



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## Ingeniería Mecatrónica

### DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

#### CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE SEGURIDAD POR VIDEOVIGILANCIA AUTOMÁTICO DENTRO DE UN ÁREA EXTERNA RESTRINGIDA, UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA BÚSQUEDA, RECONOCIMIENTO, SEGUIMIENTO Y NEUTRALIZACIÓN DE PERSONAS.”**

**YORDI WLADIMIR FIGUEROA VINCES  
LUIS NOE ARIAS TOASA**

**TUTOR: ING. Darío Mendoza.**





## INTRODUCCIÓN

La videovigilancia es utilizada para vigilar el tráfico de drogas, delincuencia, control de accidentes, búsqueda de personas desaparecidas y monitorear a los vehículos en peajes, calles, avenidas etc.



## ANTECEDENTES

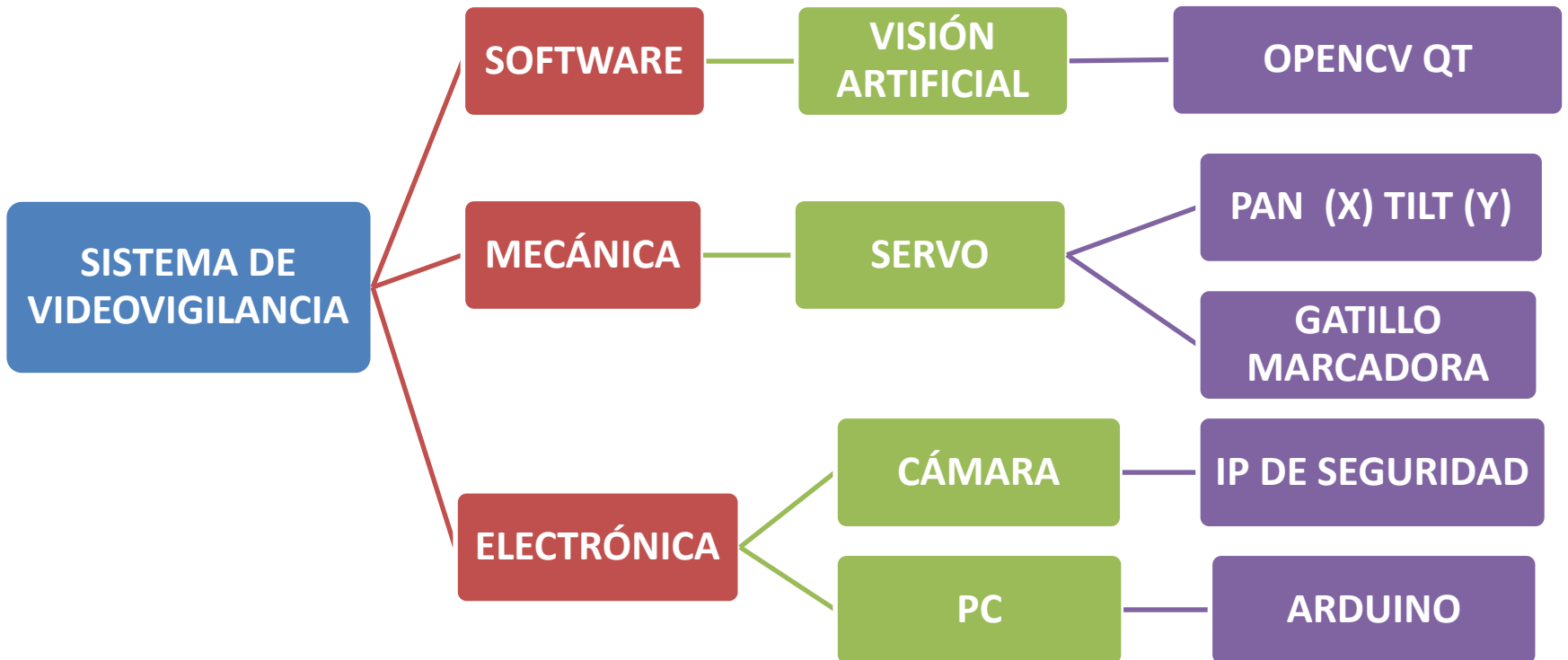
Existen proyectos de videovigilancia que tienen la funcionalidad de grabar video, tomar fotografías y administrar alertas en ciertas áreas establecidas.



El Ecu911, el sistema de videovigilancia para el Ecuador, tiene alrededor de más de 2450 cámaras ubicadas.



# DESCRIPCIÓN RESUMIDA





### Objetivo general

- Diseñar e implementar un prototipo de sistema de seguridad por video vigilancia automático dentro de un área externa restringida, utilizando visión artificial para la búsqueda, reconocimiento, seguimiento y neutralización de personas.

### Objetivos específicos

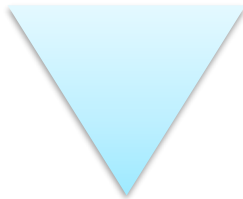
- Recopilar información acerca de la videovigilancia, tratamiento digital de imágenes, y búsqueda de elementos necesarios para realizar el proyecto.
- Diseñar un algoritmo que permita el reconocimiento de personas y seguimiento de personas (TRACKING).
- Diseñar un mecanismo para el movimiento del sistema de video vigilancia.
- Comprobar el funcionamiento de programa con el sistema de video vigilancia.
- Calibrar y ajustar el sistema.
- Realizar pruebas de funcionamiento.





Tiene un área de supervisión con una longitud de 70 metros como máximo.

Capacidad de poder neutralizar a la persona detectada.



Funcionamiento en el mañana, tarde y noche.



Algoritmo robusto ante diferentes condiciones de luz externa





# CÁMARA DE VIDEOGILANCIA

Cámara Domo IR PTZ DS-2AE4123TI-D 720P D-WDR



Rango IR mínimo  
70 metros (visión  
nocturna).

Comunicación IP.

Funcionamiento  
continuo

Resolución y  
ZOOM óptico.



## MARCADORA

### Tippmann 98 Custom



Disparo (*mínimo* semi-automático *máximo* automático).

Mecanismo de disparo de la marcadora

Tipo de Balas

Disponibilidad





## ANÁLISIS DE ESFUEZOS DE EJES

### Tensión máxima de Von Mises

- La teoría dice que un material dúctil comienza a ceder en una posición cuando la tensión de Von Mises es mayor o igual al límite de tensión

### Factor de seguridad

- es utilizado en el diseño de piezas con la finalidad de considerar los casos que pueden ocurrir cuando las fuerzas reales actúen sobre una pieza

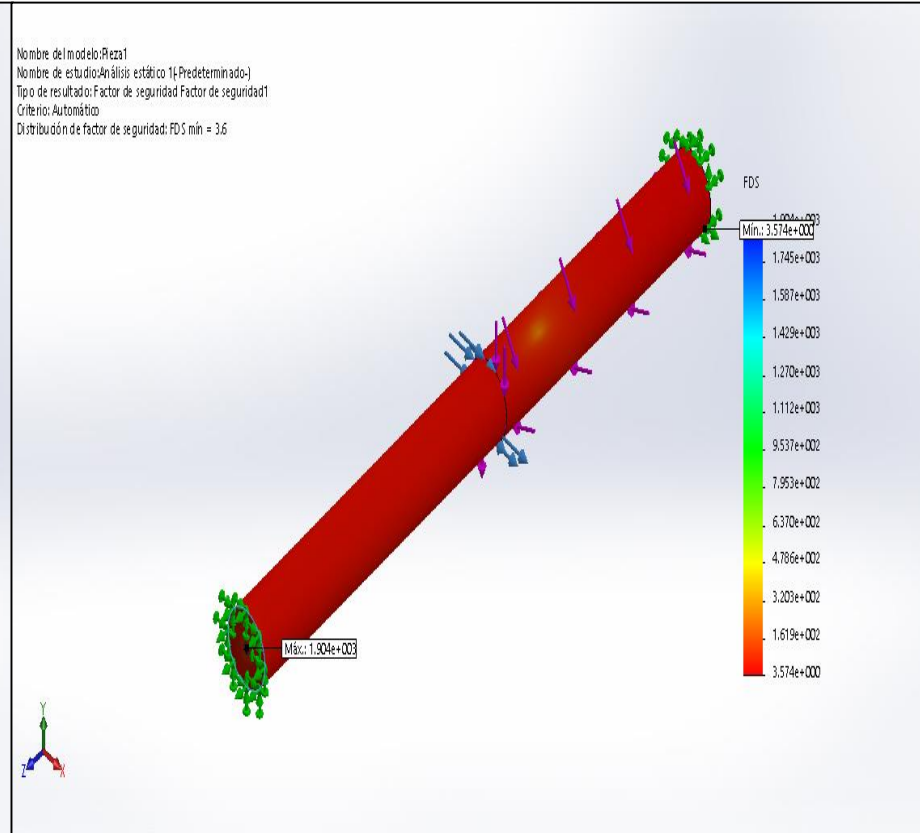
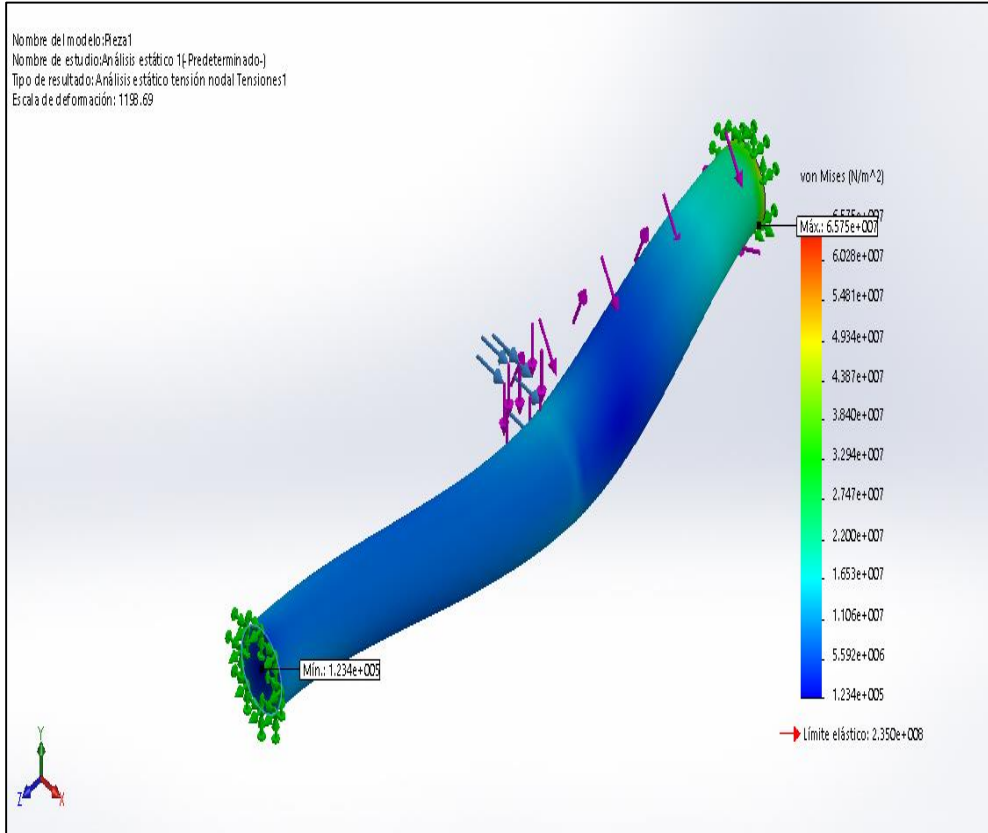
Según (Mott, Diseño de elementos de máquinas., 2006) para que el diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza en todos los datos se tiene  $F_s = 2$  a  $2.5$ .





## 235Mpa (AISI 1018 acero de transmisión)

### EJE SISTEMA PAN



$$\sigma' < \sigma_d$$

$$65.75MPa < 235MPa$$

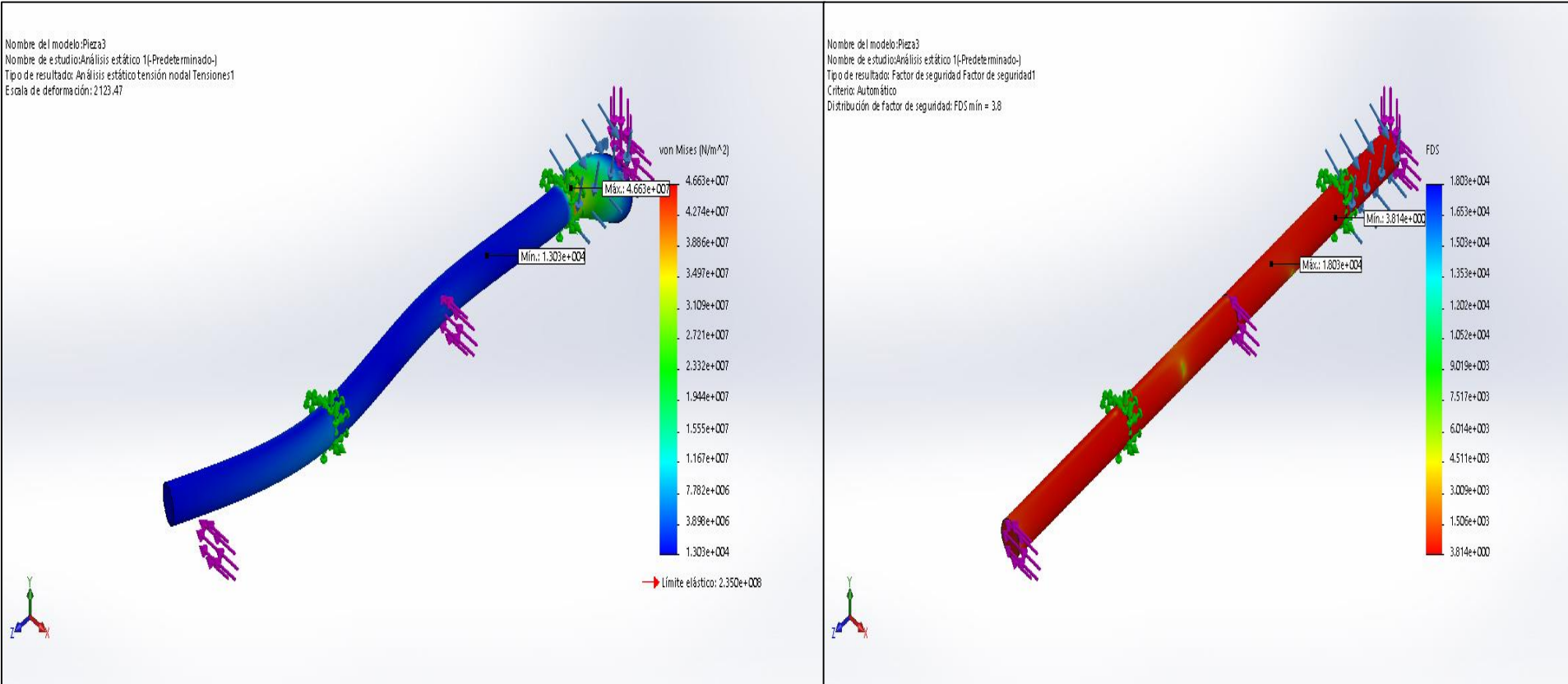
$$FS_{min} = 3.6$$





235Mpa (AISI 1018 acero de transmisión)

## EJE SISTEMA TILT



$$\sigma' < \sigma_d$$

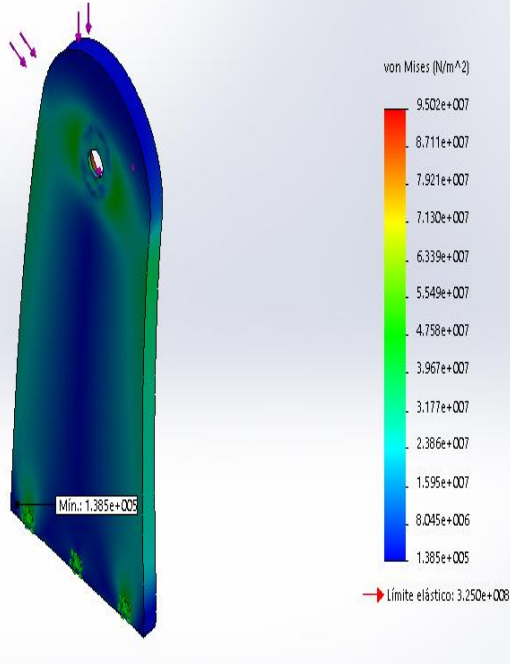
$$46.63\text{MPa} < 235\text{MPa}$$

$$FS_{min} = 3.8$$

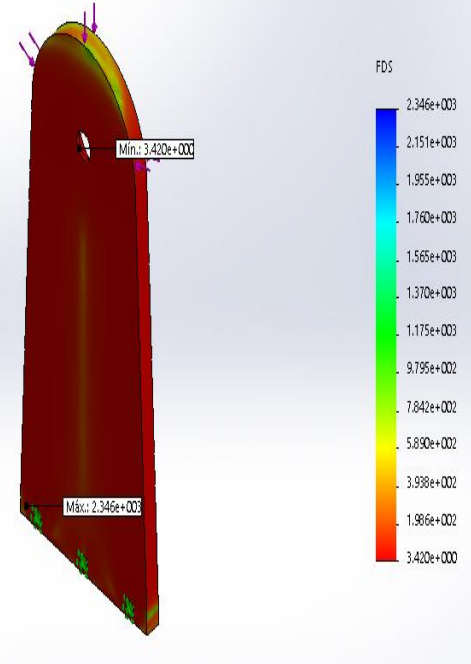
## 325Mpa (duraluminio 7021)

### BRAZO

Nombre del modelo: brazo1  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensionest  
Escala de deformación: 97.6835



Nombre del modelo: brazo1  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 3.4

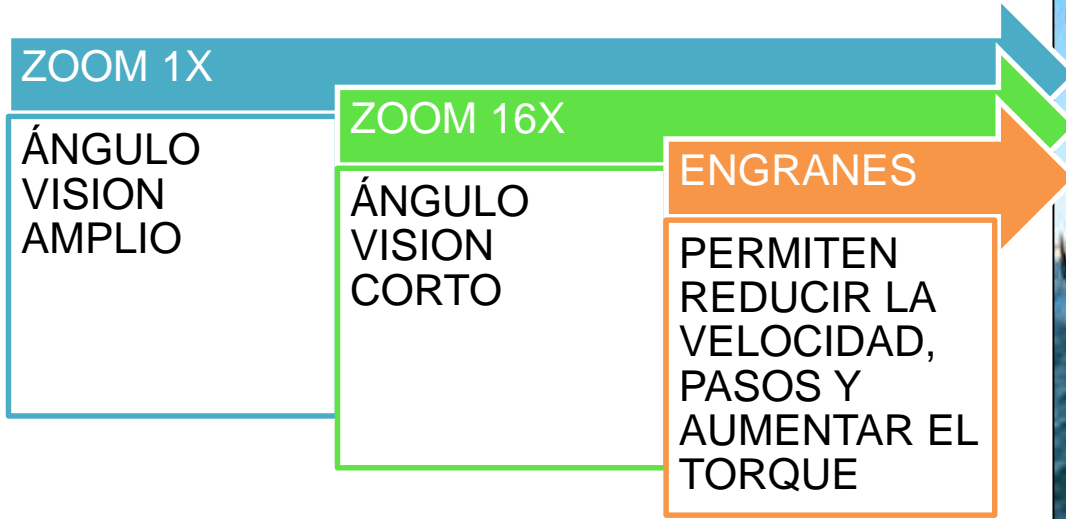


$$\sigma' < \sigma_d$$

$$95.02MPa < 325MPa$$

$$FS_{min} = 3.4$$

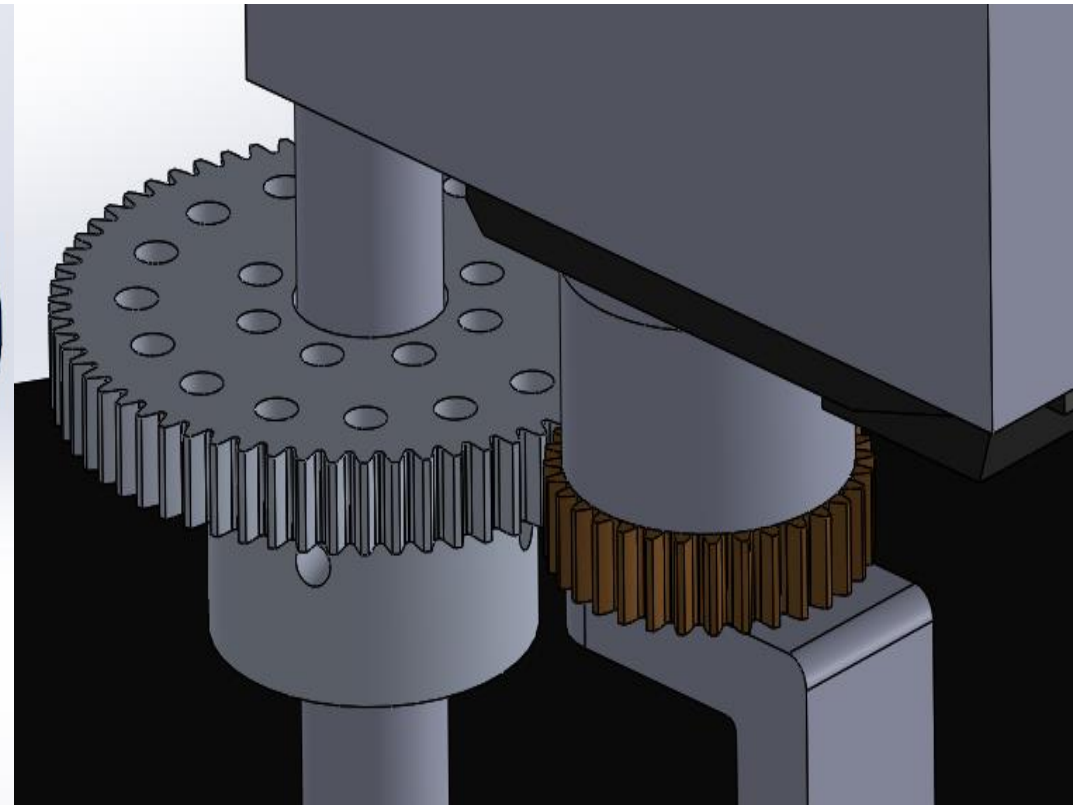
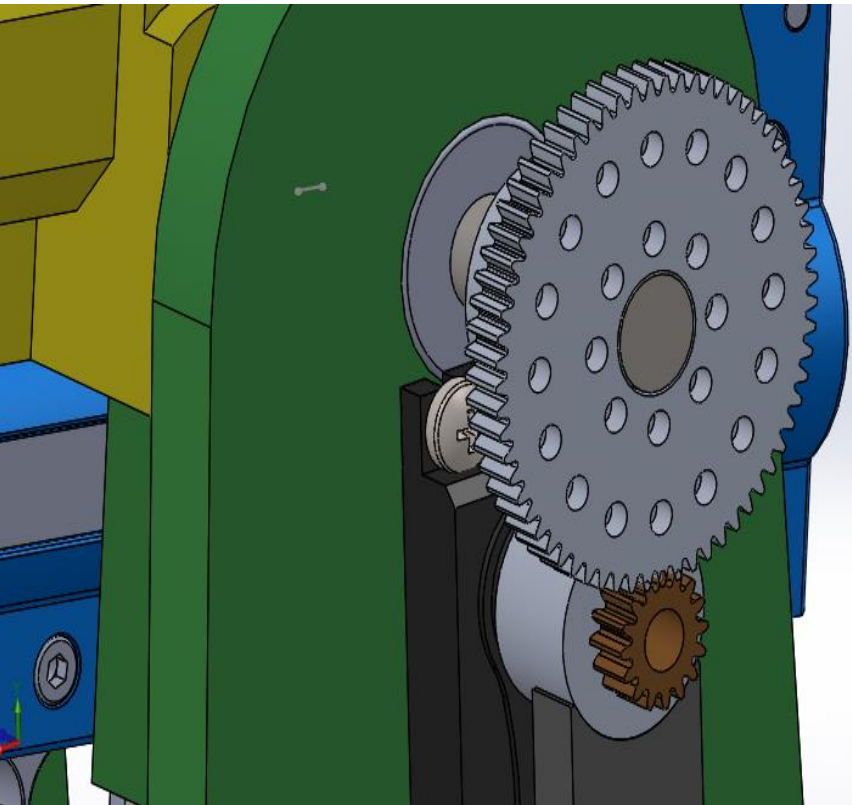
## CONTROL PAN (X) TILT (Y)



	Precisión inicial	Relación	Precisión final	Movimiento angular total
<b>PAN</b>	1°/paso	2:1	0.5°/ paso	90°
<b>TILT</b>	1°/paso	4:1	0.25°/paso	45°

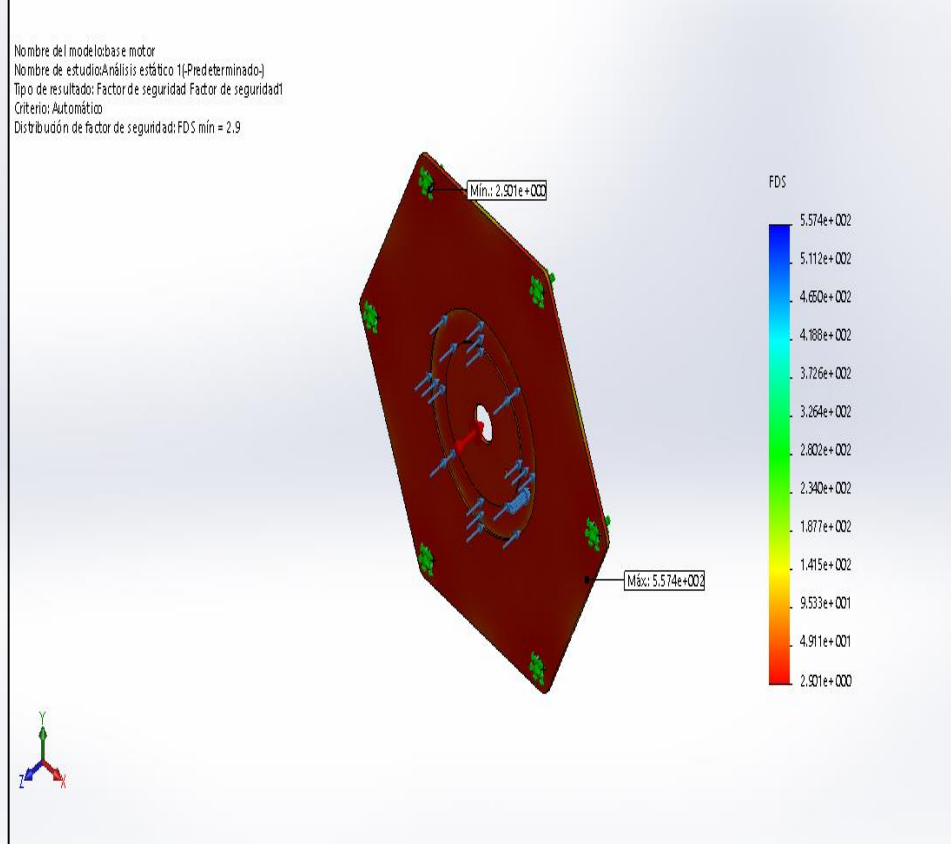
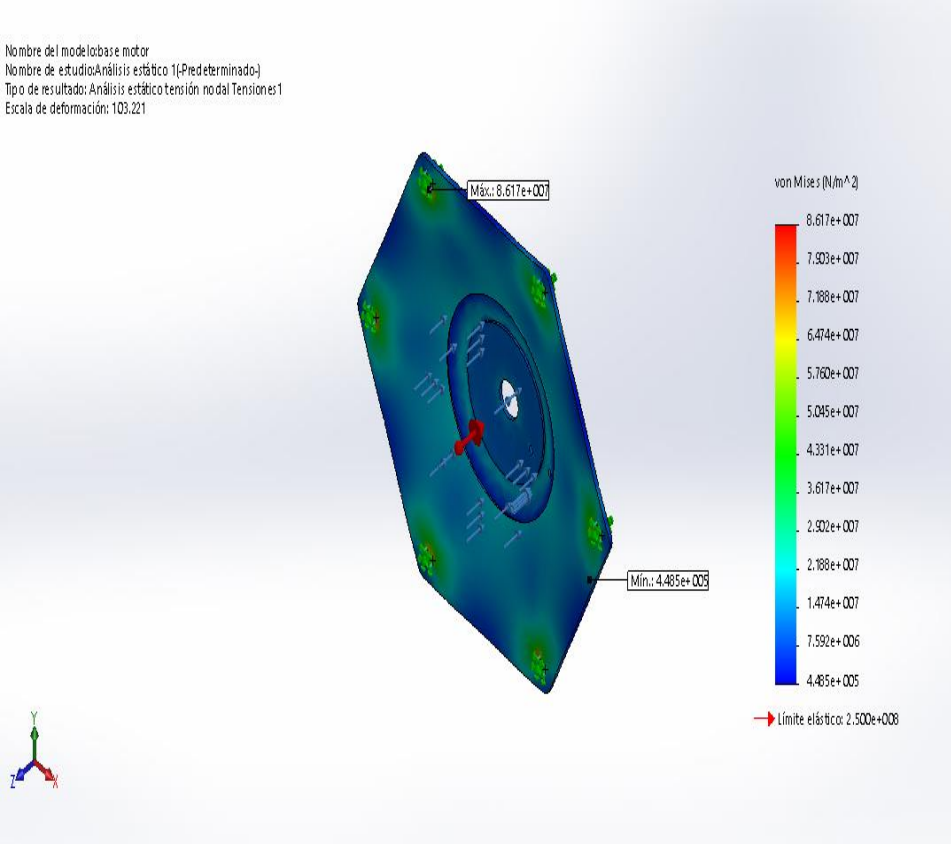


# CONTROL PAN (X) TILT (Y)



250Mpa (ASTM A36)

## BRAZO

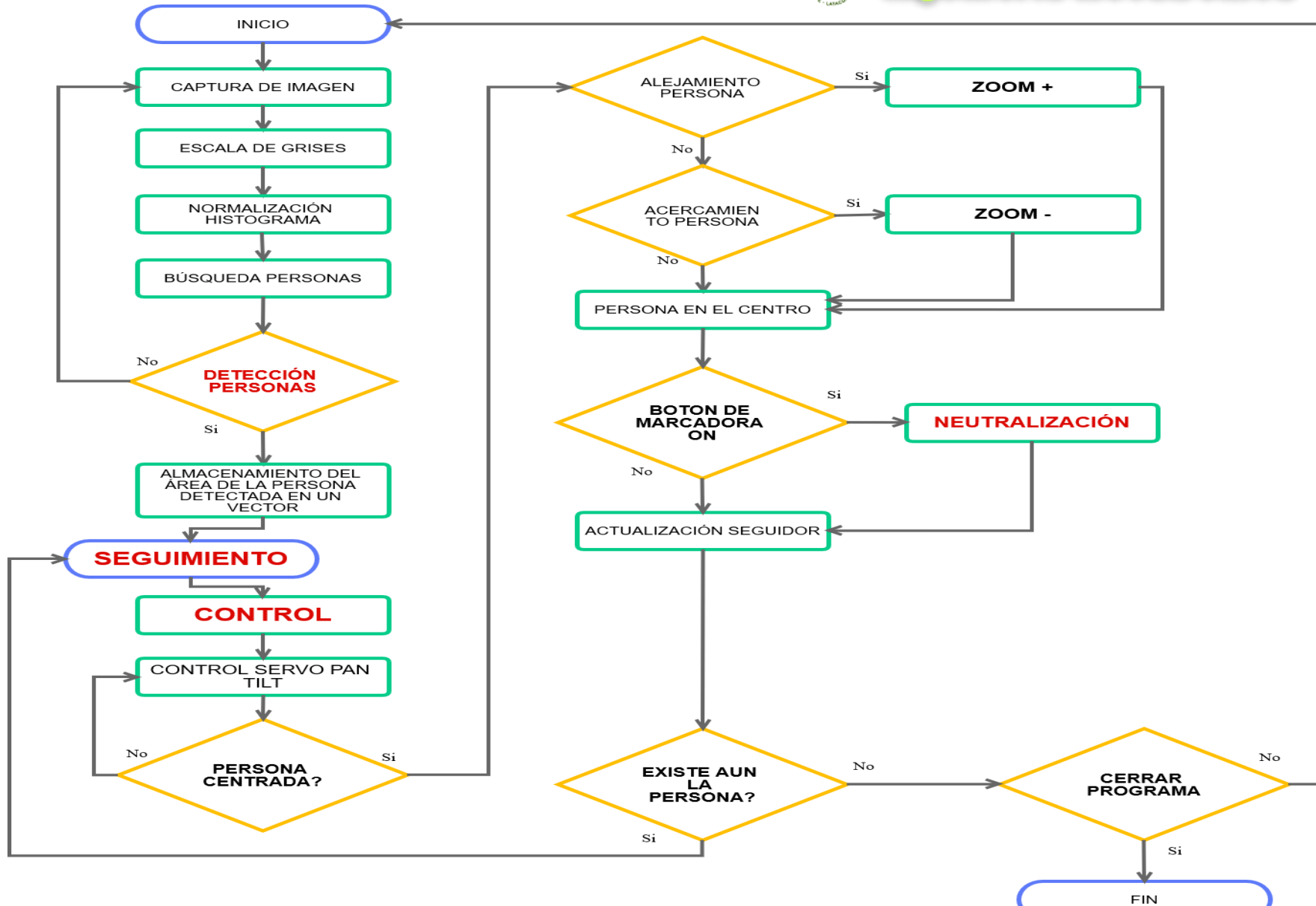


$$\sigma' < \sigma_d$$

$$86.17MPa < 250MPa$$

$$FS_{min} = 2.9$$

# FUNCIONAMIENTO DE ALGORITMO







## DETECCIÓN DE PERSONAS.

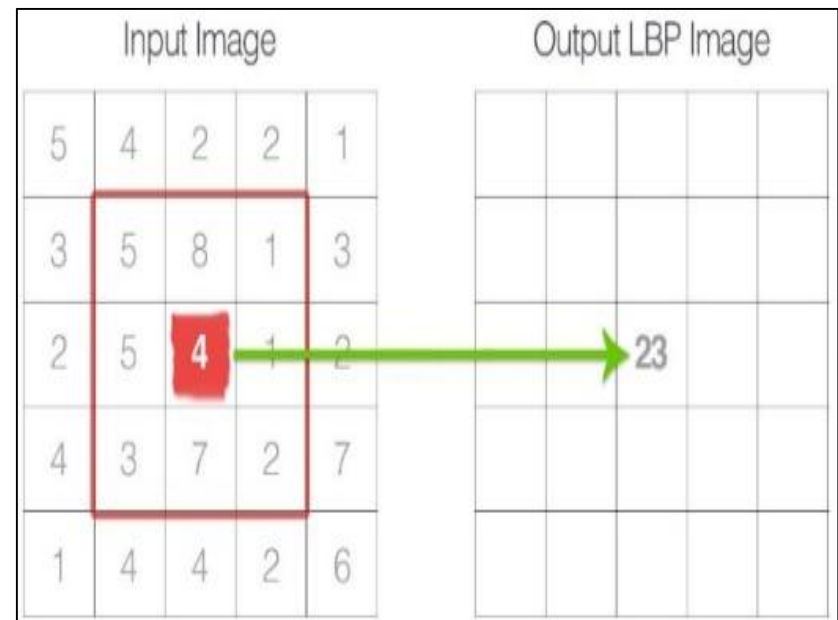
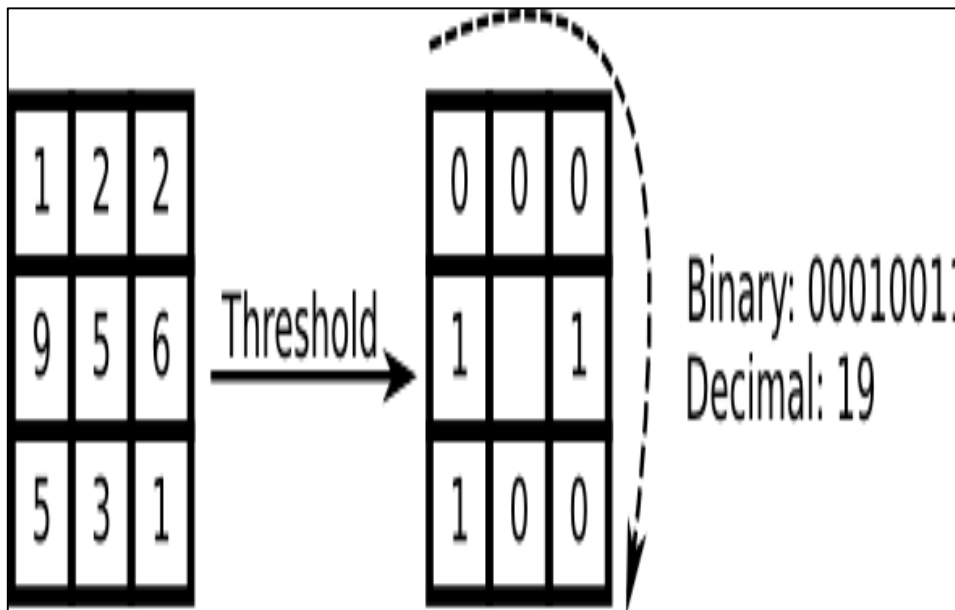
- **Robusto.** La detección de personas debe superar las diferentes condiciones ambientales y de luz, con una tasa de detección alta positiva.
- **Tiempo real.** Detección de personas en vivo. Es decir, a la misma hora y al mismo tiempo que se visualiza el video.
- **Detección de personas.** Diferenciación dentro de una imagen cuando es un ser humano o persona.
- Ya que la cámara IP tiene diferentes parámetros a controlar se requiere un costo computacional muy elevado.



## LOCAL PATTERNS BINARY (LBP)

- Los LBP (Local Binary Patterns) son descriptores de textura, estos se construyen comparando cada píxel con su vecindad de píxeles.

$$LBP(X_c, Y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} 2^p s(i_p - i_c) \quad s(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{else } x < 0 \end{cases}$$

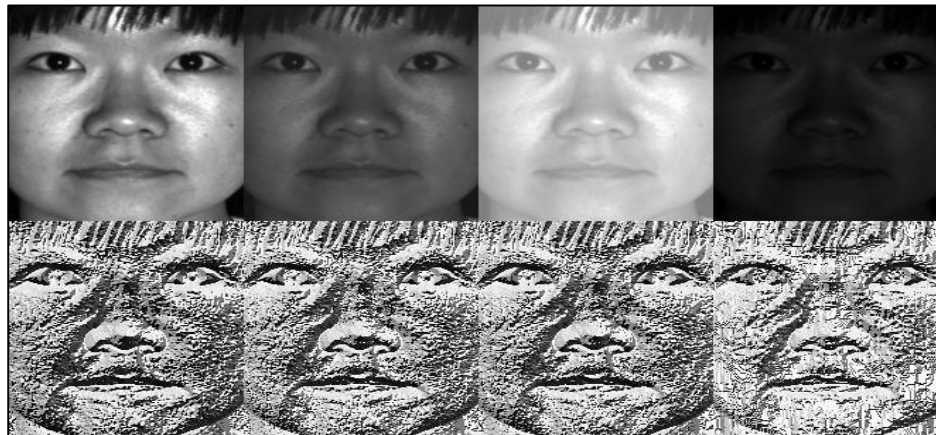
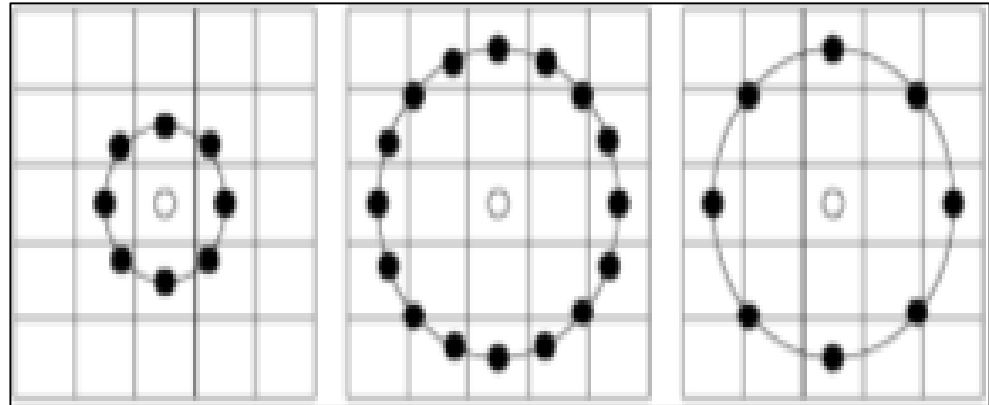


## LOCAL PATTERNS BINARY (LBP)

- El descriptor LBP es robusto frente a transformaciones de escalas de grises.

$$x_p = x_c + R \cos\left(\frac{2\pi p}{P}\right)$$

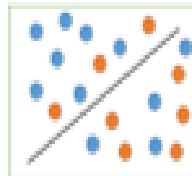
$$y_p = y_c - R \sin\left(\frac{2\pi p}{P}\right)$$



## ADABOOST Y CLASIFICADORES EN CASCADA

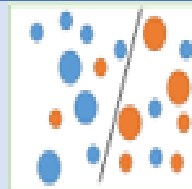
- AdaBoost propone entrenar los clasificadores sencillos de manera iterativa.

CLASIFICADOR DEBIL 1



La línea negra representa el clasificador débil

CLASIFICADOR DEBIL 2



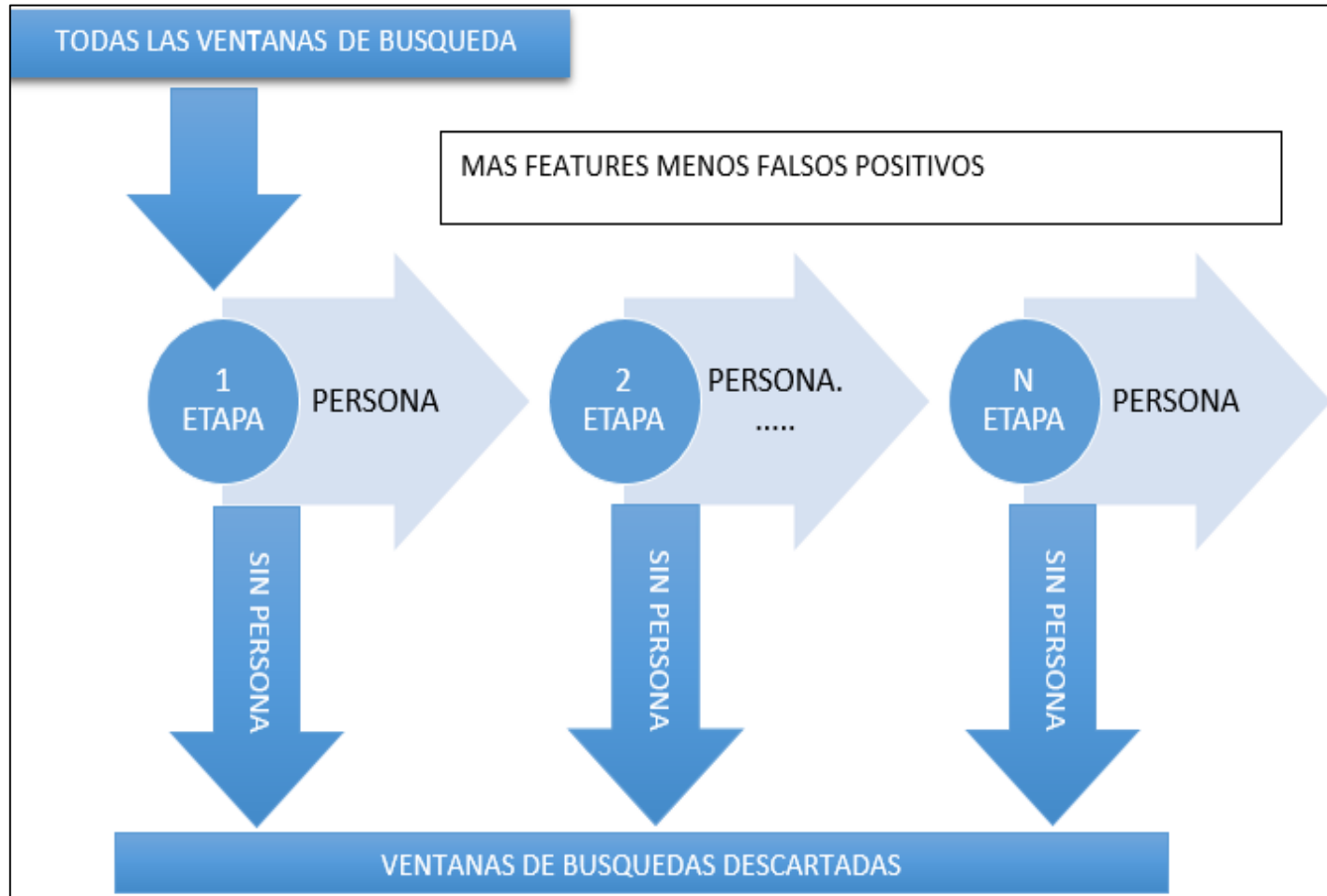
En la segunda iteración se puede observar que los pesos aumentan

CLASIFICADOR DEBIL 3



Un clasificador final es la unión de los clasificadores débiles.

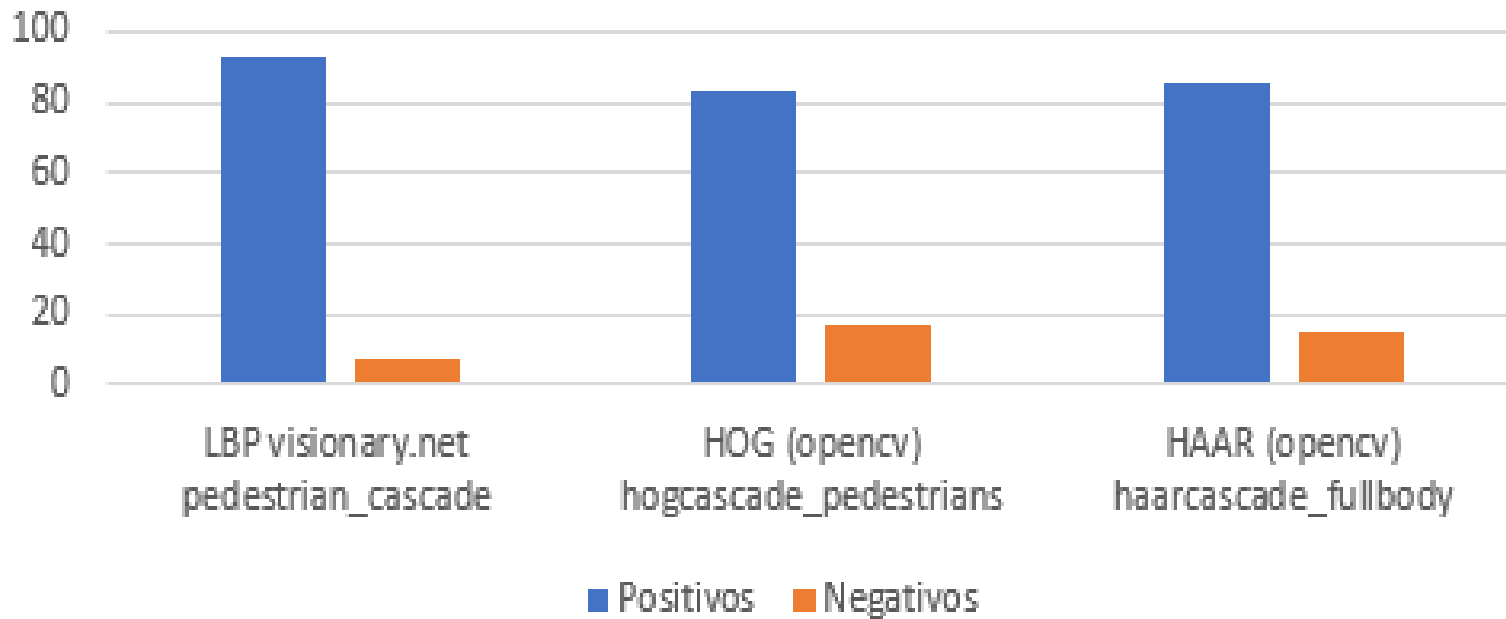
## ADABOOST Y CLASIFICADORES EN CASCADA





# EFFECTIVIDAD DE SEGUIDORES DE OPENCV Y TERCEROS

Total pruebas 100



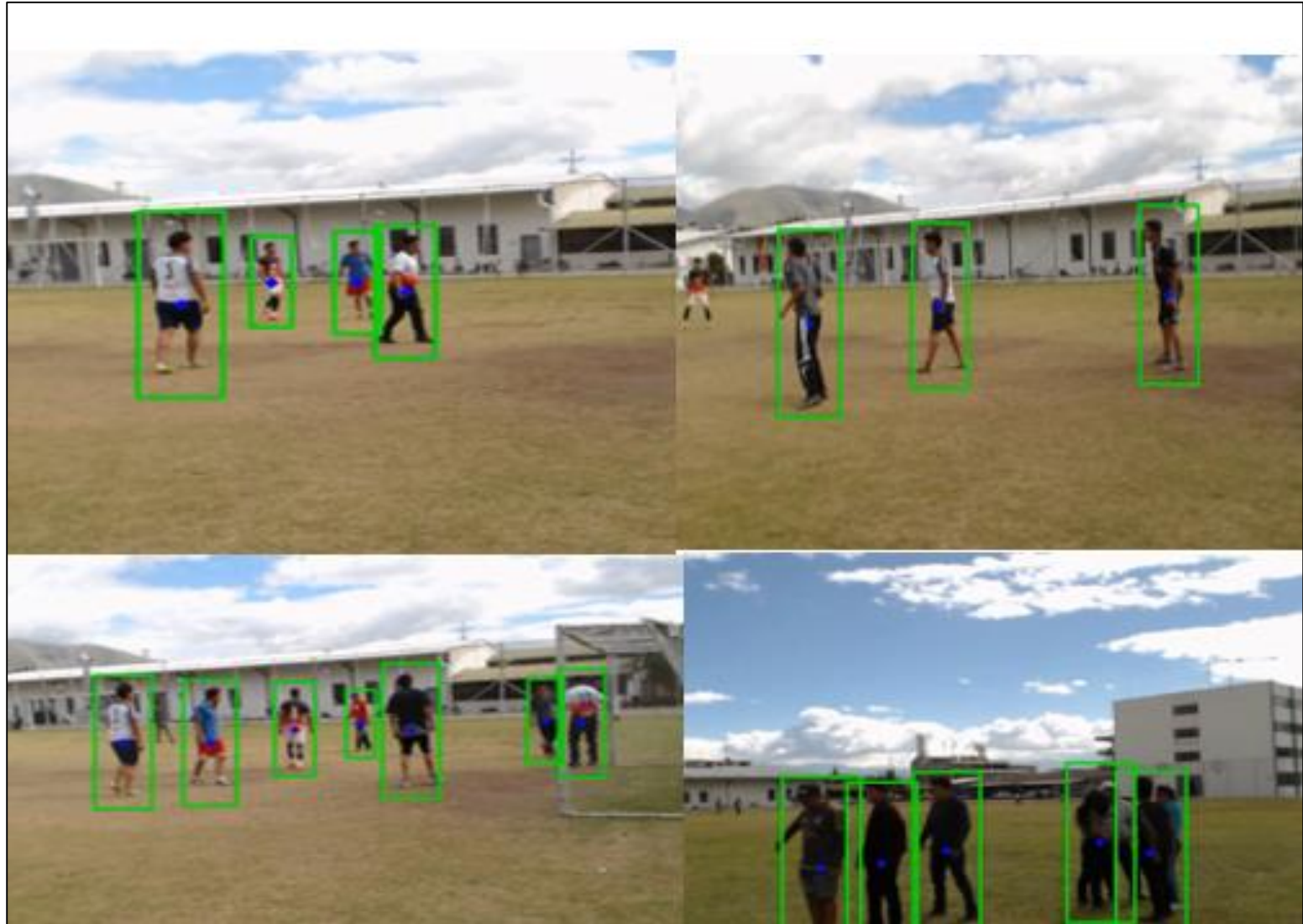


## PRUEBAS DE DETECCIÓN NOCTURNAS





## PRUEBAS DE DETECCIÓN EN EL DÍA









## SEGUIMIENTO DE PERSONAS.

El algoritmo de seguimiento capta la información de los detectores, crear un modelo de movimiento, que fundamentalmente es ubicación y dirección, así se puede predecir la nueva ubicación del objeto.

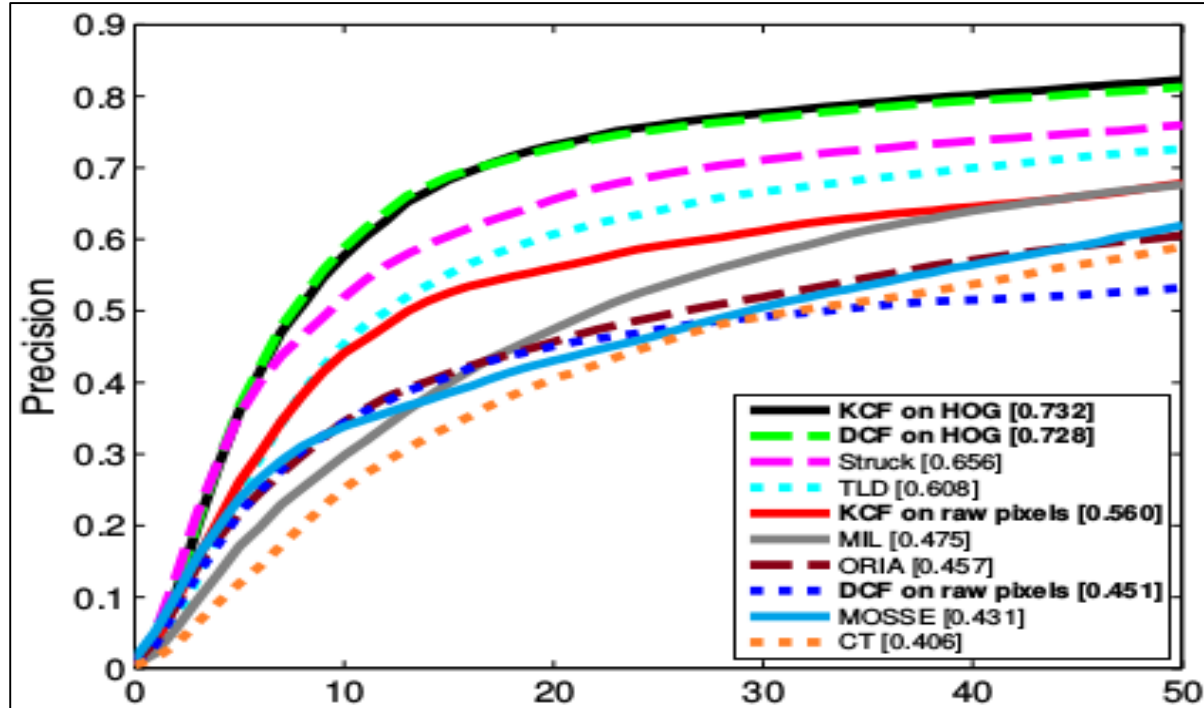
**Seguimiento es más rápido que la detección.**

**Seguimiento puede ayudar cuando falla la detección.**



## SEGUIMIENTO DE PERSONAS.

El seguimiento se realiza a través del algoritmo KCF Kernelized Correlation Filters (Filtros de Correlación Kernalizados) ya que tiene mejores resultados en comparación con los otros seguidores de OpenCV 3.



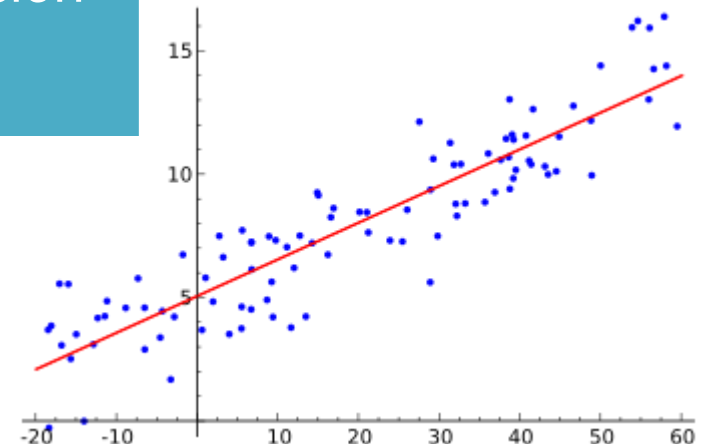
## KCF Kernelized Correlation Filters

Utilizan ecuaciones de regresión

al reducir el almacenamiento reduce el costo computacional

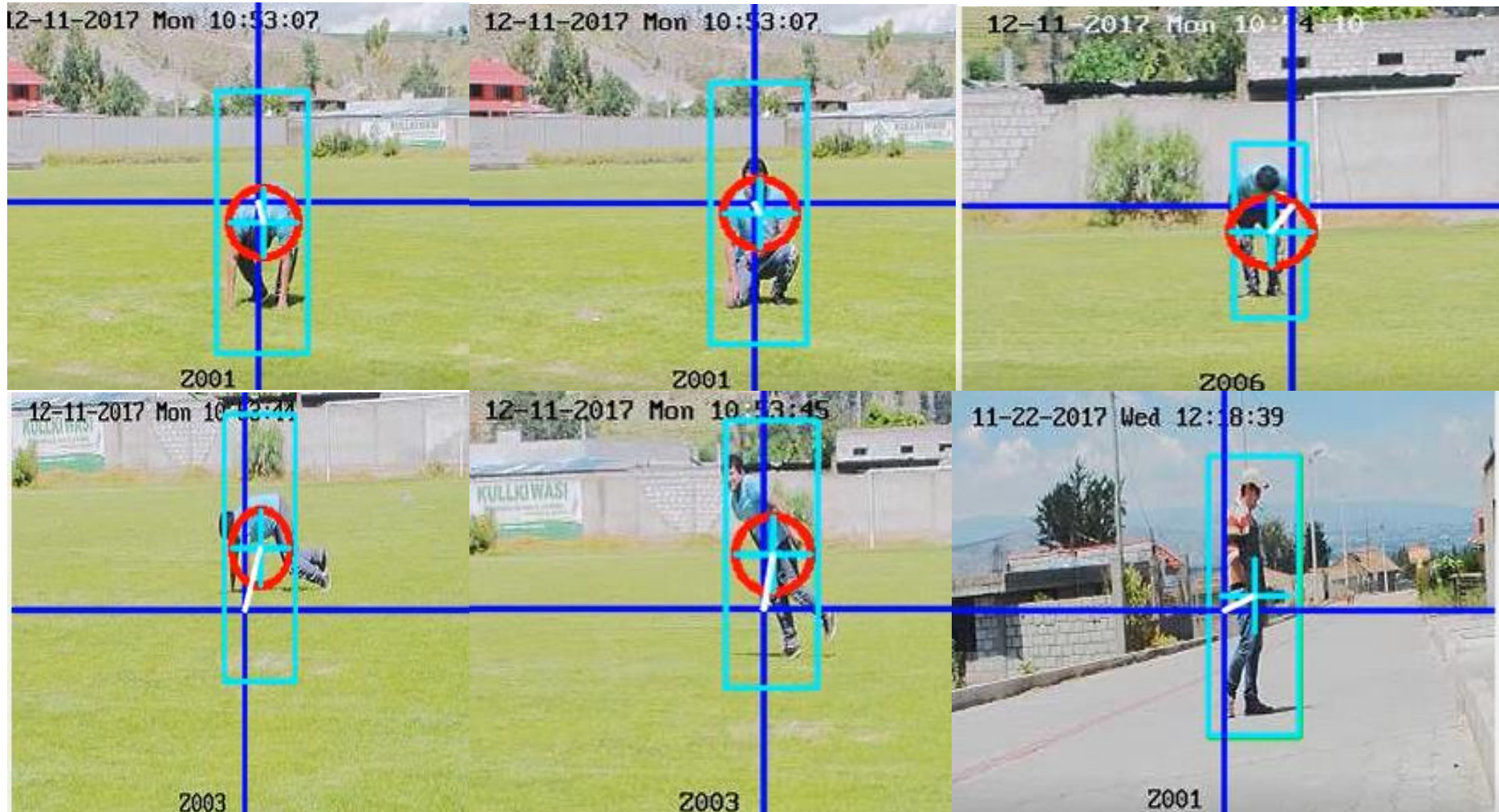
Las regresiones lineales tienen la capacidad de predecir el movimiento en una dirección

análisis de una regresión no lineal como una regresión lineal



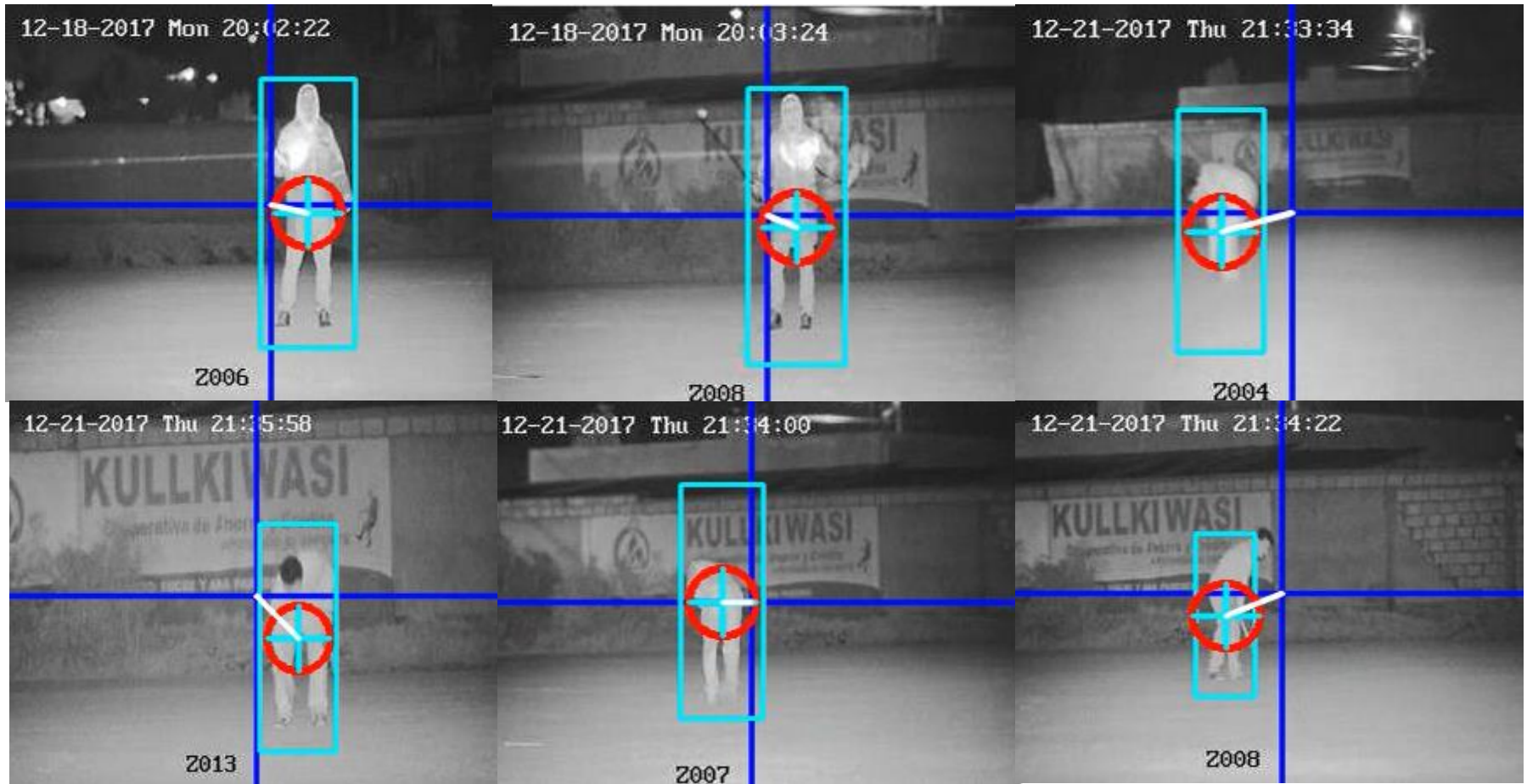


## Seguimiento en diferentes posiciones en el día



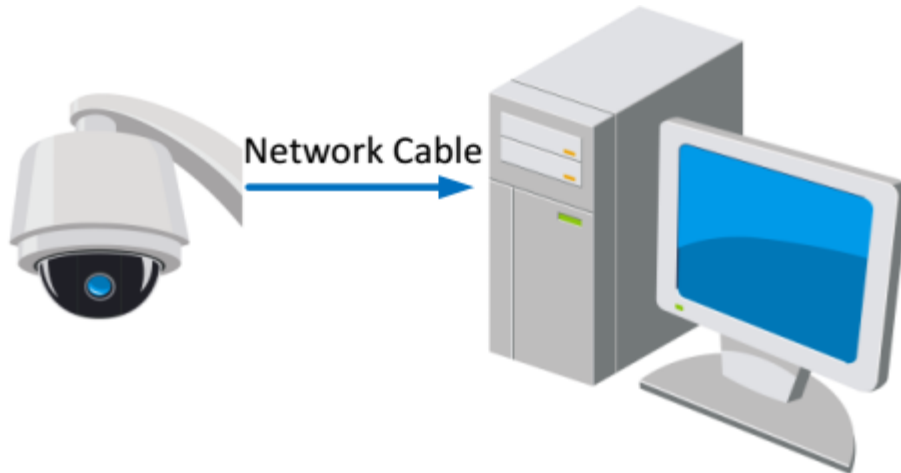


## Seguimiento en diferentes posiciones en la noche



## ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN DE LA CÁMARA IP

El protocolo por el cual se puede visualizar el video de la cámara en OpenCV es mediante RTSP (protocolo de transmisión en tiempo real).



Tiene similitud en sintaxis al HTTP  
(protocolo de transferencia de  
hipertexto).



Debe tener un estado de conexión.

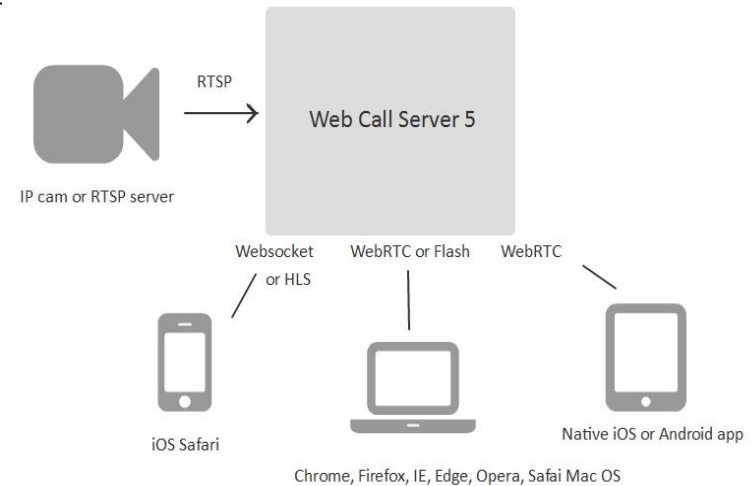
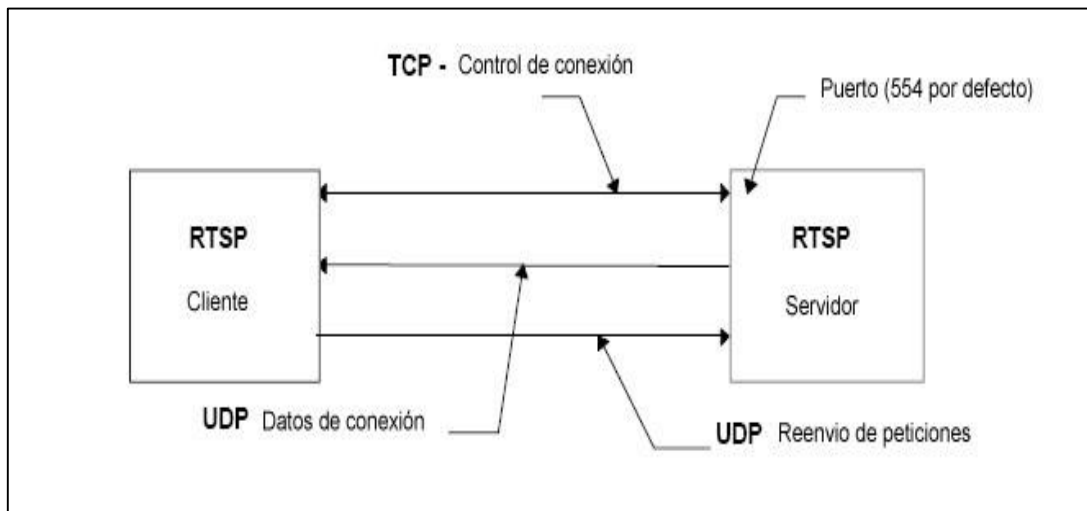


se conecta por el puerto 554.

## ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN DE LA CÁMARA IP

La trama para la comunicación con Qt y OpenCV es la siguiente:

***RTSP: // usuario: clave@dirección\_ip: número\_puerto/  
código / canal / main\_or\_sub / av\_stream***





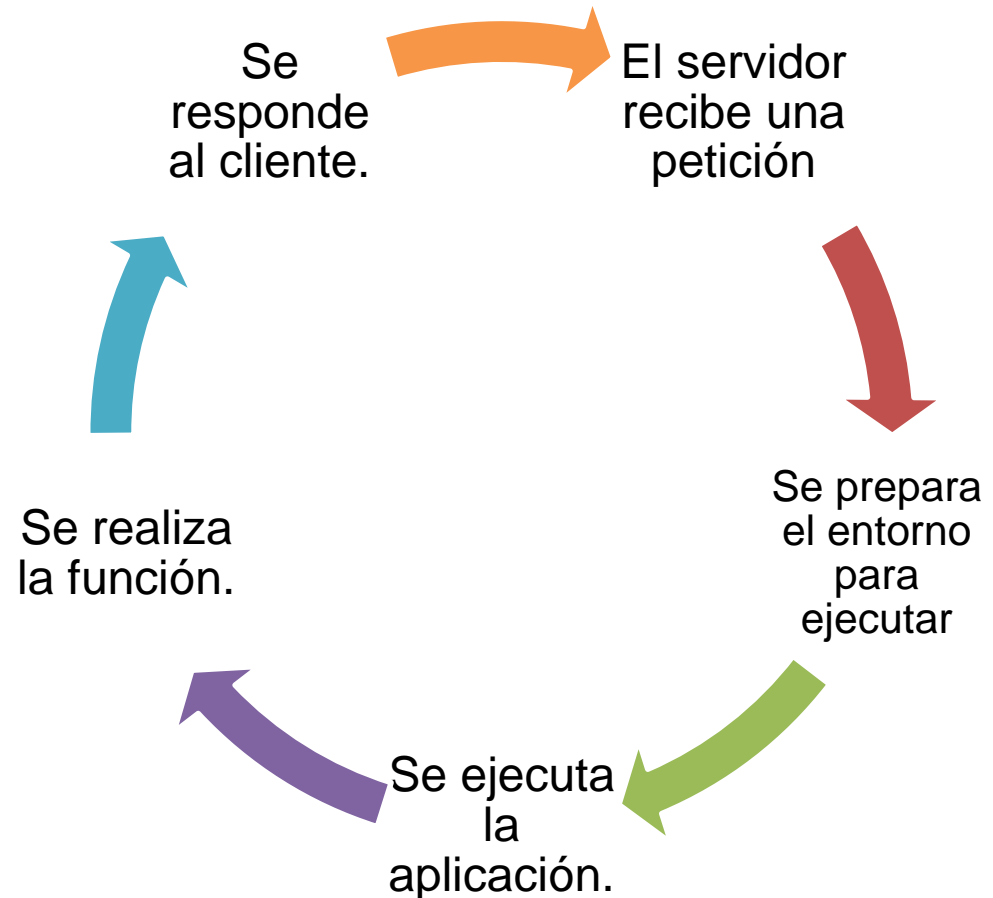
## CONTROL ZOOM ÓPTICO

Para el control del ZOOM y otras características de la cámara IP se debe utilizar comandos CGI

### CGI

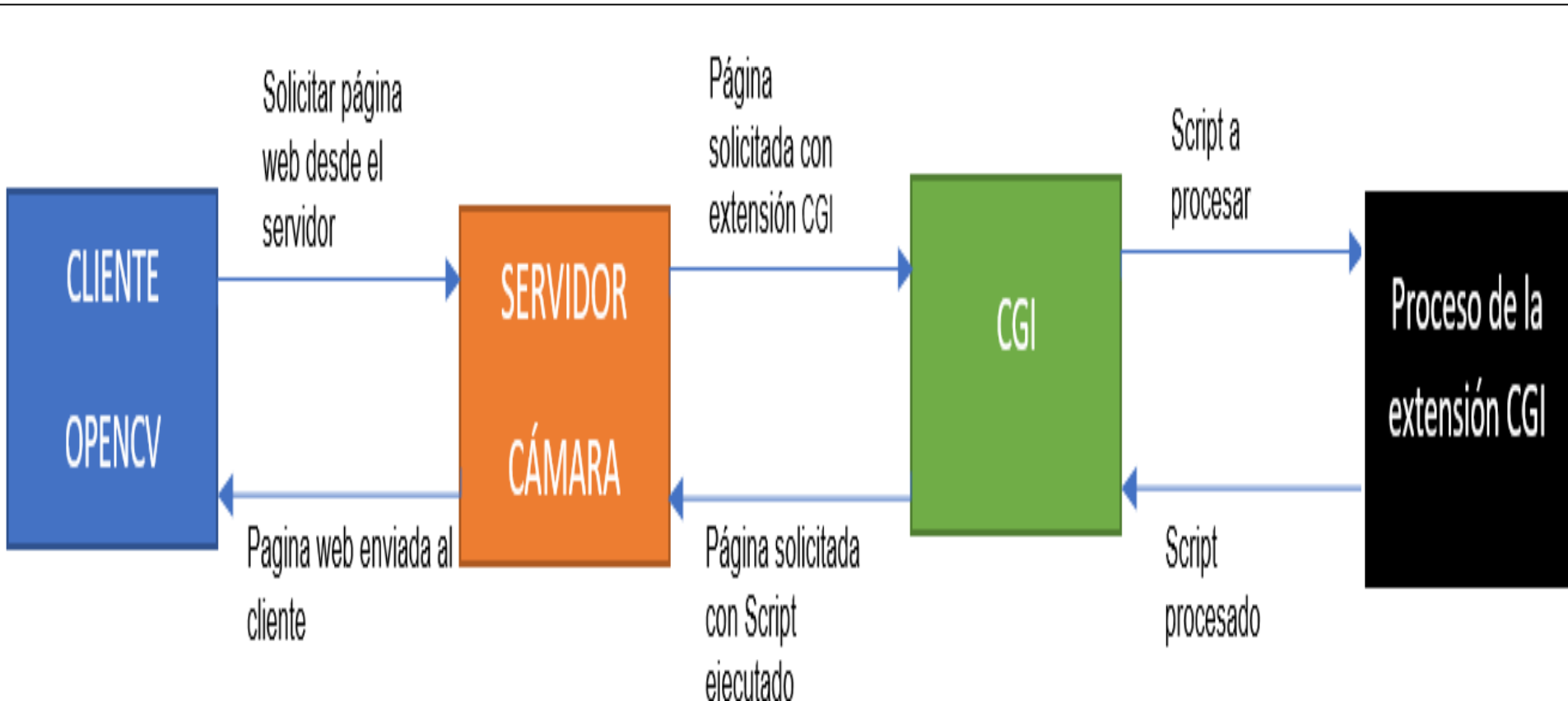


- Common Gateway interface (Interfaz de entrada común)
- Solicitar datos a un servidor desde un usuario
- Generalmente son utilizados con scripts.





## CONTROL ZOOM ÓPTICO





## CONTROL ZOOM ÓPTICO

### HTTP Hypertext Transfer Protocol

(Protocolo de transferencia de hipertexto), es un método que permite el intercambio de datos de la world wide web entre un cliente y servidor

### Métodos de petición de HTTP.

Son formas o recursos que permiten el envío de una acción a ejecutar.

#### GET

- Pide información de un recurso específico En el caso de la cámara posición relativa y absoluta del ZOOM.

#### PUT

- Permite el cambio de una entidad y reemplaza a un recurso específico. En el caso de la cámara permite realizar el movimiento.



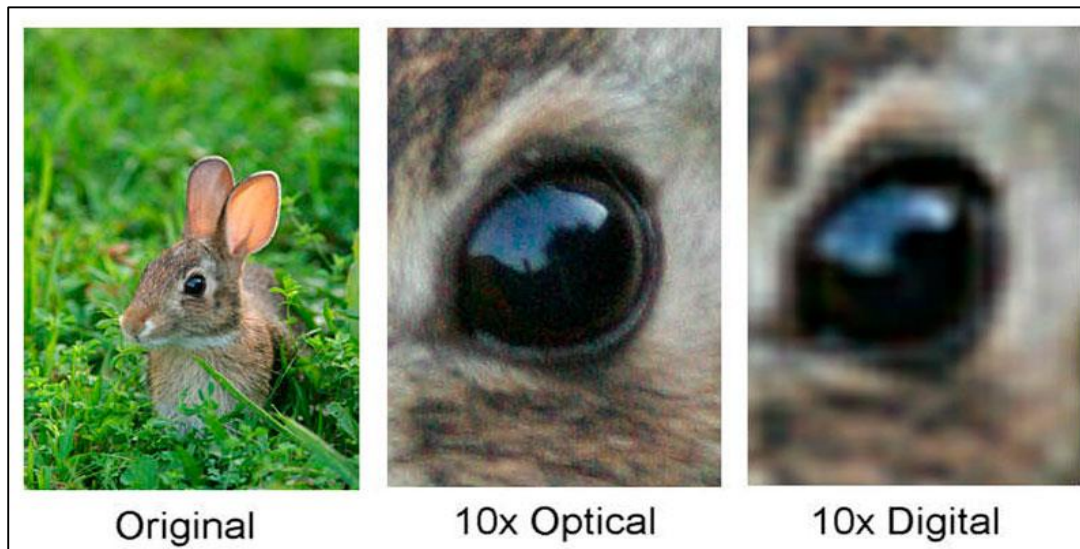
## ZOOM ÓPTICO VS ZOOM DIGITAL

### ZOOM ÓPTICO

- Mecanismos que cambian la posición el lente a través de motores, y por ende aumenta o disminuye al objetivo

### ZOOM DIGITAL

- algoritmos para ampliar y recortar una zona en la imagen





## Implementación del comando CGI en Qt

```
QNetworkRequest req( QUrl(QString("http://admin:ABC12345@192.168.1.64/PTZCtrl/channels/1/absolute") )
QByteArray data("<PTZData version='1.0'xmlns='http://www.hik"
                "|vision.com/ver10/XMLSchema'><AbsoluteHigh><absoluteZoom>");
QByteArray dat;
dat.setNum(pz1);
QByteArray data1("</absoluteZoom></AbsoluteHigh></PTZData>");
dat.append(data1);
data.append(dat);
mgr.put(req,data);
eventLoop.exec();
```

```
QNetworkRequest req1( QUrl( QString("http://admin:ABC"
                                   "12345@192.168.1.64/PTZCtrl/channels/1/status") ) );
QNetworkReply *reply = mgr.get(req1);
eventLoop.exec();
poszoom=reply->readAll();
```



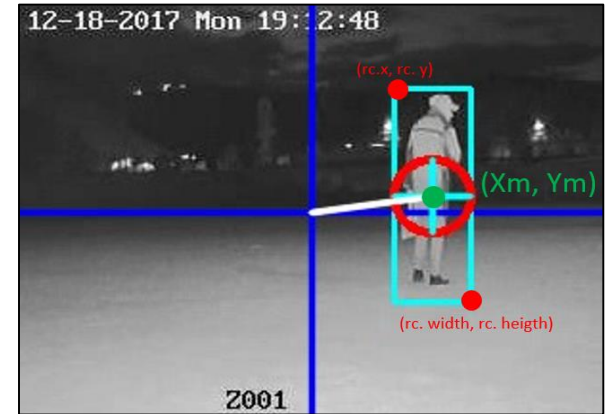
## Implementación del comando CGI en OpenCV

Siendo  $P(rc.x, rc.y)$  el punto inicial del rectángulo y

$P(rc.width, rc.height)$  el punto final del rectángulo

$$Area = (rc.width - rc.x) * (rc.height - rc.y) / 100$$

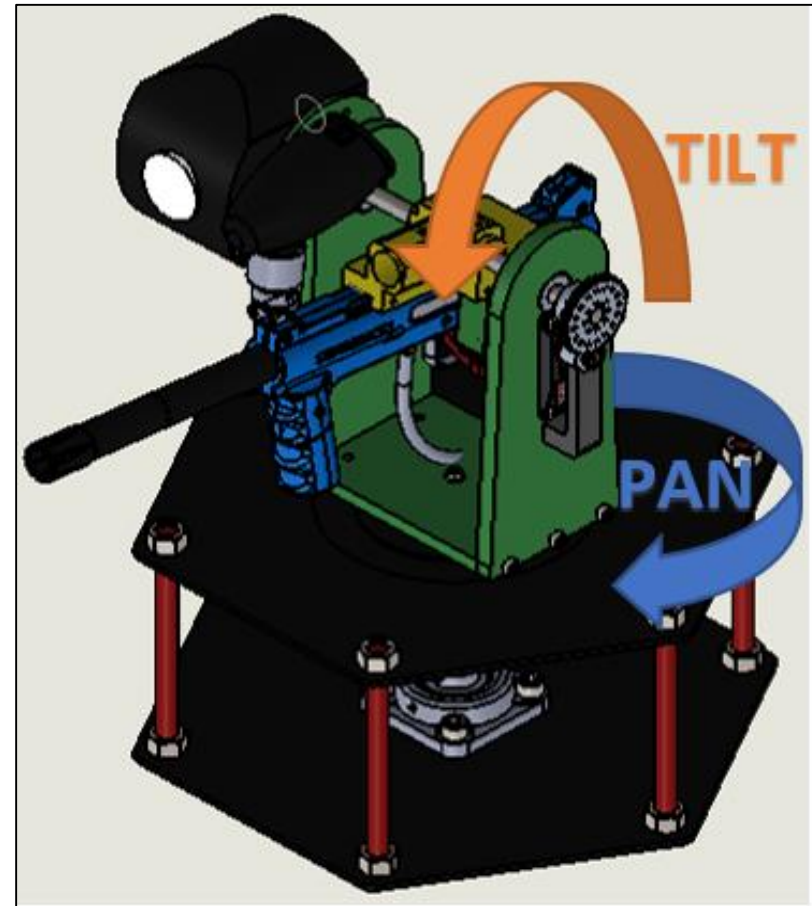
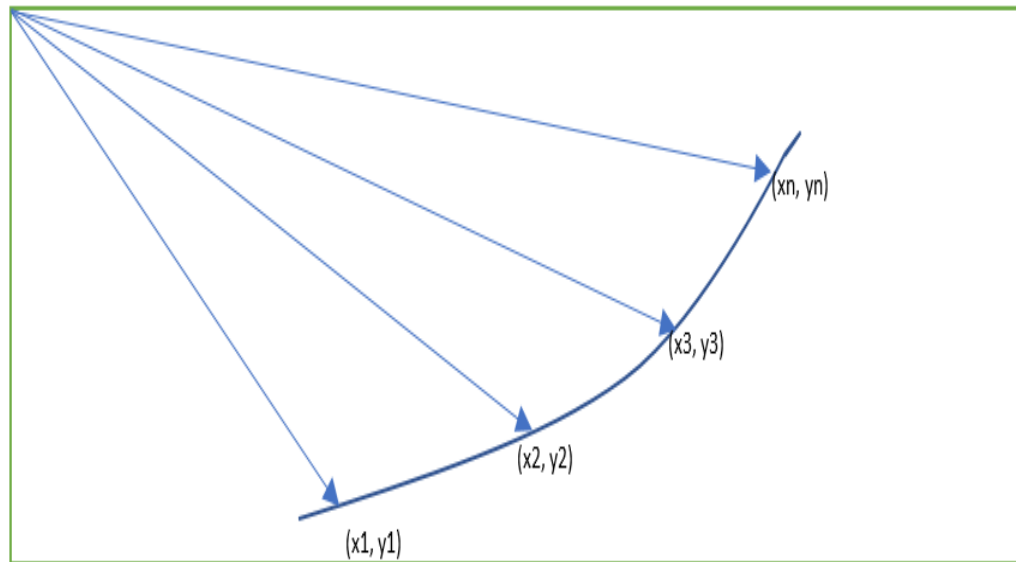
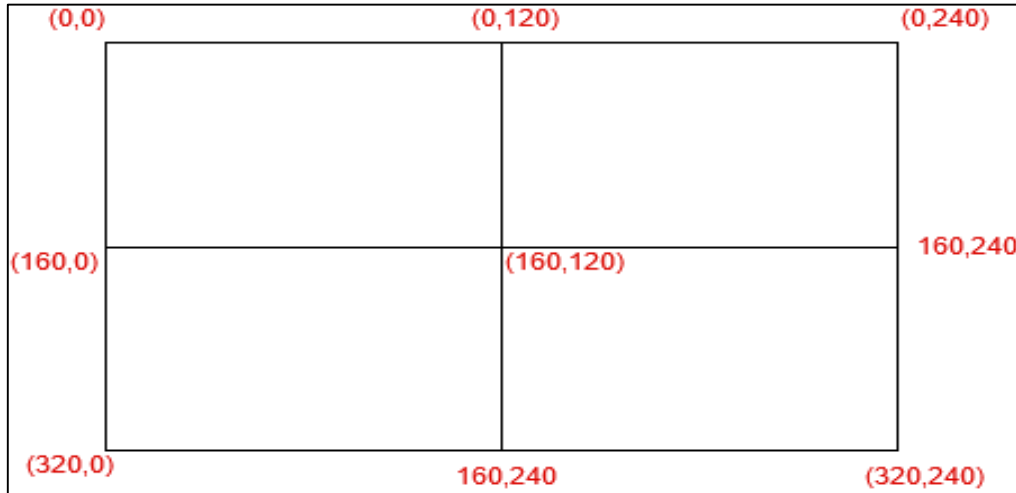
El área debe cumplir ciertas condiciones para el acercamiento o alejamiento de la persona



detectada.  $\begin{cases} Area > (Amin = 50) \quad \wedge \quad zoom = alejamiento \\ Area < (Amax = 80) \quad \wedge \quad zoom = acercamiento \end{cases}$



## CONTROL PAN (X) TILT (Y)



## CONTROL PAN (X) TILT (Y)

Para realizar el control de movimiento de los servomotores. Se tiene que comprobar en qué cuadrante está el punto medio de la persona.

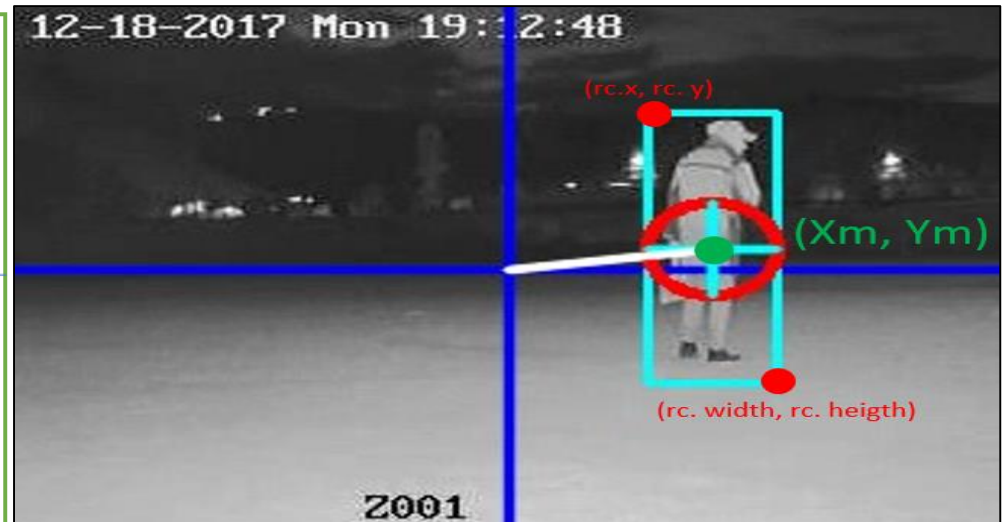
$[PXm > 160] \wedge [PYm < 120] \therefore$  primer cuadrante

$[PXm \leq 160] \wedge [PYm < 120] \therefore$  segundo cuadrante

$[PXm \leq 160] \wedge [PYm \geq 120] \therefore$  tercer cuadrante

$[PXm > 160] \wedge [PYm \geq 120] \therefore$  cuarto cuadrante

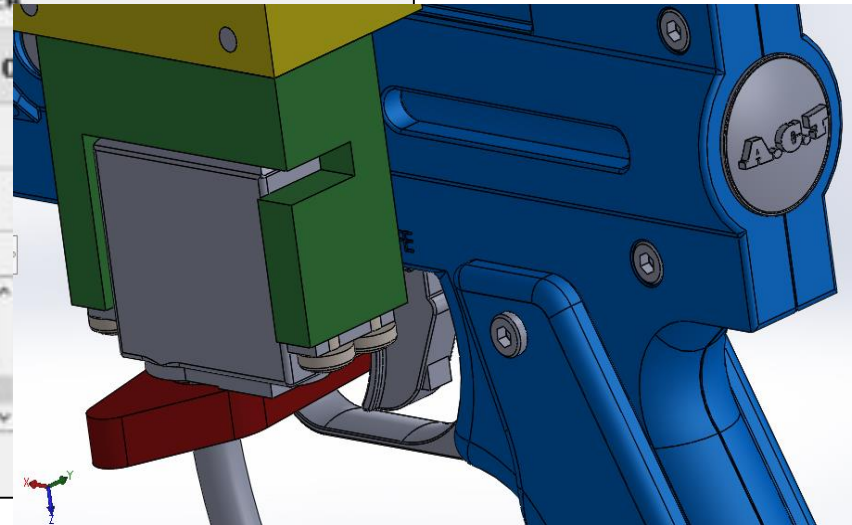
SEGUNDO CUADRANTE	PRIMER CUADRANTE
TERCER CUADRANTE	CUARTO CUADRANTE



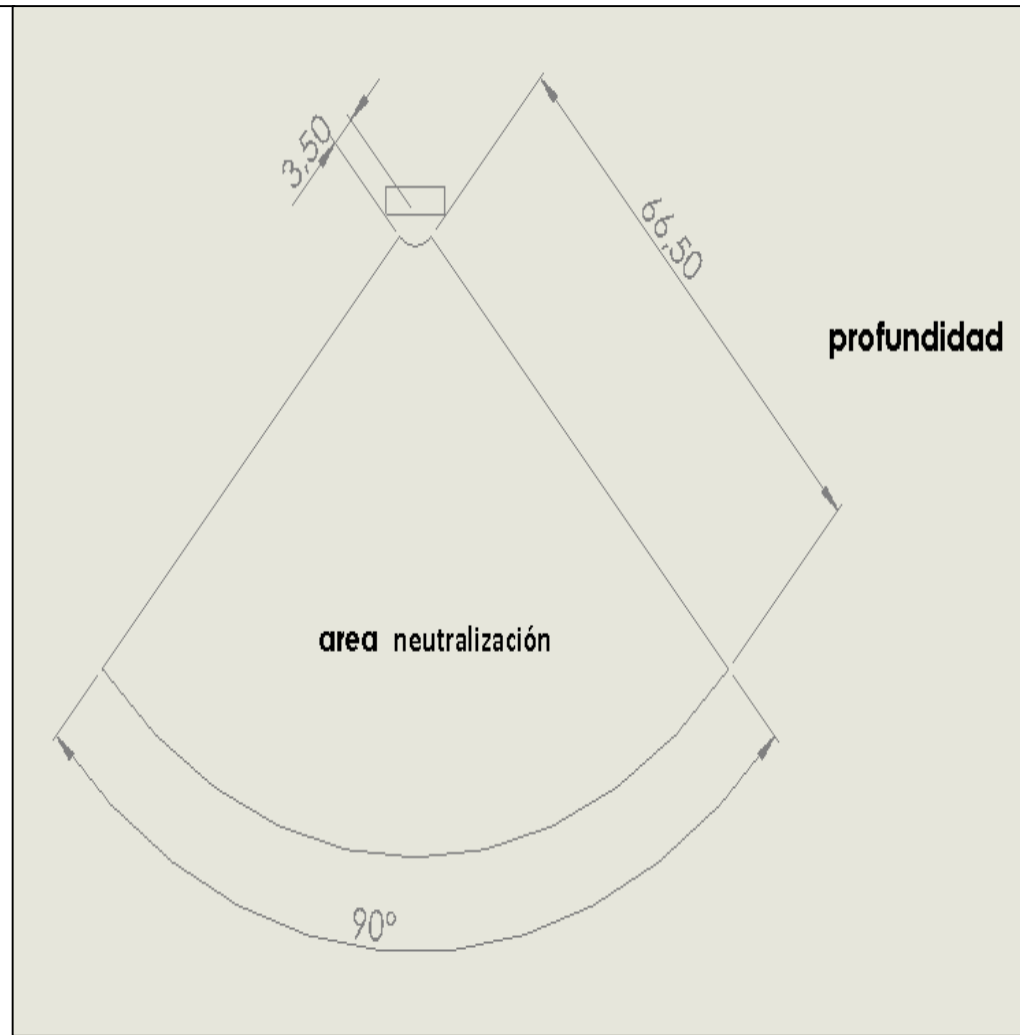
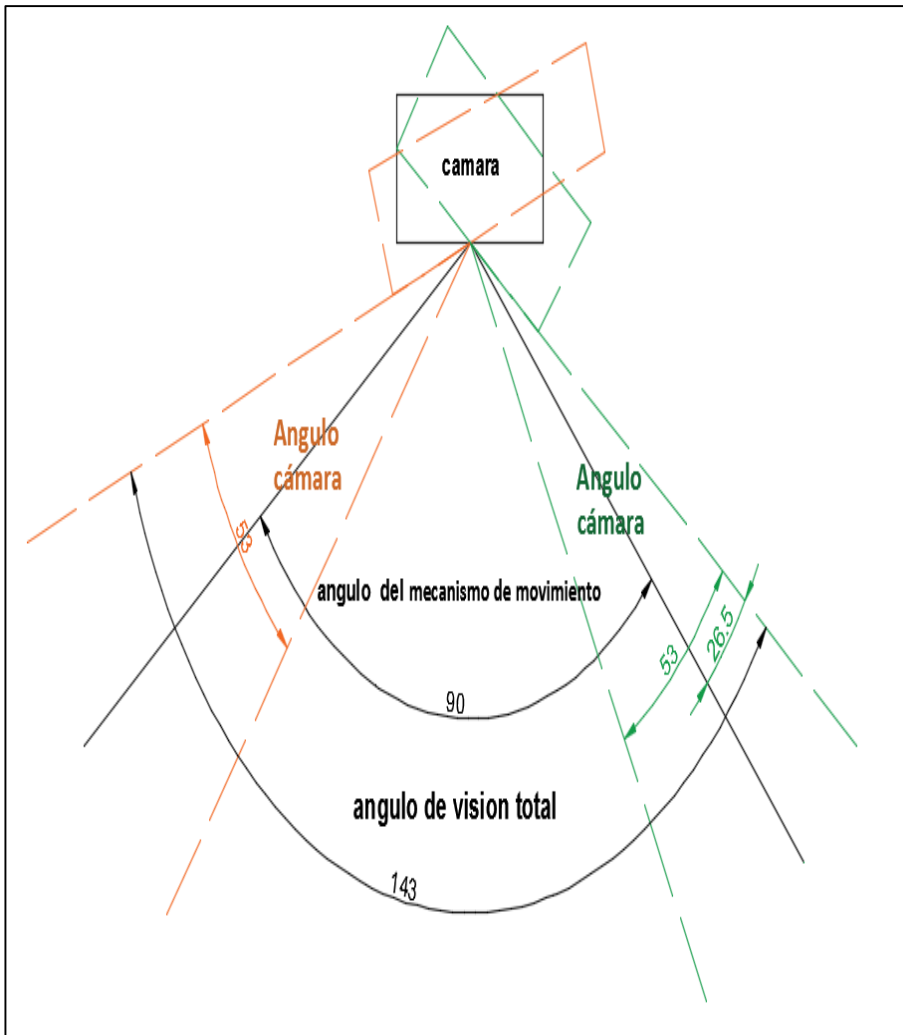




# NEUTRALIZACIÓN



## PRUEBAS Y RESULTADOS

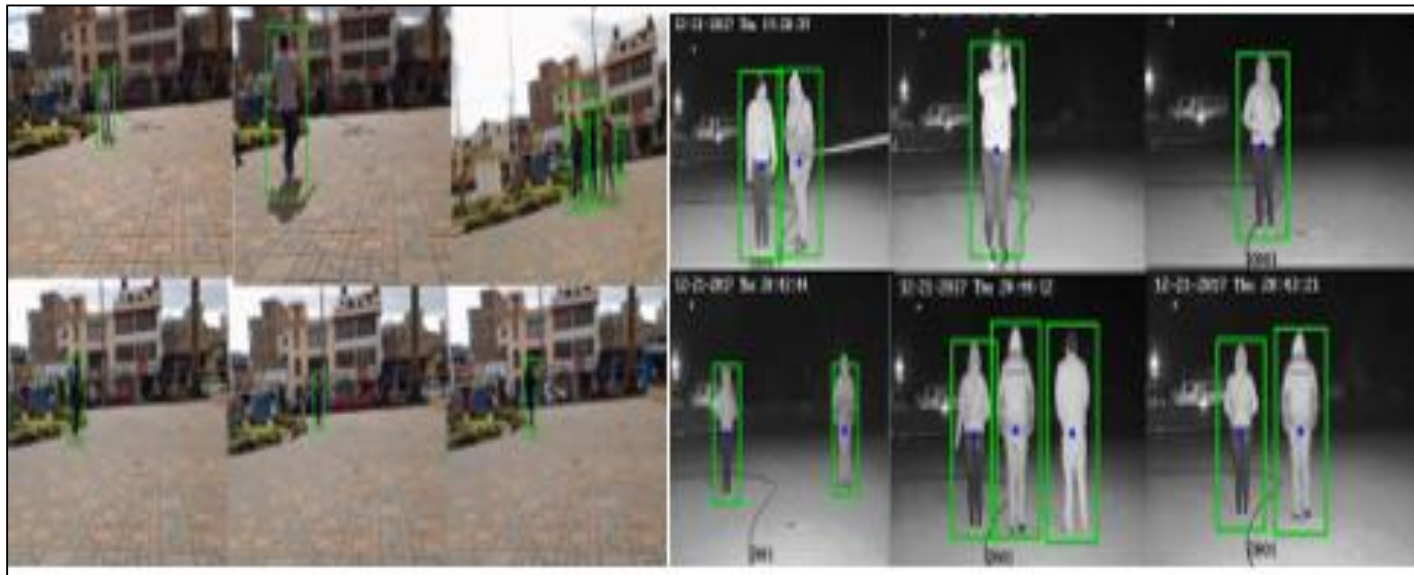


área 3838.83 m<sup>2</sup>

50 pruebas por cada caso.

Positivo (+) = si el láser apunta a la persona y este se refleja en su cuerpo.

Negativo (-) = si el láser no apunta por lo tanto no se refleja en el cuerpo.





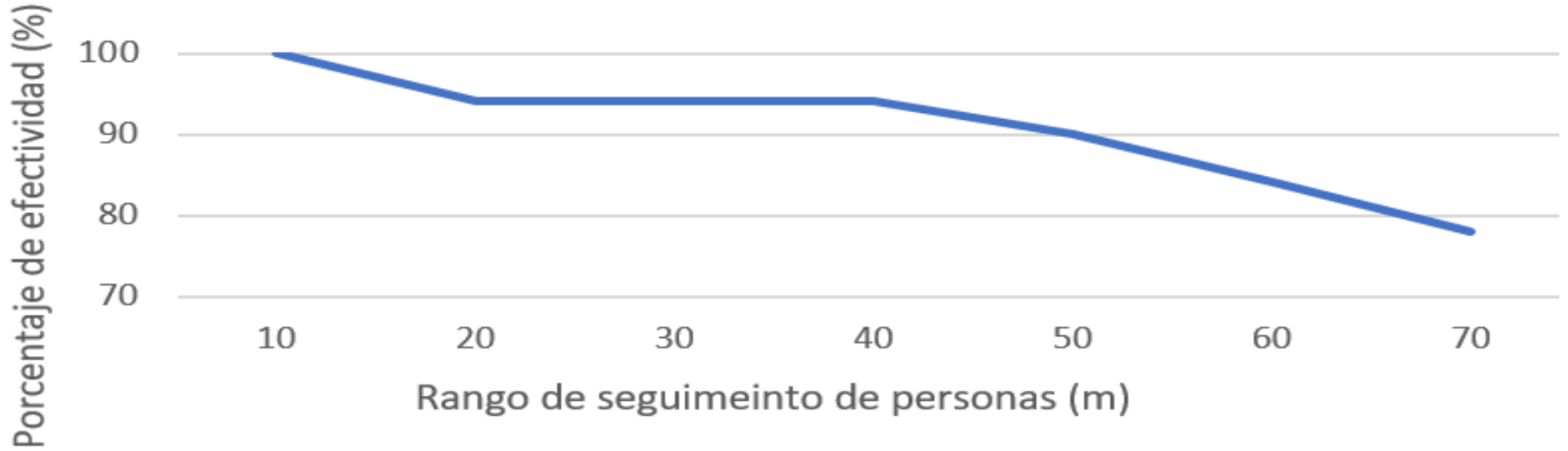
## Resumen de los 3 caos críticos de seguimiento

Porcentaje de efectividad (%) en cada caso crítico	Distancia de seguimiento (m)						
	10	20	30	40	50	60	70
Porcentaje seguimiento de personas con el láser en el día (%)	100	94	94	94	90	84	78
Porcentaje seguimiento de personas en la noche sin el láser (%)	100	94	94	94	88	80	76
Porcentaje seguimiento de personas en la noche con el láser (%)	100	92	92	88	80	76	72





## Rango de seguimiento de personas vs Porcentaje de efectividad

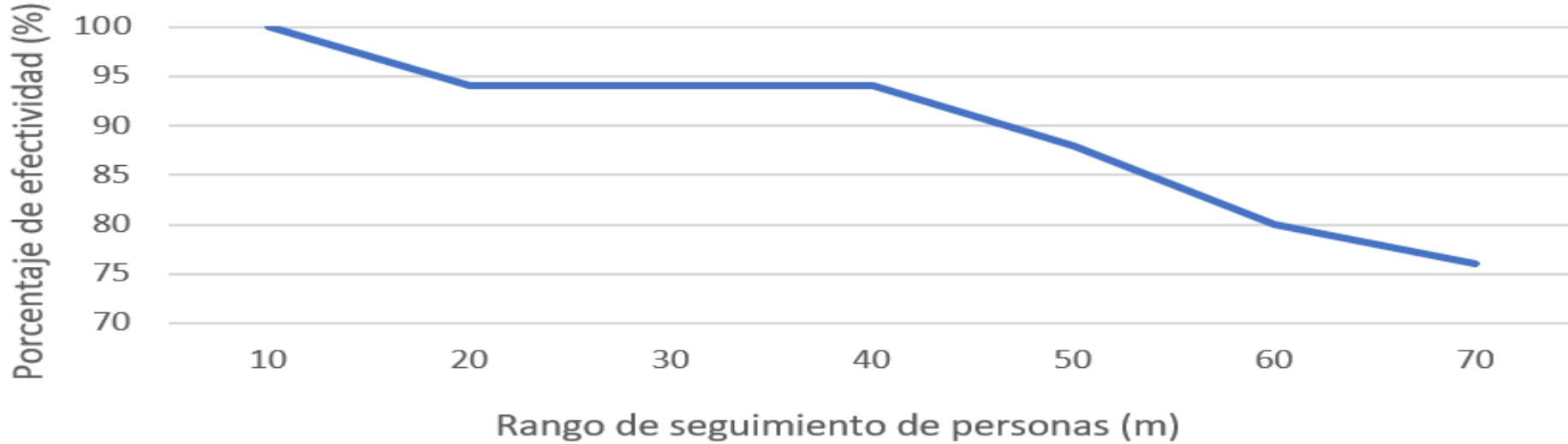


— Seguimiento de personas según la profundidad con láser en el día

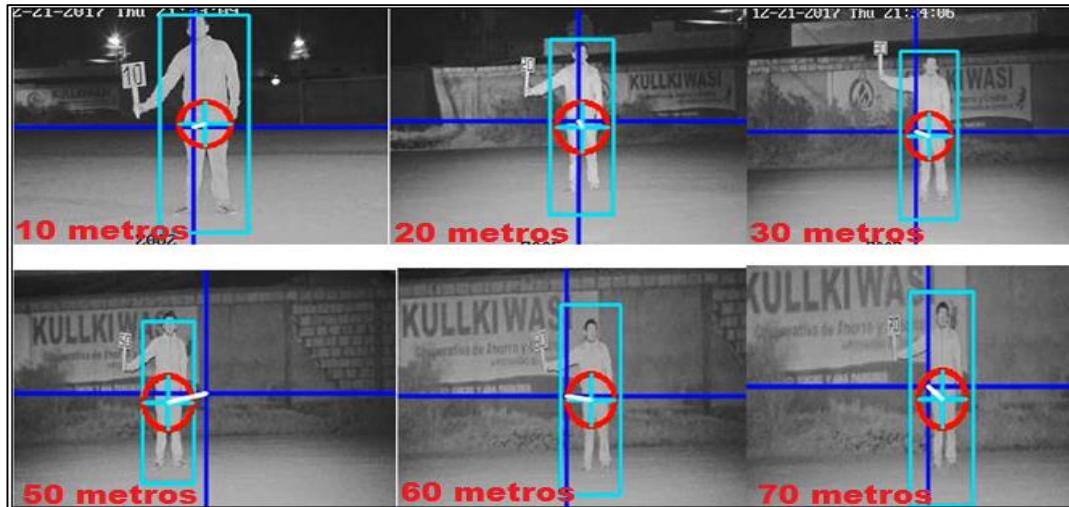




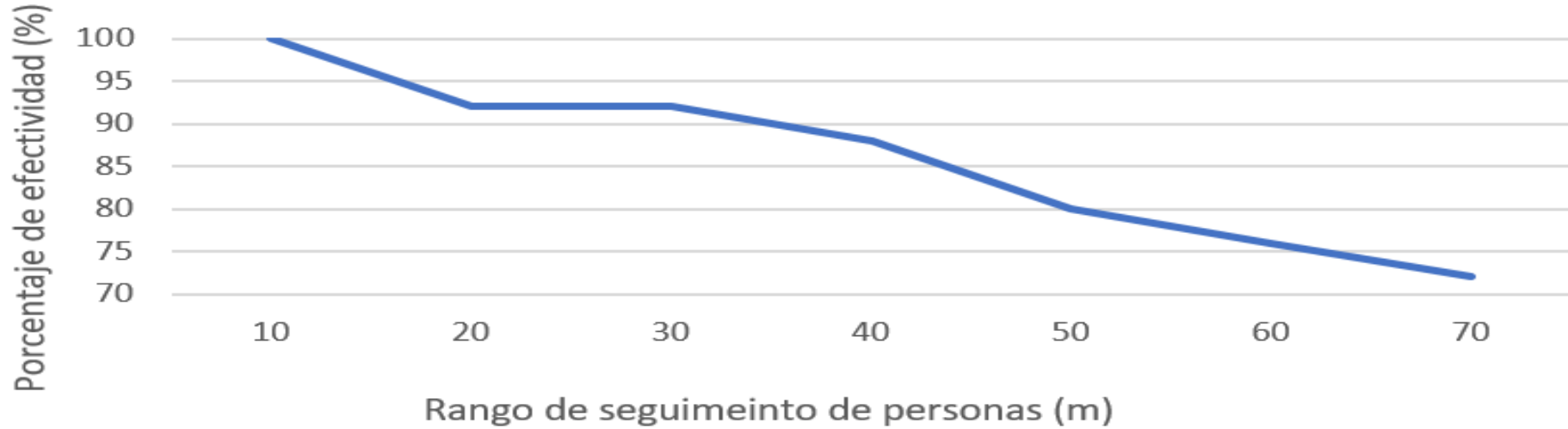
## Rango de seguimiento de personas vs Porcentaje de efectividad



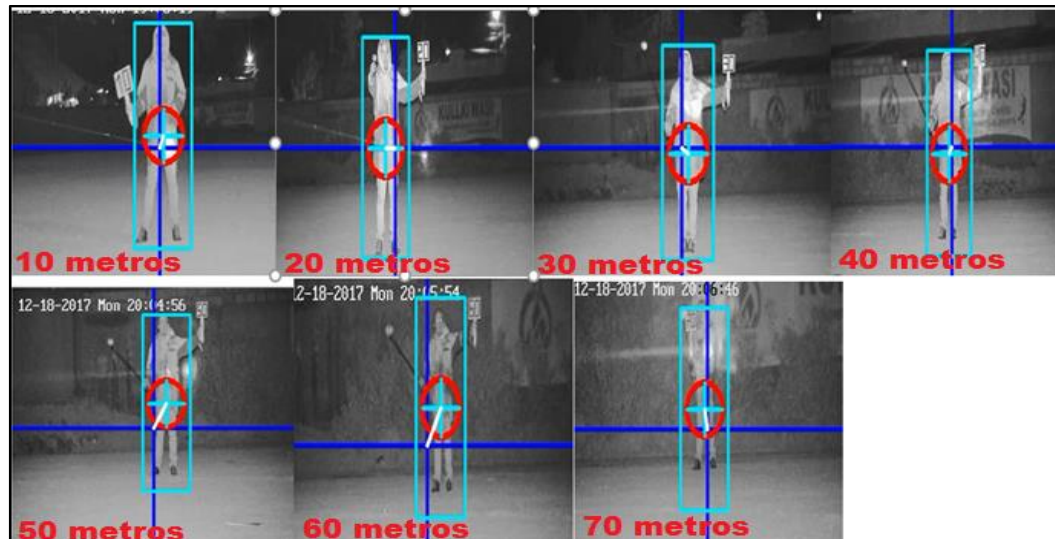
— Seguimiento de personas según la profundidad en la noche sin el láser



## Rango de seguimiento de personas vs Porcentaje de efectividad

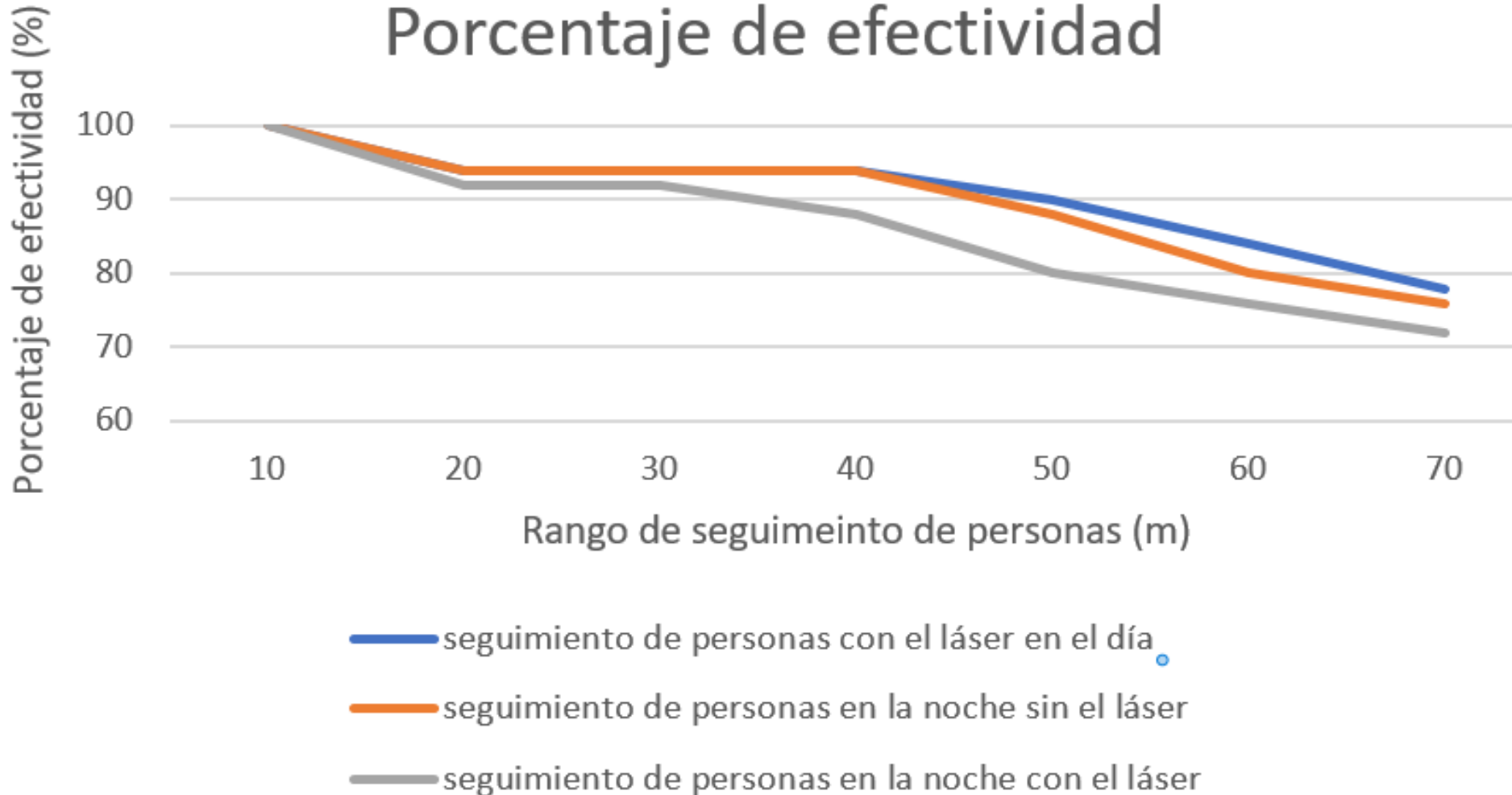


— seguimiento de personas según la profundidad en la noche con el láser



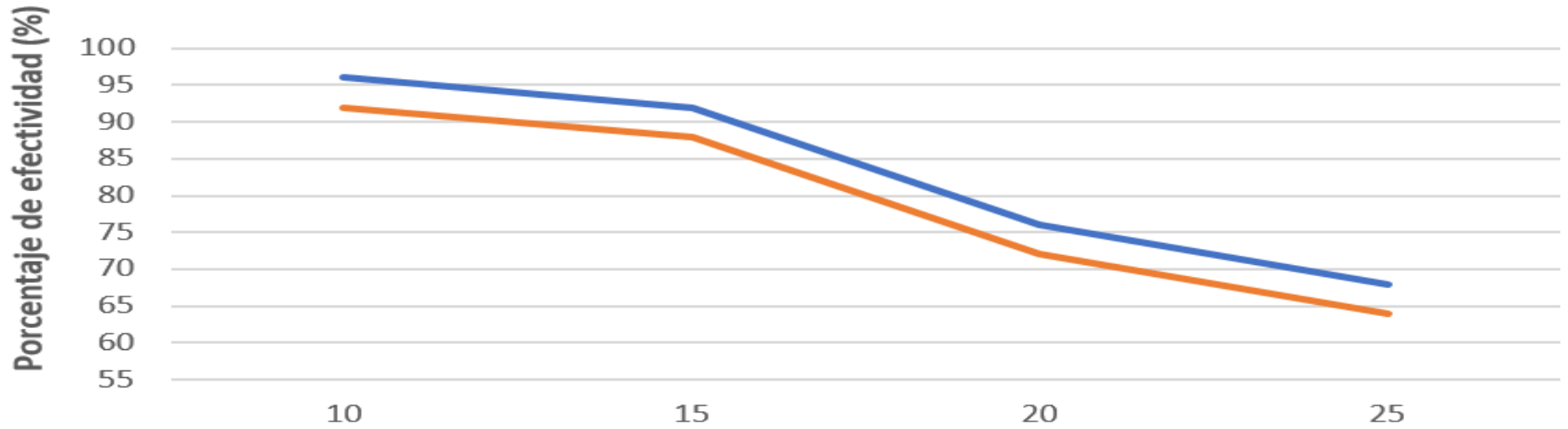


# Rango de seguimiento de personas vs Porcentaje de efectividad





## Rango de disparo vs Porcentaje de efectividad



Rango de disparo(m)





## VIDEO DE FUNCIONAMIENTO





## CONCLUSIONES

- El sistema de videovigilancia es capaz de buscar, reconocer, seguir y neutralizar personas en un área externa restringida de hasta 70 metros de longitud, las 24 horas del día en diferentes condiciones ambientales.
- El mecanismo de movimiento del sistema de seguridad permite un movimiento de dos ejes pan (movimiento x) tilt (movimiento y), para el seguimiento y la neutralización de personas.
- La detección y búsqueda de personas, es más exacta cuando el entrenamiento tiene una gran cantidad de datos, se evita la detección de falsos positivos, que son generados por postes de luz, animales, viento y polvo. Mejora la robustez del algoritmo en general para el seguimiento y la neutralización de personas.





## CONCLUSIONES

- El sistema de video vigilancia es funcional las 24 horas del día y en condiciones ambientales diferentes, siempre y cuando la persona pueda ser visualizada por la cámara en cuerpo completo y sin interferencias solares ni de luz que interfieran con el lente de la cámara.
- El algoritmo de seguimiento KCF permite seguir a la persona detectada de una manera más fluida, ya que requiere menor coste computacional, y permite el rastreo de la persona mientras realiza diferentes acciones como correr, trotar, sentarse o acostarse, tomar diferentes posturas, sin perder la posición del ser humano detectado.
- La utilización de enfoque automático es necesaria para mejorar la detección de las personas, ya que filtra y mejora la calidad de la imagen a procesar.



# CONCLUSIONES



- El ZOOM óptico de la cámara IP de videovigilancia permite la detección y seguimiento de las personas hasta una distancia de 70 metros, la cual no es posible si se utiliza el ZOOM digital, ya que el mismo recorta y reduce la resolución de la imagen, reduciendo las posibilidades de detección de una persona.
- La efectividad de disparo de la marcadora de paintball del sistema de seguridad de videovigilancia depende principalmente de las condiciones ambientales, especialmente cuando existe demasiado viento, la bala de pintura tiende a desviarse hacia el lado donde corre el viento
- La efectividad de seguimiento de las personas desciende de acuerdo al caso crítico, siendo el seguimiento de personas en la noche con láser, el que presenta la menor efectividad en el prototipo, pues el láser al ser utilizado en la noche irradia una luz más fuerte debido a la oscuridad y distorsiona la imagen interfiriendo en el algoritmo de seguimiento





## RECOMENDACIONES

- Para resultados óptimos del sistema de videovigilancia, es recomendable no ubicar la cámara frente a la luz solar, ya que esta provoca una oclusión total de la imagen de entrada, es decir no se puede visualizar ningún objeto por parte de la cámara.
- La base de datos para la detección es óptima cuando una persona está parada, se puede implementar otra base de datos que contengan otras distintas posiciones humanas, como por ejemplo sentarse o acostarse, siempre y cuando sea en su fase de detección ya que en la fase de seguimiento es posible realizar esto sin ningún problema.
- Las pruebas de neutralización de personas se deben realizar en lugares cerrados donde no existen aglomeración de personas, ya que las marcadoras son un riesgo de seguridad si no se cuenta con el equipo adecuado.





## RECOMENDACIONES

- Para la verificación de la neutralización de las personas, el sujeto de prueba siempre debe tener su equipo de seguridad: guantes, protecciones para el cuerpo, y casco de protección.
- Las marcadoras no representan un riesgo de vida, pero si pueden causar grandes daños a las partes del cuerpo humano si no se usan las protecciones.
- La marcadora de paintball, los engranes y los piñones requieren de mantenimiento, ya que se trata de un dispositivo mecánico, y su mecanismo interno requiere de calibración y de lubricación.
- Para evitar el problema de la disminución de la presión del tanque de CO<sub>2</sub> utilizado como propelente para el disparo de la marcadora se recomienda utilizar una fuente constante a mayor presión.





# GRACIAS

