

**Departamento de Ciencias de  
la Computación Carrera de Ingeniería de Software**

Trabajo de unidad de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniero de software

**TEMA:**

**Sistema de Re-Identificación de personas a través de las características biométricas: facial y la forma de caminar y soft-biométricas: silueta corporal, textura y color de la vestimenta, con el uso de modelos no holísticos, aplicando técnicas computacionales avanzadas**

**AUTORES:**

**CHICAIZA CHICAIZA, BRYAN STIVEN  
ARTEAGA CHAPI, LENIN SEBASTIÁN**

**DIRECTOR:**

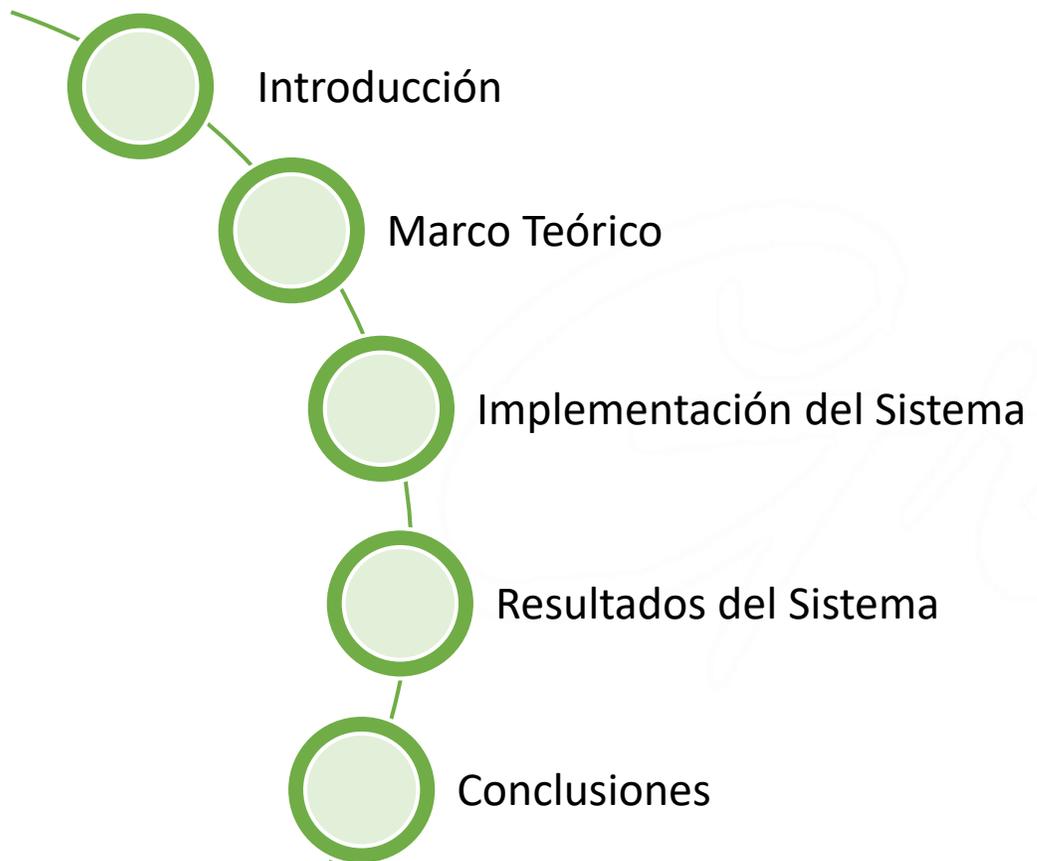
**ING. CARRILLO MEDINA JOSÉ LUIS (mCL)  
LATACUNGA AGOSTO, 2023**

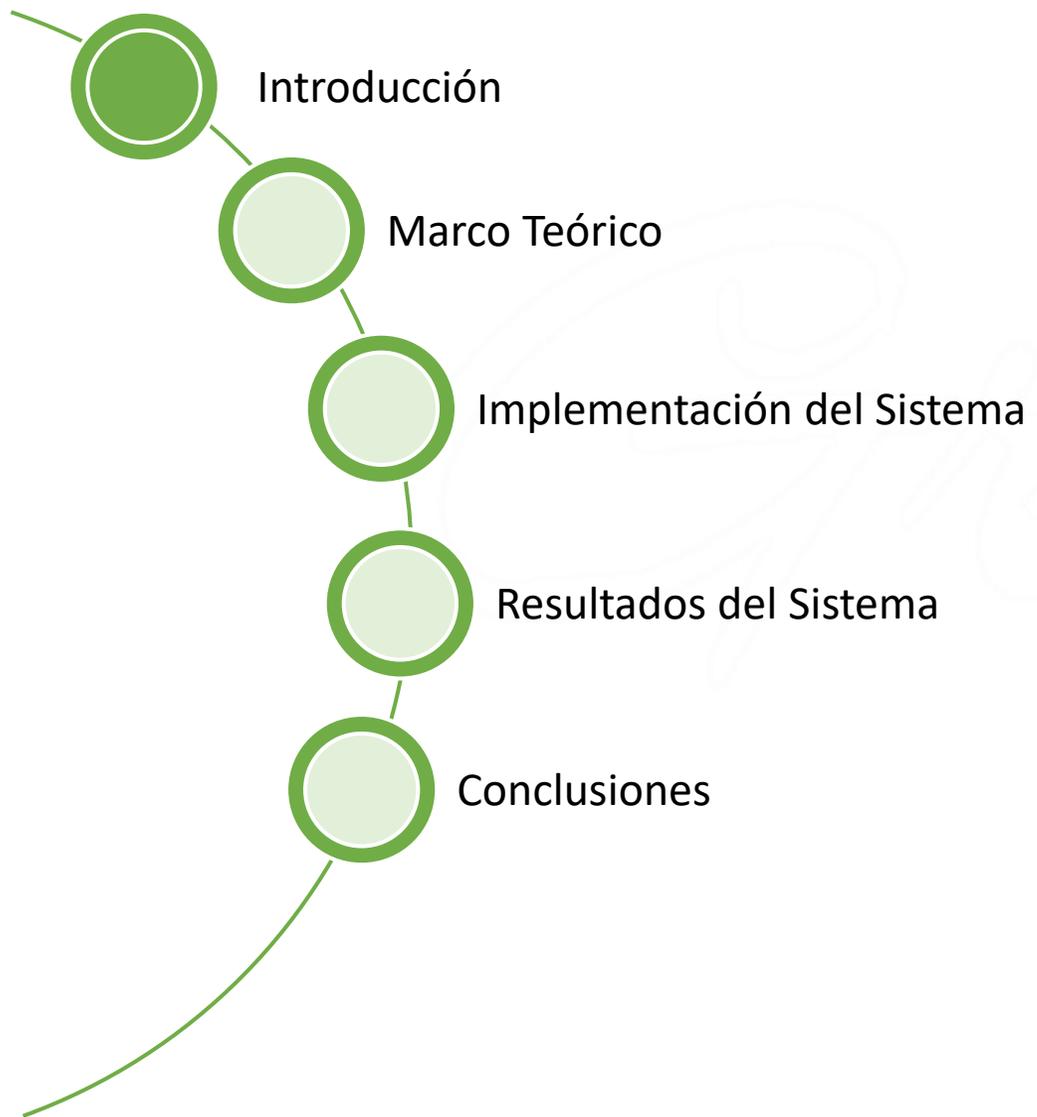


# Validación del Sistema

- Enlaces a la ejecución de los modelos del sistema de Re-Identificación de personas.
- Facial: [https://drive.google.com/drive/folders/14VI-R7kXo7wCPasWk9CZ7RayMNwPRIJd?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/14VI-R7kXo7wCPasWk9CZ7RayMNwPRIJd?usp=drive_link)
- Forma de caminar: [https://drive.google.com/drive/folders/1CPMpc9CLjVLY5\\_IXKwya8KEAd35D0EdR?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1CPMpc9CLjVLY5_IXKwya8KEAd35D0EdR?usp=drive_link)
- Soft-biométrico: [https://drive.google.com/drive/folders/1H95ySSECAvipB1KffOSNfhcA5bqeUcna?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1H95ySSECAvipB1KffOSNfhcA5bqeUcna?usp=drive_link)







# Problema

- En la actualidad, se están desplegando grandes redes de cámaras en lugares públicos como aeropuertos, estaciones de tren, campus universitarios y edificios de oficinas, cuyo fin está relacionado con la seguridad de las personas.
- El control humano de estos vídeos es erróneo, lento y costoso, lo que reduce considerablemente la eficacia de la vigilancia. Al contrario, el análisis automatizado de grandes cantidades de datos de vídeo no sólo puede procesar los datos con mayor rapidez, sino que mejora significativamente la calidad de la vigilancia (Ezzahout and Hanj, 2013).



# Planteamiento de la solución

Se propone desarrollar un Sistema de Re-Identificación de personas a través de las características biométricas: facial y la forma de caminar y soft-biométricas: silueta corporal, textura y color de la vestimenta, con el uso de modelos no holísticos, aplicando técnicas computacionales avanzadas.



# Objetivo General

Desarrollar un Sistema de Re-Identificación de personas a través de las características biométricas: facial y la forma de caminar y soft-biométricas: silueta corporal, textura y color de la vestimenta, con el uso de modelos no holísticos, aplicando técnicas computacionales avanzadas.



# Objetivos Específicos



Conocer y estudiar sobre técnicas computacionales avanzadas utilizadas en la re-identificación de personas utilizando características biométricas: facial y la forma de caminar y softbiométricas: silueta corporal, textura y color de la vestimenta.



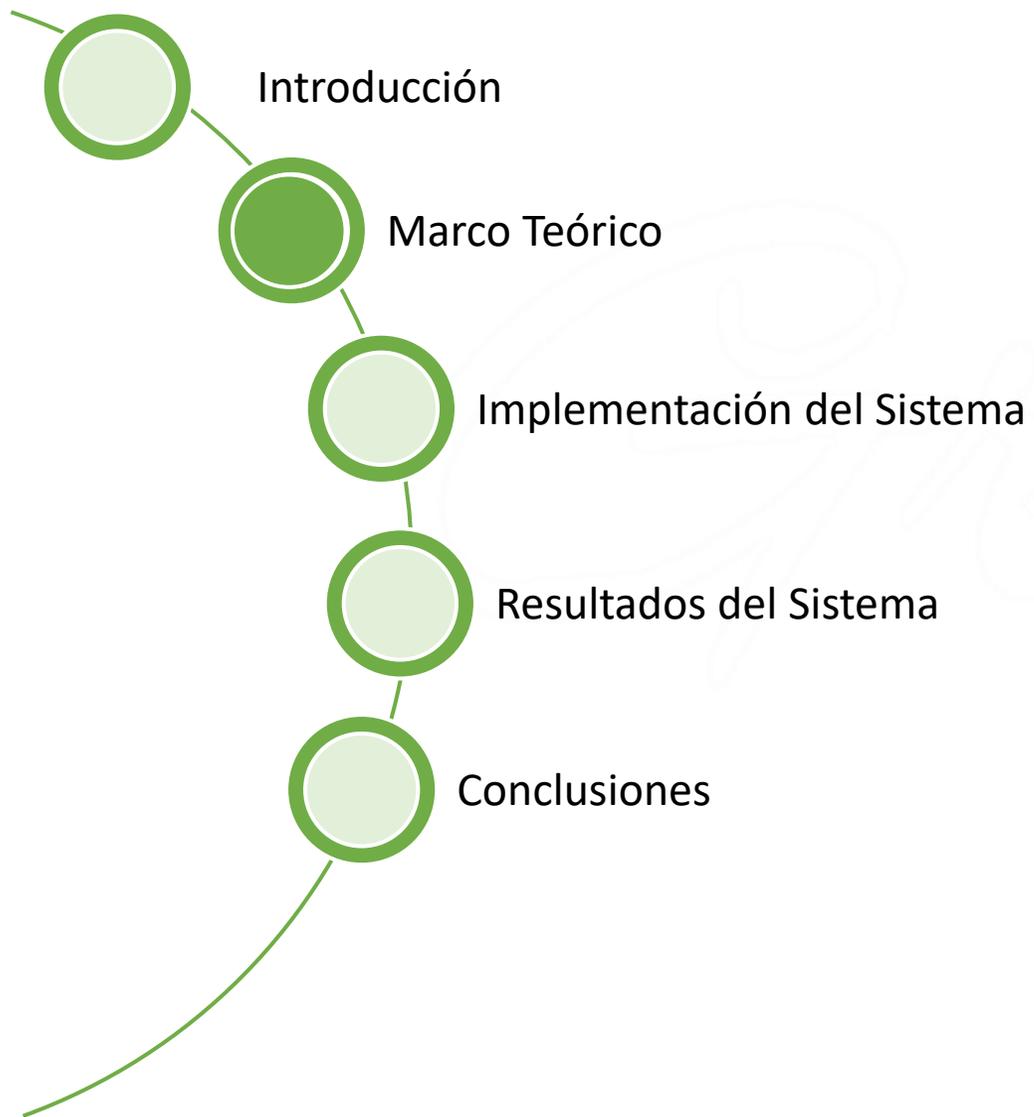
Research

Validar los resultados, analizar errores y ajustar los modelos del sistema de videovigilancia.



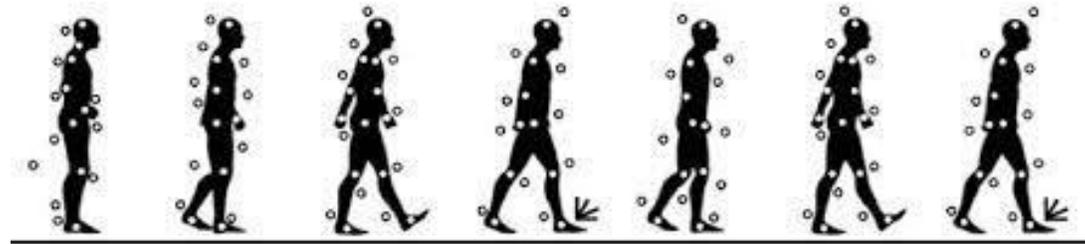
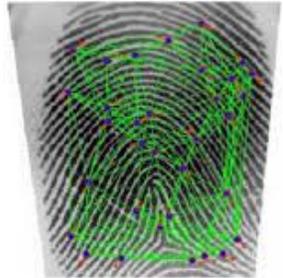
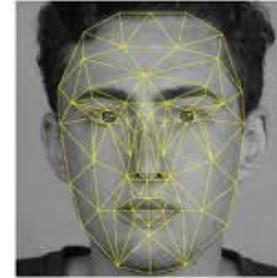
Implementar un sistema de re-identificación de personas a través de las características biométricas: facial y la forma de caminar, y características soft-biométricas: silueta corporal, textura y color de la vestimenta para personas, utilizando técnicas computacionales avanzadas.





# Características Biométricas

- Se refieren a aquellos rasgos físicos que son únicos para cada individuo, estos rasgos pueden ser medidos y utilizados para identificar a una determinada persona. Ejemplos comunes de características biométricas incluyen huellas dactilares, patrones de retina o iris, geometría de la mano, y características faciales (Jain et al., 2004).
- La forma de caminar, conocida como "gait", es única y puede ser utilizada como una característica biométrica. Esta técnica se basa en el movimiento y la forma del cuerpo al caminar, y aunque puede ser afectada por factores externos como la ropa o el calzado, sigue siendo un indicador valioso para la identificación puesto que es único de cada individuo (Niyogi & Adelson, 1994).



# Características Soft-biométricas

- Las características soft-biométricas como el color y la textura de la vestimenta, la silueta corporal, el género, la altura, y el color del cabello, entre otros (Dantcheva et al., 2011), a diferencia las biométricos tradicionales, no siempre son distintivas de una persona, pero pueden ayudar al proceso de identificación aportando más detalles.
- La silueta se refiere al contorno del cuerpo humano. Aunque no es única para cada individuo, puede proporcionar información valiosa, especialmente cuando se combina con otras características (Dantcheva et al., 2011).

1. Una misma persona con vestimentas diferentes



2. Personas distintas con vestimentas similares



# Modelos Holísticos y No Holísticos

- Estos modelos consideran la imagen en su totalidad, sin descomponerla en partes o características individuales, tienen un procesamiento más rápido debido a que requieren un menor preprocesamiento de la imagen, así como son muy susceptibles a los cambios o variaciones en el entorno como: iluminación, postura u oclusión (Turk & Pentland, 1991).
- Los modelos no holísticos descomponen la imagen en características o partes específicas, tienen mayor precisión al centrarse en detalles específicos y son especialmente útiles en situaciones donde exista variación en postura, iluminación u oclusión, no obstante requieren mayor preprocesamiento (Felzenszwalb et al., 2010).



# Técnicas, modelos y/o algoritmos de Visión por Computadora y Machine Learning

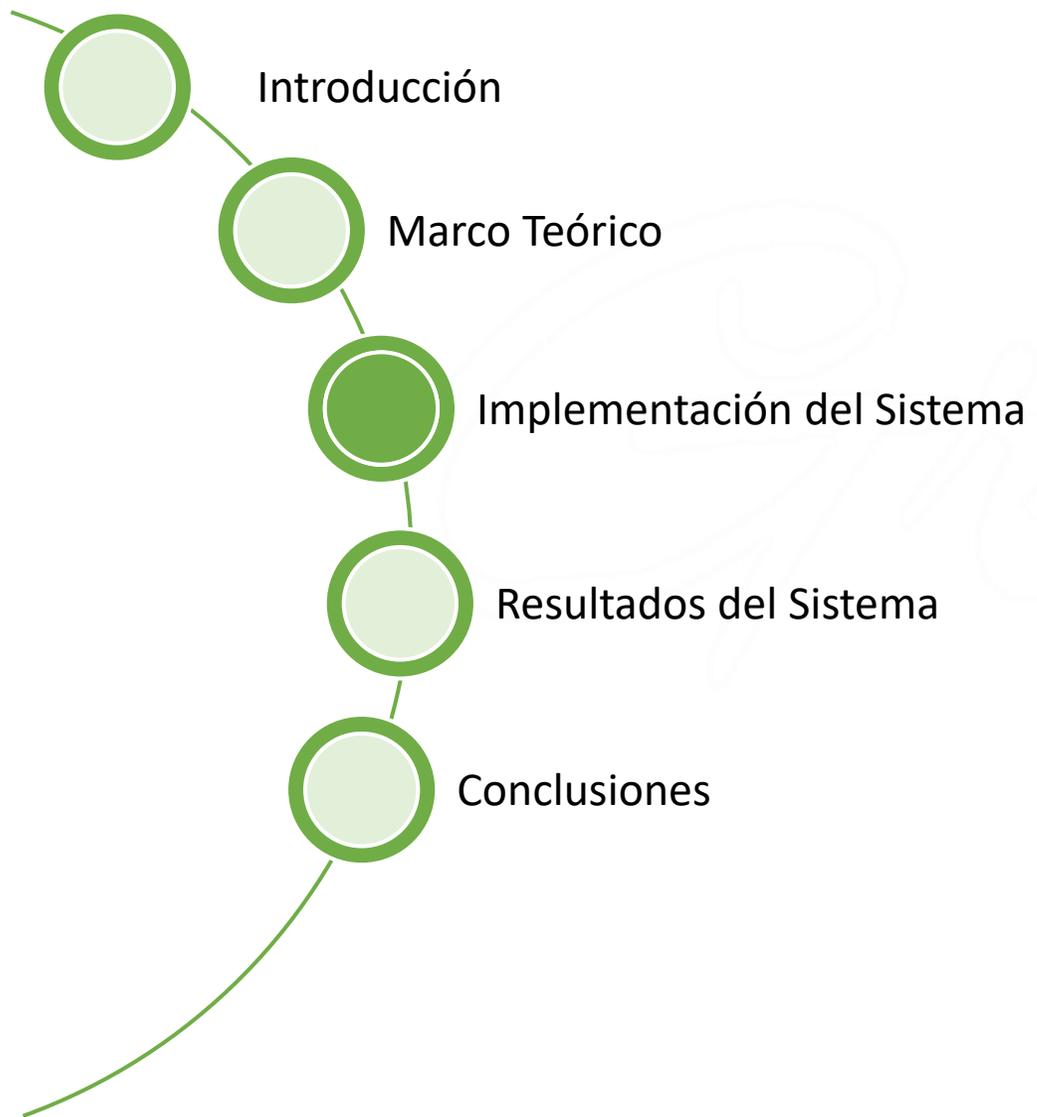
## Técnicas, modelos y/o algoritmos de Visión por Computadora y Machine Learning

Descriptor y Algoritmo de Visión por Computadora. Alcanza una precisión máxima del 95% en la identificación facial. (L & Raga, 2018)

Descriptor y Clasificador de Visión por Computadora y/o Machine Learning. Alcanza una precisión máxima del 94% en la identificación de la textura de la vestimenta. (Hong et al., 2021)

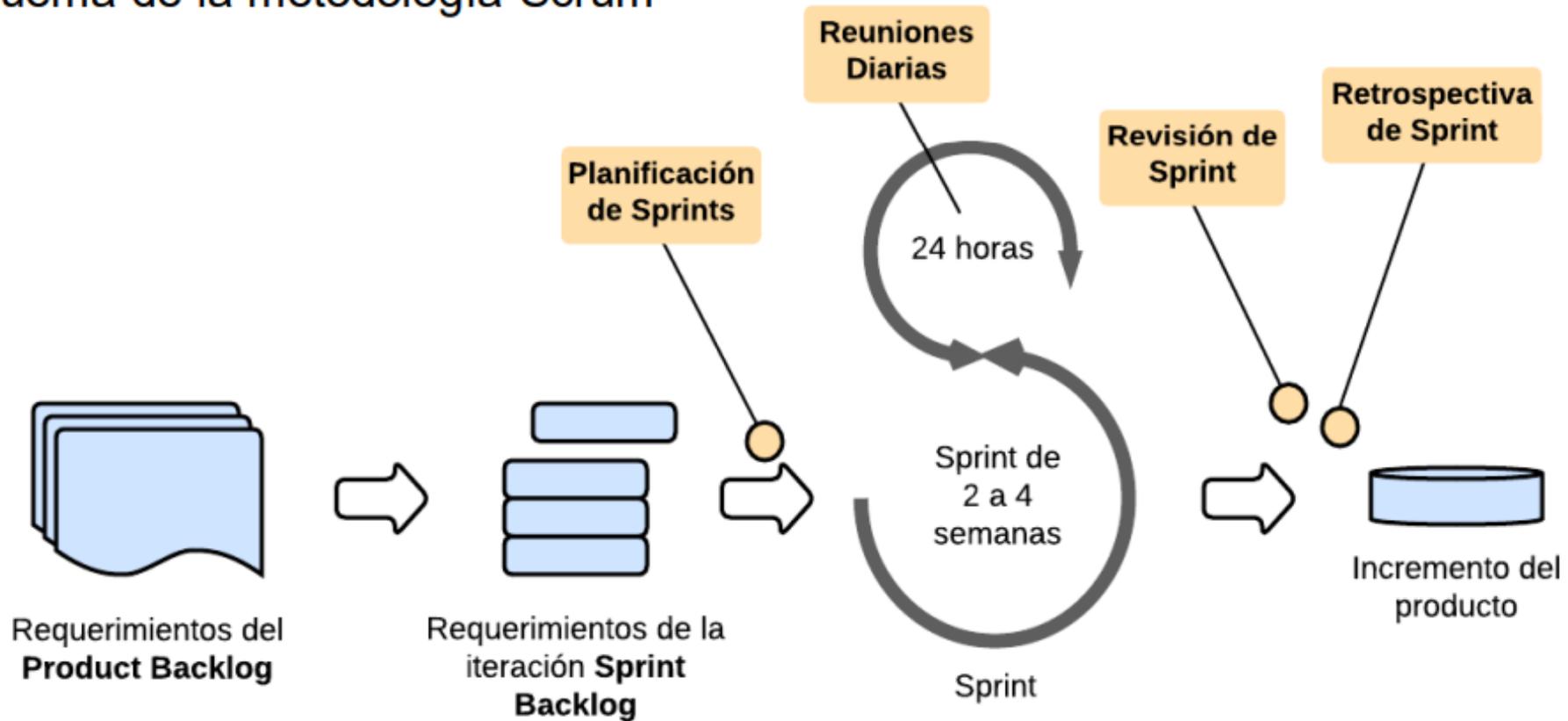
Descriptor y Clasificador de Visión por Computadora y/o Machine Learning. Alcanza una precisión máxima del 90% en la identificación de la marcha (Yu, Qin, Wan, & Jain, 2017).





# Metodología de desarrollo

## Esquema de la metodología Scrum



Recuperado de (Zayat & Senvar, 2020)



# Análisis del Sistema

- **Sprint 1: Inicio y Preparación**

## Historia de usuario 01

**Como** usuario.

**Quiero** un dataset de personas del cual se pueda extraer características biométricas y soft-biométricas.

**Para** entrenar los modelos Biometricos y Soft-biometricos de reconocimiento de personas.



# Análisis del Sistema

- **Sprint 2: Desarrollo de Modelo Facial**

## Historia de usuario 02

**Como** usuario.

**Quiero** un modelo y/o algoritmo de Visión por Computador que permita reconocer una persona mediante su rostro mientras se procesa video de la primera cámara de seguridad.

**Para** identificar una persona mediante el rostro.



# Análisis del Sistema

- **Sprint 3: Desarrollo de Modelo Forma de Caminar**

## Historia de usuario 03

**Como** usuario.

**Quiero** un modelo y/o algoritmo de Visión por Computador que permita reconocer una persona mediante su forma de caminar mientras se procesa video de la primera cámara de seguridad.

**Para** identificar una persona mediante su forma de caminar.



# Análisis del Sistema

- **Sprint 4: Desarrollo de Modelos Soft-biométricos**

## Historia de usuario 04

**Como** usuario.

**Quiero** un modelo y/o algoritmo de Visión por Computadora que permita identificar una persona mediante características softbiométricas (silueta corporal, color y textura de la vestimenta) mientras se procesa video de la primera cámara de seguridad.

**Para** Para identificar una persona mediante la fusión de características y softbiométricas (silueta corporal, color y textura de la vestimenta).



# Análisis del Sistema

- **Sprint 5: Fusión de Modelos**

## Historia de usuario 01

**Como** usuario.

**Quiero** un modelo y/o algoritmo de Visión por Computadora que permita identificar una persona mediante características biométricas (rostro y forma de caminar) y softbiométricas (silueta corporal, color y textura de la vestimenta) mediante la fusión de modelos y/o algoritmos de Re-Identificación.

**Para** validar que el sistema identifica a la persona mediante características biométricas (rostro, forma de caminar) y soft-biométricas (silueta corporal, color y textura de la vestimenta).



# Análisis del Sistema

- **Sprint 6: Validación, Ajustes de Modelos e integración**

## Historia de usuario 06

**Como** usuario.

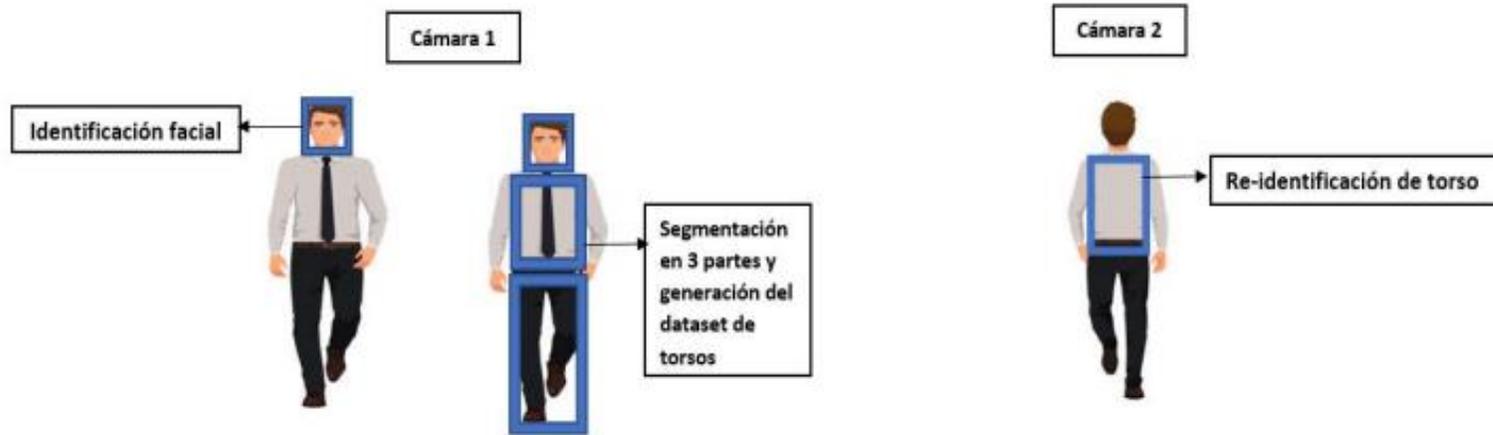
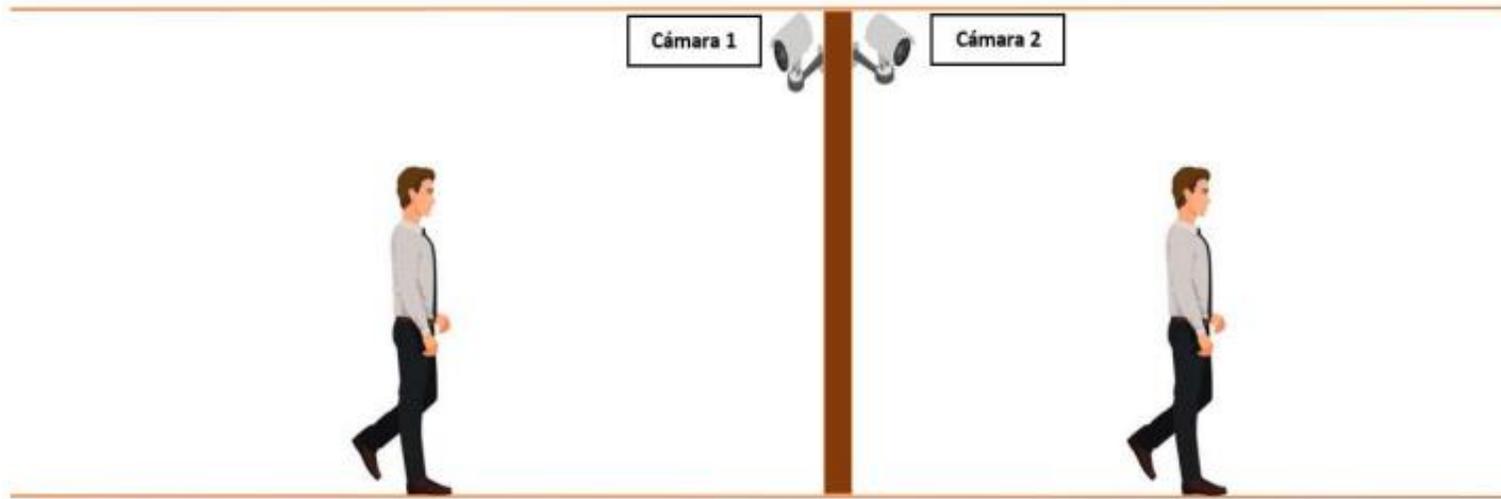
**Quiero** que el sistema de Re-Identificación permita el reconocimiento de una persona a través de características biométricas (rostro y forma de caminar) y softbiométricas (silueta corporal, color y textura de la vestimenta) mientras se procesa video de la primera cámara de seguridad y se Re-Identifique a la persona mientras se procesa video procedente de la segunda cámara de seguridad.

**Para** validar que el sistema genere los modelos de reconocimiento con la primera cámara de seguridad y re-identifique a la persona con la segunda cámara de seguridad.



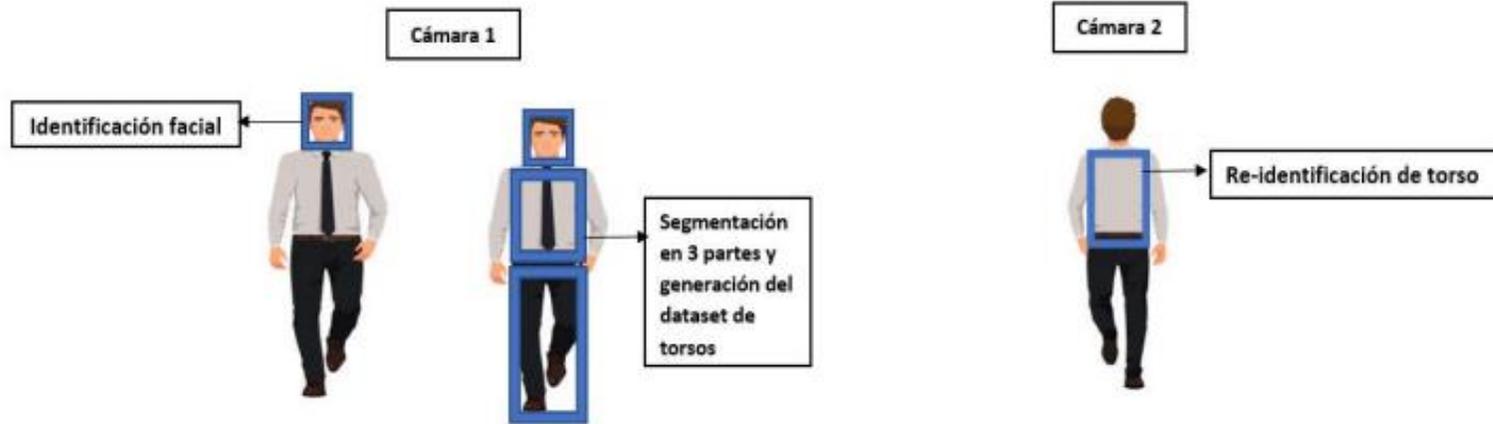
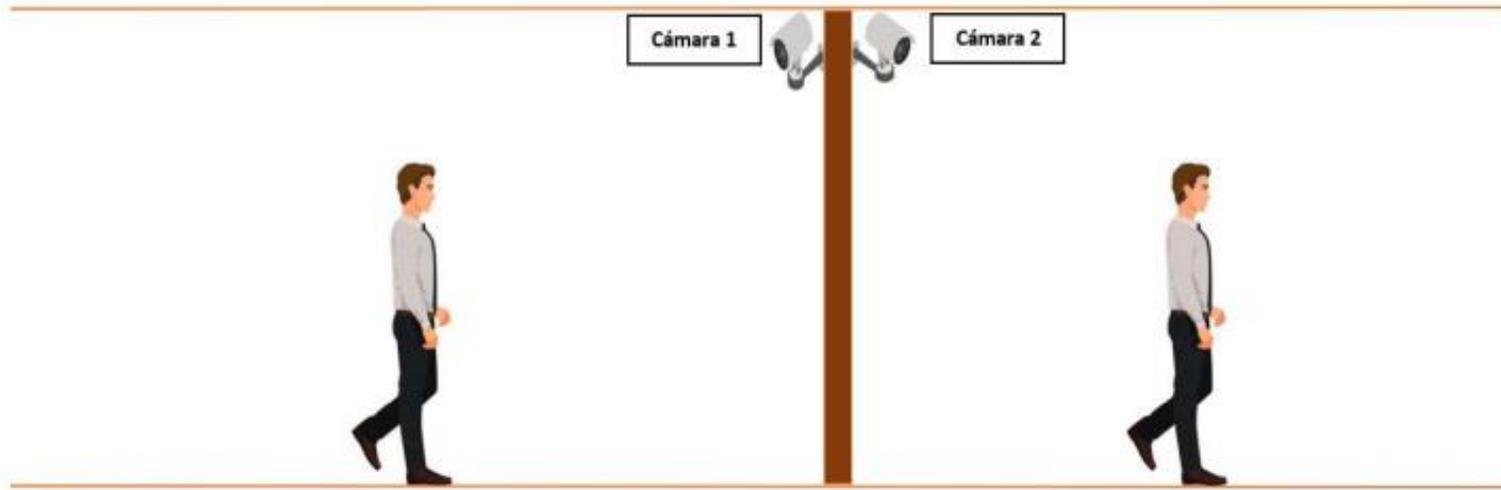
# Diseño del Sistema

- Arquitectura Lógica



# Diseño del Sistema

- Arquitectura Lógica



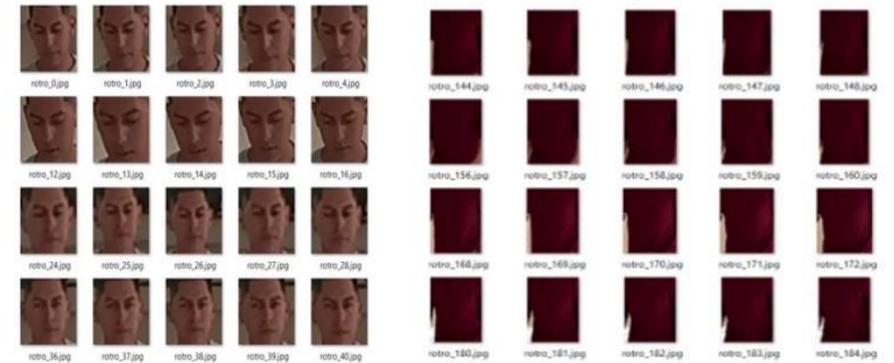
# Diseño del Sistema

- Obtención y clasificación de datasets para entrenamiento y pruebas del sistema de Re-Identificación de personas.



- Diego
- Grace
- Hernan
- Jose
- Luis
- Pablo

a)



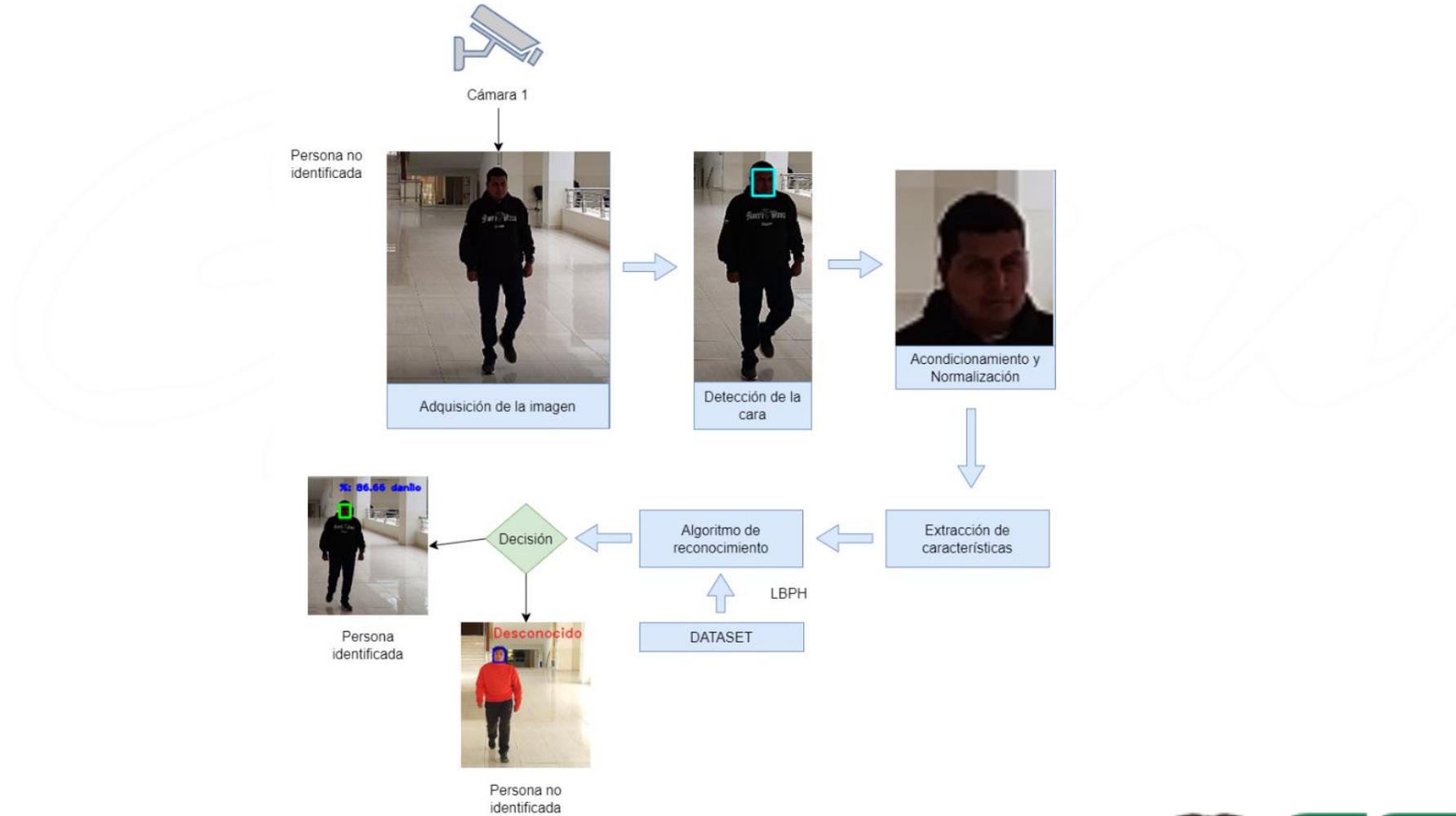
b)

c)



# Diseño del Sistema

- Esquema de funcionamiento del sistema de Re-Identificación mediante la forma del rostro.



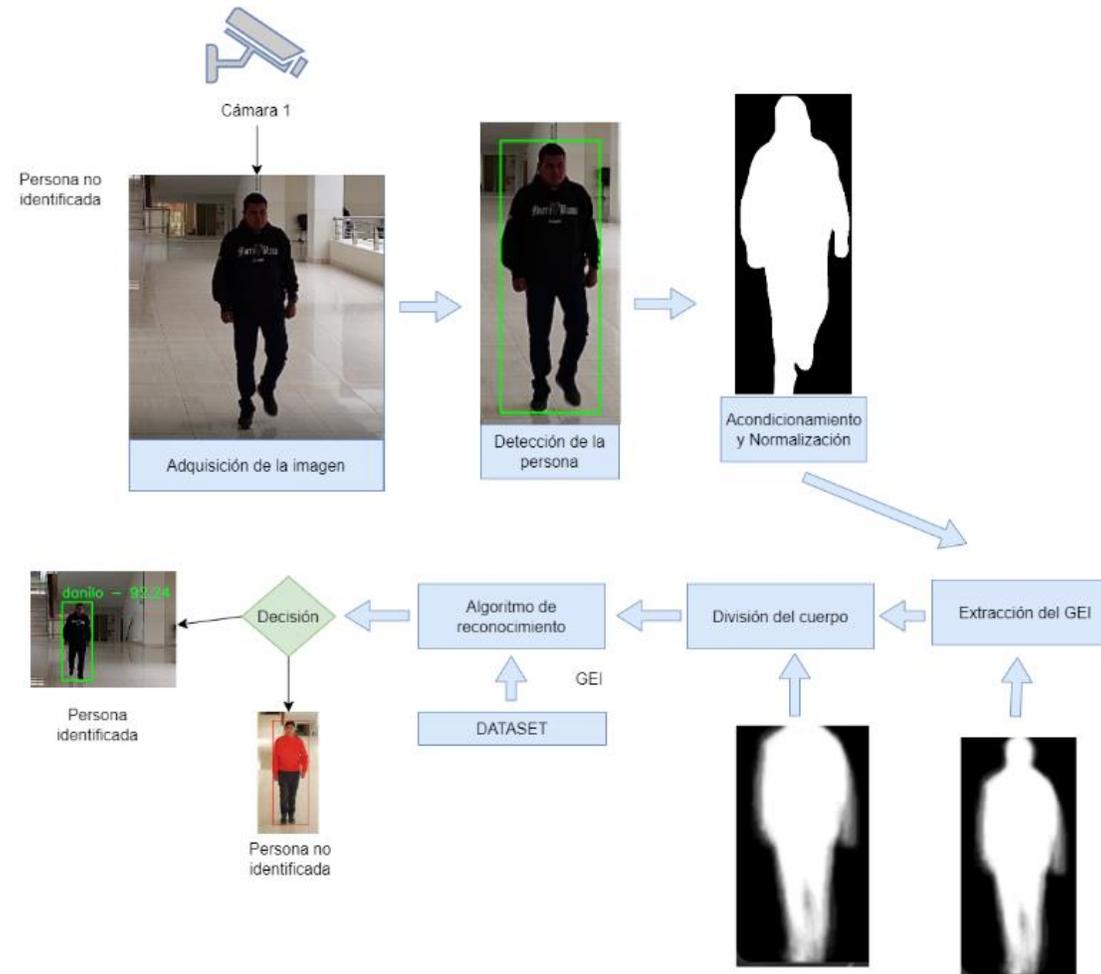
# Diseño del Sistema

- Imágenes generadas de la clase Danilo para el entrenamiento del algoritmo del rostro.



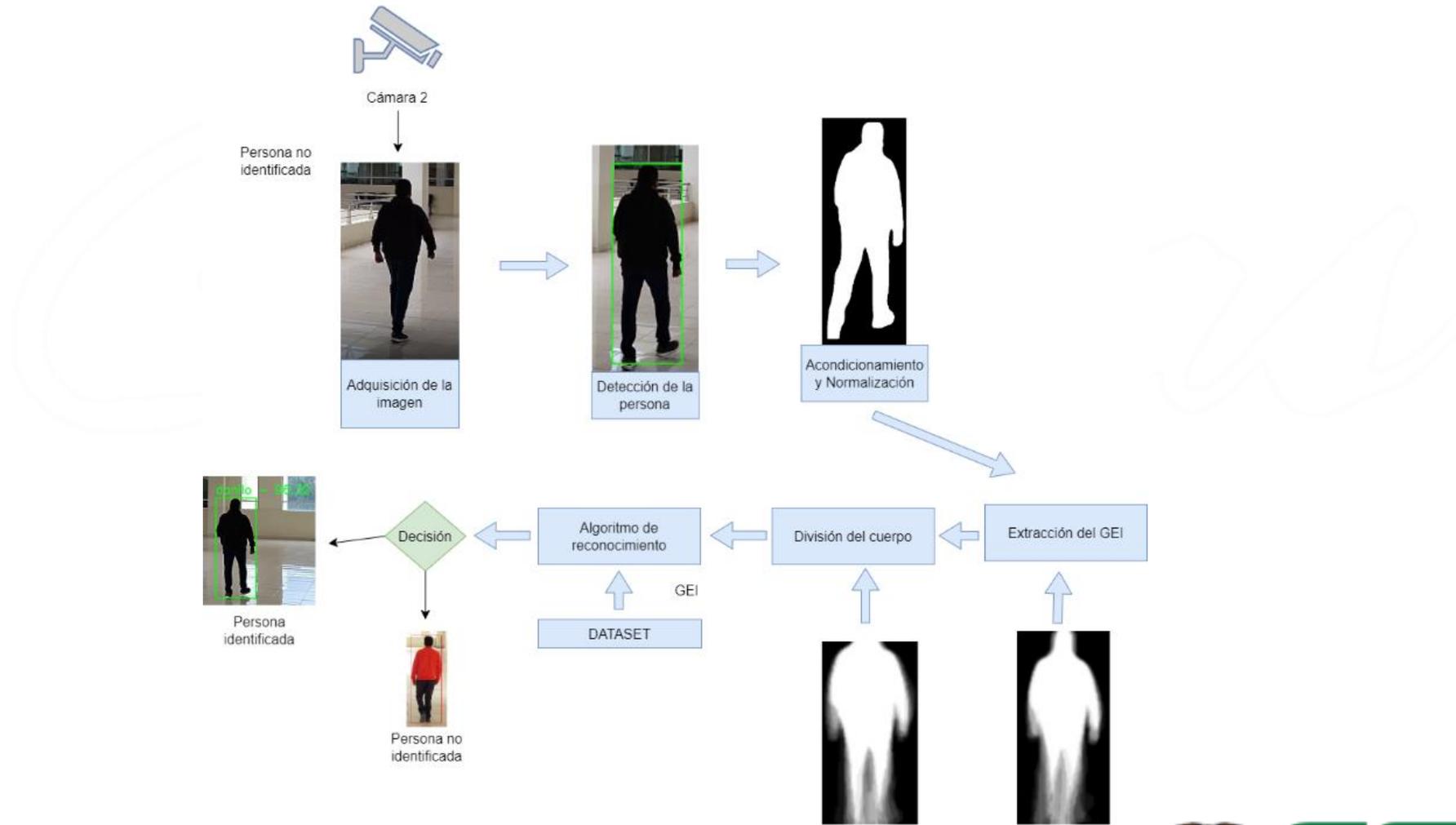
# Diseño del Sistema

- Esquema de funcionamiento del sistema de Re-Identificación mediante la forma de caminar (cámara 1).



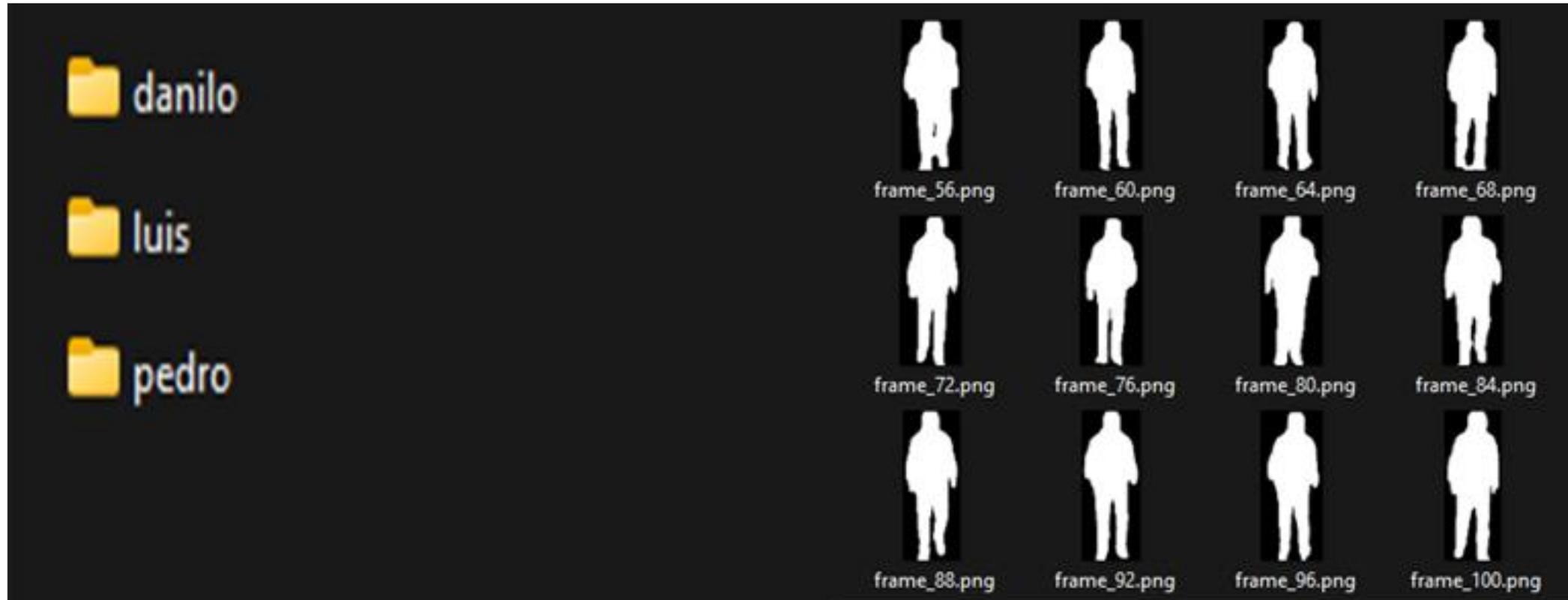
# Diseño del Sistema

- Esquema de funcionamiento del sistema de Re-Identificación por la forma de caminar (cámara 2).



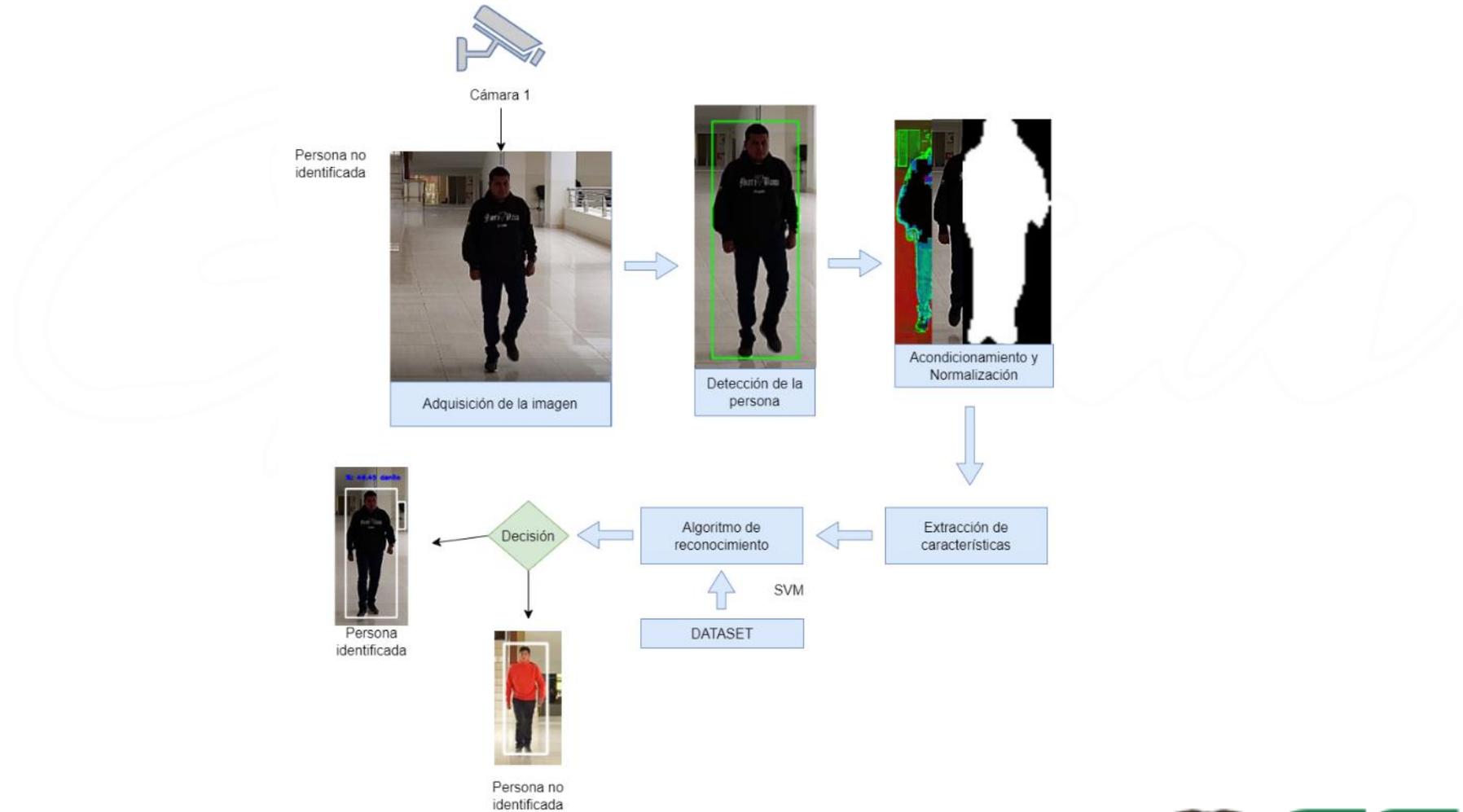
# Diseño del Sistema

- Imágenes generadas de la clase Danilo para el entrenamiento del modelo de la forma de caminar.



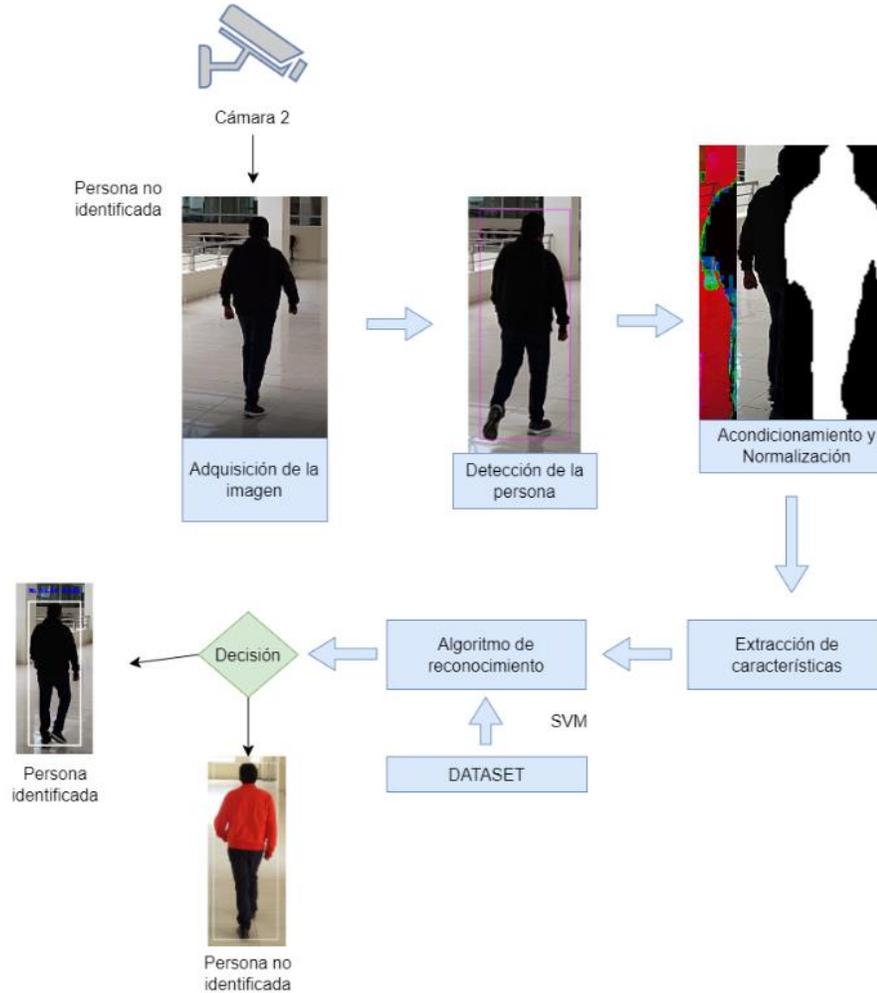
# Diseño del Sistema

- Esquema de funcionamiento del sistema de Re-Identificación por características soft-biométricas (cámara 1).



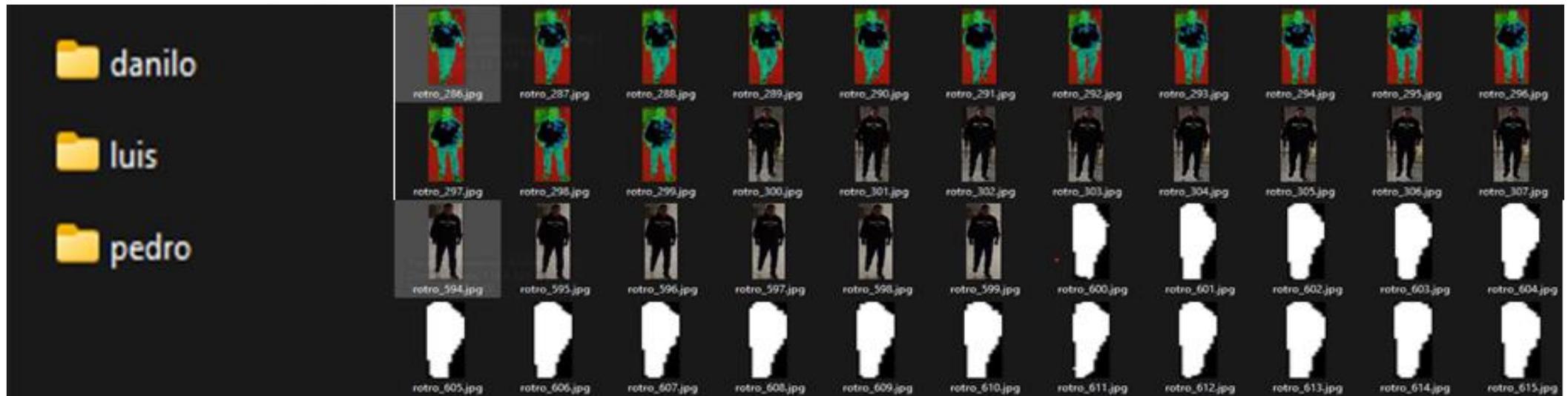
# Diseño del Sistema

- Esquema de funcionamiento del sistema de Re-Identificación por características soft-biométricas (cámara 2).



# Diseño del Sistema

- Imágenes generadas de la clase Danilo para el entrenamiento del modelo de características soft-biométricas (color, textura y silueta).



# Desarrollo del Sistema

- Ejecución de modelo de reconocimiento por la forma del rostro.



# Desarrollo del Sistema

- Ejecución de modelo de reconocimiento por la forma de caminar (cámara 1).



# Desarrollo del Sistema

- Ejecución de modelo de reconocimiento por la forma de caminar (cámara 2).



# Desarrollo del Sistema

- Ejecución de modelo de reconocimiento por la características soft-biométricas (cámara 1).



# Desarrollo del Sistema

- Ejecución de modelo de reconocimiento por la características soft-biométricas (cámara 2).



# Desarrollo del Sistema

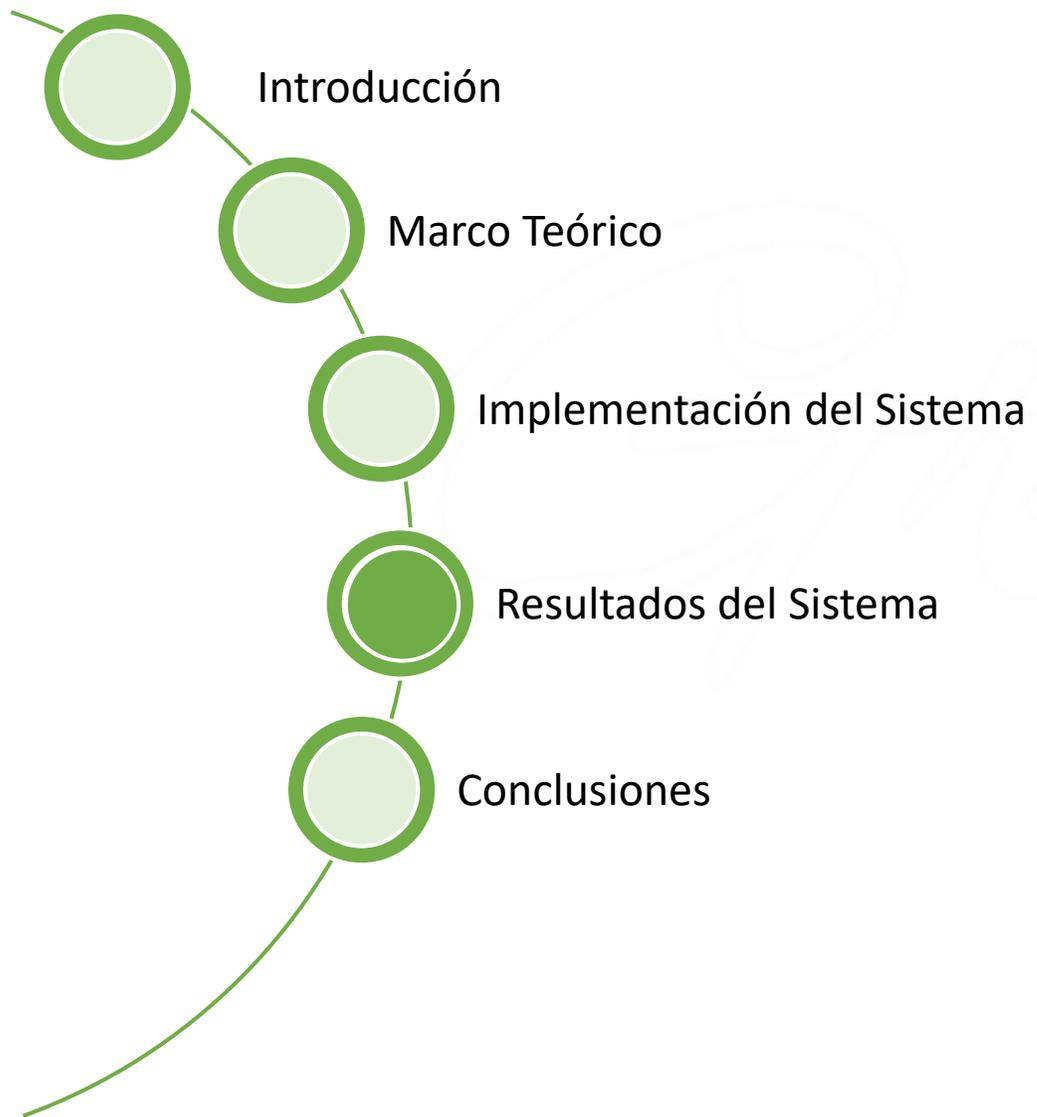
- Identificación de una persona empleando la fusión de los tres modelos generados, cámara 1.



# Desarrollo del Sistema

- Identificación de una persona empleando la fusión de los tres modelos generados, cámara 2.





# Validación del Sistema

- Métricas de evaluación utilizadas para validar el sistema de Re-Identificación de personas.

**Matriz de confusión**

	POSITIVOS	NEGATIVOS
POSITIVOS	(VP)	(FP)
NEGATIVOS	(FN)	(VN)

**Métricas de evaluación**

MÉTRICA	FÓRMULA
ACCURACY	$accuracy = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN}$



# Validación del Sistema

- Porcentaje de predicción del modelo de identificación facial.

Clase	Escenario	Característica biométrica	Predicción	Resultado esperado	Resultado Obtenido	Porcentaje de predicción
Danilo	Cámara 1	Rostro	Identificado	Danilo	Danilo	1.000
Luis	Cámara 1	Rostro	Identificado	Luis	Luis	0.9294
Pedro	Cámara 1	Rostro	Identificado	Pedro	Pedro	0.8917
PROMEDIO						0.9403 ± 0.0448



# Validación del Sistema

- Porcentaje de predicción del modelo soft-biométrico combinado.

Clase	Escenario	Característica soft-biométrica	Predicción	Resultado esperado	Resultado Obtenido	Porcentaje de predicción
Danilo	Cámara 2	Color, textura y silueta	Identificado	Danilo	Danilo	0.8692
Luis	Cámara 2	Color, textura y silueta	Identificado	Luis	Luis	0.8511
Pedro	Cámara 2	Color, textura y silueta	Identificado	Pedro	Pedro	0.8775
PROMEDIO						0.8659 ± 0.0110



# Validación del Sistema

- Porcentaje de predicción del modelo de la forma de caminar.

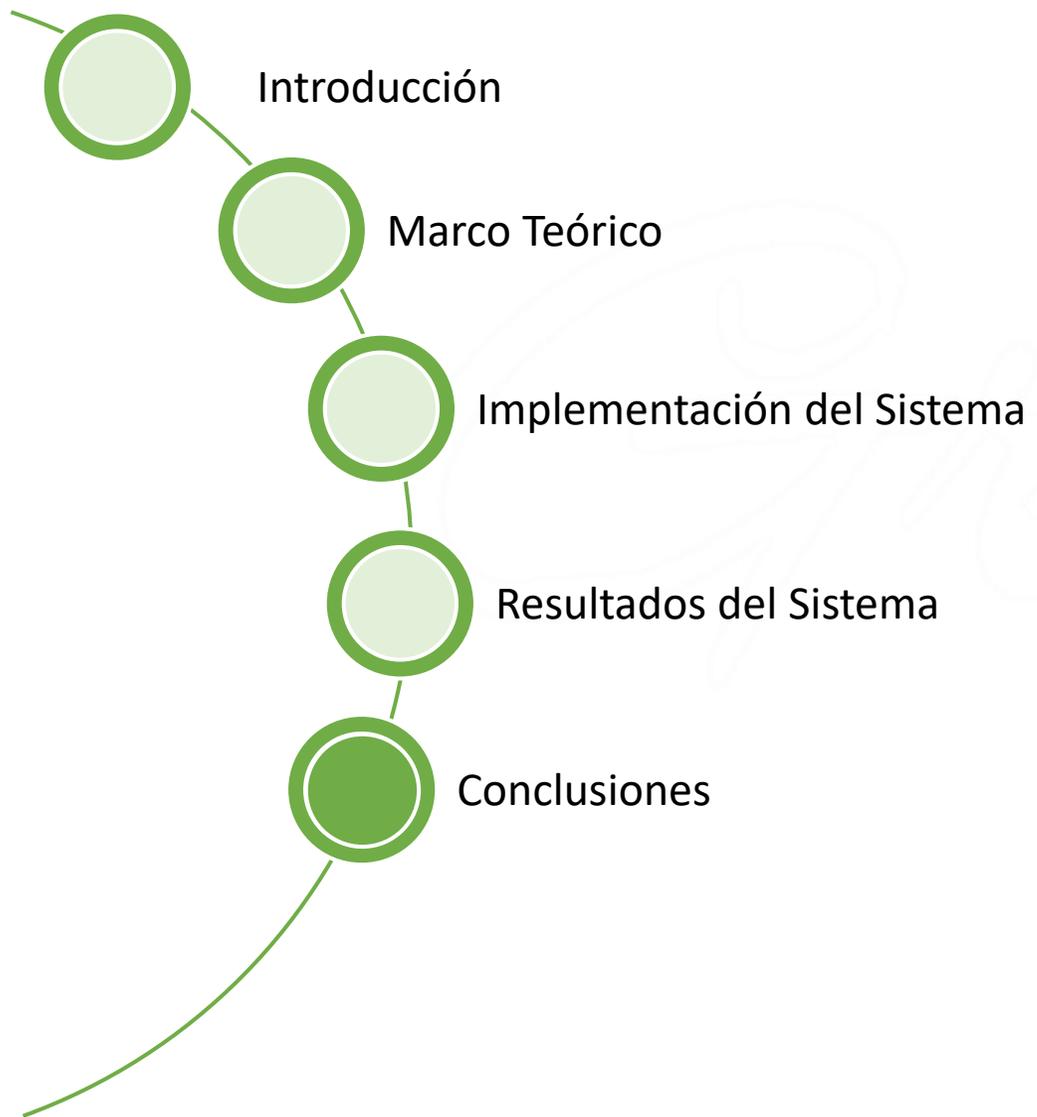
Clase	Escenario	Característica biométrica	Predicción	Resultado esperado	Resultado Obtenido	Porcentaje de predicción
Danilo	Cámara 2	Forma de caminar	Identificado	Danilo	Danilo	1.0000
Luis	Cámara 2	Forma de caminar	Identificado	Luis	Luis	0.9166
Pedro	Cámara 2	Forma de caminar	Identificado	Pedro	Pedro	0.9166
PROMEDIO						0.9444 ± 0.0393



# Análisis de resultados

- El porcentaje de predicción del modelo facial es de  $94.03\% \pm 4.48\%$ , lo cual indica que de cada 100 personas se reconocen 94 individuos. En investigaciones previas los resultados para identificación facial se encuentran entre el 92% (Vikram & Padmavathi, 2017) y el 95% (L & Raga, 2018), esto corresponde a predicciones mínimas y máximas respectivamente.
- El porcentaje de predicción del modelo de la forma de caminar es de  $94.44\% \pm 3.93\%$ , lo cual indica que de cada 100 personas se reconocen 94 individuos. En investigaciones previas, se ha demostrado que la combinación de GEI y CNN puede alcanzar tasas de reconocimiento superiores al 90% en ciertos conjuntos de datos (Yu, Qin, Wan, & Jain, 2017).
- El porcentaje de predicción del modelo soft-biométrico es de  $86.59\% \pm 1.10\%$ , lo cual indica que de cada 100 personas se reconocen 86 individuos. En la literatura científica el porcentaje de identificación de una persona mediante características soft-biométricas oscila entre el 87% (Farhadi et al., 2011) y el 94% (Hong et al., 2021), refiriéndose a la predicción mínima y máxima respectivamente.





# Conclusiones

- La investigación realizada en diversas bases de datos, incluyendo IEEE, WOS, Scopus y Google Scholar, permitió conocer diversas técnicas avanzadas de Visión por Computador, modelos de Machine Learning y/o algoritmos utilizados para la creación de sistemas de Re-Identificación de personas utilizando características soft-biométricas (textura, color y silueta) y biométricas (rostro y marcha). Estas técnicas fueron utilizadas para generar los diferentes modelos utilizados para el funcionamiento del sistema implementado.
- El desarrollo del proyecto fue realizado empleando el marco de trabajo SCRUM, puesto que esta metodología está diseñada para ser flexible y permitir ajustes en los requisitos. Esto permitió generar historias de usuario y la estimación de tiempos de las diferentes tareas, considerando que pueden existir imprevistos debido a la complejidad técnica que presentan los sistemas de Re-Identificación.
- Los principales retos que dificultaron obtener datos de buena calidad fue el brillo de los objetos, reflejo de las baldosas y ventanales en el entorno, por lo cual para solventar estos problemas se realizaron ajustes a los diferentes modelos, a fin de mejorar los datos para el entrenamiento. Luego de aplicar estas modificaciones se obtuvo como resultado modelos de reconocimiento biométricos y soft-biométricos que se ajustan al estándar de la industria.



# Conclusiones

- Utilizar Haar cascade en la identificación de personas por el rostro ha demostrado ser útil en la extracción de características faciales discriminativas al conjunto de datos de entrada proporcionado. Por otra parte, SVM resultó ser útil para separar las diferentes clases y encontrar patrones en la gran cantidad atributos que presentan los datos empleados para la Re-Identificación por características soft-biométricas (color, textura y silueta). CNN a su vez ha mostrado ser útil para aprender características invariantes al ángulo de captura (en cierta medida) y generalizar mejor a diferentes condiciones de captura disminuyendo la complejidad de los datos necesarios para entrenar el modelo.
- Al combinar las características soft-biométricas se obtuvieron mejores resultados en la predicción en comparación a utilizarlos de forma independiente, puesto que se pudo obtener un conjunto de características más representativas de un individuo. Esta mejora fue de gran aporte para el sistema, puesto que fue principalmente utilizado para Re-Identificar a la persona cuando no es posible detectar el rostro y en las imágenes del video no se puede captar el movimiento de los pies durante la marcha donde ninguna de las características biométricas podía aportar a porcentaje de predicción.
- Los sistemas de Re-Identificación de la forma de andar que utilizan un solo ángulo de cámara pueden dar lugar a errores, ya que el modelo pierde información clave de la marcha que son captados desde otro ángulo de vista del individuo. Ante esta problemática se integran otras características como son las soft-biométricas que complementan a estos sistemas, permitiendo que estos puedan ser aplicados en videovigilancia, seguridad pública y prevención del delito.



# Bibliografía

- Han, J., & Bhanu, B. (2006). Individual recognition using gait energy image. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(2), 316-322
- A. Ezzahout and R. O. Haj Thami, "Conception and development of a video surveillance system for detecting, tracking and profile analysis of a person," 2013 3rd International Symposium ISKO-Maghreb, 2013, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISKO-Maghreb.2013.6728128
- Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(1), 4–20. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>
- Niyogi & Adelson. (1994). Analyzing and recognizing walking figures in XYT. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR-94*, 469–474. <https://doi.org/10.1109/CVPR.1994.323868>
- Dantcheva, A., Velardo, C., D'Angelo, A., & Dugelay, J.-L. (2011). Bag of soft biometrics for person identification: New trends and challenges. *Multimedia Tools and Applications*, 51. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0635-7>
- Turk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(1), 71–86. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.1.71>
- Felzenszwalb, P. F., Girshick, R. B., McAllester, D., & Ramanan, D. (2010). Object Detection with Discriminatively Trained Part-Based Models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32(9), 1627–1645. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2009.167>



# Bibliografía

- L, S. S., & Raga, S. (2018). Real Time Face Recognition of Human Faces by using LBPH and Viola Jones Algorithm. International journal of scientific research in computer science and engineering. <https://doi.org/10.26438/ijsrcse/v6i5.610>
- Hong, P., Wu, T., Wu, A., Han, X., & Zheng, W.-S. (2021). Fine-Grained ShapeAppearance Mutual Learning for Cloth-Changing Person Re-Identification. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 10508-10517. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.01037>
- Zayat, W., & Senvar, O. (2020). Framework Study for Agile Software Development Via Scrum and Kanban. International Journal of Innovation and Technology Management, 17(04), 2030002. [https://doi.org/10.1142/S02198770\\_20300025](https://doi.org/10.1142/S02198770_20300025)
- Vikram, K., & Padmavathi, S. (2017). Facial parts detection using Viola Jones algorithm. 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICACCS.2017.8014636>
- Farhadi, M., Motamedi, S. A., & Sharifian, S. (2011). Efficient Human Detection Based on Parallel Implementation of Gradient and Texture Feature Extraction Methods. 2011 7th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IranianMVIP.2011.6121596>



Gracias por su  
atención



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA