

# Manual de Aplicación del Código Fuente

---

## Sistema de Detección de Somnolencia del Conductor

---

Versión 1.0

Fecha: 2025

---

## Índice

---

- [1. Introducción](#)
  - [2. Arquitectura del Sistema](#)
  - [3. Estructura del Proyecto](#)
  - [4. Instalación y Configuración](#)
  - [5. Descripción de Módulos](#)
  - [6. API y Interfaces](#)
  - [7. Configuración y Personalización](#)
  - [8. Extensión del Sistema](#)
  - [9. Testing y Debugging](#)
  - [10. Despliegue](#)
- 

## 1. Introducción

---

Este manual proporciona información detallada sobre la estructura, implementación y aplicación del código fuente del Sistema de Detección de Somnolencia del

Conductor. Está dirigido a desarrolladores, ingenieros de software y técnicos que deseen entender, modificar o extender el sistema.

## 1.1 Tecnologías Utilizadas

- **Python 3.10+**: Lenguaje de programación principal
- **FastAPI**: Framework web para el servidor
- **Flet**: Framework para la interfaz gráfica
- **MediaPipe**: Biblioteca para detección de puntos faciales y de manos
- **OpenCV**: Procesamiento de imágenes y video
- **WebSockets**: Comunicación en tiempo real
- **NumPy**: Operaciones matemáticas y arrays
- **Docker**: Contenedorización del servidor

## 1.2 Requisitos del Desarrollador

- Conocimiento de Python (intermedio-avanzado)
- Familiaridad con frameworks web (FastAPI)
- Conocimiento básico de visión por computadora
- Entendimiento de arquitectura cliente-servidor
- Conocimiento de Git para control de versiones

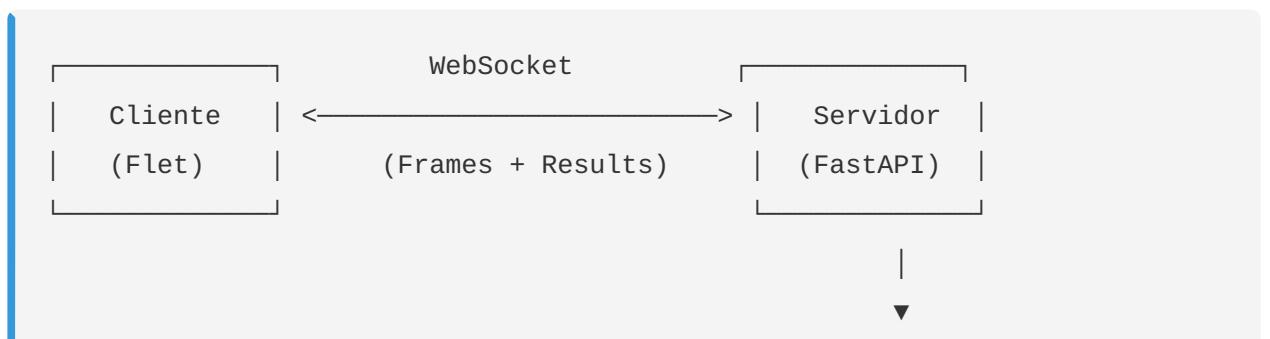
---

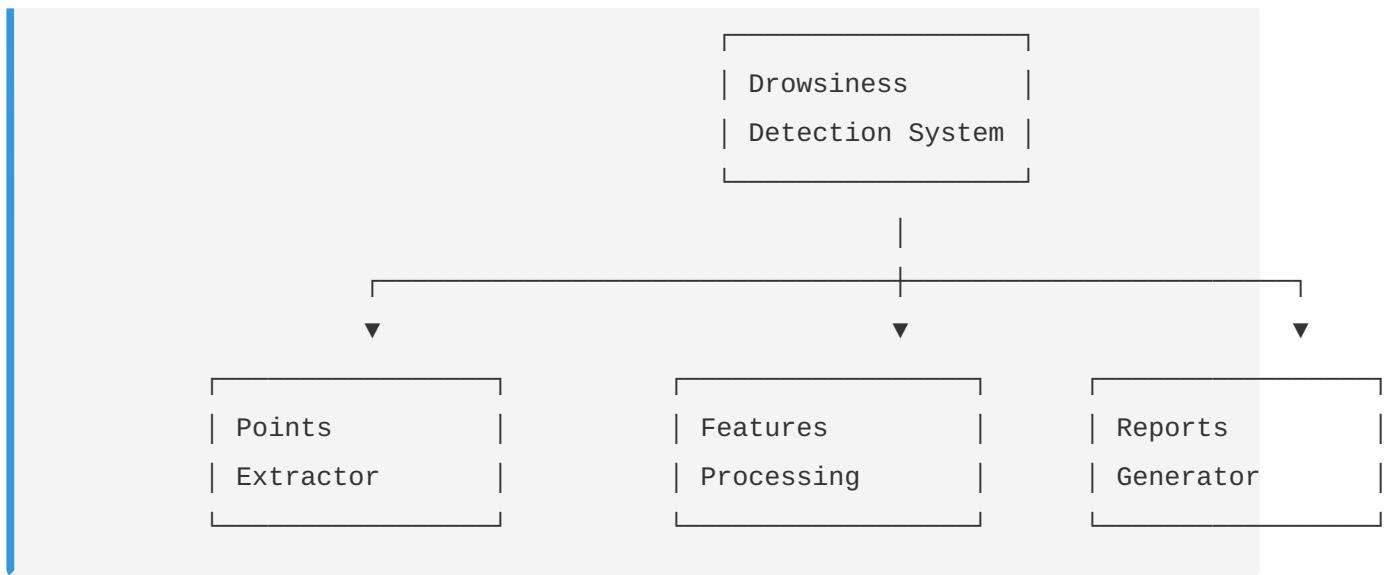
# 2. Arquitectura del Sistema

---

## 2.1 Arquitectura General

El sistema sigue una arquitectura cliente-servidor con comunicación WebSocket:





## 2.2 Flujo de Procesamiento

1. **Captura de Video:** El cliente captura frames de la cámara
2. **Codificación:** Los frames se codifican en JPEG y Base64
3. **Transmisión:** Los frames se envían al servidor vía WebSocket
4. **Extracción de Puntos:** El servidor extrae puntos faciales y de manos
5. **Procesamiento:** Se calculan distancias y se detectan características
6. **Detección:** Se aplican algoritmos temporales para detectar eventos
7. **Visualización:** Se generan anotaciones visuales
8. **Reportes:** Se generan reportes CSV y JSON
9. **Respuesta:** Los resultados se envían de vuelta al cliente
10. **Visualización Cliente:** El cliente muestra los resultados

## 3. Estructura del Proyecto

### 3.1 Estructura de Directorios

```

driver_fatigue_detection/
├── app.py                      # Servidor FastAPI
├── client.py                   # Cliente de ejemplo
└── main.py                     # Punto de entrada de la GUI

```

```
└── requirements_client.txt          # Dependencias del cliente
└── requirements_server.txt          # Dependencias del servidor
└── Dockerfile                      # Configuración Docker
└── drowsiness_processor/           # Módulo principal de procesamiento
    ├── __init__.py
    ├── main.py                      # Sistema principal de detección
    ├── extract_points/              # Extracción de puntos clave
        ├── point_extractor.py
        ├── face_mesh/
            └── face_mesh_processor.py
        └── hands/
            └── hands_processor.py
    ├── data_processing/             # Procesamiento de puntos
        ├── main.py
        ├── eyes/
            ├── eyes_processor.py
            └── eyes_processing.py
        ├── mouth/
            ├── mouth_processor.py
            └── mouth_processing.py
        ├── head/
            ├── head_processor.py
            └── head_processing.py
        ├── hands/
            ├── first_hand/
            └── second_hand/
    └── processors/
        ├── face_processor.py
        └── hands_processor.py
    └── drowsiness_features/          # Detección de características
        ├── processing.py
        ├── processor.py
        ├── flicker_and_microsleep/
        ├── yawn/
        ├── eye_rub/
        └── pitch/
    └── visualization/               # Visualización
        └── main.py
    └── reports/                     # Generación de reportes
```

```

|       └── main.py
|   └── august/
|       └── drowsiness_report.csv
└── gui/                      # Interfaz gráfica
    ├── pages/
    |   ├── start_page.py
    |   ├── selection_interface_page.py
    |   └── drowsiness_page.py
    └── resources/
        ├── fonts/
        └── images/
└── examples/                  # Ejemplos de uso
    ├── camera.py
    └── video_stream.py
└── tests/                     # Pruebas
    └── videos/
└── docs/                      # Documentación
    └── descripcion_invento.md
└── storage/                   # Almacenamiento temporal

```

## 3.2 Archivos Principales

### app.py

Servidor FastAPI que maneja las conexiones WebSocket y procesa las solicitudes.

**Componentes principales:** - Endpoint WebSocket `/ws` - Instancia de `DrowsinessDetectionSystem` - Codificación/decodificación de imágenes Base64

### main.py (GUI)

Punto de entrada de la interfaz gráfica desarrollada con Flet.

**Componentes principales:** - Clase `MainApp` : Gestión de rutas y páginas - Páginas: Start, SelectionInterface, Drowsiness

### drowsiness\_processor/main.py

Sistema central de detección de somnolencia.

**Componentes principales:** - `DrowsinessDetectionSystem` : Orquesta todos los módulos - Método `run()` : Procesa frames Base64 - Método `frame_processing()` : Procesa frames de video

---

## 4. Instalación y Configuración

---

### 4.1 Configuración del Entorno de Desarrollo

#### Paso 1: Clonar el Repositorio

```
git clone https://github.com/tu_usuario/driver_fatigue_detection.git  
cd driver_fatigue_detection
```

#### Paso 2: Crear Entorno Virtual

```
python -m venv venv  
source venv/bin/activate # Linux/macOS  
# o  
venv\Scripts\activate # Windows
```

#### Paso 3: Instalar Dependencias

```
# Instalar dependencias del servidor  
pip install -r requirements_server.txt  
  
# Instalar dependencias del cliente  
pip install -r requirements_client.txt
```

## 4.2 Configuración del Servidor

### Archivo: app.py

```
# Configuración del servidor
app = FastAPI()

# Endpoint WebSocket
@app.websocket("/ws")
async def websocket_endpoint(websocket: WebSocket):
    # Configuración del sistema de detección
    drowsiness_detection_system = DrowsinessDetectionSystem()
    # ...
```

### Variables de Entorno

Cree un archivo `.env` (opcional):

```
SERVER_HOST=0.0.0.0
SERVER_PORT=8000
REPORT_PATH=drowsiness_processor/reports/august/drowsiness_report.csv
```

## 4.3 Configuración del Cliente

### Archivo: main.py

```
# Configuración de la GUI
self.page.window.width = 1920
self.page.window.height = 1080
self.page.bgcolor = "#fffffe"
```

### Configuración de la Cámara

En `drowsiness_page.py`, puede modificar el índice de la cámara:

```
cap = cv2.VideoCapture(0) # 0 = primera cámara, 1 = segunda cámara
```

## 5. Descripción de Módulos

### 5.1 Módulo: extract\_points

#### point\_extractor.py

**Responsabilidad:** Coordinar la extracción de puntos faciales y de manos.

**Clase principal:** PointsExtractor

**Métodos:** - `process(face_image)` : Procesa una imagen y extrae puntos clave - `merge_points(face_points, hands_points)` : Fusiona puntos faciales y de manos

**Uso:**

```
extractor = PointsExtractor()  
key_points, success, sketch = extractor.process(image)
```

#### face\_mesh\_processor.py

**Responsabilidad:** Extraer puntos faciales mediante MediaPipe Face Mesh.

**Clase principal:** FaceMeshProcessor

**Características:** - Extrae 468 puntos faciales - Detecta contornos oculares, labiales, nasales - Genera mallas faciales para visualización

#### hands\_processor.py

**Responsabilidad:** Extraer puntos de las manos mediante MediaPipe Hands.

**Clase principal:** HandsProcessor

**Características:** - Detecta hasta 2 manos simultáneamente - Extrae 21 puntos por mano - Calcula distancias entre dedos y puntos oculares

## 5.2 Módulo: data\_processing

### main.py

**Responsabilidad:** Coordinar el procesamiento de puntos extraídos.

**Clase principal:** PointsProcessing

**Procesadores:** - EyesProcessor : Procesa puntos oculares - MouthProcessor : Procesa puntos labiales - HeadProcessor : Procesa puntos de cabeza - FirstHandProcessor / SecondHandProcessor : Procesan puntos de manos

### eyes\_processing.py

**Responsabilidad:** Calcular distancias entre párpados.

**Clase principal:** EyesPointsProcessing

**Métricas calculadas:** - right\_upper\_eyelid\_distance : Distancia del párpado superior derecho - left\_upper\_eyelid\_distance : Distancia del párpado superior izquierdo - right\_lower\_eyelid\_distance : Distancia del párpado inferior derecho - left\_lower\_eyelid\_distance : Distancia del párpado inferior izquierdo

**Uso:**

```
processor = EyesPointsProcessing(EuclideanDistanceCalculator())
distances = processor.main(eyes_points)
```

## 5.3 Módulo: drowsiness\_features

### processing.py

**Responsabilidad:** Coordinar la detección de características de somnolencia.

**Clase principal:** FeaturesDrowsinessProcessing

**Estimadores:** - FlickerEstimator : Detecta parpadeos y microsueños - YawnEstimator : Detecta bostezos - EyeRubEstimator : Detecta fricción ocular - PitchEstimator : Detecta inclinación de cabeza

## flicker\_and\_microsleep/processing.py

**Responsabilidad:** Detectar parpadeos y microsueños.

**Clases principales:** - `FlickerDetection` : Detecta parpadeos rápidos - `MicroSleepDetection` : Detecta cierres oculares prolongados ( $\geq 2s$ )

**Algoritmo:** 1. Compara distancias de párpados superiores e inferiores 2. Detecta transiciones de estado (abierto/cerrado) 3. Mide duración de cierres oculares 4. Clasifica como parpadeo ( $<2s$ ) o microsueño ( $\geq 2s$ )

## yawn/processing.py

**Responsabilidad:** Detectar bostezos.

**Clases principales:** - `YawnDetection` : Detecta aperturas bucales prolongadas - `YawnCounter` : Cuenta bostezos y almacena duraciones

**Algoritmo:** 1. Calcula distancia labial y distancia del mentón 2. Detecta cuando distancia labial  $>$  distancia del mentón 3. Mide duración de la apertura 4. Clasifica como bostezo si duración  $> 4s$

**Umbrales:** - Duración mínima: 4 segundos - Ventana de reporte: 180 segundos (3 minutos)

## eye\_rub/processing.py

**Responsabilidad:** Detectar fricción ocular.

**Clases principales:** - `EyeRubDetection` : Detecta proximidad de dedos a ojos - `EyeRubCounter` : Cuenta fricciones oculares

**Algoritmo:** 1. Calcula distancias entre dedos y puntos oculares 2. Detecta cuando distancia  $< 40$  píxeles 3. Mide duración de la proximidad 4. Clasifica como fricción si duración  $> 1s$

**Umbrales:** - Distancia máxima: 40 píxeles - Duración mínima: 1 segundo - Ventana de reporte: 300 segundos (5 minutos)

## pitch/processing.py

**Responsabilidad:** Detectar inclinación de cabeza.

**Clases principales:** - `PitchDetection` : Detecta inclinaciones sostenidas - `PitchCounter` : Cuenta inclinaciones y almacena duraciones

**Algoritmo:** 1. Compara posición del punto nasal con puntos de mejillas 2. Compara distancia nariz-boca con distancia nariz-frente 3. Detecta inclinación hacia abajo 4. Mide duración de la inclinación 5. Clasifica como pitch si duración  $\geq 3$ s

**Umbrales:** - Duración mínima: 3 segundos - Reporte: Inmediato cuando se detecta

## 5.4 Módulo: visualization

### main.py

**Responsabilidad:** Generar visualizaciones en tiempo real.

**Clase principal:** ReportVisualizer

**Funciones:** - visualize\_all\_reports(sketch, features) : Visualiza todas las características - Dibuja mallas faciales y de manos - Añade anotaciones de texto - Muestra contadores y alertas

## 5.5 Módulo: reports

### main.py

**Responsabilidad:** Generar y almacenar reportes.

**Clase principal:** DrowsinessReports

**Funciones:** - main(report\_data) : Almacena reportes en CSV - generate\_json\_report(report\_data) : Genera reporte JSON - create\_csv\_file() : Crea archivo CSV con encabezados

**Formato CSV:**

```
timestamp,eye_rub_first_hand_report,eye_rub_first_hand_count,...
```

2024-01-15 14:30:25, False, 0, ...

**Formato JSON:**

```
{  
    "timestamp": "2024-01-15 14:30:25",  
    "eye_rub_first_hand": {...},  
    "flicker": {...},
```

```
...  
}
```

## 6. API y Interfaces

### 6.1 API WebSocket

**Endpoint:** /ws

**Método:** WebSocket

**Protocolo:** Texto (Base64)

**Mensaje de Entrada:** - Formato: String Base64 (imagen JPEG codificada) - Ejemplo:  
"iVBORw0KGgoAAAANSUhEUgAA..."

**Mensaje de Salida:** - Formato: JSON

```
{  
    "json_report": "{...}",  
    "sketch_image": "base64_string",  
    "original_image": "base64_string"  
}
```

### Ejemplo de Uso

```
import websockets  
import json  
import base64  
import cv2  
  
async def send_frame():  
    uri = "ws://localhost:8000/ws"  
    async with websockets.connect(uri) as websocket:  
        # Capturar frame  
        cap = cv2.VideoCapture(0)  
        ret, frame = cap.read()
```

```

# Codificar frame
_, buffer = cv2.imencode('.jpg', frame)
frame_base64 = base64.b64encode(buffer).decode('utf-8')

# Enviar frame
await websocket.send(frame_base64)

# Recibir respuesta
response = await websocket.recv()
data = json.loads(response)

# Procesar respuesta
report = json.loads(data['json_report'])
print(report)

```

## 6.2 Interfaces de Clase

### DrowsinessDetectionSystem

```

class DrowsinessDetectionSystem:

    def __init__(self):
        """Inicializa el sistema de detección."""

    def run(self, picture_base64: str) -> Tuple[np.ndarray, np.ndarray, dict]:
        """
        Procesa una imagen codificada en Base64.

        Args:
            picture_base64: Imagen codificada en Base64

        Returns:
            Tuple de (imagen_original, sketch_anotado, reporte_json)
        """

    def frame_processing(self, face_image: np.ndarray) -> Tuple[np.ndarray, np.ndarray]:
        """
        Procesa un frame de video.

```

```
Args:  
    face_image: Frame de video como array NumPy  
  
Returns:  
    Tuple de (imagen_original, sketch_anotado, reporte_json)  
    """
```

## PointsExtractor

```
class PointsExtractor:  
    def process(self, face_image: np.ndarray) -> Tuple[dict, bool, np.ndarray]:  
        """  
        Extrae puntos clave de una imagen.  
  
        Args:  
            face_image: Imagen de entrada  
  
        Returns:  
            Tuple de (puntos_extraídos, éxito, sketch)  
        """
```

## 7. Configuración y Personalización

### 7.1 Modificar Umbrales de Detección

#### Parpadeos y Microsueños

Archivo: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/flicker\_and\_microsleep/processing.py

```
# Modificar duración mínima de microsueño (línea 58)  
if flicker_duration >= 2: # Cambiar a valor deseado (en segundos)  
    return True, flicker_duration
```

## Bostezos

Archivo: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/yawn/processing.py

```
# Modificar duración mínima de bostezo (línea 38)
if yawn_duration > 4: # Cambiar a valor deseado (en segundos)
    return True, yawn_duration

# Modificar ventana de reporte (línea 98)
if elapsed_time >= 180: # Cambiar a valor deseado (en segundos)
```

## Fricción Ocular

Archivo: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/eye\_rub/processing.py

```
# Modificar distancia máxima (línea 23)
self.eye_rub = any(distance < 40 for distance in distances) # Cambiar 40 a valor deseado

# Modificar duración mínima (línea 34)
if eye_rub_duration > 1: # Cambiar a valor deseado (en segundos)
```

## Inclinación de Cabeza

Archivo: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/pitch/processing.py

```
# Modificar duración mínima (línea 47)
if pitch_duration >= 3.0: # Cambiar a valor deseado (en segundos)
```

## 7.2 Modificar Ruta de Reportes

Archivo: drowsiness\_processor/main.py

```
# Modificar ruta del archivo CSV (línea 18)
self.reports = DrowsinessReports('ruta/personalizada/report.csv')
```

## 7.3 Modificar Configuración del Servidor

Archivo: `app.py`

```
# Modificar host y puerto
@app.websocket("/ws")
async def websocket_endpoint(websocket: WebSocket):
    # ...
```

Para cambiar el puerto, modifique el comando de inicio:

```
uvicorn app:app --host 0.0.0.0 --port 8080 # Cambiar puerto
```

## 7.4 Modificar Resolución de Video

Archivo: `gui/pages/drowsiness_page.py`

```
# Modificar tamaño de imágenes (líneas 30-42)
self.original_image_control = Image(
    width=1280, # Cambiar ancho
    height=720, # Cambiar alto
    # ...
)
```

---

# 8. Extensión del Sistema

---

## 8.1 Agregar Nuevo Biomarcador

### Paso 1: Crear Procesador de Puntos

Crear archivo: `drowsiness_processor/data_processing/nuevo_biomarcador/nuevo_processing.py`

```
class NuevoBiomarcadorProcessing:  
    def __init__(self, distance_calculator: DistanceCalculator):  
        self.distance_calculator = distance_calculator  
  
    def main(self, points: dict):  
        # Calcular métricas necesarias  
        return metrics
```

## Paso 2: Crear Estimador de Características

Crear archivo: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/nuevo\_biomarcador/processing.py

```
class NuevoBiomarcadorEstimator(DrowsinessProcessor):  
    def __init__(self):  
        self.detector = NuevoBiomarcadorDetection()  
  
    def process(self, metrics: dict):  
        # Implementar lógica de detección  
        return report
```

## Paso 3: Integrar en el Sistema Principal

Modificar: drowsiness\_processor/data\_processing/main.py

```
self.processed_points['nuevo_biomarcador'] = self.nuevo_processor.process(points)
```

Modificar: drowsiness\_processor/drowsiness\_features/processing.py

```
self.features_drowsiness['nuevo_biomarcador'] = NuevoBiomarcadorEstimator()  
self.processed_feature['nuevo_biomarcador'] = self.features_drowsiness['nuevo_biomarcador']
```

## Paso 4: Agregar a Reportes

Modificar: drowsiness\_processor/reports/main.py

```
self.fields = [..., 'nuevo_biomarcador_report', 'nuevo_biomarcador_count', ...]
```

## 8.2 Agregar Nueva Fuente de Video

Modificar: `gui/pages/drowsiness_page.py`

```
def run_detection(self):
    uri = "ws://localhost:8000/ws"
    # Cambiar fuente de video
    cap = cv2.VideoCapture("ruta/al/video.mp4") # Para archivo de video
    # o
    cap = cv2.VideoCapture("rtsp://direccion_ip/stream") # Para stream RTSP
    # ...
```

## 8.3 Agregar Notificaciones

Crear módulo: `drowsiness_processor/notifications/`

```
class NotificationManager:
    def send_alert(self, event_type: str, severity: str):
        # Implementar lógica de notificación
        # Email, SMS, sonido, etc.
        pass
```

Integrar en: `drowsiness_processor/main.py`

```
if micro_sleep_detected:
    notification_manager.send_alert("micro_sleep", "critical")
```

---

## 9. Testing y Debugging

---

### 9.1 Pruebas Unitarias

Crear archivo: `tests/test_eyes_processing.py`

```
import unittest
from drowsiness_processor.data_processing.eyes.eyes_processing import EyesPointsProcessor

class TestEyesProcessing(unittest.TestCase):
    def test_calculate_distances(self):
        # Implementar prueba
        pass
```

Ejecutar pruebas:

```
python -m pytest tests/
```

## 9.2 Pruebas de Integración

Crear archivo: `tests/test_integration.py`

```
import unittest
from drowsiness_processor.main import DrowsinessDetectionSystem
import cv2

class TestIntegration(unittest.TestCase):
    def test_full_pipeline(self):
        system = DrowsinessDetectionSystem()
        image = cv2.imread("tests/test_image.jpg")
        result = system.frame_processing(image)
        self.assertIsNotNone(result)
```

## 9.3 Debugging

### Habilitar Logs

Modificar: `drowsiness_processor/extract_points/point_extractor.py`

```
import logging
logging.basicConfig(level=logging.DEBUG)
logger = logging.getLogger(__name__)
```

```
# Agregar logs  
logger.debug(f"Points extracted: {key_points}")
```

## Visualización de Puntos

Modificar: `drowsiness_processor/extract_points/face_mesh/face_mesh_processor.py`

```
# Guardar imagen de debug  
cv2.imwrite("debug_face_mesh.jpg", draw_sketch)
```

## 9.4 Profiling

```
import cProfile  
import pstats  
  
profiler = cProfile.Profile()  
profiler.enable()  
  
# Ejecutar código  
system.run(image_base64)  
  
profiler.disable()  
stats = pstats.Stats(profiler)  
stats.sort_stats('cumulative')  
stats.print_stats(10)
```

# 10. Despliegue

---

## 10.1 Despliegue Local

### Ejecución Directa

```
# Terminal 1: Servidor
uvicorn app:app --host 0.0.0.0 --port 8000

# Terminal 2: Cliente
flet run main.py
```

### Ejecución con Docker

```
# Construir imagen
docker build -t drowsiness-server .

# Ejecutar contenedor
docker run -d -p 8000:8000 --name drowsiness-server drowsiness-server

# Ejecutar cliente
flet run main.py
```

## 10.2 Despliegue en Producción

### Opción 1: Servidor Dedicado

1. Instalar dependencias en servidor
2. Configurar servicio systemd para el servidor
3. Configurar proxy reverso (nginx)
4. Configurar SSL/TLS

## Opción 2: Cloud (AWS, Azure, GCP)

1. Crear instancia de VM
2. Instalar Docker
3. Desplegar contenedor
4. Configurar load balancer
5. Configurar auto-scaling

## Opción 3: Platform as a Service (Heroku, Railway)

1. Configurar Procfile
2. Configurar variables de entorno
3. Desplegar mediante Git

## 10.3 Optimización de Rendimiento

### Optimización de Código

```
# Usar NumPy vectorizado
distances = np.linalg.norm(points1 - points2, axis=1)

# Reducir resolución de video
frame = cv2.resize(frame, (640, 480))

# Usar threading para I/O
import threading
thread = threading.Thread(target=process_frame)
```

### Optimización de Hardware

- Usar GPU para procesamiento (CUDA)
- Aumentar RAM
- Usar SSD para almacenamiento
- Optimizar configuración de cámara

# Anexos

---

## A. Referencias de Código

- MediaPipe: <https://github.com/google/mediapipe>
- OpenCV: <https://docs.opencv.org/>
- FastAPI: <https://fastapi.tiangolo.com/>
- Flet: <https://flet.dev/docs/>

## B. Estándares de Código

- PEP 8: Guía de estilo de Python
- Type Hints: Anotaciones de tipo
- Docstrings: Documentación de funciones

## C. Herramientas de Desarrollo

- **IDE:** VS Code, PyCharm
  - **Linter:** pylint, flake8
  - **Formatter:** black, autopep8
  - **Testing:** pytest, unittest
  - **Version Control:** Git
- 

**Fin del Manual de Aplicación del Código Fuente**