



FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SENSORES QUE PERMITA
EL USO DE ROBOTS TRADICIONALES EN AMBIENTES COLABORATIVOS**

Línea de investigación:

INNOVACION TECNOLOGICA Y SALUD

Presentan:

RAFAEL HERNANDO SANCHEZ CAMPO

JOSE DAVID SALAS JIMENEZ

JULIO CESAR MORALES MENDOZA

ISAURA ANDREA MARTINEZ HERRERA

Profesor Tutor:

CARLOS ANDRES OCHOA PERTUZ

Trabajo de investigación

20/06/2023

**BARRANQUILLA, ATLÁNTICO
REPÚBLICA DE COLOMBIA**

Diseño e implementación de sistema de sensores que permita el uso de robots tradicionales en ambientes colaborativos

R. Sanchez*, J. Morales*, J. Salas* & I. Martínez
{jose.salas, julio.morales, rafael.sanchez,Isaura.martinez} @unisimon.edu.co

**Estudiantes de Ingeniería de sistemas*

Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.

Resumen

El proyecto es un esfuerzo para transformar el modo en que se emplean los robots industriales. El proyecto pretende superar las barreras físicas y los protocolos de seguridad que suelen separar a los robots de los trabajadores humanos, con el fin de mejorar la seguridad, la productividad y la flexibilidad laboral. Uno de los objetivos clave es convertir los robots no colaborativos en robots colaborativos. Para ello se utilizarán diversas tecnologías, como Raspberry Pi, Arduino, sensores de proximidad HW-201 y una webcam con OpenCV. Se instalarán sensores de proximidad HW-201 en los robots para detectar obstáculos y otros robots en el entorno. Esto permite a los robots evitar colisiones y trabajar con seguridad en proximidad unos de otros. Se integra una cámara web con OpenCV para obtener información visual y procesarla. Esto permite a los robots verse entre sí y a su entorno, lo que es esencial para la colaboración. También se establece una comunicación bidireccional entre la Raspberry Pi y el Arduino. Esto hace posible a los robots intercambiar datos y órdenes, lo que es necesario para la coordinación y la toma de decisiones. Además de los componentes de hardware y software, el proyecto también se centra en desarrollar algoritmos y lógica de programación que permitan a los robots colaborar eficazmente con las personas. Para ello se desarrollarán métodos de evasión de obstáculos, asignación de funciones y planificación de trayectorias. El proyecto también incluye pruebas exhaustivas para validar el rendimiento y la eficacia de los robots colaborativos en distintos escenarios y situaciones. Esto ayuda a contribuir a la seguridad y fiabilidad de los robots, y que pueden utilizarse para mejorar la productividad en diversos entornos industriales. Por último, se verifico que es factible desarrollar sistemas de sensores que permita trabajar a robots tradicionales en entornos colaborativos.

Palabras clave: *Productividad, robots industriales, seguridad.*

Abstract

The project is an effort to transform the way industrial robots are used. The project aims to overcome the physical barriers and security protocols that often separate robots from human workers, in order to improve safety, productivity and labor flexibility. One of the key goals is to convert non-collaborative robots into collaborative robots. For this, various technologies will be used, such as Raspberry Pi, Arduino, HW-201 proximity sensors and a webcam with OpenCV. HW-201 proximity sensors will be installed on the robots to detect obstacles and other robots in the environment. This allows the robots to avoid collisions and work safely in close proximity to each other. A webcam is integrated with OpenCV to obtain visual information and process it. This allows the robots to see each other and their surroundings, which is essential for collaboration. Two-way communication is also established between the Raspberry Pi and the Arduino. This makes it possible for the robots to exchange data and orders, which is necessary for coordination and decision making. In addition to hardware and software components, the project is also focused on developing algorithms and programming logic that allow robots to collaborate effectively with people. To this end, obstacle avoidance methods, assignment of functions and trajectory planning will be developed. The project also includes extensive tests to validate the performance and effectiveness of collaborative robots in different scenarios and situations. This helps contribute to the safety and reliability of robots, and they can be used to improve productivity in various industrial settings. Finally, it was verified that it is feasible to develop sensor systems that allow traditional robots to work in collaborative environments.

Keywords: *Productivity, industrial robots, safety.*

I. INTRODUCCIÓN

La transformación de robots industriales a cobots ha generado un gran interés en diversos sectores industriales debido a su capacidad para trabajar en colaboración con los seres humanos de manera segura y eficiente. Los cobots, o robots colaborativos, han revolucionado la automatización industrial al ofrecer una serie de beneficios significativos en términos de seguridad, flexibilidad y eficiencia [1] [2].

El artículo de Cai y Ruan [1] explora las aplicaciones de los cobots en la industria y destaca las diferencias clave entre los cobots y los robots industriales tradicionales. Además, el estudio resalta los beneficios de la colaboración hombre-robot en términos de seguridad y eficiencia. Por otro lado, Zhang et al. [2] presentan un marco metodológico para convertir robots industriales en cobots, abordando aspectos técnicos, de seguridad y de interacción humano-robot.

La seguridad es un aspecto crítico en la implementación de los cobots, y Giuliani et al. [3] proponen soluciones para garantizar entornos de trabajo seguros en su artículo sobre la integración de la seguridad y la colaboración en la interacción humano-robot. Además, el informe de la AIE destaca cómo los cobots han mejorado la ergonomía y la eficiencia en la industria automotriz, trabajando en colaboración con los operarios humanos [4].

Los cobots también han encontrado aplicaciones en la industria de la alimentación, como se evidencia en el estudio de caso realizado por Universal Robots [5]. En este caso, los cobots mejoraron la productividad y la seguridad laboral al trabajar junto a los empleados humanos en tareas de manipulación de alimentos.

El mercado de los cobots ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años [6]. Se espera que la demanda de cobots en sectores como la electrónica, la automoción y la alimentación siga aumentando en el futuro cercano. Esto destaca la adopción creciente de los cobots y su contribución a la optimización de los procesos productivos y la mejora de la eficiencia en las empresas.

Además, Mende et al. [7] analizan los beneficios, los desafíos y los factores de éxito asociados a la transformación de robots industriales en cobots, destacando la importancia de una planificación adecuada, la formación de los trabajadores y la adaptación de la infraestructura existente. Los cobots también han encontrado aplicaciones en la

logística y el almacenamiento, mejorando la eficiencia en la gestión de inventarios y la preparación de pedidos [8].

En términos de viabilidad económica, Markopoulos et al. [9] proponen un marco de evaluación económica para la implementación de cobots en pequeñas y medianas empresas, teniendo en cuenta los costos iniciales, los beneficios potenciales y el retorno de la inversión.

En conclusión, la transformación de robots industriales a cobots ha impulsado la colaboración entre humanos y robots en la industria, proporcionando una solución segura y eficiente para mejorar la productividad y la calidad en diferentes sectores. La investigación y el desarrollo continuos en este campo han abordado aspectos técnicos, de seguridad, aplicaciones industriales y consideraciones económicas, lo que demuestra el papel crucial que desempeñan los cobots en la automatización colaborativa de la industria.

II. ESTADOS DEL ARTE

La transformación de robots industriales en cobots ha sido objeto de un creciente interés en el campo de la robótica colaborativa. Los cobots se han destacado por su capacidad de trabajar de forma segura junto a los humanos en entornos industriales, lo que ha llevado a mejoras significativas en términos de flexibilidad, eficiencia y productividad. En un esfuerzo por comprender el panorama actual de la transformación de robots industriales a cobots, se han realizado diversas investigaciones y estudios.

El libro "Collaborative Robots in Industrial Applications: An Overview" [11] nos proporciona una visión general exhaustiva de los cobots y su aplicación en diversas industrias. Destaca cómo los cobots permiten la automatización de tareas repetitivas y peligrosas, liberando a los trabajadores para que realicen actividades más complejas y creativas. Junto a el informe de investigación que examina el crecimiento y la adopción de los cobots en diferentes sectores industriales y este destaca el impacto positivo de los cobots en la colaboración humano-robot y en la flexibilidad de la producción. [12] Además de esto, el informe técnico que proporciona información detallada sobre las capacidades y ventajas de los cobots en aplicaciones industriales específicas. Se subraya la facilidad de programación y la capacidad de adaptación de los cobots a diferentes tareas, además de su habilidad para trabajar de forma segura junto a los humanos sin necesidad de barreras físicas. [13]

Igualmente se analizan los beneficios y desafíos asociados con la transformación de robots industriales en cobots. Se destacan las ventajas de reducción de costos y mejora de la eficiencia, así como los desafíos de garantizar la seguridad y la compatibilidad con los procesos existentes. [14] Así como también la seguridad es un aspecto crucial en la transformación de robots industriales en cobots. El informe técnico "Safety Considerations in the Transformation of Industrial Robots to Cobots" [15] aborda las consideraciones de seguridad clave al implementar cobots en entornos industriales. Se discuten medidas como la implementación de sistemas de detección de colisión y la realización de evaluaciones de riesgos.

Se realiza un análisis comparativo de diferentes enfoques y tecnologías utilizadas para la transformación de robots industriales en cobots. Se examinan aspectos como la interfaz hombre-máquina, los sistemas de seguridad y las soluciones de software. [16]

Además, el whitepaper "Transforming Traditional Robotics with Cobots: A Roadmap for Implementation" [20] proporciona una guía práctica y un plan de implementación para la transformación de robots industriales en cobots utilizando la tecnología de FANUC Corporation. Se abordan aspectos como la selección de aplicaciones adecuadas, la programación colaborativa y la colaboración segura.

III. COBOTS

A. Proceso para cambiar un robot colaborativo a colaborativo

Para cambiar un robot no colaborativo a colaborativo implica realizar una serie de modificaciones y mejoras en su diseño y programación. Algunos pasos generales que se pueden seguir en este proceso son:

1. **Evaluación inicial:** Comienza por evaluar el robot existente y determinar qué características y funcionalidades necesitan ser modificadas o agregadas para que sea colaborativo. Considera factores como la interacción segura con humanos, la capacidad de trabajo en equipo y la adaptabilidad a entornos variables.

2. **Seguridad:** La seguridad es fundamental al convertir un robot no colaborativo en uno colaborativo. Asegúrate de implementar medidas de seguridad adecuadas, como sensores de proximidad, sistemas de detección de colisiones y frenado de emergencia.
3. **Diseño mecánico:** Es posible que debas modificar la estructura mecánica del robot para que sea más seguro y pueda interactuar de manera segura con humanos. Esto podría implicar la adición de superficies suaves y blandas en áreas de contacto, así como la eliminación de bordes afilados o piezas que puedan representar un riesgo para las personas.
4. **Sensores:** Agrega sensores adicionales al robot para que pueda percibir su entorno de manera más completa y precisa. Esto puede incluir cámaras, sensores táctiles, sensores de fuerza y sensores de proximidad. Estos sensores le permitirán al robot detectar y responder a la presencia de humanos y otros objetos en su entorno.
5. **Programación y control:** Revisa y actualiza el software y los algoritmos de control del robot para permitir una interacción segura y colaborativa. Esto puede incluir la implementación de algoritmos de detección de personas, planificación de trayectorias seguras y técnicas de control que permitan una respuesta más adaptable y suave.
6. **Interfaz de usuario:** Si el robot colaborativo requerirá una interacción directa con los humanos, considera la implementación de una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar. Esto permitirá a los usuarios humanos comunicarse y controlar el robot de manera efectiva.
7. **Pruebas y validación:** Antes de poner en funcionamiento el robot colaborativo, realiza

pruebas exhaustivas para garantizar que cumpla con los requisitos de seguridad y rendimiento. Esto implica probar su capacidad de interacción segura con humanos y su capacidad para realizar tareas colaborativas de manera efectiva.

B. Implementación de robot colaborativos en el ámbito laboral

La implementación de robots colaborativos en el ámbito laboral implica una cuidadosa planificación y consideración de varios aspectos. Aquí hay algunas pautas generales para implementar robots colaborativos en el entorno laboral:

1. **Identificar tareas adecuadas:** Analiza las tareas y procesos existentes en el entorno laboral y determina aquellas que podrían beneficiarse de la automatización o asistencia de un robot colaborativo. Busca tareas repetitivas, peligrosas o que requieran una interacción cercana entre humanos y máquinas.
2. **Evaluación de riesgos y seguridad:** Realiza una evaluación exhaustiva de los riesgos asociados con la implementación de robots colaborativos. Considera los posibles peligros para los trabajadores y asegúrate de implementar medidas de seguridad adecuadas, como sensores de seguridad, zonas de trabajo delimitadas y sistemas de parada de emergencia.
3. **Selección del robot adecuado:** Identifica el tipo de robot colaborativo más adecuado para las tareas específicas que se van a automatizar. Existen diferentes tipos de robots colaborativos, como los que trabajan junto a los humanos (cobots) o los que se integran en líneas de producción existentes. Considera las capacidades y características necesarias, como carga útil, alcance, precisión y

sensores requeridos.

4. **Programación y capacitación:** Los robots colaborativos generalmente requieren programación para realizar las tareas específicas. Asegúrate de contar con personal capacitado en programación de robots o colabora con expertos en robótica para desarrollar programas que se adapten a las necesidades laborales. La capacitación de los trabajadores que interactuaron con los robots también es fundamental para garantizar una operación segura y eficiente.
5. **Integración en el flujo de trabajo:** Planifica cuidadosamente cómo se integrarán los robots colaborativos en el flujo de trabajo existente. Asegúrate de que haya suficiente espacio y recursos para la operación segura de los robots. Considera aspectos como la logística de movimiento de materiales, la comunicación con otros equipos y la coordinación con los trabajadores humanos.
6. **Pruebas y ajustes:** Antes de implementar completamente los robots colaborativos, realiza pruebas piloto y ajustes para garantizar su rendimiento y eficiencia. Evalúa su capacidad para realizar las tareas asignadas de manera precisa y segura, y realiza los ajustes necesarios en la programación y configuración.
7. **Monitoreo y mejora continua:** Una vez que los robots colaborativos estén en funcionamiento, establece un sistema de monitoreo para supervisar su desempeño y recopilar datos relevantes. Utiliza estos datos para identificar áreas de mejora, optimizar los procesos y maximizar los beneficios de la implementación de los robots colaborativos.

C. Modelos de Cobots

Existen varios modelos de robots colaborativos en el mercado, cada uno con características y capacidades específicas. Aquí tienes algunos ejemplos comunes de modelos de robots colaborativos:

- **Universal Robots UR series:** Universal Robots ofrece una serie de robots colaborativos (cobots) ampliamente utilizados en diversos entornos laborales. Sus modelos UR3, UR5 y UR10 tienen diferentes capacidades de carga útil y alcance, lo que los hace adecuados para una variedad de aplicaciones.



- **Rethink Robotics Sawyer:** Sawyer es un cobot desarrollado por Rethink Robotics. Es conocido por su diseño compacto y su capacidad para realizar tareas precisas y delicadas. Sawyer cuenta con varios sensores y una interfaz de usuario intuitiva para una fácil programación y colaboración con los humanos.



- **ABB YuMi:** YuMi, fabricado por ABB, es un cobot diseñado para trabajar en estrecha colaboración con los humanos. Destaca por su destreza y precisión en tareas como ensamblaje y manipulación de objetos. YuMi tiene dos brazos y está equipado con sensores

de seguridad avanzados.



- **Fanuc CR series:** La serie CR de Fanuc comprende una variedad de cobots diseñados para adaptarse a diferentes aplicaciones industriales. Estos cobots ofrecen capacidades de carga útil y alcance variables y cuentan con tecnologías de seguridad avanzadas, como sensores de fuerza y visión artificial.



- **KUKA LBR iiwa:** El robot LBR iiwa de KUKA es conocido por su sensibilidad y capacidad de colaboración cercana con los humanos. Está equipado con sensores de torque en todas sus articulaciones, lo que le permite detectar y responder a la presión ejercida por los humanos y ajustar su movimiento en consecuencia.



Estos son solo algunos ejemplos de modelos de robots colaborativos disponibles en el mercado. Cada uno de ellos tiene características únicas y se adapta a diferentes aplicaciones y requisitos laborales. Es importante investigar y evaluar detenidamente las opciones disponibles para encontrar el modelo que mejor se ajuste a las necesidades específicas de cada entorno laboral.

IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1. Definición de objetivos:

1. Objetivo principal:

- Transformar robots no colaborativos en robots colaborativos utilizando tecnología de Raspberry Pi, Arduino, sensores de proximidad HW-201 y una cámara web con OpenCV.

2. Objetivos específicos:

- Implementar sensores de proximidad HW-201 en los robots para detectar obstáculos y otros robots en el entorno.

- Integrar una cámara web con OpenCV para obtener información visual y procesarla para la colaboración entre los robots.

- Establecer comunicación bidireccional entre la Raspberry Pi y el Arduino para permitir el intercambio de datos y comandos entre ellos.

- Desarrollar algoritmos y lógica de programación que permitan a los robots colaborar, coordinar acciones y tomar decisiones en equipo.

- Mejorar la capacidad de los robots para evadir obstáculos de manera colaborativa, ya sea mediante la comunicación, asignación de roles o cálculo de rutas eficientes.

- Realizar pruebas exhaustivas para validar el funcionamiento y la eficacia de los robots colaborativos en diferentes escenarios y situaciones.

- Documentar y proporcionar instrucciones claras para que otros puedan replicar el proyecto y comprender cómo convertir robots no colaborativos en colaborativos utilizando los componentes mencionados.

Configuración del hardware: Conecta la Raspberry Pi y el Arduino según las instrucciones del fabricante. Asegúrate de tener los controladores necesarios para la cámara web y los sensores de proximidad HW-201.

Programación del Arduino: Utiliza el entorno de desarrollo de Arduino para programar el Arduino. Implementa el código necesario para leer los datos de los sensores de proximidad HW-201 y enviarlos a la Raspberry Pi a través de la comunicación serial. Define los comportamientos individuales de cada robot.

Programación de Raspberry Pi: Utiliza el lenguaje de programación Python y la biblioteca OpenCV para programar la Raspberry Pi. Crea un programa que capture las imágenes de la cámara web y utilice algoritmos de visión por computadora para procesarlas y detectar obstáculos u otros robots colaborativos en el entorno.

Comunicación entre Raspberry Pi y Arduino: Implementa un protocolo de comunicación entre la Raspberry Pi y el Arduino, utilizando la comunicación serial u otro método de tu elección. Asegúrate de establecer una comunicación bidireccional para enviar comandos y recibir información entre ambos dispositivos.

Coordinación y toma de decisiones: Desarrolla un algoritmo en Raspberry Pi que permita a los robots colaborar y coordinar sus acciones. Esto podría implicar compartir información sobre obstáculos detectados, calcular rutas eficientes, asignar roles y tareas específicas, y tomar decisiones colaborativas.

Pruebas y ajustes: Realiza pruebas exhaustivas del sistema para verificar el comportamiento colaborativo de los robots. A medida que encuentres problemas o áreas de mejora, realiza ajustes en el código y en la configuración de hardware para optimizar la colaboración entre los robots.

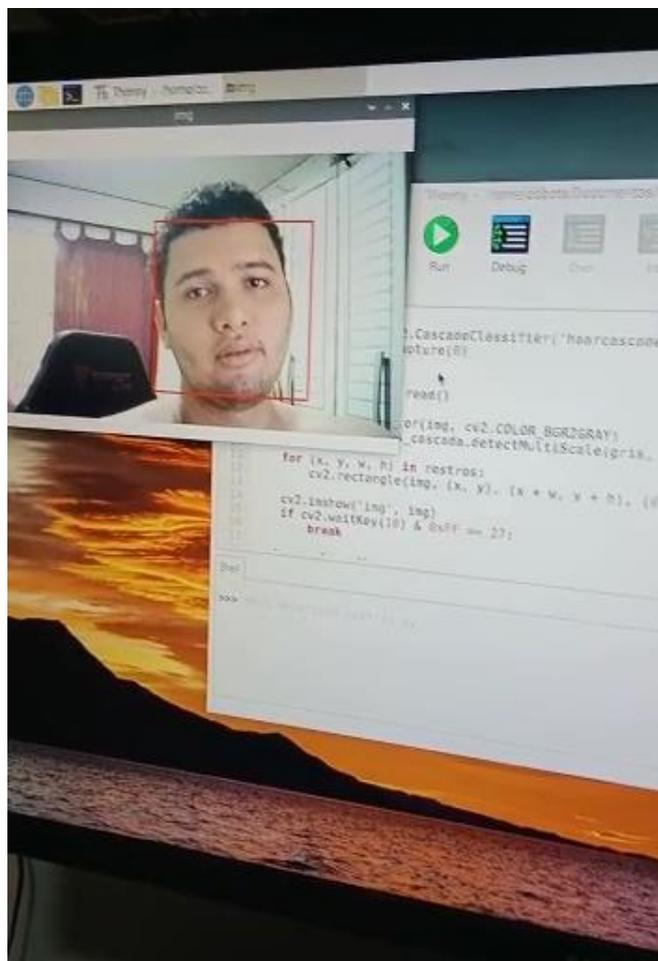
Implementación final: Una vez que el sistema esté funcionando correctamente, realiza la implementación final del proyecto. Documenta todo el proceso y proporciona instrucciones claras para que otros puedan replicar tu proyecto.

V. RESULTADOS

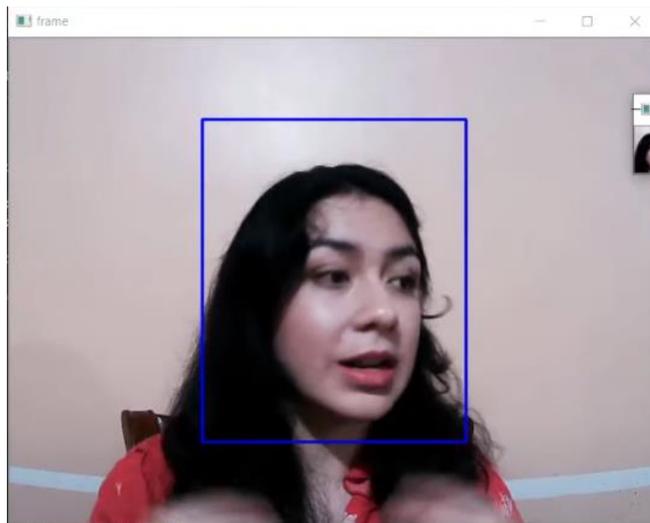
Montaje y programación de la fotodetección en OpenCV.

Luego de entrenar con rostros humanos el opencv se puso a prueba para ver si realizaba un reconocimiento con pocas posibilidades de fallo y así ver si era suficiente el entrenamiento realizado, en este proceso se usó el método Haar Cascade, se trabajó en escalas de grises para usar menos recursos y trabajar ágilmente.

A continuación podemos observar el funcionamiento de la fotodetección del entrenamiento con Haar Cascade:

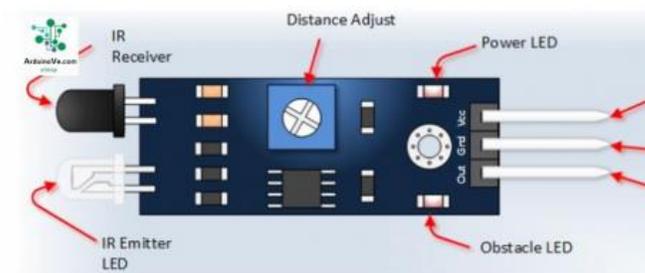


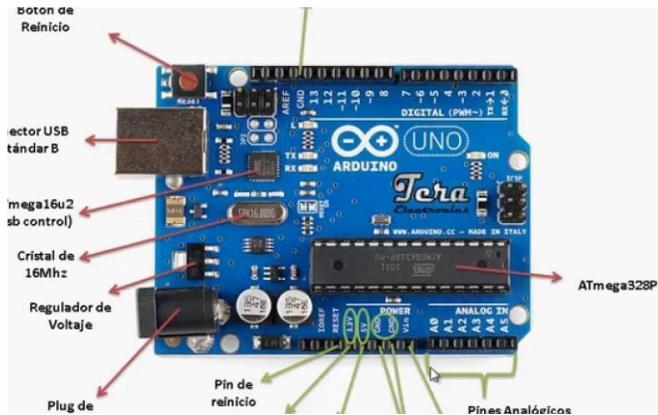
Como podemos observar detecta perfectamente a la persona o personas que se encuentren frente del lente y esta detección se apoya de los otros sensores infrarrojos.



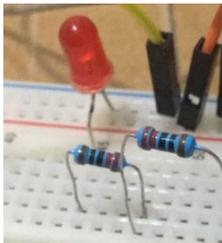
Montaje de los sensores en el Arduino.

En el montaje de los sensores se usó cables macho hembra para conectar los sensores a una protoboard usando los cables macho y hembra, se pone en los cuatro sensores conexiones hembras, al colocar el cable hembra en VCC (alimentación), a continuación se pondrá en la protoboard en una de las ranuras positivas su otra extremidad el cable macho hembra, después al colocarse el cable hembra de al GND(tierra) se coloca su otro extremo en la ranura negativa del protoboard y por último el OUT(salida) que la otra extremidad se le coloca directamente al Arduino, los cables macho hembra se colocaran en secuencia en la protoboard sin embargo el cable colocado en Out se colocaran en los pines del Arduino del 11 al 8.



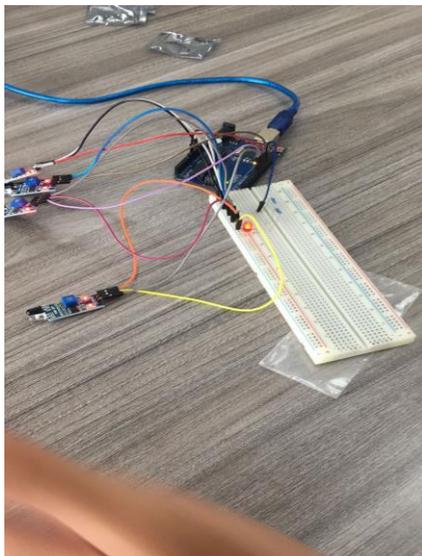


Luego de completar el proceso anterior, procedemos a montar un LED junto con dos resistencias de color azul en la protoboard. Estos componentes se conectan directamente al Arduino utilizando un cable macho-macho.

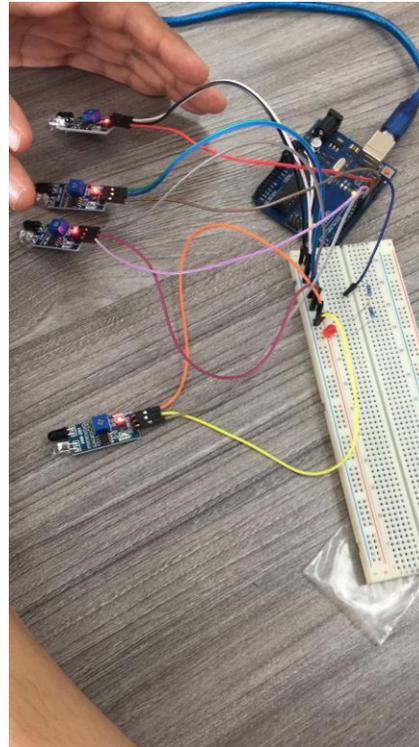


Resultados del montaje.

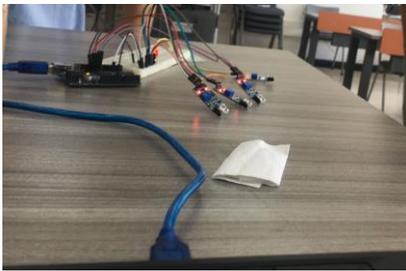
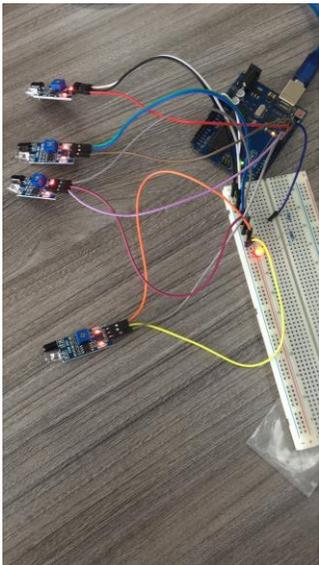
Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente quisimos utilizar sensores en el arduino con el fin de que cuando una persona esté cerca los sensores se activarán haciendo que se apague el foco derecho de los sensores mostraremos unas imágenes donde no se tiene ningún obstáculo en frente del sensor



Como se puede notar los focos están encendidos incluyendo el led pero veremos lo que pasa cuando tienen un obstáculo frente a ellos.



Los focos mencionados se apagan demostrando que lo que queríamos conseguir funcionó, mostraremos diferentes imágenes demostrando el funcionamiento del proyecto en otros ángulos.



Código utilizado en Arduino para los sensores.

Código utilizado en Arduino UNO

```
void setup()
{
  pinMode(12, OUTPUT); // SALIDA IED ROJO

  pinMode(8, INPUT);

  pinMode(9, INPUT);

  pinMode(10, INPUT);

  pinMode(11, INPUT);

  pinMode(7, INPUT);

  //pinMode(pin, mode);
}

void loop()
```

```
{

  //digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);

  //delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)

  //digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);

  //delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)

  if ((digitalRead(8)==LOW || digitalRead(9)==LOW
||digitalRead(10)==LOW || digitalRead(11)==LOW ||
digitalRead(7)==HIGH ))

  {

    // do stuff if the condition is true

    digitalWrite(12, HIGH);

  }

else

{

  digitalWrite(12, LOW);

}

}
```

Código utilizado para opencv:

```
import cv2

import RPi.GPIO as GPIO

# Configuración de pines GPIO

GPIO.setmode(GPIO.BCM)

GPIO.setup(17, GPIO.OUT) # Elige el pin GPIO que desees
utilizar

# Cargar el clasificador preentrenado
```

```

face_cascade =
cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml') #
Cambia la ruta al archivo .xml correspondiente a tu clasificador

```

```

# Inicializar la cámara

```

```

cap = cv2.VideoCapture(0)

```

```

while True:

```

```

    # Capturar frame por frame

```

```

    ret, frame = cap.read()

```

```

    # Convertir a escala de grises

```

```

    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

```

```

    # Detectar rostros en la imagen

```

```

    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)

```

```

    # Si se detecta un rostro, enviar una señal

```

```

    if len(faces) > 0:

```

```

        GPIO.output(17, GPIO.HIGH) # Enciende el pin GPIO

```

```

        # Realizar otras acciones si se desea

```

```

        GPIO.output(17, GPIO.LOW) # Apaga el pin GPIO

```

```

    # Mostrar el resultado

```

```

    cv2.imshow('Detección de objetos', frame)

```

```

    # Salir si se presiona la tecla 'q'

```

```

    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):

```

```

        break

```

```

# Liberar recursos

```

```

cap.release()

```

```

cv2.destroyAllWindows()

```

```

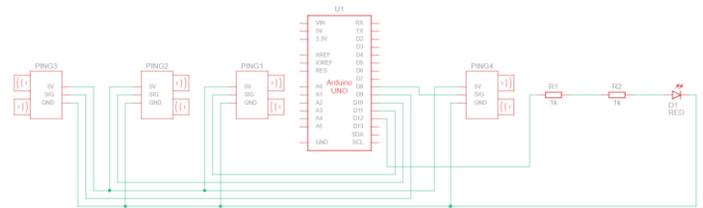
GPIO.cleanup()

```

VI. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

Diagrama esquemático de los sensores:

Imagen completa



En este link puedes ver mejor la imagen:

<https://drive.google.com/file/d/1WC0GwaWwELquSQbIergYQxm-9173mMeT/view?usp=sharing>

Diagrama esquemático del Raspberry con la webcam:

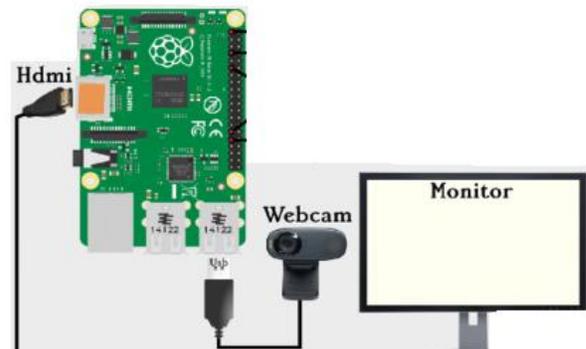
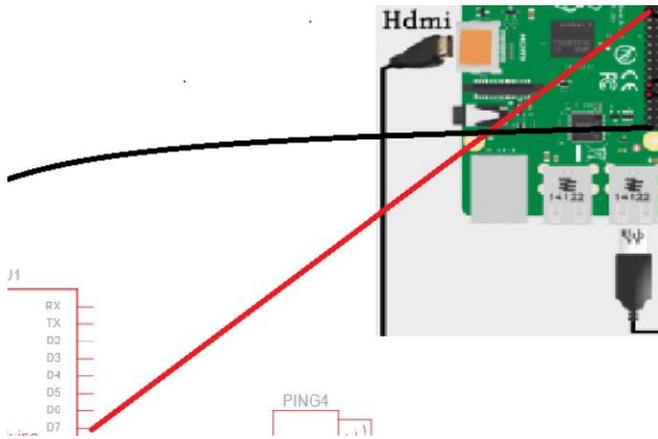


Diagrama de la conexión entre el arduino y el raspberry:

Conexión del raspberry en el GPIO 17 al pin 7 del arduino



Conexión de puerto tierra del raspberry pi a puerto tierra del arduino

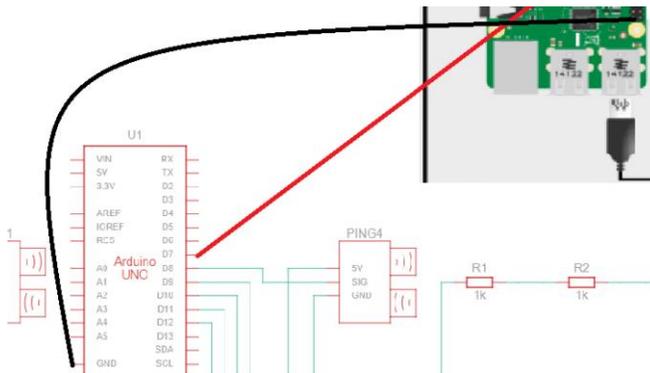
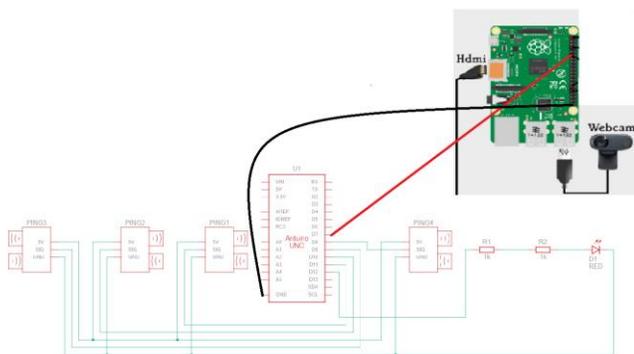
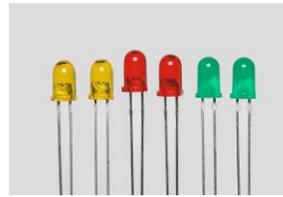


Imagen completa



VII. MATERIALES

Leds:



Es un elemento capaz de recibir una corriente eléctrica moderada y emitir una radiación electromagnética transformada en luz.

Resistencias:



Resistencia azul se utilizan para marcar las resistencias no inflamables y las resistencias fusibles

Sensores de proximidad:

Es un tipo de sensor que detecta la presencia o proximidad de objetos cercanos sin necesidad de entrar en contacto físico con ellos. Estos sensores pueden detectar objetos a través de diversos medios, como la detección de cambios en el campo electromagnético, la emisión y recepción de ondas ultrasónicas o la detección de cambios en la luz reflejada.



Los sensores de proximidad implementados se llaman HW-201

está conformado por un LED emisor infrarrojo y un fotodiodo receptor sensible a la intensidad de luz

Cuando el módulo detecta un obstáculo al frente, el LED verde se enciende y el puerto / Pin OUT emite una salida de señal / corriente baja, puede detectar la presencia de obstáculos entre 2 y 30 cm.

Arduino:

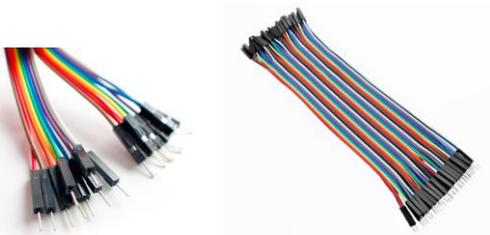
Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.



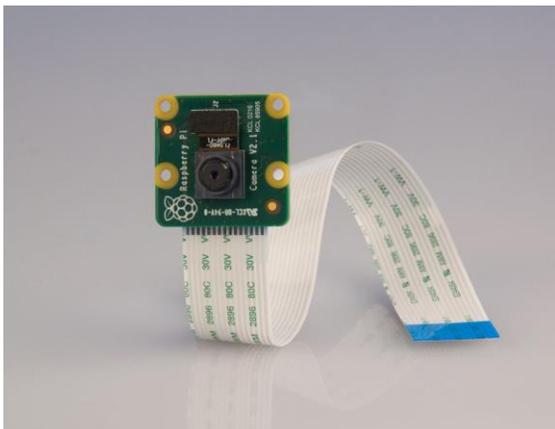
Arduino UNO es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usados con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB ó con un transformador AC-DC

Cables:

Cable macho hembra y el cable macho macho son usados en el tablero protoboard haciendo posible la conexión de dos elementos, uno ingresado en dicho tablero y el extremo opuesto al sensor



Cámara web o para Raspberry Pi:



Esta pequeña pero potente cámara ofrece a los usuarios la capacidad de capturar imágenes y videos de alta calidad, convirtiendo sus proyectos en experiencias visuales.

Con su resolución ajustable y su capacidad para grabar a velocidades de hasta 60 cuadros por segundo, la cámara Raspberry Pi es ideal tanto para aplicaciones de fotografía estática como para proyectos que requieren imágenes en movimiento fluidas.

Raspberry Pi:



Es una computadora de placa única de bajo costo y tamaño compacto que ha revolucionado el mundo de la tecnología. Diseñada para ser accesible y versátil, la Raspberry Pi ha abierto las puertas a innumerables proyectos creativos, desde la programación y la electrónica hasta la robótica y la domótica.

En este caso se implementó con su propio sistema del fabricante con base linux llamado “Raspberry Pi OS (raspbian)” y así tener un rápido funcionamiento.

Fuente de poder para Raspberry Pi:



Es un componente esencial para garantizar un suministro de energía estable y confiable a esta placa de computadora de placa única. Diseñada específicamente para satisfacer las necesidades de la Raspberry Pi, esta fuente de poder asegura un funcionamiento

óptimo y protege el sistema contra fluctuaciones de voltaje o cortes de energía.

Memoria micro SD de rápida velocidad clase 10:



Es un dispositivo de almacenamiento compacto y eficiente que ofrece un rendimiento óptimo para diversas aplicaciones. Diseñada para satisfacer las necesidades de transferencia de datos rápidas y confiables, esta memoria micro SD es ideal para su uso en dispositivos móviles, cámaras, drones, consolas de videojuegos y, por supuesto, en la popular placa Raspberry Pi.

En este caso se usó para almacenar el sistema nombrado anteriormente del mismo fabricante de la Raspberry Pi, llamado Raspbian.

○ CONCLUSIONES

La transición de robots no colaborativos a robots colaborativos en el ámbito industrial se presenta como una respuesta innovadora a los desafíos actuales de eficiencia y seguridad en el entorno laboral. La adopción de sistemas de sensores avanzados en los robots colaborativos permite una interacción más segura y fluida con los trabajadores humanos. Estos sensores pueden detectar de manera precisa y oportuna las fuerzas de sobreactuación, lo que ayuda a prevenir colisiones y lesiones, salvaguardando así la integridad física de los operarios.

El uso de la herramienta openCV junto con una cámara para identificar el rostro de las personas representa otro avance importante en la implementación de robots colaborativos. Esta

técnica permite al robot reconocer y seguir los movimientos faciales de los trabajadores, lo que brinda una mayor capacidad para detectar la proximidad de las personas. Cuando un humano se acerca demasiado, el robot puede ajustar su velocidad, cambiar de trayectoria o detenerse por completo, evitando cualquier posible accidente o incidente no deseado.

La metodología propuesta para esta investigación se caracteriza por su enfoque claro y detallado. Reconociendo las habilidades y capacidades complementarias de los humanos y los robots, se fomenta una colaboración estrecha entre ambos actores. Esta colaboración permite aprovechar las ventajas de la inteligencia humana y la precisión robótica, generando una sinergia que potencia la eficiencia en las tareas realizadas. La asignación adecuada de responsabilidades y la comunicación efectiva entre humanos y robots son elementos clave en esta metodología, lo que garantiza una coordinación fluida y un logro óptimo de los objetivos establecidos.

La implementación de robots colaborativos en el ámbito industrial conlleva importantes beneficios. En términos de productividad, estos robots pueden realizar tareas repetitivas y tediosas de manera más rápida y precisa, liberando así a los trabajadores humanos para actividades más estratégicas y creativas. Además, la seguridad laboral se ve mejorada significativamente, ya que los robots colaborativos están diseñados para operar en entornos compartidos con humanos, minimizando los riesgos de lesiones y accidentes. La calidad de los productos o servicios ofrecidos también se ve favorecida, ya que la colaboración entre humanos y robots garantiza una mayor precisión y consistencia en los procesos de producción y fabricación.

En resumen, la propuesta de investigación presentada en el documento ofrece una sólida fundamentación para abordar el desafío de la transición de robots no colaborativos a robots colaborativos en el ámbito industrial. Al combinar sistemas de sensores avanzados, tecnologías de reconocimiento facial y una metodología de colaboración efectiva, se establecen las bases para una implementación exitosa de robots

colaborativos en entornos laborales. Estos avances tienen el potencial de impulsar mejoras significativas en eficiencia, seguridad y calidad, beneficiando tanto a las empresas como a los trabajadores involucrados en dichos entornos.

Referencias

- [1] Cai, Y., & Ruan, Q. (2021). Collaborative Robots and Their Applications in Industry. In Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 1-5). IEEE.
- [2] Zhang, T., et al. (2019). A Framework for the Conversion of Industrial Robots to Collaborative Robots. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 16(1), 163-175.
- [3] Giuliani, M., et al. (2017). Integrating Safety and Collaboration in Human-Robot Co-Working. IEEE Robotics and Automation Letters, 2(2), 796-803.
- [4] International Energy Agency (IEA). (Year). Human-Robot Collaboration in the Automotive Industry. [Online].
- [5] Universal Robots. (Year). Transformation of Industrial Robots into Collaborative Robots: Case Study in the Food Production Industry. [Online].
- [6] Mordor Intelligence. (Year). Collaborative Robots Market - Growth, Trends, and Forecast (2021 - 2026). [Online].
- [7] Mende, F., et al. (2022). Transformation of Industrial Robots into Collaborative Robots: Benefits, Challenges, and Success Factors. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS) (pp. 1-6). IEEE.
- [8] Robotic Industries Association (RIA). (Year). Safety Considerations for Collaborative Robotics. [Online].
- [9] Gupta, B., et al. (2020). Collaborative Robots in Logistics: A Comprehensive Review. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 17(3), 1395-1410.
- [10] Markopoulos, P., et al. (2021). A Framework for Assessing the Economic Viability of Cobots in Small and Medium-Sized Enterprises. In Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 1-6). IEEE.
- [11] "Collaborative Robots in Industrial Applications: An Overview" - Libro por Goran Trajkovski y Aleksandar Risteski.
- [12] "The Rise of Cobots: A Guide to Collaborative Robots" - Informe de investigación de ABI Research.
- [13] "Cobotics: Collaborative Robotics in Industrial Applications" - Informe técnico por Universal Robots.
- [14] "Advantages and Challenges of Transforming Industrial Robots into Cobots" - Artículo de blog por RoboDK.
- [15] "Safety Considerations in the Transformation of Industrial Robots to Cobots" - Informe técnico por National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- [16] "Transforming Industrial Robots into Cobots: A Comparative Study" - Tesis de maestría por Lisa Johansson.
- [17] Patil, S., & Nagahanumaiah. (2019). Collaborative robots: a new era of automation in manufacturing. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Dr-Shridhar-Patil-2/publication/333621490_Collaborative_Robots_A_New_Era_of_Automation_in_Manufacturing/links/5d3e4bb0299bf1020ba38753/Collaborative-Robots-A-New-Era-of-Automation-in-Manufacturing.pdf
- [18] Goebels, A., & Pesch, A. (2019). Human-robot collaboration in industrial applications: a review. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-03495-7>
- [19] Yang, Q., Zhang, Z., & Sun, W. (2020). A review of human-robot collaboration in industry: focus on the safety of workers. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705819349032>
- [20] "Transforming Traditional Robotics with Cobots: A Roadmap for Implementation" - Whitepaper por FANUC Corporation.