	Impresión 3d de pieza de sujeción de cámara	25
2	Lámparas LEDEX 150W	180
1	Pruebas test COVID	36
1	tomacorrientes	1,72
1	Cable AWG 14	27
2	Fusible BT 4A	4
1	Pintura	30
1	Juego de herramientas	90
	TOTAL	443,72

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 3.2.3 Costos Totales

Los costos totales empleados se registran en la siguiente Tabla 4-3:

**Tabla 4-3:** Costos Totales

	Precio (USD)
Costos directos	1035
Costos indirectos	443,72
TOTAL	1478,72

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 3.3 Recursos Materiales:

#### 3.3.1 Cámara Nikon d3200

La selección de la cámara en los sistemas de visión artificial es lo primordial a la hora de obtener una excelente imagen para su consecuente procesamiento para el tratado de la imagen en los diferentes programas. La selección entre las marcas existentes en el mercado como son Nikon, Sony y Canon, se optó por la Nikon, cámara réflex Nikon por mejores características como son: su enfoque y visualización, velocidad de disparo de y su almacenamiento, finalmente su comodidad de uso. La serie de cámara fue la Nikon d3200 En la siguiente tabla 5-3, se detalla las características, especificaciones técnicas.

**Tabla 5-3:** Características cámara Nikon d3200

Tipo de sensor	CMOS
Megapíxeles	24.2
Tamaño del sensor	23.2x15.4mm
Sensibilidad a la luz	100-12800 ISO
Resolución	6016-4000 pixeles
Puntos de enfoque	11
Peso	455g
Disparo continuo en alta resolución	4fps
Batería	540shots
Capacidad de batería	30mAH
Profundidad de color	24.1 bita
Versión USB	2 puertos
Calidad de la imagen	81

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

Los datos más relevantes es el número de 24 megapíxeles determina la resolución de la imagen por eso escogimos la d3200 suficiente para la visualizar los danos existente en la pieza de cuero, también tomar en cuenta la sensibilidad a la luz evitando un a imagen borrosa el ISO capta los

niveles de luz en una imagen. Y para terminar los puntos de enfoque nos da flexibilidad al momento de capturar una escena identificando las áreas correctas, la misma se observa en figura 1-3 posee la característica idónea para el proceso de visión artificial para la detección de irregularidades en el cuero.



**Figura 1-3:** Cámara Nikon D3200  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021\_

### 3.3.2 Lámpara LEDEX flood light

En sistemas de visión artificial es como requisito indispensable una buena iluminación.

Una adecuada cantidad de luz sin provocar reflejo y sombras ya que el cuero posee un color azul claro, se escogió este tipo de lámpara la cual produce una luz blanca la cual es absorbida en el objeto en este caso el cuero. Se detalla las características de la lámpara.

En la siguiente tabla 6-3, se detalla las características, especificaciones técnicas.

**Tabla 6-3:** Características lámpara LEDEX flood light

Categoría	Proyectores LED
Potencia	150W
Temperatura de calor	6000K
Lúmenes	1500LM
Voltaje	100-270v
Frecuencia	50-60 Hz
Grado de protección	IP65
Horas de vida	30000H
Angulo de apertura	120°

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En la figura 2-3, se visualiza la lámpara cuya característica sobresaliente son: económica con un cuerpo de aluminio y carcasa con mascara de vidrio templado, Soporte para su rápida instalación con ángulos ajustable y una salida de luz excelente con una alta transmisión de luz, y un nivel de protección IP65 ideal para industria. Gran eficiencia luminosa, su vida útil es larga y estabilidad

de trabajo



**Figura 2-3:** Lámpara  
LEDEX flood light  
Realizado por: [Laguas, R. & Bonilla, F.](#) 2021

### 3.3.3 *Diseño de las estructuras*

Terminando con el estudio de los componentes seleccionados llega la parte de la instalación en sus debidas posiciones estratégicas en las estructuras, logrando llegar a un ambiente óptima para aplicar el sistema de visión para la detección de irregularidades en la pieza de cuero, en este apartado se procederá a describir el diseño de cada uno de las estructuras, para colocación de la cámara y lámparas y la pieza de cuero.

Las estructuras para el desarrollo del prototipo esta diseñadas para realizar una función específica dentro el sistema las cuales son la siguiente.

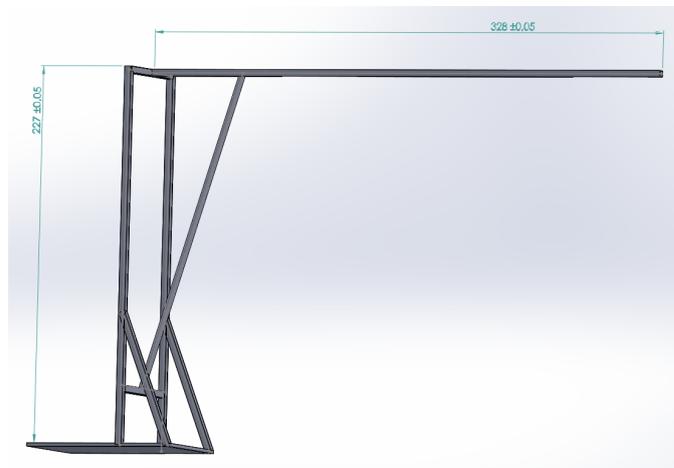
- Estructura de soporte de iluminación y cámara digital.
- Plataforma para el reposo del cuero.
- Estructura de soporte de la cámara.
- Pieza de sujeción de la cámara.

Cabe mencionar las dos primeras estructuras fueron gentilmente otorgado por la empresa para el desarrollo del proyecto. Serán modelados en el software SolidWorks para el proceso del estudio del ambiente de visión y cálculos de posición de los componentes seleccionados.

### 3.3.4 *Diseño de estructura de soporte de iluminación y cámara digital*

Esta estructura debe ser capaz soportar la instalación de las lámparas y de la cámara, sería considerada la estructura principal, elaborada por un tubo cuadrado de hierro de 4x4cm. El la figura 3-3, se puede observar el diseño de dicha estructura. Con una altura de 2,27m y de ancho

de 3,28m. Esta estructura tiene la mediada de largo debido a su inferior se instala la Plataforma para el reposo del cuero.



**Figura 3-3:** Estructura de soporte de iluminación y cámara digital

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021\_

Una vez conocido las dimensiones de la estructura podemos elaborar los cálculos para la posición de la cámara y de las lámparas led.

### 3.3.5 *Diseño de la plataforma para el reposo del cuero*

Para la creación de la plataforma se toma como referencia las medidas de una pieza de cuero. La pieza de cuero varia sus medidas, siendo de largo entre 2m-2.5m y de ancho entre 1m-1.25m. Su material es un tubo cuadrado de hierro de 5x5cm soldadas en una biga de hierro donde tomará la forma un rectángulo donde se colocará una plataforma de madera.

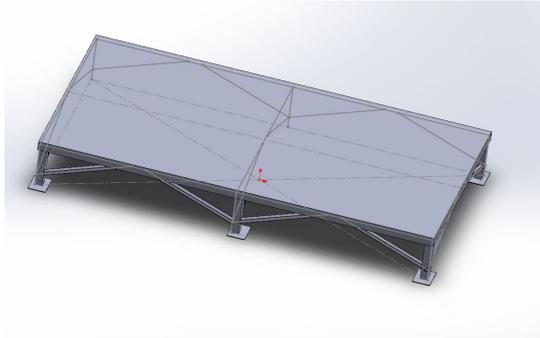
Entonces como resultado se obtiene las siguientes medidas para la construcción de la plataforma, son las siguientes observadas en la tabla 7-3:

**Tabla 7-3:** Medidas de la plataforma para el reposo del cuero

Largo	2.70m
Ancho	1.25m
Altura sobre el piso	0.40m

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En la figura 4-3, se observa el modelado de SolidWorks de la plataforma, es ideal se coloca la pieza de cuero para ser fotografiada, la cámara captura toda la superficie de la plataforma y por ende del cuero.



**Figura 4-3:** Plataforma de reposo del cuero  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 3.3.6 *Diseño de la estructura de soporte de la cámara*

Este soporte está diseñado para la instalación de la cámara en la estructura principal. Montado en la mitad del tubo superior de la estructura. Elaborado de tubo cuadrado de hierro de 4x4 cm. En si esta estructura fusionará la pieza de sujeción de la cámara con la estructura de soporte de iluminación y cámara. Como se parecía en la figura 5-3, su altura es 60 cm suficiente para que se desplace de arriba hacia abajo y viceversa la cámara dependiendo el enfoque de la pieza de cuero.



**Figura 5-3:** Estructura de soporte de la cámara  
 Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

### 3.3.7 *Diseño de la pieza de sujeción de la cámara*

Para finalizar con el sistema mecánico es la pieza de sujeción de la cámara que se acopla en estructura de soporte de la cámara. Diseñada de acuerdo a las especificaciones de las medidas de la cámara Nikon D3200. Esta implementada por impresión 3D con material filamento PLA. Sus medidas se detallan en la tabla 8-3.

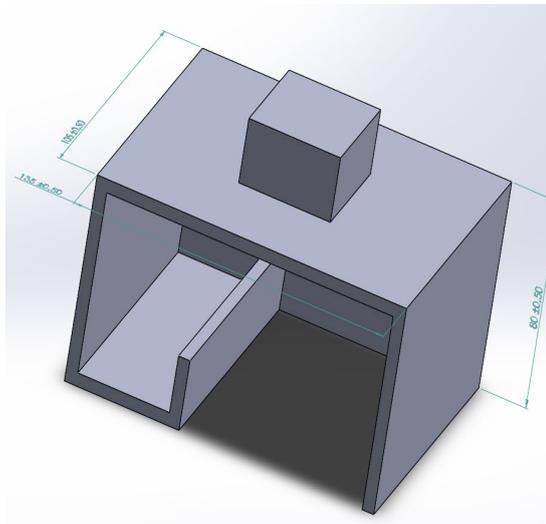
**Tabla 8-3:** Medidas de la pieza de sujeción de la cámara

Largo	13.5cm
Ancho	10.5cm
Altura	8cm
Espesor	0.5cm

Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

En la figura 6-3, se puede observar la pieza modelada en SolidWorks. Como antes

mencionadas están acordes a la dimensión de la cámara Nikon D3200 siendo 12.5cm de ancho, alto 9.5 cm y de profundidad 7.65 cm concluyendo así el dimensionamiento de la pieza.



**Figura 6-3:** Estructura de sujeción de la cámara  
Realizado por: Laguas, R. & Bonilla, F. 2021

#### 4. CONCLUSIONES

- El sistema de visión artificial cumple con los requerimientos impuestas por la empresa siendo posible la el diseño y la implementación de un sistema de detección basado en visión artificial para detectar las irregularidades en una pieza de cuero en la empresa curtiduría Tungurahua S.A.
- El estudio de la recopilación bibliográfica y analistas propios de la empresa, determinó que el tema era un área poco desarrolla y estudiada. Fue determinante para definir los requerimientos del sistema de visión la ayuda de los especialistas en el área de clasificado.
- Para establecer las condiciones de diseño y selección de hardware y software. Por requerimiento de especialistas, planteo que el sistema debe detectar a detalle las irregularidades del cuero. Se hubo la necesidad de adquirir una cámara Nikon D3200 por su mayor capacidad de resolución a la hora de adquirir una imagen. El lenguaje de programación Python v8.2 ideal para el procesamiento digital de imágenes por su menor costo de procesamiento.
- Se elaboro una interfaz de fácil manejo y comprensión, la cual como resultado se obtiene una imagen detallando en cuadrados de colores las distintas irregularidades presentes en el cuero.
- Se ha diseñado un prototipo capaz de optimizar el tiempo de detección de irregularidades en la empresa CURTIDURIA TUNGURAHUA S.A en un 46% del total de tiempo requerido con los expertos en el área.
- La efectividad en general del sistema es de un 97% de detección de aciertos de irregularidades, valor aceptable por los expertos del área de clasificado.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear cámaras propias de visión artificial, debido que tienen una mayor resolución y calidad de imagen.
- Se recomienda que al usar cámaras en estas áreas de trabajo se ubiquen en un lugar fijo que no presenten vibraciones que puedan alterar el ruido presente en la imagen.
- Se recomienda usar cámaras más robustas resistentes al polvo y protegido contra chorros de agua como un grado de protección IP66 o superior.
- Se recomienda que el sistema sea próximo a la etapa de escurrido, para evitar dobles o daños ocasionados por el obrero. En si sea un proceso continuo al área de clasificado.
- Se recomienda entrenar el sistema con una base de datos más grande y que presenten mayor número de irregularidades con el fin de mejorar la detección de las mismas.
- Si se va a usar cámaras con enfoque automático se recomienda no usar con los parámetros que genera esta opción lo que se debe hacer es realizar pruebas al ir variando dichos parámetros hasta obtener la mejor calidad de imagen según el estudio lo amerite.
- Se recomienda el uso de librerías de visión artificial en sus versiones actuales ya que estas siempre presentan un grado de mejoras con respecto a sus versiones antiguas.
- Se recomienda usar una computadora con un procesador rápido y una tarjeta gráfica buena para lo que es el procesamiento de imágenes.

## BIBLIOGRAFÍA

**MÉNDEZ, Ramon; et al.** *Producción Limpia en la Industria de curtiembre* [En línea]. Universidad Santiago de Compostela, España, 2007. [Consulta: 17 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf>.

**BEZAMA, A.** *Recuperacion de reactivos de los efluentes de curtiembres* [En línea]. Universidad Santiago de Compostela, España, 2007. [Consulta: 17 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/produccion-limpia-en-la-industria-de-curtiembre.pdf>.

**CAICEDO, L.** Implementación y evaluación de algoritmos de identificación por reconocimiento del iris ocular (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Tecnológica de Pereira. Cali - Colombia 2012. pp.15-50.

**GUTIERREZ L. & CALVO, A.** La visión artificial y los campos de aplicación (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Carchi-Ecuador, 2015, pp. 1-5.

**COGNEX.** *Introduccion a la vision artificial. Una guía para la automatización de procesos y mejoras de calidad* [blog]. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.cognex.com/es-cl/what-is/machine-vision/system-types>.

**RIVERA, Jorge.** El residuo liquido de las curtiembres estudio de caso: Cuenca alta del rio Bogota (Trabajo de titulación) (Maestria). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá-Colombia. 2006. pp. 5-9.

**CORREDOR RIVERA, Jorge.** *Ciencia e Ingenieria Neogranadina*. 16ª ed. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá-Colombia, 2006, pp. 15-27.

**GARCIA, Eloi.** *Vision Artificial* [En línea]. Universitat Oberta de Catalunya, 2016. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.playmodes.com/wp-content/uploads/2017/04/UOC-PDF-6.pdf>.

**GARCIA, Jorge.** *Vision artificial aplicada al control de calidad*. [En línea]. Tecnología. Glosas De innovación Aplicadas a La Pyme, 2014. [Consulta: 29 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2014/12/VISI%C3%93N-ARTIFICIAL-APLICADA-AL-CONTROL-DE-LA-CALIDAD.pdf>.

**EMMER, Victor; & DEL CAMPO, Maria.** *Guia de produccion mas limpia en el sector curtiembres*. Montevideo-Uruguay: Mónica Guchin, 2016, pp.16-50.

**GONZALEZ, Rafale; & WOODS, Richard.** *Digital Image Prcessing*. 16ª ed. University of tennessee USA, Tennessee-Estados Unidos : Pearson Education, 2014, pp.28-42.

**JIANG, Guo-Quan; & ZHAO, Cui-Jun.** A machine vision based crop rows detection for agricultural robots (Trabajo de titulación) (Maestria). Qingdao-China. 2010. pp. 5-9.

**GARCIA, Ivan; & CARANQUI, Victor.** la visión artificial y los campos de aplicación (Trabajo de titulación) (Maestria). Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Carchi – Ecuado. 2015. pp.

97-98.

**LUDEÑA, Juan.** Implementación de un sistema de seguridad para supervisión de niños entre 2 a 4 años usando visión artificial (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo-Riobamba. 2019. pp.20-30. [Consulta: 01 de Enero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13593>.

**Perez, Julian.** *Curtiembre* [blog]. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://definicion.de/curtiembre/>.

**GONZALO, Pajares.** *Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones* [en línea]. Universidad Complutense Madrid: RA-MA, 2008. [Consulta: 27 enero 2021]. Disponible en: [https://www.ra-ma.es/libro/vision-por-computador-imagenes-digitales-y-aplicaciones-2a-edicion\\_49234/](https://www.ra-ma.es/libro/vision-por-computador-imagenes-digitales-y-aplicaciones-2a-edicion_49234/)

**MASABANDA, Marco; et al.** Análisis y localización de curtiembres en el cantón ambato, como parte de patrimonio cultural en el Ecuador (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga -Ecuador 2017. pp.1-10.

**NUMPY.** *numpy.org* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://numpy.org/>.

**OASYS.** *Outsourcing Automation System* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://oasys-sw.com/que-es-la-industria-5-0-y-cual-es-su-objetivo/>.

**OPENCV.** *opencv.org* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://docs.opencv.org/master/d1/dfb/intro.html>.

**PyPI.** *pypi.org* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://pypi.org/project/imutils/#description>.

**PYTHON.** *docs.python.org* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>.

**ROJAS, Mario.** *Sistema de visión artificial para el control de calidad de hojas de cuero para la fábrica gama cueros* (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. 2016. pp.21-25.

**CURTIDURIA TUNGURAHUA.** *Curtiduría Tungurahua* [blog]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.ctu.com.ec/wet-blue>.

**VINUEZA, Patricia.** *Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador.* [en línea] 2018. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART11.pdf>.

**VISUALSTUDIO.** *code.visualstudio.com* [blog]. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://code.visualstudio.com/docs>.

**VITERI, Javier,** Diseño e implementación de un sistema automático, (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Informática y Electrónico, Escuela de Ingeniería Electrónica. Quito-Ecuador. 2016. pp.16-19.

**CUMBAL, R. & ENRÍQUEZ, J.** "Diseño y construcción de un sistema de posicionamiento lineal multieje controlado por visión artificial para cámara de análisis computarizado del laboratorio de análisis de movimiento (LAM)" [En línea] (tesis) (pregrado). ESPE, Quito-Ecuador. 2014. pp.42-47. [Consulta: 01 de Enero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8158/T-ESPE-047671.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**HERNÁNDEZ, L.** *Instalar OpenCV y Python con el paquete Anaconda.* [blog], [Consulta: 1 enero de 2021] Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/visionartificial/instalar-opencv-python-anaconda/>.

**ÁLVAREZ DURÁN, Mayra Alejandra.** Análisis, diseño e implementación de un sistema de control de ingreso de vehículos basado en visión artificial y reconocimiento de placas en el parqueadero de la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería en Sistemas. Cuenca, Ecuador. 2014. pp. 15-30. [Consulta: 10 de enero de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7060/1/UPS-CT003790.pdf>

**CAPITULO1.** *Procesamiento Digital de imágenes.* [en línea]. 2015[Consulta: 12 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dea.unsj.edu.ar/imagenes/recursos/Capitulo1.pdf>

**VEINTIMILLA, D. & SIGUENCIA, F.** Diseño de un sistema inteligente de parqueo vehicular mediante videograbación e implementación de un prototipo de prueba para la FIEE [En línea] (Tesis). (Pregrado). Escuela politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 2014. pp. 20-30. [Consulta: 01 de enero de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7853>.

**GONZÁLES, C. & ZARAMA, D.** Aplicación de sistemas de visión por computador (vir/nir) para la inspección visual de uchuvas. [En línea] (Tesis) (Pregrado) Pontificia Universidad Javeriana Bogotá D.C Colombia 2014. pp. 15-25 [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16472/GonzalezMeybergCamiloEdardo2014.pdf;sequence=1>

**PAGUAY, D. & VALAREZO, L.** Diseño e implementación de un prototipo clasificador de huevo de gallina basada en las imperfecciones de la cáscara aplicando visión artificial. (Tesis) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 25-27.

**CARRILO, R.** *todo – fotografía* [blog]. [Consulta: 15 febrero 2020]. Disponible en: <http://todofotografia.com/tecnica/componentes-de-una-camara-fotografica/>

**LANDONI, B.** *Taller de Fotografía I.* [blog] [Consulta: 15 febrero 2020]. Disponible en: [http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/blog/docentes/trabajos/42863\\_165800.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/42863_165800.pdf)

**COGNEX.** *Introducción a la Visión Artificial,* 2018 [En línea] [Consulta: 15 febrero 2020]. Disponible en [http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38\\_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf](http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf)

**BCNVISION.** *Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial,* 2017. [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.bcnvision.es/blog-visionartificial/iluminacion-vision-artificial2/>

**ROSALES, C.** *Prototipo de detección de expresiones corporales mediante visión artificial para mejorar la comunicación con niños que tienen parálisis cerebral infantil.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador 2017. pp. 12-34. [Consulta: 27 febrero 2020]. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18591/1/Rosales%20Romero%2C%20Cristhian%20Eduardo.pdf>

**VALDIVIA, C.** *Diseño de un Sistema de Visión Artificial para l clasificación de chirimoyas basado en medidas.* [En línea] (Tesis) (Pregrado). Pontificia Universidad Católica Del Perú Lima, Perú 2017. pp. 12-34. [Consulta: 27 febrero 2020]. Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/573/1/Tesis%20Valdivia%20Arias%2C%20C%C3%A9sar%20Javier.pdf>

## ANEXOS

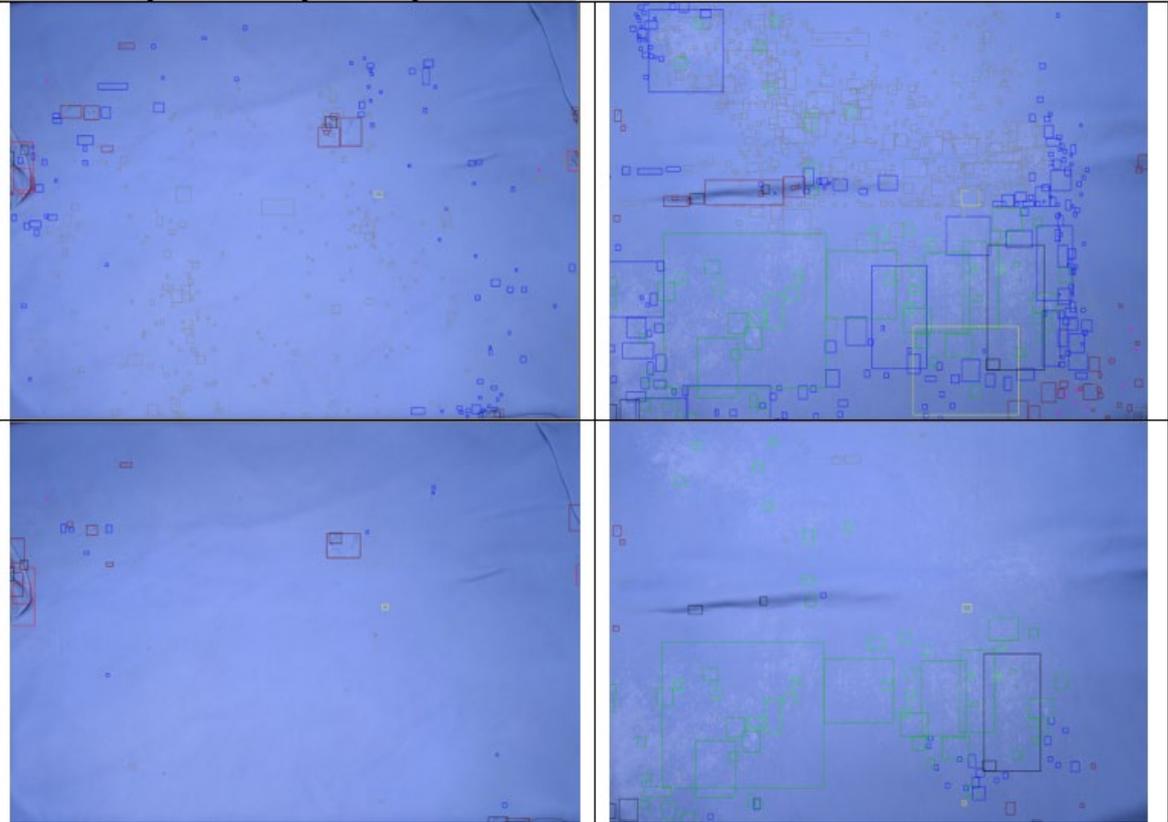
### ANEXO A: IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO



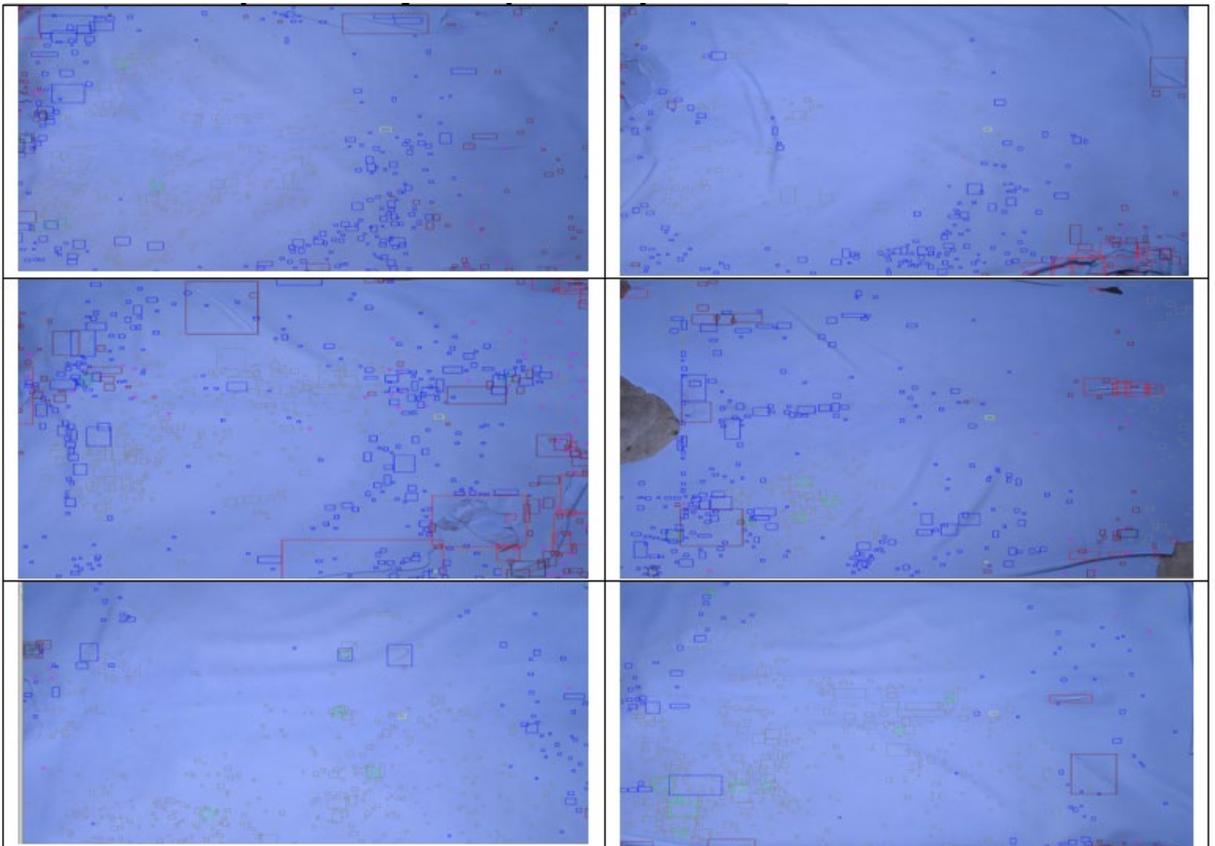
### ANEXO B: SELECCIÓN DE LAS PIEZAS DE CUERO PARA LA ETAPA DE PRUEBAS.



**ANEXO C: PRUEBA DE PARÁMETROS ISO APERTURA TIEMPO DE OBTURACIÓN.**



**ANEXO D: RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LAS IRREGULARIDADES PRESENTES EN LA PIEZA DEL CUERO.**



**ANEXO E: DEFENSA DEL SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL EN LA EMPRESA CURTIDURIA TUNGURAHUA**



**ANEXO F: CODIGO FUENTE**

```

import cv2
import imutils
IMAGENES
import glob
BUSCAR Y SELECCIONAR IMAGENES
import Funcion as Fo
COMPARACION
import numpy as np

def nothing(x):
    pass

filename = 'PRUEBAVIDEO.jpg'
IMAGEN
CAMBIO = True
Lista = []
cv2.namedWindow('image')
cv2.createTrackbar('OFF \ ON', 'image',0,1,nothing)
#cv2.createTrackbar('PROCESO' , 'image',0,1,nothing)
#cap = cv2.VideoCapture('listoX.avi')
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
PARA CAMARA

kernel = np.ones((19,19),np.uint8)
TOCAR)
kernelAzul = np.ones((15,15),np.uint8)
kernelAzul2 = np.ones((25,25),np.uint8)
kernelAzulAbierto = np.ones((49,49),np.uint8)
kernelNegro = np.ones((49,49),np.uint8)
kernelVACIADO = np.ones((2,2),np.uint8)
kernelGrande = np.ones((79,79),np.uint8)
kernelMAYOR
np.ones((179,179),np.uint8)

```

#OPENCV VISION ARTIFICIAL  
#LIBRERIA PARA REDIMENSIONAR  
  
#LIBRERIA PARA NAVEGAR  
  
#PROPIA SOLO USADA EN  
  
#LIBRERIA MATEMATICA  
  
#NOMBRE DE LA  
  
#OPCION PARA VIDEO  
#OPCION  
  
#VALORES KERNEL (NO  
  
#\_\_\_\_\_ =

```

ROI_number = 0 #CONTADORES . IMG 1 , IMG2
, IMG3
POI_number = 0 # _____
Cad = 0
PROCESO = 0
def escalar(image): #FUNCION PARA ESCALAR
    esca = imutils.resize(image,width=1000)
    return esca # _____

def nothing(x):
    pass

while cap.isOpened(): # SOLO INICIARA CUANDO LA
CAMARA INICIE
    INICIO = cv2.getTrackbarPos('OFF \ ON','image')
    #PROCESO = cv2.getTrackbarPos('PROCESO' , 'image')
    Imagenes = glob.glob("FOTOSCAMARA/*.jpg")
    FOTOX = len(Imagenes)

    Elementos = []
    ElementosMayores = []
    XXC = []
    YYC = []
    XXC2 = []
    YYC2 = []
    Valores = []
    ValoresMayores = []

    ret, img = cap.read() # LEER VIDEO
    key = cv2.waitKey(1)

    Lista.append(FOTOX)
    if len(Lista) >= 3:
        Lista.pop(0)

    if FOTOX == Lista[0]:
        CAMBIO=False
        PROCESO = 0
    else:
        CAMBIO=True
        PROCESO = 1
        print("Cambio")

    #print(INICIO,"INICIO")
    print(FOTOX,"FOTOX")
    #print(PROCESO,"PROCESO")

    #print(CAMBIO)

    if key == ord('q') or key == 27 : # LETRA Q O ESCAPE
PARA SALIR
        break

```

```

if INICIO == 1 and PROCESO == 0:
    Cad = 1
    image = img
    image = imutils.resize(image,width=800)
    cv2.imshow("image", image)
elif INICIO == 1 and PROCESO == 1 and Cad == 1 :
    img = cv2.imread(Imagenes[FOTOX-1]) #1
    alto , ancho , canales =img.shape

    azulado = cv2.imread('INTERFAZ/Azulado.jpg')
    azulado = cv2.resize(azulado, (ancho, alto))
    cafe = cv2.imread('INTERFAZ/cafe.jpg')
    cafe = cv2.resize(cafe, (ancho, alto))
    negroMenor2 =np.zeros_like(azulado)
    negro2 = np.zeros_like(azulado)
    negroBORDE = np.zeros_like(azulado)
    mascaraFinal = np.zeros_like(azulado)
    negroFINAL = np.zeros_like(azulado)

    c1=cv2.getTickCount()

    blur3 = cv2.GaussianBlur(img,(17,17),0) #2
    imagenHSV = cv2.cvtColor(blur3, cv2.COLOR_BGR2HSV)

    azulBajo = np.array([100,0,0], np.uint8) #3
    azulAlto = np.array([120,255,255], np.uint8)
    maskazul = cv2.inRange(imagenHSV, azulBajo, azulAlto)
    maskazul = cv2.bitwise_not(maskazul) #4
    maskazul = cv2.morphologyEx(maskazul, cv2.MORPH_CLOSE, kernelAzul) #5
    maskazul = cv2.dilate(maskazul,None,iterations = 14) #6
    maskazul = cv2.morphologyEx(maskazul, cv2.MORPH_CLOSE, kernelAzul2) #7
    maskazul = cv2.morphologyEx(maskazul, cv2.MORPH_OPEN, kernelAzulAbierto) #8
    masknes = maskazul #PASO 11
    maskazul2 = cv2.bitwise_not(maskazul) #9
    maskazul = cv2.bitwise_and(img,img,mask=maskazul2) #10
    masknes = masknes #11
    maskazulcafe = cv2.bitwise_and(cafe,cafe,mask=masknes)
    maskazulcafe = cv2.add(maskazulcafe,maskazul)

    ret,th1X = cv2.threshold(maskazulcafe,110,255,cv2.THRESH_BINARY)
    th1 = cv2.cvtColor(th1X, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    masknes = cv2.bitwise_and(azulado,azulado,mask=masknes) #12
    masknes = cv2.Canny(masknes, 0, 0) #13
    cntsBORDE,_ = cv2.findContours(masknes, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE) #14
    cv2.drawContours(negroBORDE, cntsBORDE, -1, (0,0,255) , 10)
    for c in cntsBORDE:
        x,y,w,h = cv2.boundingRect(c) #15
        cv2.rectangle(negro2, (x, y), (x+ w, y + h), (255,0,0), -1)

        #M = cv2.moments(c) #16
        #cv2.circle(negroBORDE,(int(M['m10']/M['m00']),int(M['m01']/M['m00'])), 5, (0,255,0),
-1)

```

```

#maskazul = maskazul #17
gris = cv2.cvtColor(maskazul, cv2.COLOR_BGR2GRAY) #18
blur = cv2.GaussianBlur(gris,(3,3),0)
cannyOriginal = cv2.Canny(blur, 0, 15) #19
BORDX = cannyOriginal

canny = cv2.morphologyEx(cannyOriginal, cv2.MORPH_OPEN,
kernelVACIADO) #20
canny = cv2.GaussianBlur(canny,(9,9),0) #22
canny = cv2.dilate(canny,None,iterations = 20) #23
canny = cv2.GaussianBlur(canny,(9,9),0)
canny = cv2.morphologyEx(canny, cv2.MORPH_OPEN, kernelGrande) #24
CANNYMAYORES = canny

cntsCONTORNOS,_ = cv2.findContours(canny, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE) #PASO 21 (DIBUJAR)
cv2.drawContours(negroMenor2, cntsCONTORNOS, -1, (0,255,0) , 3)

for cnt in cntsCONTORNOS: #25
    x,y,w,h = cv2.boundingRect(cnt)
    cv2.rectangle(negro2,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),10)
    cv2.rectangle(mascaraFinal,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),-1)
    #cv2.rectangle(img ,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0), 1)
    Elemento2 = th1[y:y+h,x:x+w]
    Elementoimg = img[y:y+h,x:x+w]
    ElementoAzul = th1X[y:y+h,x:x+w]
    ElementosMayores.append(Elemento2)

cv2.imwrite('DefectosMas/QOI_{}.png'.format(POI_number), Elementoimg)
cv2.imwrite('DefectosMas/OOI_{}.png'.format(POI_number), ElementoAzul)

xc = (x,y)
yc = (x+w,y+h)
if xc is not True:
    XXC2.append(xc)
if yc is not True:
    YYC2.append(yc)
POI_number += 1

#print(len(cntsCONTORNOS))

cannyMAYOR = cv2.morphologyEx(canny, cv2.MORPH_CLOSE,
kernelMAYOR) #26
cannyMAYOR = cv2.dilate(cannyMAYOR,None,iterations = 10) #27
cntsMAYOR,_ = cv2.findContours(cannyMAYOR, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
cv2.drawContours(negro2, cntsMAYOR, -1, (0,255,0) , 3)
for cnt in cntsMAYOR: #28

```

```

x,y,w,h = cv2.boundingRect(cnt)
cv2.rectangle(negro2,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),-1) #29

imagenHSVMEJOR = cv2.cvtColor(negro2,
cv2.COLOR_BGR2HSV) #30
MASCARAMENOS3 = cv2.inRange(imagenHSVMEJOR, azulBajo, azulAlto)

HSV_mascarafinal = cv2.cvtColor(mascaraFinal, cv2.COLOR_BGR2HSV)
HSV_mascarafinal = cv2.inRange(HSV_mascarafinal, azulBajo, azulAlto)
HSV_mascarafinal = cv2.bitwise_xor(HSV_mascarafinal,MASCARAMENOS3)
HSV_mascarafinal = cv2.dilate(HSV_mascarafinal,None,iterations = 1)

blur = cv2.GaussianBlur(gris,(5,5),0)
cannyOriginal2 = cv2.Canny(blur, 0, 25)
HSV_mascarafinal =
cv2.bitwise_and(cannyOriginal2,cannyOriginal2,mask=HSV_mascarafinal)
cntsFINALES,_ = cv2.findContours(HSV_mascarafinal, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
cv2.drawContours(negroFINAL, cntsFINALES, -1, (0,0,255) , 1)

DILATANDO = cv2.bitwise_not(maskazul2)
DILATANDO = cv2.dilate(DILATANDO,None,iterations = 20)
DILATANDO = cv2.bitwise_not(DILATANDO)

negroFINAL = cv2.bitwise_and(negroFINAL,negroFINAL,mask=DILATANDO)
negroFINAL = cv2.dilate(negroFINAL,None,iterations = 20)
negroFINAL = cv2.morphologyEx(negroFINAL, cv2.MORPH_CLOSE, kernelAzul2)
negroFINAL = cv2.cvtColor(negroFINAL, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
negroFINA = negroFINAL

cntsFINALES_FINAL,_ = cv2.findContours(negroFINAL, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
for cnt in cntsFINALES_FINAL:
x,y,w,h = cv2.boundingRect(cnt)
ElementoX = th1[y:y+h,x:x+w]
Elementoimg2 = img[y:y+h,x:x+w]
Elementoth = th1X[y:y+h,x:x+w]
Elementos.append(ElementoX)

cv2.imwrite('DefectosMenos/QOI_{}.png'.format(ROI_number), Elementoimg2)
cv2.imwrite('DefectosMenos/OOI_{}.png'.format(ROI_number), Elementoth)

ROI_number += 1
xc = (x,y)
yc = (x+w,y+h)
if xc is not True:
XXC.append(xc)
if yc is not True:
YYC.append(yc)

```

```

MASCARAMENOS2 = cv2.morphologyEx(MASCARAMENOS3, cv2.MORPH_CLOSE,
kernelAzul)
    MASCARAMENOS = cv2.bitwise_and(azulado,azulado,mask=MASCARAMENOS2)
        #31
    zonamenos = cv2.bitwise_not(MASCARAMENOS2) #32
    zonamenos = cv2.bitwise_and(img,img,mask=zonamenos) #33
    zonamenos = cv2.GaussianBlur(zonamenos,(3,3),0) #36
    zonamenos = cv2.add(zonamenos,MASCARAMENOS) #34
    zonamenos = cv2.cvtColor(zonamenos,
cv2.COLOR_BGR2GRAY) #35
    zonamenos = cv2.Canny(zonamenos, 0, 25) #37

MASCARAMENOS3 = cv2.dilate(MASCARAMENOS3,None,iterations = 10)
MASCARAMENOS3 = cv2.bitwise_not(MASCARAMENOS3)
DefPEQUEÑOS = cv2.bitwise_and(MASCARAMENOS3,zonamenos)
DefPEQUEÑOS = cv2.dilate(DefPEQUEÑOS,None,iterations = 10)

#print(len(Elementos),'Antes')

cntsZONA,_ = cv2.findContours(DefPEQUEÑOS, cv2.RETR_LIST,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE) #38

for cnt in cntsZONA:
    x,y,w,h = cv2.boundingRect(cnt)

    if (x == 0 or (x+w)== ancho) or (y == 0 or (y+h)== alto) :
        cv2.rectangle(negroMenor2,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),3)
        #print("Si")
    else:
        cv2.rectangle(negroMenor2,(x,y),(x+w,y+h),(0,0,255),3)
        Elemento = th1[y:y+h,x:x+w]
        Elementoimg = img[y:y+h,x:x+w]
        ElementoAzul = th1X[y:y+h,x:x+w]
        Elementos.append(Elemento)

    xc = (x,y)
    yc = (x+w,y+h)
    if xc is not True:
        XXC.append(xc)
    if yc is not True:
        YYC.append(yc)

cv2.imwrite('DefectosMenos/XOI_{}.png'.format(ROI_number), Elementoimg)
cv2.imwrite('DefectosMenos/WOI_{}.png'.format(ROI_number), ElementoAzul)

```

```
ROI_number += 1
```

```
for Elemento in Elementos:
```

```
    Alt , Anc,Col = Elemento.shape
```

```
    Are = Alt*Anc
```

```
    #Azul     NUM1
```

```
    azulBajo = np.array([120,255,255],np.uint8)
```

```
    azulAlto = np.array([120,255,255],np.uint8)
```

```
    #Verde    NUM2
```

```
    celesteBajo = np.array([90,255,255], np.uint8)
```

```
    celesteAlto = np.array([90,255,255], np.uint8)
```

```
    # Rojo    NUM3
```

```
    negroBajo = np.array([0,0,0], np.uint8)
```

```
    negroAlto = np.array([0,0,0], np.uint8)
```

```
    # Morado  NUM4
```

```
    blancoBajo = np.array([0,0,255],np.uint8)
```

```
    blancoAlto = np.array([0,0,255],np.uint8)
```

```
    #Vino     NUM5
```

```
    rosaBajo = np.array([140,0,0], np.uint8)
```

```
    rosaAlto = np.array([180,255,255], np.uint8)
```

```
    maskAzul = cv2.inRange(Elemento, azulBajo, azulAlto)
```

```
#1
```

```
    maskCeleste = cv2.inRange(Elemento, celesteBajo, celesteAlto)
```

```
#2
```

```
    maskNegro = cv2.inRange(Elemento, negroBajo, negroAlto)
```

```
#3
```

```
    maskBlanco = cv2.inRange(Elemento, blancoBajo, blancoAlto)
```

```
#4
```

```
    maskRosa = cv2.inRange(Elemento, rosaBajo, rosaAlto)
```

```
#5
```

```
    cntsAzul = cv2.findContours(maskAzul, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
```

```
    cntsCeleste = cv2.findContours(maskCeleste, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
```

```
    cntsNegro = cv2.findContours(maskNegro, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
```

```
    cntsBlanco = cv2.findContours(maskBlanco, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
```

```
    cntsRosa = cv2.findContours(maskRosa, cv2.RETR_EXTERNAL,  
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
```

```
    if (len(cntsRosa) + len(cntsBlanco) + len(cntsNegro) + len(cntsCeleste) + len(cntsAzul))  
    == 1 :
```

```
        color = 'COLORENTERO'
```

```
        Valores.append(color)
```

```
        #print(len(cntsRosa), "Rosa")
```

```
    elif len(cntsNegro)>= 1 :
```

```

color = 'H_ABIERTA'
Valores.append(color)

elif len(cntsRosa)>= 1 :
color = 'PARASITOS'
Valores.append(color)
#print(len(cntsAzul), "Azul")
elif len(cntsAzul) >=1 or len(cntsAzul) >=1 :
if Are >= 900 :
color = 'H_ABIERTA_MENOR'
Valores.append(color)
else:
color = 'MANCHA'
Valores.append(color)
else:
color = 'POR_DEFINIR'
Valores.append(color)

"""
#print(len(Valores), " Len Valores")
#print(len(XXC), " Len XXC")
#print(len(YYC), " Len YYC")

print(len(cntsAzul), "Azul")
print(len(cntsCeleste), "Celeste")
print(len(cntsNegro), "Negro")
print(len(cntsBlanco), "Blanco")
print("_____")
"""

print(Valores, "Valores_Menores")

for i in range(0,len(Valores)):
if 'COLORENTERO' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(128,128,128),3)
elif 'BORDE' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(255,255,255),3)
elif 'H_ABIERTA' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(0,0,255),3)
elif 'PARASITOS' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(0,255,255),3)
elif 'H_ABIERTA_MENOR' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(0,0,128),3)
elif 'MANCHA' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(255,0,255),3)
elif 'POR_DEFINIR' == Valores[i] :
cv2.rectangle(img,(XXC[i]),(YYC[i]),(255,0,0),3)

for Elemento in ElementosMayores:
Alt , Anc, Col = Elemento.shape
Are = Alt*Anc
#Azul NUM1

```

```

azulBajo = np.array([120,255,255],np.uint8)
azulAlto = np.array([120,255,255],np.uint8)

#Verde    NUM2
celesteBajo = np.array([90,255,255], np.uint8)
celesteAlto = np.array([90,255,255], np.uint8)

# Rojo    NUM3
negroBajo = np.array([0,0,0], np.uint8)
negroAlto = np.array([0,0,0], np.uint8)

# Morado  NUM4
blancoBajo = np.array([0,0,255],np.uint8)
blancoAlto = np.array([0,0,255],np.uint8)

maskAzul = cv2.inRange(Elemento, azulBajo, azulAlto)           #1
maskCeleste = cv2.inRange(Elemento, celesteBajo, celesteAlto) #2
maskNegro = cv2.inRange(Elemento, negroBajo, negroAlto)       #3
maskBlanco = cv2.inRange(Elemento, blancoBajo, blancoAlto)    #4

cntsAzul = cv2.findContours(maskAzul, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
cntsCeleste = cv2.findContours(maskCeleste, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
cntsNegro = cv2.findContours(maskNegro, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
cntsBlanco = cv2.findContours(maskBlanco, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]

#print(len(ValoresMayores), " Len Valores")
#print(len(XXC2), " Len XXC2")
#print(len(YYC2), " Len YYC2")
"""
print(len(cntsAzul), "Azul")
print(len(cntsCeleste), "Celeste")
print(len(cntsNegro), "Negro")
print(len(cntsBlanco), "Blanco")
print("_____")
"""
if Are < 900 :
    color = 'DEF_MUYPEQUEÑOS'
    ValoresMayores.append(color)
    #print(len(cntsRosa), "Rosa")
    elif len(cntsBlanco) >= 1 and len(cntsAzul) == 0 and len(cntsCeleste) == 0
and len(cntsNegro) == 0 :
        color = 'MAL_SECADO_FULL'
        ValoresMayores.append(color)
        #print(len(cntsRosa), "Rosa")
    elif len(cntsNegro) >= 1:
        color = 'H_ABIERTA_MAYOR'
        ValoresMayores.append(color)
    elif len(cntsAzul) >= 1:
        color = 'MANCHAS_FUEGO'
        ValoresMayores.append(color)
    elif len(cntsCeleste) >= 1 and len(cntsBlanco) >= 1:

```

```

    color = 'MAL_SECADOPARCIAL'
    ValoresMayores.append(color)
else:
    color = '????'
    ValoresMayores.append(color)

for i in range(0,len(ValoresMayores)):
    if 'MAL_SECADO_FULL' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(0,255,0),3)
    elif 'H_ABIERTA_MAYOR' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(0,0,255),3)
    elif '????' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(0,128,0),3)
    elif 'DEF_MUYPEQUEÑOS' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(128,128,128),3)
    elif 'MANCHAS_FUEGO' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(0,0,0),3)
    elif 'MAL_SECADOPARCIAL' == ValoresMayores[i] :
        cv2.rectangle(img,(XXC2[i]),(YYC2[i]),(0,192,0),3)

```

```
print(ValoresMayores,'ValoresMayores')
```

```
IMGREP = img
```

```

#canny1 = escalar(canny1)
filename = 'img.jpg'
#filename2 = 'negroX.jpg'

```

```

cv2.imwrite(filename, img)
#cv2.imwrite(filename2, negro)

```

```

#canny = escalar(cannyMAYOR)
img = escalar(img)
#canny2 = escalar(canny2)
#maskazul = escalar(maskazul)
#blur3 = escalar(blur3)
#gris = escalar(gris)
#masknes = escalar(negroBORDE)
negroMenor = escalar(negroMenor2)
negro22 = escalar(DefPEQUEÑOS)
negroX = escalar(negro2)
MASCARAMENOS = escalar(MASCARAMENOS)
th1 = escalar(th1X)
MasFinal = escalar(HSV_mascarafinal)
NEGROFIN = escalar(HSV_mascarafinal)
cv2.imshow("NEGROFIN", NEGROFIN)

```

```
#TODOCANNY = escalar(TODOCANNY)
```

```

#cv2.imshow("TODOCANNY", TODOCANNY)
BORDX = cannyOriginal
BORDX = escarlar(BORDX)
cv2.imshow("BORDX", BORDX)
#CANNYMAYORES = escarlar(CANNYMAYORES)
#cv2.imshow("CANNYMAYORES", CANNYMAYORES)
cannyOriginal2 = escarlar(cannyOriginal2)
cv2.imshow("cannymenoresENmAYORES", cannyOriginal2)

zonamenos = escarlar(zonamenos)
cv2.imshow("cannymenores", zonamenos)

negro2 = escarlar(negro2)
cv2.imshow("ZONAS DE MAYORES", negro2)

#cv2.imshow("MasFinal", MasFinal)
cv2.imshow("th1 _ Umbralizacion", th1)

#cv2.imshow("negroMenor", negroMenor)
#cv2.imshow("negroX", negroX)
#cv2.imshow("maskazul", maskazul)
#cv2.imshow("canny11", canny1)
#cv2.imshow("CANNY contornos", canny)
cv2.imshow("Resultados", img)
#cv2.imshow("MASK NESS", masknes)
#cv2.imshow("Azulado", negro22)
#cv2.imshow("gris", gris)
c2=cv2.getTickCount()
print ((c2-c1)/cv2.getTickFrequency())
Cad =0
elif INICIO == 0 and PROCESO == 1:
    Cad = 1
    image = cv2.imread('Fondo.png')
    image = imutils.resize(image,width=800)
    cv2.imshow("image", image)
elif INICIO == 0 and PROCESO == 0:
    Cad = 1
    image = cv2.imread('Fondo.png')
    image = imutils.resize(image,width=800)
    cv2.imshow("image", image)

#print(Cad)
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 15 / 12 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> RAIMUNDO AMADO LAGUAS PAREDES FRANCISCO JAVIER BONILLA ARGUELLO
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.

