

# DETECCIÓN DE SOMNOLENCIA Y SÍNCOPE EN CONDUCTORES MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL

Realizado por: José Manuel Jiménez Berlanga

Dirigido por: Dr. Juan Antonio Ortega Redondo

Titulación: Máster en Ingeniería de Telecomunicación

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción
2. Estado del Arte
3. Solución propuesta
4. Verificación y validación
5. Conclusiones
6. Trabajo futuro

# I. INTRODUCCIÓN

## Motivación

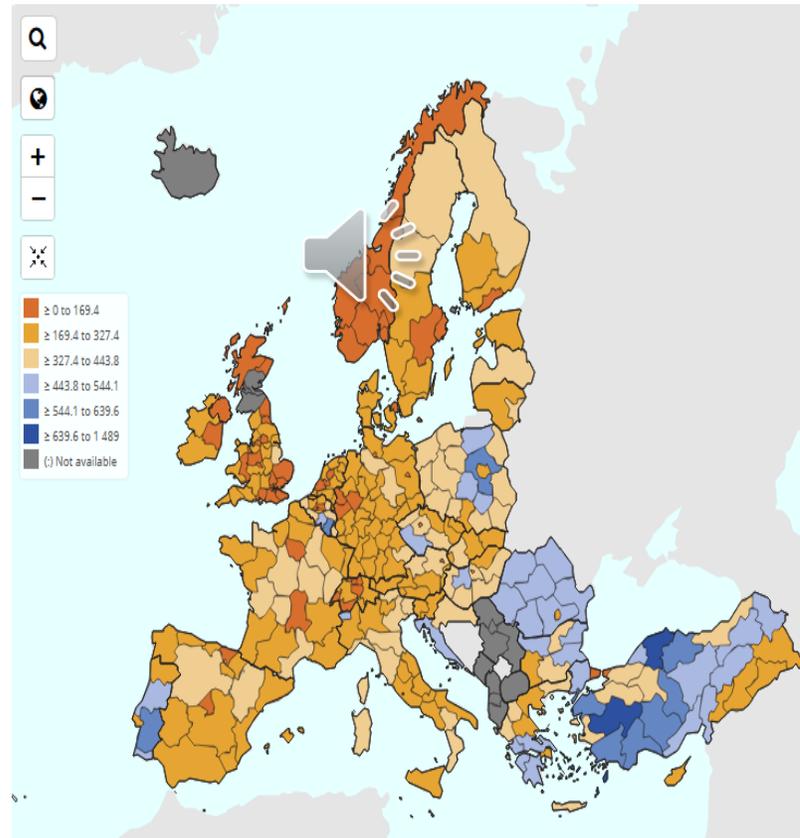
1.25 millones de muertos al año en el mundo en accidentes de tráfico



8% debido a somnolencia  $\approx$  100k fallecidos



En Europa: regulación europea 2018/0145 (COD) PE-CONS 82/19 obliga a integrar sistemas automáticos de detección de fatiga a partir de 2022



## Objetivos:

- Análisis y estudio de factores fisiológicos y biométricos que permitan determinar situaciones de somnolencia y fatiga.
- Estudio y uso de librerías de visión por computador ampliamente extendidas en la industria (OpenCV).
- Estudio y uso de librerías que implementan algoritmos de IA para clasificación de caras, ojos.

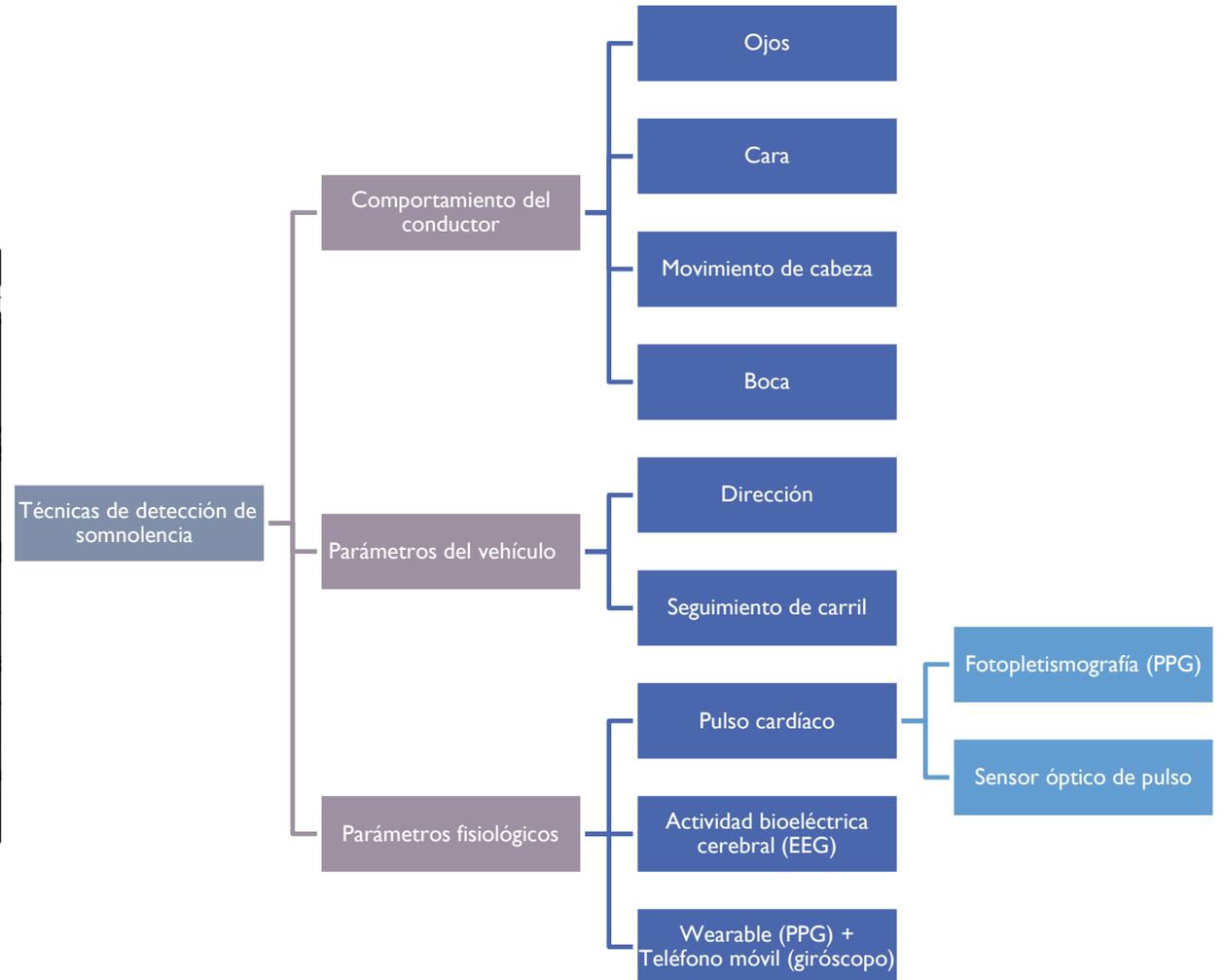
## 2. ESTADO DEL ARTE

### Historia y clasificación

Año 1994: el centro de I+D de Nissan Motor presenta el estudio “Development of drowsiness detection system”

Detection Techniques		Description	Detection Accuracy	Practicality	Extendibility
Sensing of Human Physiological Phenomena	Physiological Signals	Detection by Changes in Brain Waves, Blinking, Heart Rate, Pulse Rate, Skin Electric Potential, etc.	⊙	×	△
	Physical Reactions	Detection by Changes in Inclination Driver's Head, Sagging posture, Frequency at Which Eyes Close, Gripping force on Steering Wheel, etc.	⊙	○	⊙
Sensing of Driving Operation		Detection by Changes in Driving Operations (Steering, Accelerator, Braking, Shift Lever , etc.)	○	⊙	×
Sensing of Vehicle Behavior		Detection by Changes in Vehicle Behavior (Speed, Lateral G, Yaw Rate, Lateral Position, etc.)	○	⊙	×
Response of Driver		Detection by Periodic Request for Response	△	×	⊙
Traveling Conditions		Detection by Measurement of Traveling Time and Conditions (Daytime or Nighttime, Speed, etc.)	×	○	⊙

⊙ : Very Good    ○ : Good    △ : Average    × : Poor



## 2. ESTADO DEL ARTE

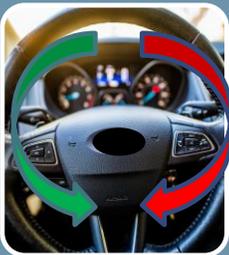
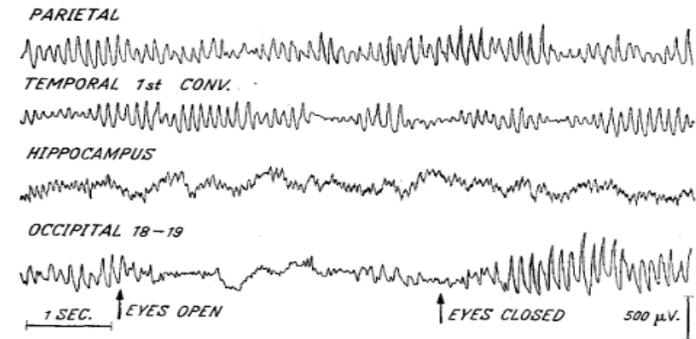
### Estrategias de detección de somnolencia según parámetros:



Fisiológicos

+ Alta fiabilidad

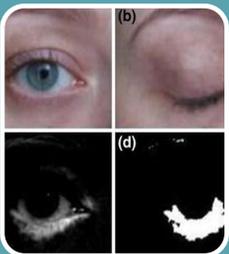
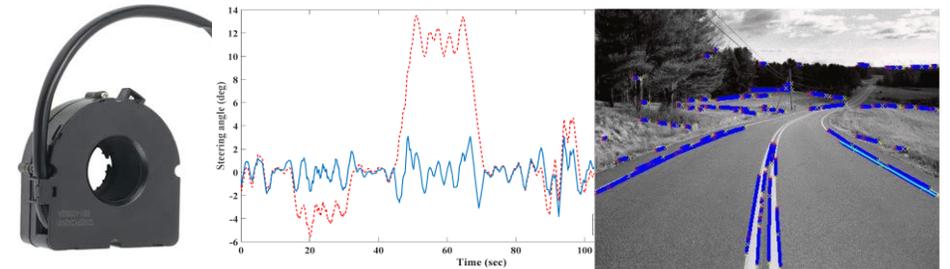
- Muy intrusivos



Conducción

+ Fácil integración (ej. Sensor ángulo)

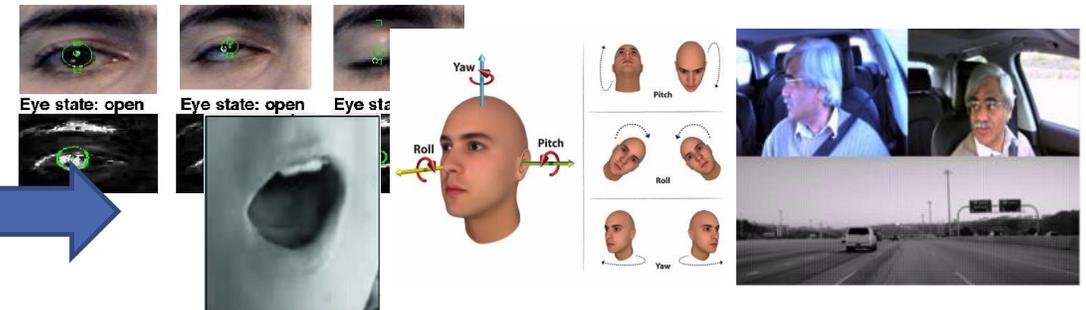
- Dependientes del conductor y vía



Conductor

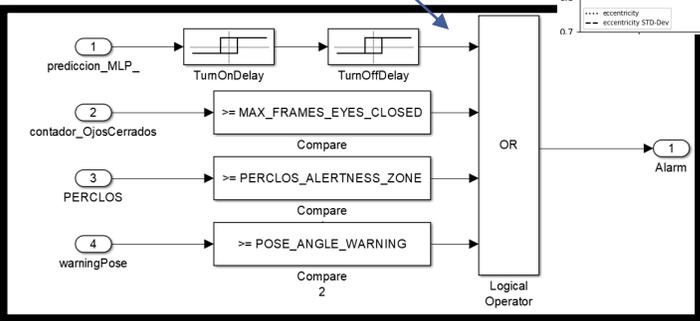
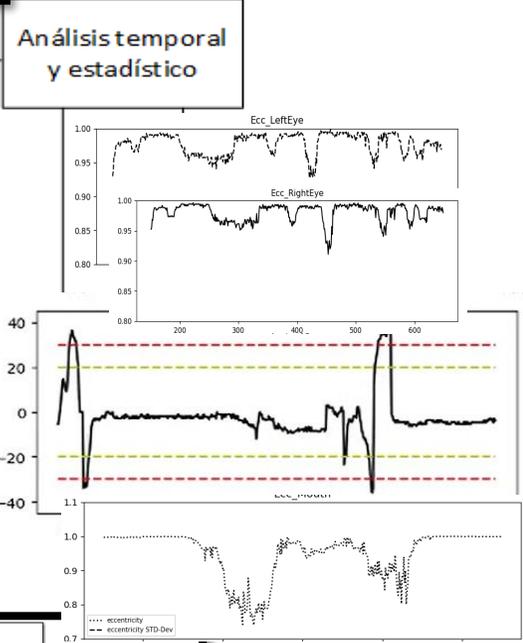
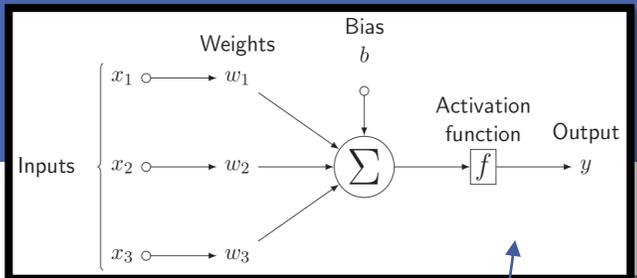
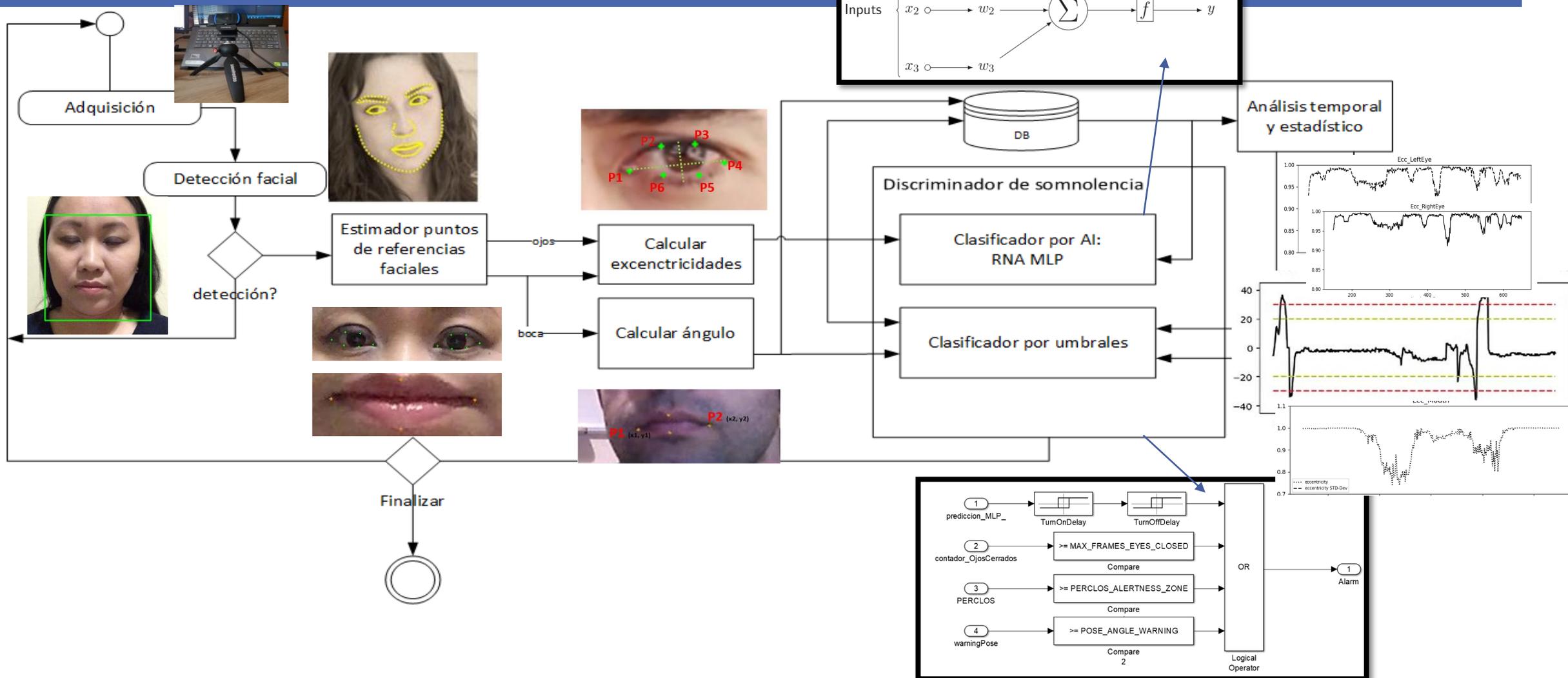
+ Poco intrusivos

- Técnicamente complejos



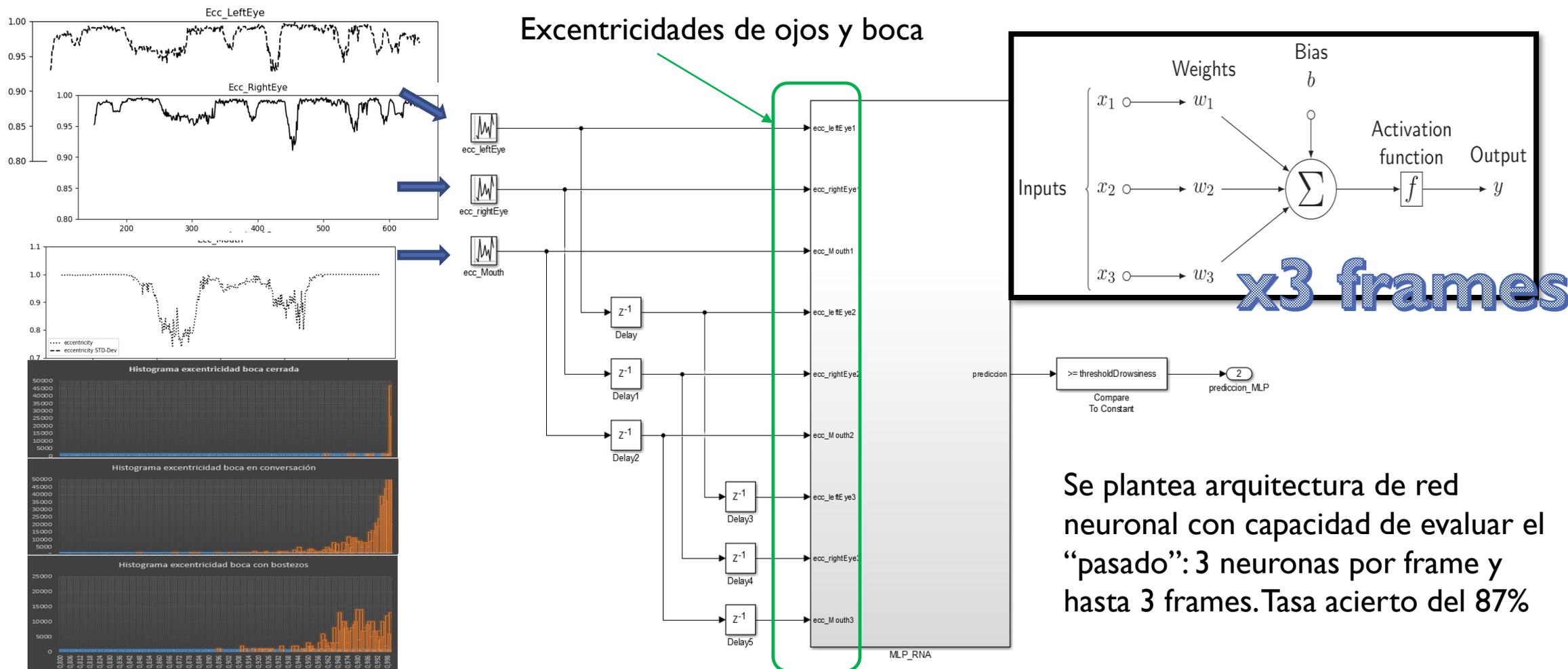
# 3. SOLUCIÓN PROPUESTA

## Etapas y flujo de procesamiento



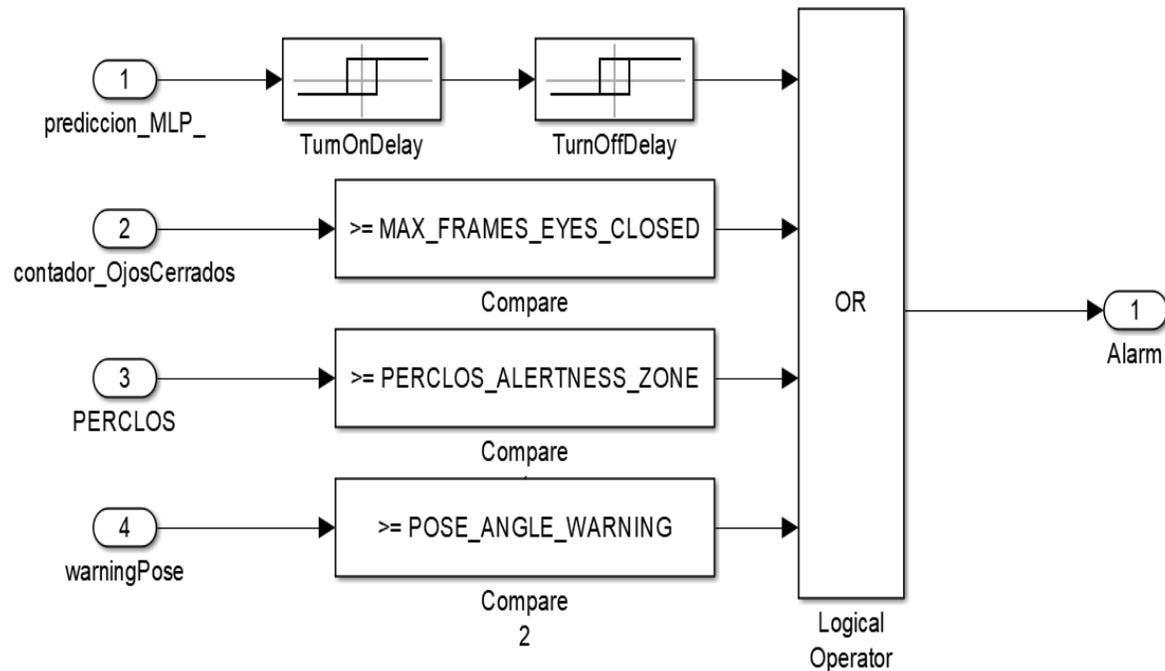
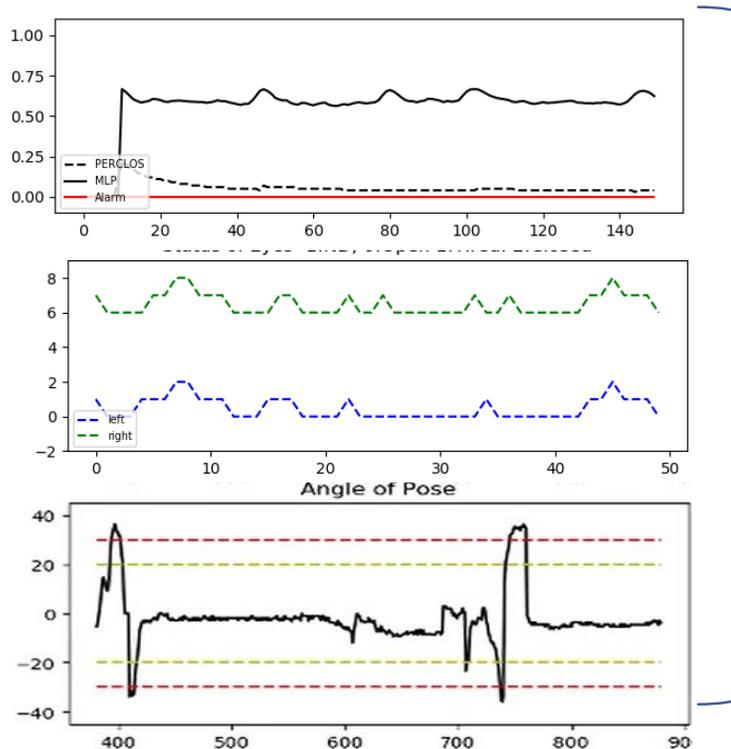
# 3. SOLUCIÓN PROPUESTA

## Clasificador por IA: red neuronal perceptrón multicapa (MLP)



# 3. SOLUCIÓN PROPUESTA

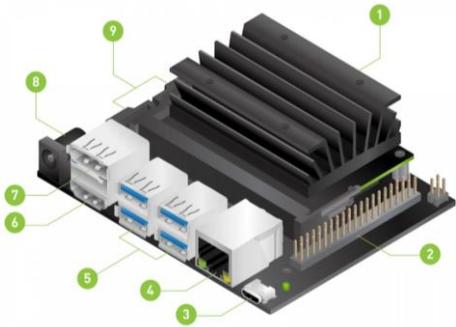
## Clasificador por umbrales



- Salida red MLP se temporiza a la activación y desactivación
- Contador de ojos cerrados, PERCLOS y tasa de Pose (inclinación de cabeza) disparan alarma por umbral

# 3. SOLUCIÓN PROPUESTA

## Despliegue en NVIDIA Jetson Nano developer kit



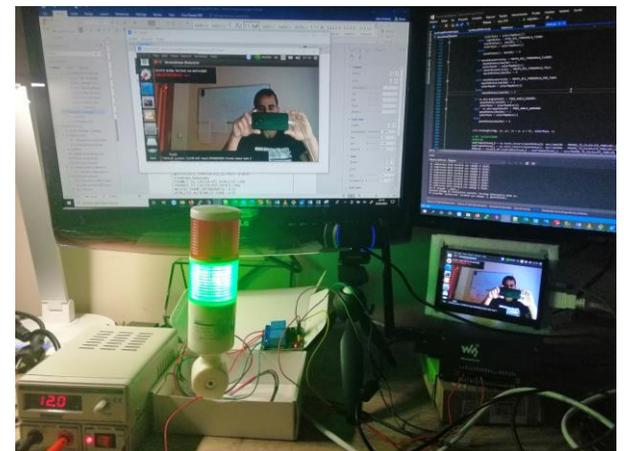
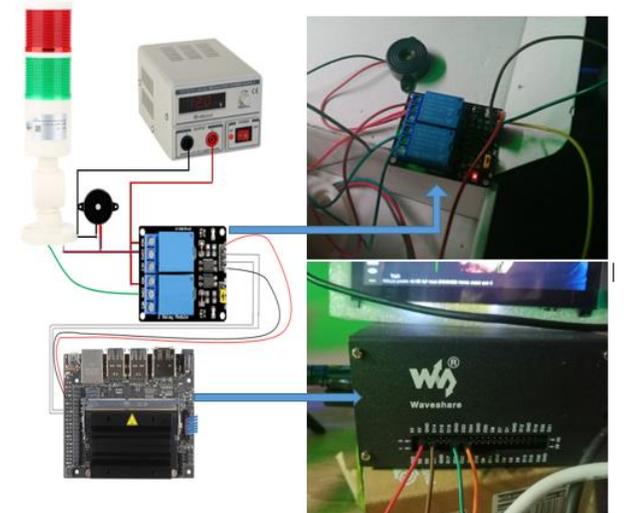
Notificación de funcionamiento y alarma mediante puertos GPIO. (18, 23) que controlan dos relés (AZDelivery 2 Canales )

### Simbología

 Led verde encendida: la aplicación se encuentra en ejecución.

 Led rojo parpadeando: la aplicación ha activado una alarma por somnolencia.

Activación de alarma, la aplicación emitirá un aviso sonoro mediante la integración de un zumbador.



# 4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: RESULTADOS

## videosets y configuraciones

Grupo A: elaboración propia



Grupo B: UTA Real-Life Drowsiness Dataset



### Dos grupos de vídeos bajo prueba:

#### Grupo A:

- 4 sujetos
- Elaboración propia bajo situaciones extremas de somnolencia y alerta

#### Grupo B:

- 6 sujetos
  - ID=0 → despierto ID =10 → alerta
- Elaboración por la Universidad Texas
- Situaciones más ambiguas (incluso para ojo humano) y mayor variabilidad

### Dos configuraciones por batería de pruebas:

#### Sensibilidad Alta

Umbral de somnolencia MLP	0.625
TurnOnDelayMLP	7 frames = 0.23s @ 30 fps
TurnOffDelayMLP	60 frames = 2.0s @ 30 fps

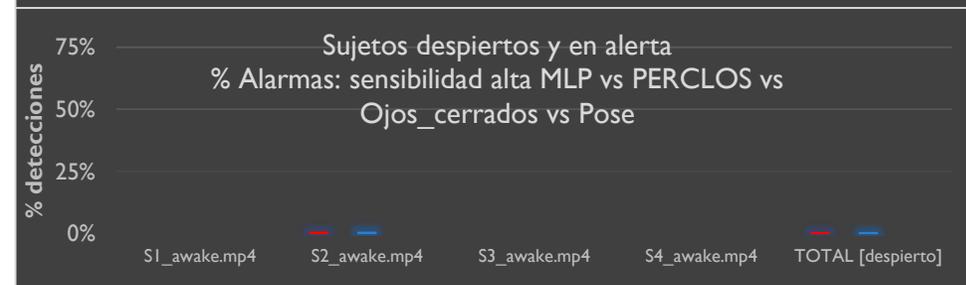
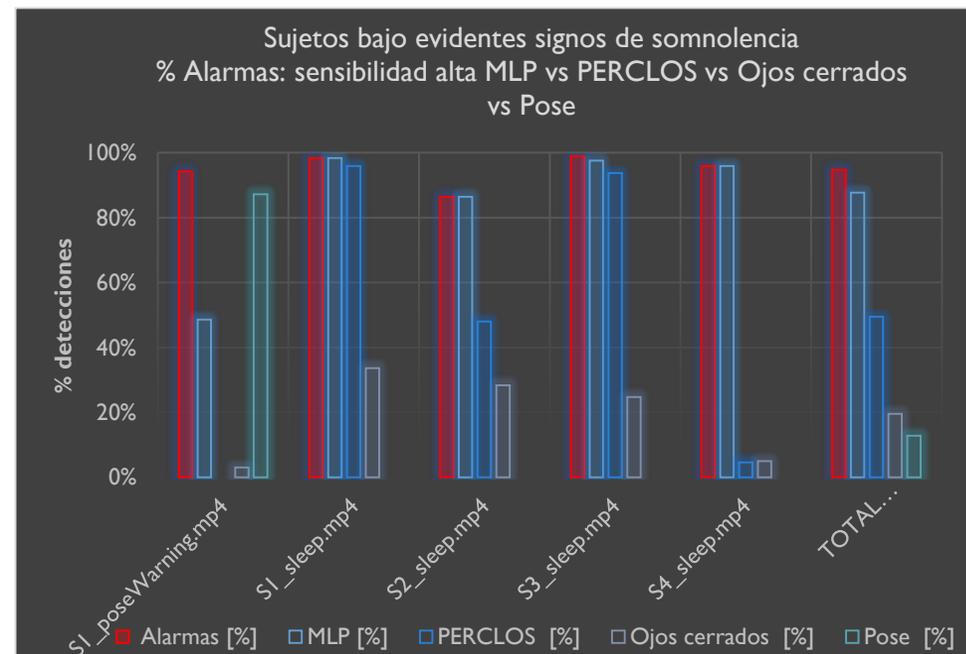
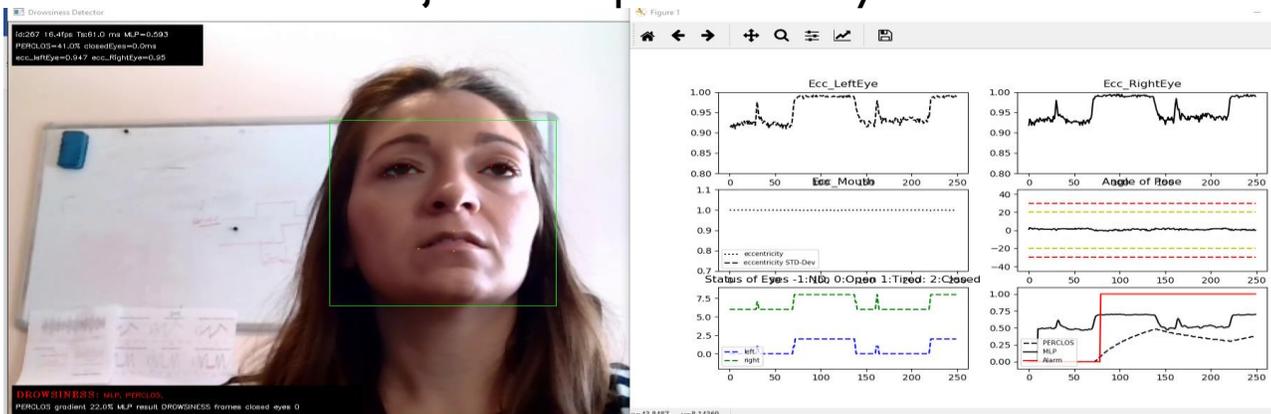
#### Sensibilidad Media (condiciones más restrictivas)

Umbral de somnolencia MLP	0.690
TurnOnDelayMLP	9 frames = 0.3s @ 30 fps
TurnOffDelayMLP	90 frames = 3.0s @ 30 fps

# 4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: RESULTADOS configuración sensibilidad alta - GRUPO A

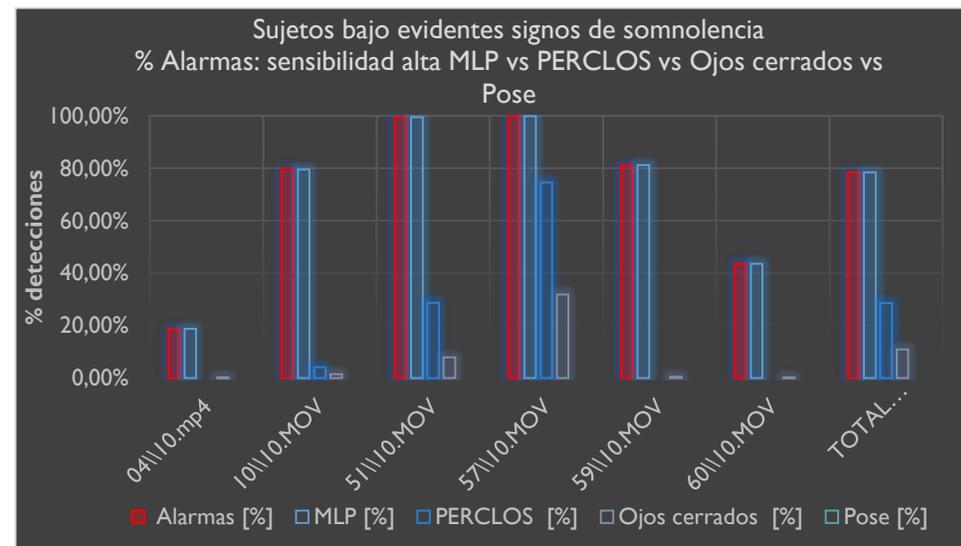
Sujeto bajo análisis	Somnolencia	Alarmas	por MLP	pos Ojos cerrados	por PERCLOS	Pose	Falsos negativos	Falsos positivos
S1_sleep.mp4	Y	98,30%	98,30%	33,59%	95,95%	0,00%	1,70%	0,00%
S1_awake.mp4	N	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
S2_sleep.mp4	Y	86,38%	86,38%	28,39%	48,02%	0,00%	13,62%	0,00%
S2_awake.mp4	N	0,28%	0,00%	0,00%	0,28%	0,00%	0,00%	0,28%
S3_sleep.mp4	Y	98,98%	97,57%	24,73%	93,72%	0,00%	1,02%	0,00%
S3_awake.mp4	N	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
S4_sleep.mp4	Y	95,87%	95,87%	4,98%	4,58%	0,00%	4,13%	0,00%
S4_awake.mp4	N	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
S1_poseWarning.mp4	Y	94,28%	48,59%	3,06%	0,00%	82,51%	5,72%	0,00%
<b>TOTAL [somnolencia]</b>	<b>Y</b>	<b>94,70%</b>	<b>87,73%</b>	<b>19,55%</b>	<b>49,44%</b>	<b>12,12%</b>	<b>5,30%</b>	<b>0,00%</b>
<b>TOTAL [despierto]</b>	<b>N</b>	<b>0,07%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,07%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,07%</b>

## Sujetos con patrones muy marcados

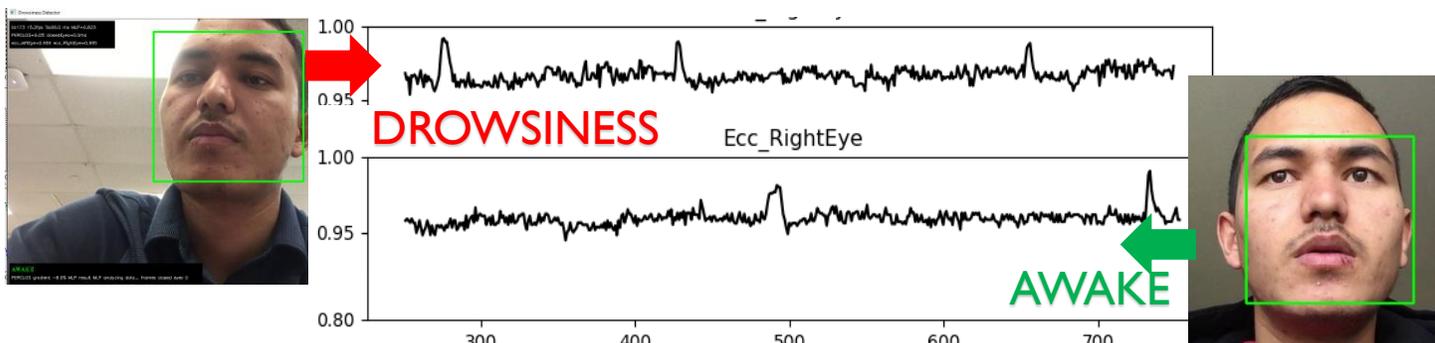


# 4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: RESULTADOS configuración sensibilidad alta - GRUPO B

Sujeto bajo análisis	Somnolencia	Alarmas	por MLP	pos Ojos cerrados	por PERCLOS	Pose	Falsos negativos	Falsos positivos
04\10.mp4	N	50,88%	50,88%	0,26%	0,00%	0,00%	0,00%	50,88%
04\10.mp4	Y	18,76%	18,76%	0,01%	0,00%	0,00%	81,24%	0,00%
10\10.MOV	N	35,96%	35,96%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	35,96%
10\10.MOV	Y	80,02%	79,48%	1,40%	4,09%	0,00%	19,98%	0,00%
51\10.MOV	N	34,72%	34,59%	4,07%	8,40%	0,00%	0,00%	34,72%
51\10.MOV	Y	99,48%	99,48%	7,89%	28,66%	0,00%	0,52%	0,00%
57\10.MOV	N	57,77%	57,77%	3,54%	0,00%	0,00%	0,00%	57,77%
57\10.MOV	Y	99,85%	99,85%	31,80%	74,60%	0,00%	0,15%	0,00%
59\10.MOV	N	15,72%	15,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,72%
59\10.MOV	Y	81,16%	81,16%	0,40%	0,00%	0,00%	18,84%	0,00%
60\10.MOV	N	7,82%	7,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,82%
60\10.MOV	Y	43,52%	43,52%	0,02%	0,00%	0,00%	56,48%	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>Y</b>	<b>78,54%</b>	<b>78,40%</b>	<b>10,89%</b>	<b>28,56%</b>	<b>0,00%</b>	<b>21,46%</b>	<b>0,00%</b>
[somnolencia]								
<b>TOTAL</b>	<b>N</b>	<b>33,34%</b>	<b>33,32%</b>	<b>0,92%</b>	<b>1,52%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>32,90%</b>
[despierto]								



Difícil encontrar patrones de clasificación

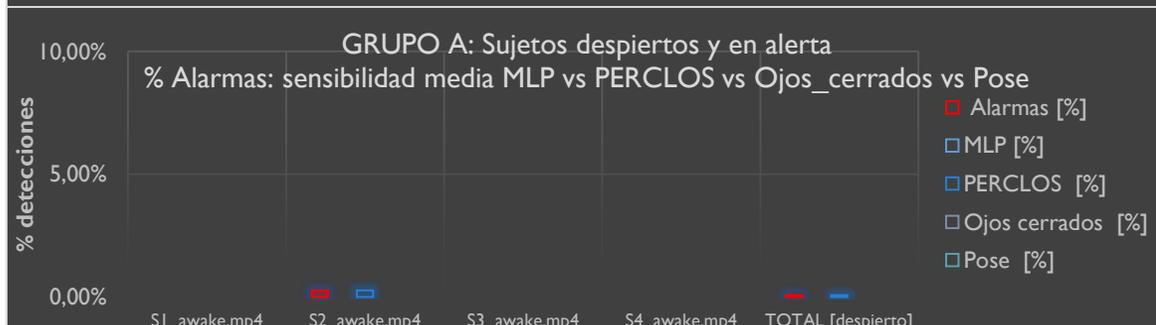
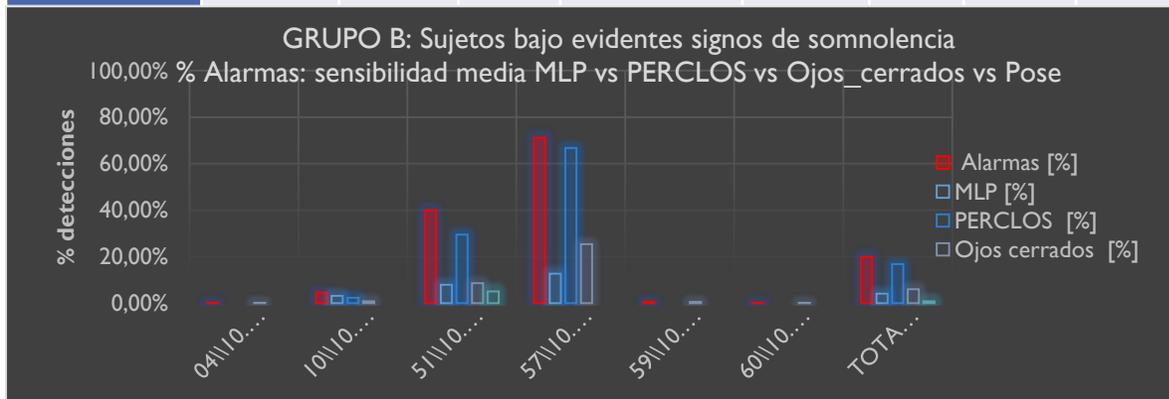
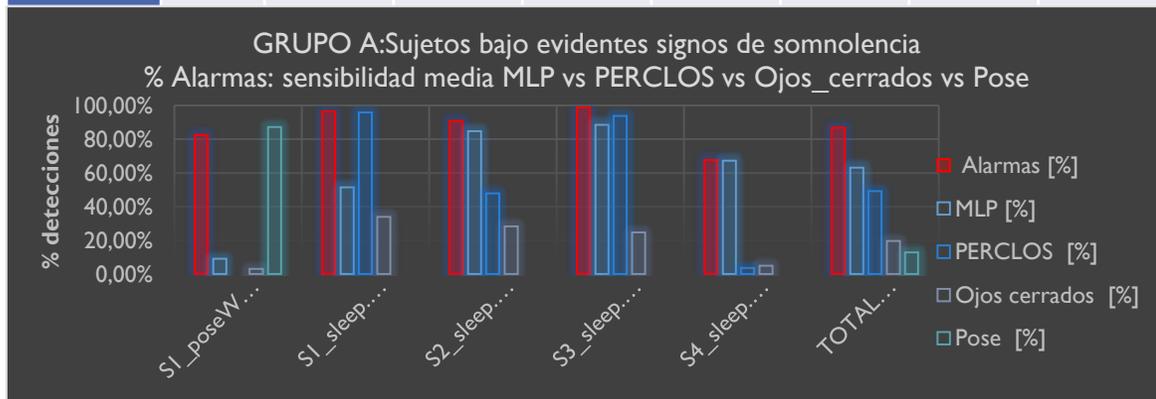


# 4. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: RESULTADOS

## configuración sensibilidad media - GRUPO A vs GRUPO B

Sujeto bajo análisis GRUPO A	Somnolencia	Alarmas	por MLP	pos Ojos cerrados	por PERCLOS	Pose	Falsos negativos	Falsos positivos
TOTAL [somnolencia]	Y	86,82 %	63,04 %	19,64 %	49,21 %	12,12 %	13,18 %	0,00 %
TOTAL [despierto]	N	0,07 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %

Sujeto bajo análisis GRUPO B	Somnolencia	Alarmas	por MLP	pos Ojos cerrados	por PERCLOS	Pose	Falsos negativos	Falsos positivos
TOTAL [somnolencia]	Y	19,90 %	4,07 %	6,05 %	16,84 %	0,86 %	80,10 %	0,00 %
TOTAL [despierto]	N	1,49 %	0,11 %	0,73 %	1,05 %	0,00 %	0,00 %	1,42 %



# 5. CONCLUSIONES



## Detección de somnolencia y alerta en casos “frontera”

La detección de estado de alerta y somnolencia bajo signos evidentes resulta una tarea que puede lograrse con un alto nivel de éxito.



## Alta complejidad en detección de casos de “transición”

Cuando los signos de somnolencia no son tan evidentes, configuraciones conservadoras arrojan menor tasa de detecciones. Por el contrario configuraciones más tolerantes aumentan el número de falsos positivos



## Necesidad de evaluar series temporales

Un sistema capaz de predecir con la suficiente antelación requiere necesariamente la evaluación del histórico de métricas bajo análisis



## Caso de éxito: combinación de estrategias y métricas.

Un sistema altamente fiable debería combinar diferentes estrategias y métricas.



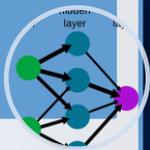
## Proceso de validación

Un proceso de validación confiable requerirá una gran cantidad de vídeos etiquetados, con gran variabilidad de sujetos y escenas

## 6. TRABAJO FUTURO

- Reemplazo de red neuronal por una red LSTM

1.-



- Combinar estrategias y medidas: parámetros de conducción y visión artificial

2.-



- Incrementar neuronas de entrada de la red neuronal para manejar mayor número de métricas

3.-



- Mejorar la velocidad de procesamiento usando lenguaje compilado (C++) y/o paralelización (GPU)

4.-



FIN DE LA PRESENTACIÓN.

## Agradecimientos

A Inma, mi pareja, por su comprensión permanente

A Jessica y Ángel por prestarse como sujetos para la evaluación del algoritmo

A mi tutor, Dr. Juan Antonio Ortega, por su atención y valiosas indicaciones

José Manuel Jiménez Berlanga