



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema de visión artificial aplicado a la detección y conteo automático de objetos superpuestos de forma circular

Brandon Eduardo Corrales Bastidas

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Electrónica y Automatización

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Máster en Electrónica y Automatización, Mención en Redes

Industriales

Dr. Minchala Ávila, Luis Ismael

21 de abril del 2022

AGENDA

- 1 • Introducción, Objetivos e Hipótesis
- 2 • Descripción del Proyecto
- 3 • Desarrollo del Sistema CORACS
- 4 • Análisis de resultados
- 5 • Conclusiones
- 6 • Trabajos Futuros



INTRODUCCIÓN

En las medianas y grandes industrias de producción y comercialización de tubos PVC, los trabajadores son los encargados del conteo y clasificación de los productos. Existen muchos errores



OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar un sistema de visión artificial aplicado a la detección y conteo automático de objetos superpuestos de forma circular.

ESPECÍFICOS:

1. Especificar los parámetros para capturar las fotografías de los objetos a contar.
2. Diseñar el algoritmo para el correcto procesamiento de imágenes, eliminando el ruido y otras alteraciones que pueden dificultar el reconocimiento de objetos.
3. Implementar el algoritmo de la transformada de Hough para el reconocimiento de objetos superpuestos de forma circular.
4. Parametrizar los distintos objetos para que el algoritmo los pueda reconocer y clasificar automáticamente.



HIPÓTESIS

La implementación de CORACS, permitirá mitigar los factores de error humano, así como el tiempo invertido en el conteo y clasificación de tubos PVC en la industria.

IMAGEN DIGITAL

Se define como una función bidimensional de elementos finitos $F(x,y)$, que poseen un valor en un rango de 0 – 250 nivel de intensidad. Se representa mediante una matriz cuyas dimensiones depende del número de píxeles que comprenden el largo y ancho de la imagen.

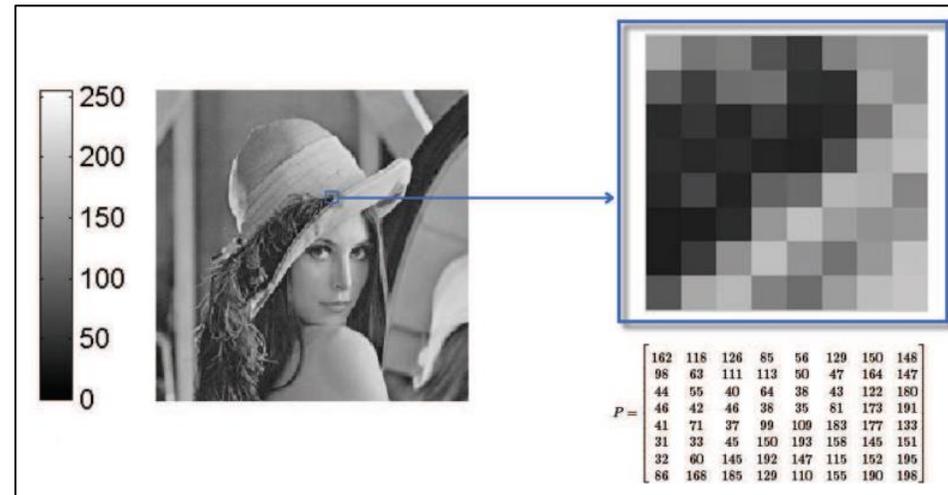
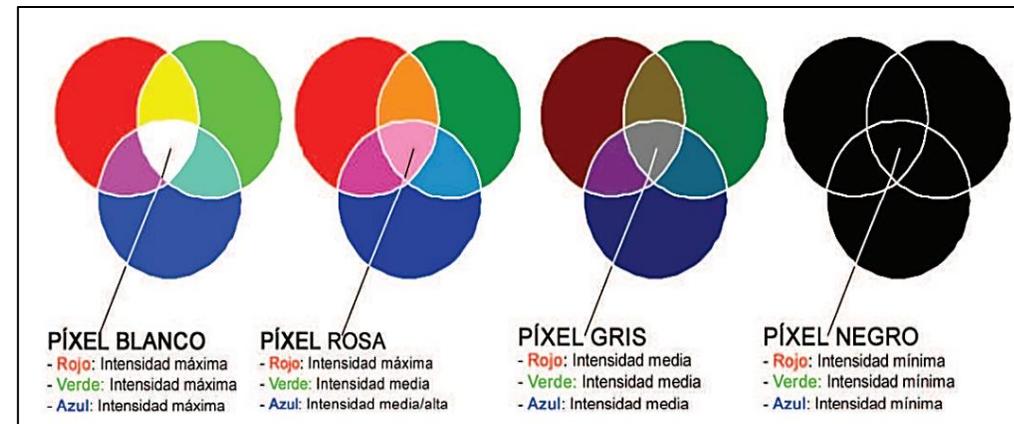
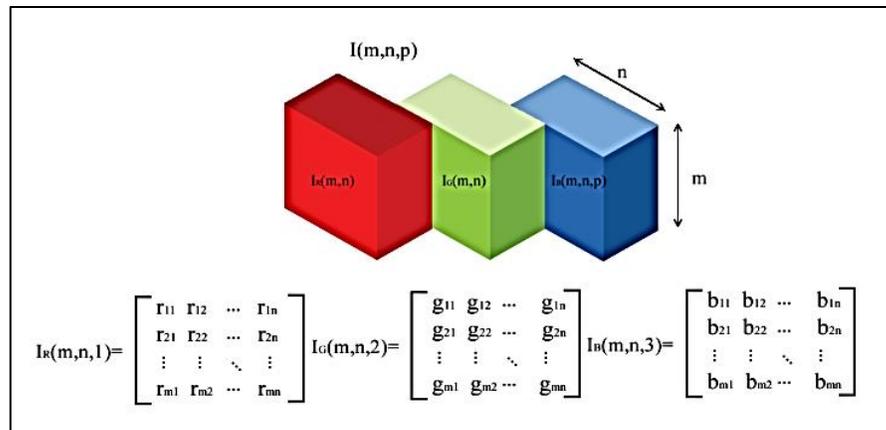


IMAGEN EN COLOR

Cada píxel se representa como un color creado a partir de ciertos niveles de intensidad de los colores primarios (azul, rojo y verde). Por lo cual la imagen en color es la suma matricial de las tres capas de colores primarios.



PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Se ocupa de la extracción de información contenido en una imagen, es necesario realizar ciertos pasos de procesamiento y filtrado. Destinados para resolver tres de los mayores problemas con las imágenes:

- Digitalización y codificación que facilitan su transmisión, representación y almacenamiento.
- Mejorar y restaurar una imagen para interpretar más fácilmente el software.
- Descripción y segmentación de imágenes para aplicaciones de visión artificial.



PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Son diseñados para enfatizar y diferenciar ciertos aspectos de la imagen, como eliminación de objetos no deseados y ruido. Los métodos de procesamiento se dividen en tres grupos:

- Espacial
- Campo de frecuencia
- Extracción de características



EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Toma una imagen de entrada y extrae características como: coordenadas de objetos, reconocimiento de curvas y formas, etiquetado de componentes, etc.

- El coste del sistema en el cual está integrado el método tendría que ser el mínimo al extraer la información útil de una imagen
- La localización de los componentes de la imagen debe ser muy precisa
- El método utilizado para extraer una car



SEGMENTACIÓN

Divide la imagen en áreas componentes u objetos, de modo que los píxeles de esas áreas tengan características o propiedades similares, como la escala de grises, el contraste o la textura

El algoritmo se basa en las características básicas de la intensidad de la imagen, discontinuidad y similitud.

- Basada en características de píxel
- Basado en transición
- Basado en modelos
- Basado en homogeneidad



TRANSFORMADA DE HOUGH

Es una herramienta para identificar curvas en una imagen, basada en la búsqueda de figuras geométricas de objetos: líneas rectas, triángulos, elementos circular.

Se utiliza para detectar líneas basándose en dos parámetros implícitos en la ecuación de la recta según la representación pendiente-ordenada.

$$y = ax + b$$



TRANSFORMADA DE HOUGH

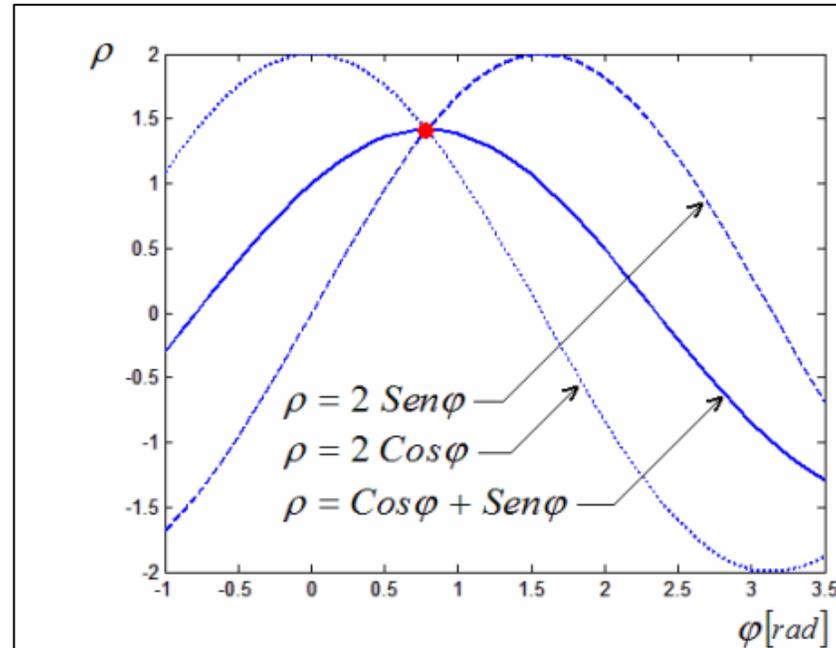
Dado que existen inconvenientes numéricos con la representación de la transformada de Hough para rectas horizontales, cuando $a=0$ y con rectas verticales, ahora se la representa con coordenadas polares

$$\rho = x \operatorname{Cos} \varphi + y \operatorname{Sen} \varphi$$

$$A (0,2) \rightarrow \rho = 2 \operatorname{Sin} \varphi$$

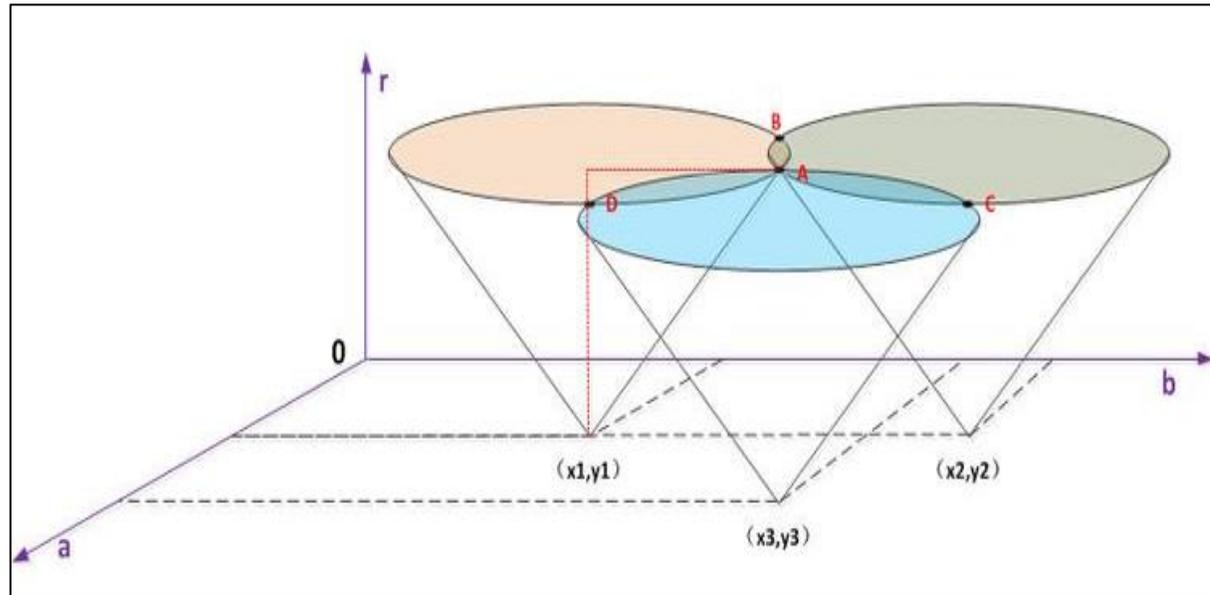
$$B (2,0) \rightarrow \rho = 2 \operatorname{Cos} \varphi$$

$$C (1,1) \rightarrow \rho = \operatorname{Cos} \varphi + \operatorname{Sin} \varphi$$



TRANSFORMADA CIRCULAR DE HOUGH

Esta transformada es destinada para detectar círculos en una imagen, utiliza la dirección del gradiente, teniendo una detección eficiente.



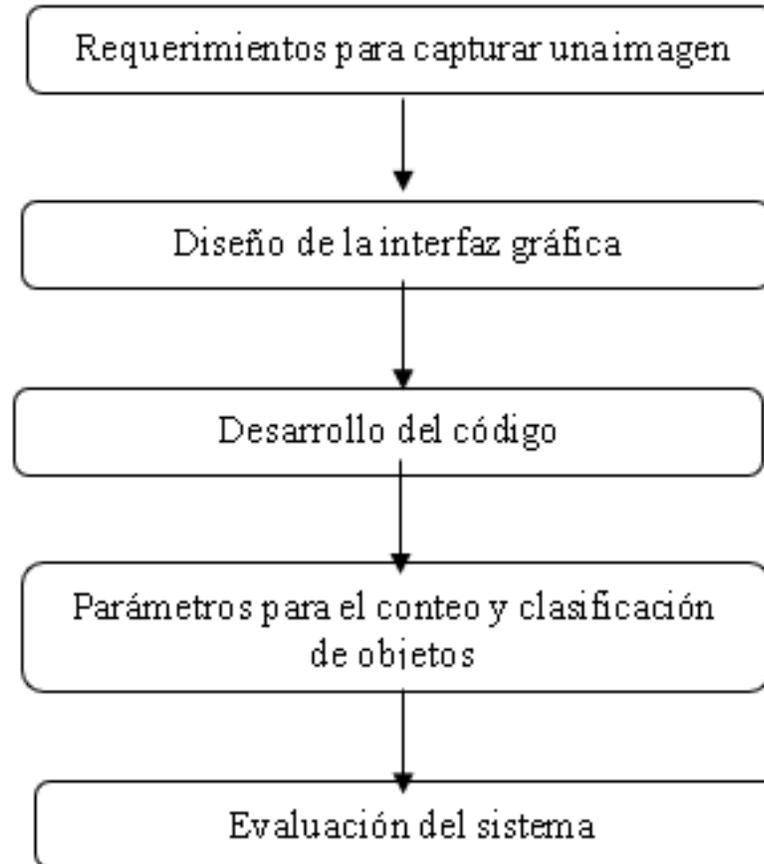
$$\begin{cases} (x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 - r^2 = 0 \\ \frac{(x - x_o)^2}{(y - y_o)^2} = -\text{Cot} \phi \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_o = x \pm r \text{Cos} \phi \\ y_o = y \pm r \text{Sen} \phi \end{cases}$$

$$\phi = \angle G = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{y_o - y}{x_o - x} \right)$$



METODOLOGÍA



REQUERIMIENTOS PARA CAPTURAR UNA IMAGEN

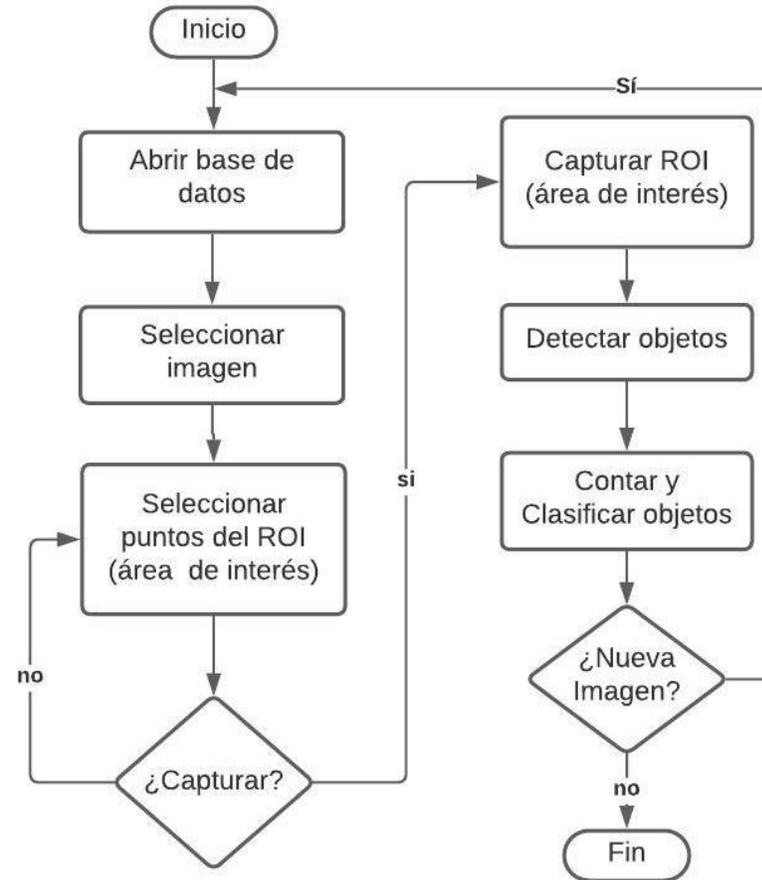
Se realizó algunas pruebas para determinar los requerimientos en la captura de la imagen para que el sistema CORACS no tenga un error significativo en la detección de los tubos.

- Tubos alineados a un mismo nivel
- 1 metro de distancia de los tubos PVC
- Ángulo de 90 grados con respecto del suelo



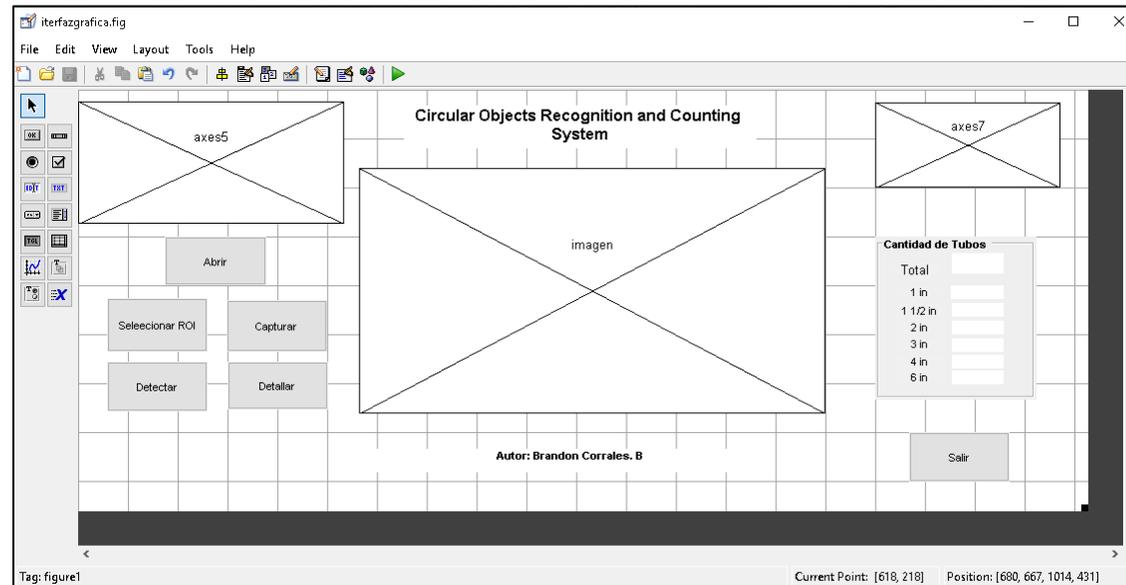
DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA CORACS

Para el diseño de la interfaz como el desarrollo del código del sistema CORACS se realizó un diagrama de flujo para describir todas las funciones del sistema



DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

Para el diseño de la interfaz gráfica se utilizó la herramienta de GUI del software MATLAB



RGB A ESCALA DE GRISES

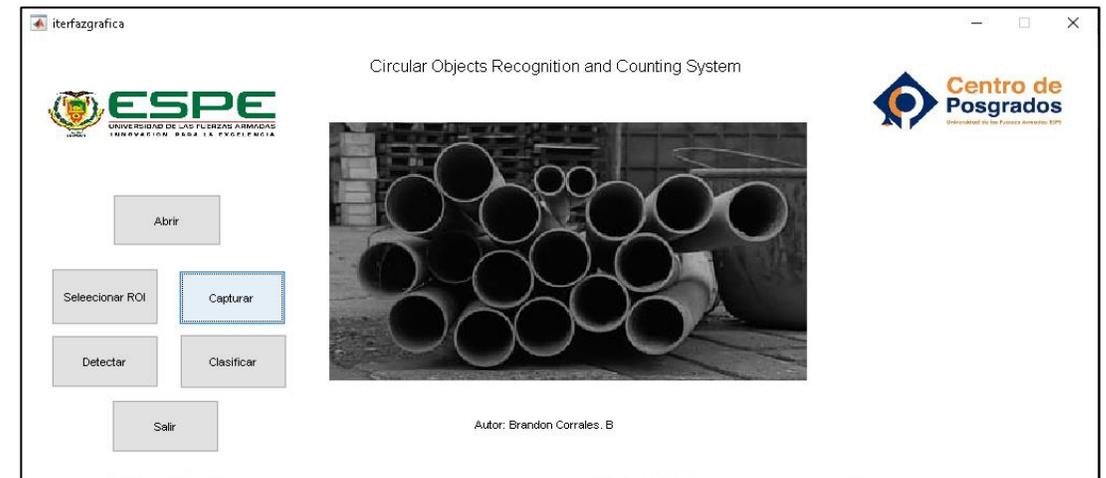
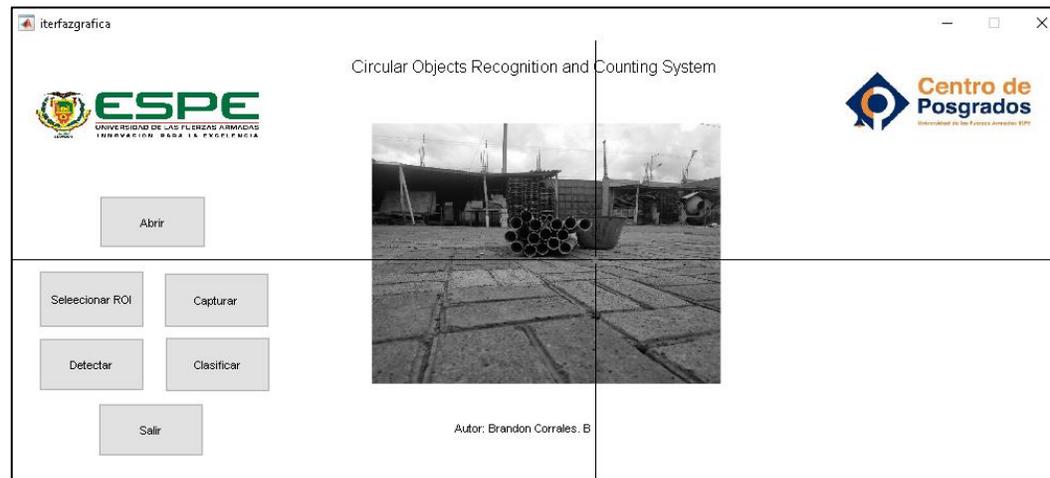
El primer paso para el procesamiento de la imagen es convertir a la imagen en colores a escala de grises, por razón de que una imagen en escala de grises tiene menos niveles de diferencia en los niveles de intensidad entre un píxel y otro, evitando que las características de la imagen no sean reconocidas. Se utiliza el comando `rgb2gray()`, especificando la imagen y el umbral de intensidad.



SELECCIÓN DEL ROI

También llamado el área de interés, con la finalidad de poder excluir en la imagen algunos objetos no se necesitan y evitar que el sistema CORACS pueda tener un error en el reconocimientos de los tubos PVC.

Esto se lo realiza con la selección por parte del usuario de dos puntos dentro de la imagen.



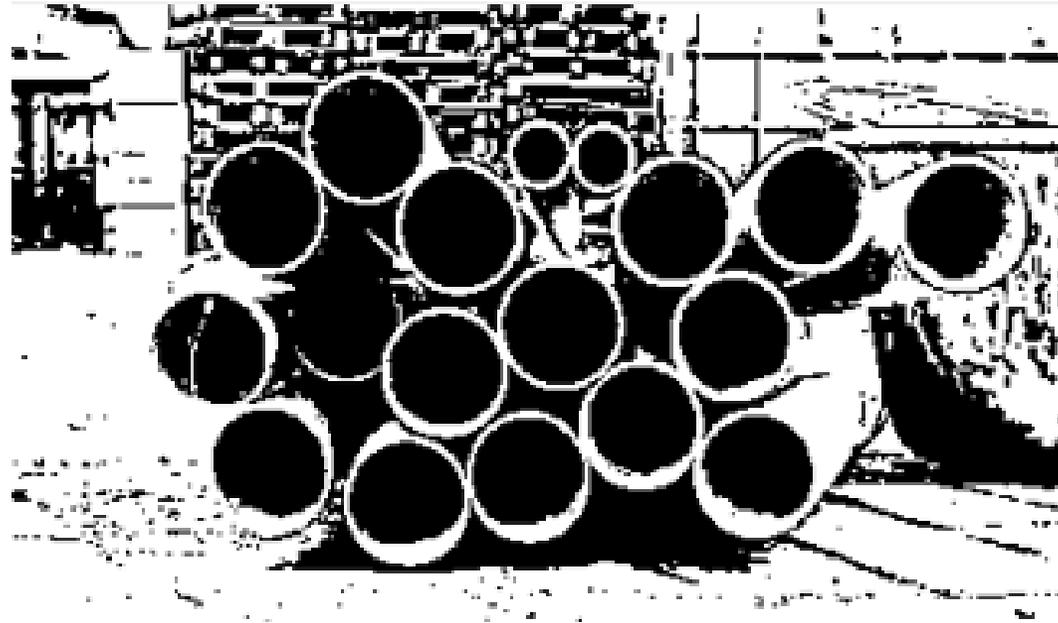
FILTRADO DE LA IMAGEN

Es muy importante en una imagen se puedan distinguir los bordes para una mejor detección de figuras geométricas, se diseñó un filtro pasa altos y además una suma aritmética de la imagen original y la imagen filtrada.



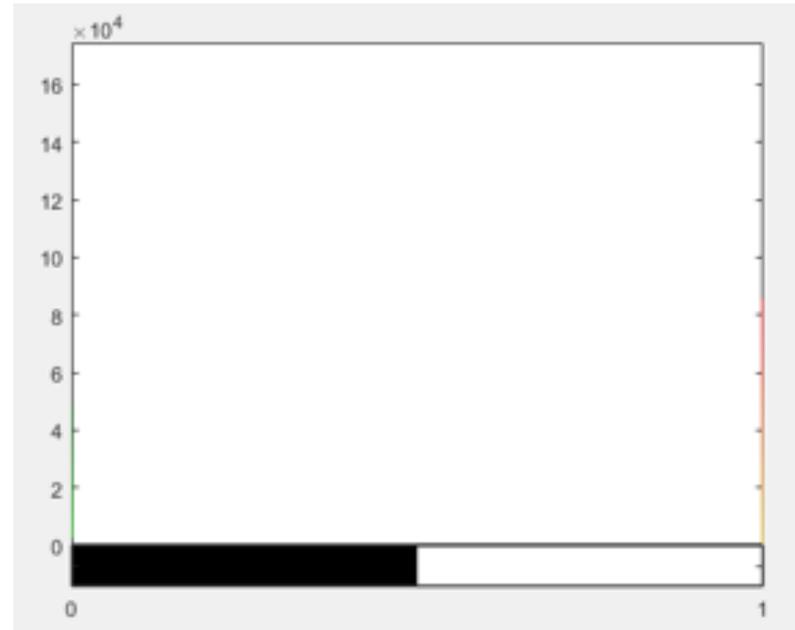
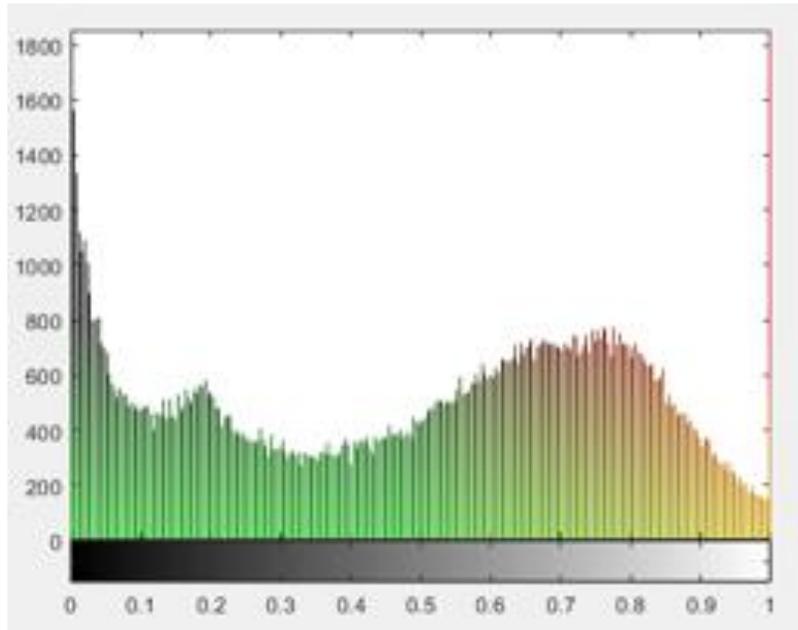
BINARIZACIÓN DE LA IMAGEN

Esta operación se realiza para eliminar los diferentes niveles de intensidad de gris. Con el comando `im2bw()`. Mediante el histograma se obtiene el umbral para esta operación.



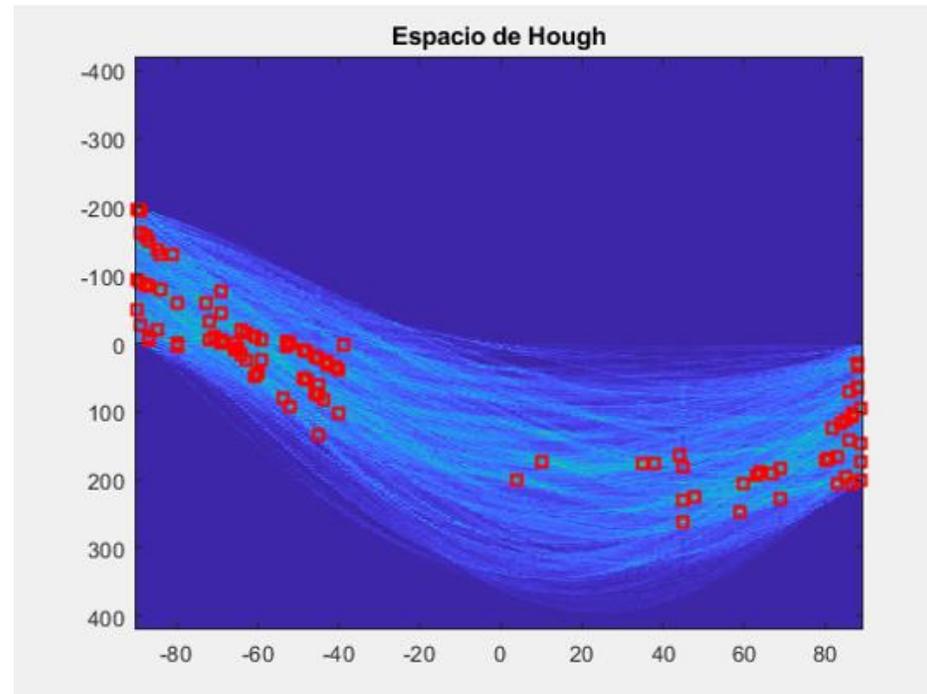
BINARIZACIÓN DE LA IMAGEN

Para realizar la binarización se necesita un umbral, el cual se obtiene del histograma de la imagen en escala de grises.



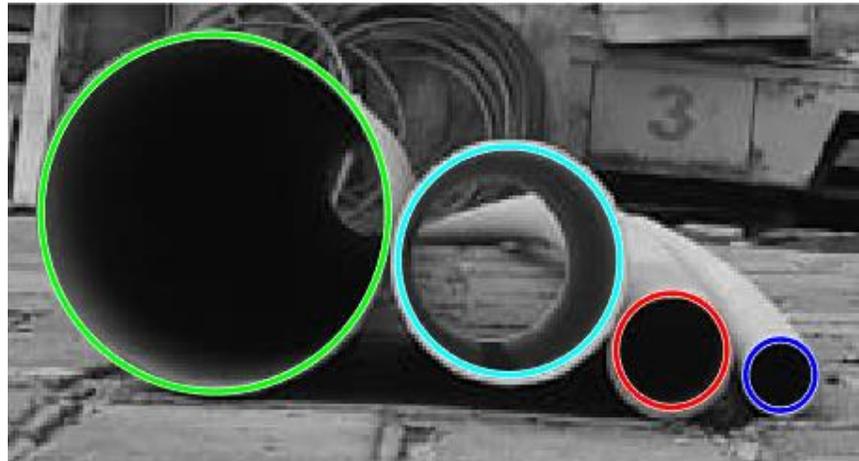
DETECCIÓN DE OBJETOS CIRCULARES

Se realiza mediante la transformada de Hough, en la imagen se puede apreciar todos los objetos de forma circular que detecta en la imagen.



PARAMETRIZACIÓN

Se realizó las pruebas necesarias con tubos de diferentes diámetros para saber cuantos píxeles ocupa cada unos de los tubos PVC en la imagen, de esta manera se pueden clasificar los tubos.



RESULTADOS

iterfazgrafica



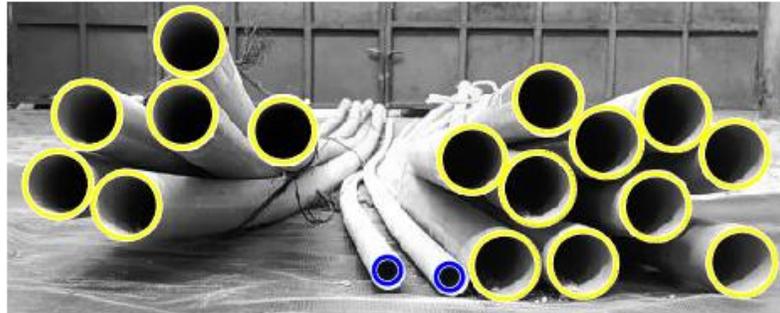
Circular Objects Recognition and Counting System



Abrir

Seleccionar ROI Capturar

Detectar **Detallar**



Cantidad de Tubos

Total	18
1 in	2
1 1/2 in	0
2 in	16
3 in	0
4 in	0
6 in	0

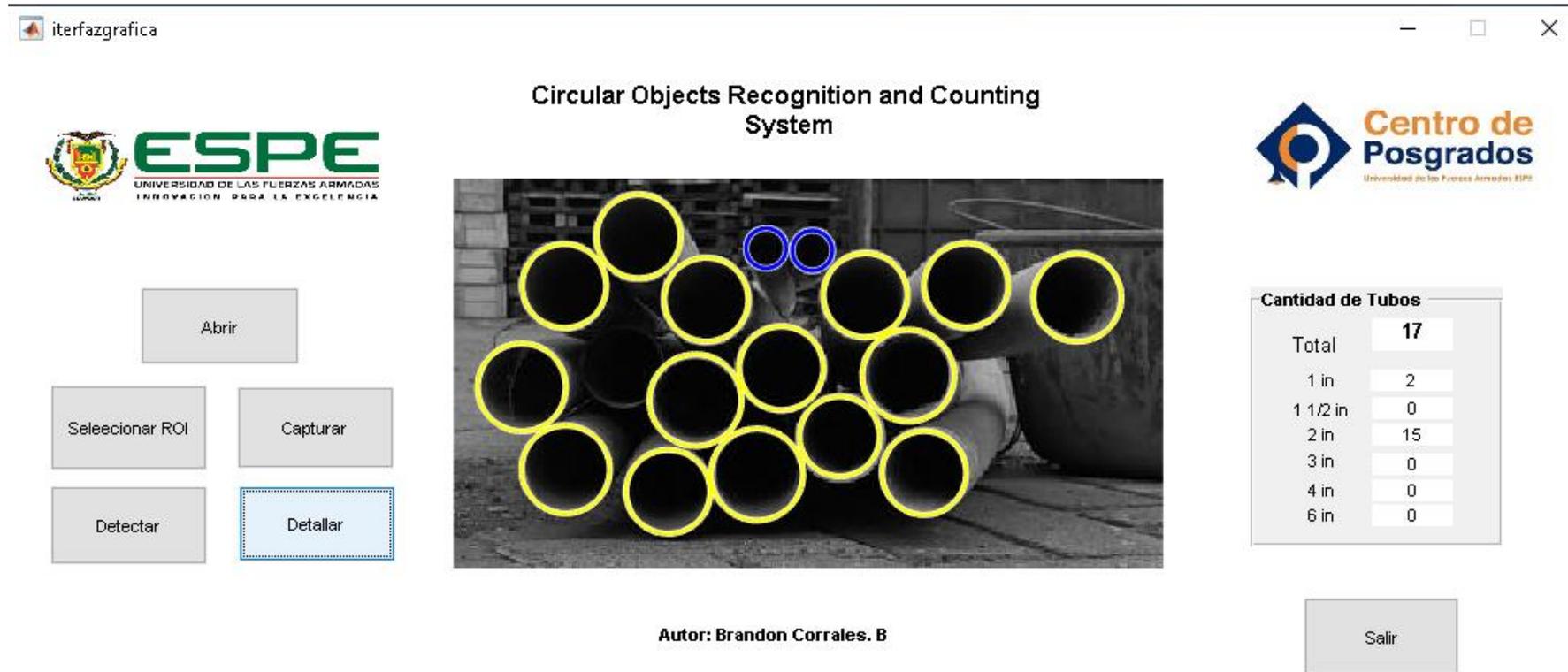
Autor: Brandon Corrales. B

Salir

RESULTADOS

iterfazgrafica

Circular Objects Recognition and Counting System



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Total	17
1 in	2
1 1/2 in	0
2 in	15
3 in	0
4 in	0
6 in	0

Abrir

Seleccionar ROI

Capturar

Detectar

Detallar

Salir

Autor: Brandon Corrales. B

RESULTADOS

iterfazgrafica

Circular Objects Recognition and Counting System



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Abrir

Seleccionar ROI

Capturar

Detectar

Detallar



Cantidad de Tubos

Total	71
1 in	0
1 1/2 in	0
2 in	71
3 in	0
4 in	0
6 in	0

Autor: Brandon Corrales. B

Salir



CÁLCULO DE EFICIENCIA

El cálculo de la eficiencia para sistemas de visión artificial se compone, en una relación de respuestas que se dividen en cuatro categorías.

- VP(verdadero positivo), reconoce todos y solamente los tubos PVC en la imagen.
- VN(verdadero negativo), reconoce todos los tubos PVC y objetos adicionales en la imagen.
- FN(falso negativo), no reconoce por completo el número de tubos PVC en la imagen.
- FP(falso positivo), no reconoce ningún tubo PVC en la imagen



CÁLCULO DE EFICIENCIA

En totalidad se realizaron 23 pruebas con imágenes y condiciones diferentes, los resultados basados en los parámetros anteriores son: 15 VP, 3 VN, 4 FN y 1 FP. El primer cálculo se realiza tomando como casos acertados solamente a VP y VN.

$$E = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} * 100$$

$$E = \frac{14 + 4}{14 + 4 + 4 + 1} * 100$$

$$E = 78,26 \%$$

CÁLCULO DE EFICIENCIA

También se realizó el cálculo de la eficiencia de CORACS sin tomar en cuenta los falsos negativos, debido a que son producidos por errores humanos como la mal alineación de los tubos, una distancia diferente a la planteada e inclinación de la cámara. Tomando en cuenta los últimos factores.

$$E = \frac{VP + VN + FN}{VP + VN + FN + FP} * 100$$

$$E = \frac{15 + 4 + 3}{15 + 4 + 3 + 1} * 100$$

$$E = 95.65 \%$$

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por CORACS para la detección, conteo y clasificación automática de tubos PVC, presenta una eficiencia del 95,65%.

Para que CORACS tenga un nivel alto de detección fue necesario establecer parámetros para la captura de imágenes como: distancia de los objetos con respecto a la cámara, la inclinación de la cámara con respecto del suelo; así también considerar la luminosidad del ambiente para mitigar posibles errores asegurando que se mantenga la eficiencia en todas las pruebas realizadas.

Para que el proceso se evidencie de forma clara y precisa el desarrollo de la aplicación fue primordial, debido a que se presenta una interfaz amigable y de fácil uso para los usuarios.

TRABAJOS FUTUROS

Se pretende diseñar un mecanismo autónomo que controle los parámetros como, distancia, alineación, inclinación, luminosidad de los tubos PVC para capturar la imagen mejorando el rendimiento y eficiencia de CORACS.

Poder ampliar el tipo de objetos de forma circular que se puedan reconocer como varillas, rollos, llantas.



GRACIAS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA