

Detección de vertidos mediante visión e inteligencia artificial

Autores:

Cristian Trigo, responsable de planta de la EDAR de A Pobra do Caramiñal, administrada por Augas de Galicia y operada por la UTE Civis Global-DAM

Silvia Doñate Hernández, responsable del departamento de Innovación del Grupo DAM (Depuración de Aguas del Mediterráneo).

Estefanía Escudero, técnico de I+D+i del Grupo DAM

Francisco Sánchez Hernández, Ingeniero de proyecto, Lynx Simulations

Francisco Nicolás Pérez, Especialista en simulación CFD, Lynx Simulations

Susana Fernández Fernández, Directora de explotación, Augas de Galicia

Pilar Campos, Asistencia técnica, IDOM

Resumen

La actividad industrial favorece el desarrollo de la sociedad actual, sin embargo, estas actividades pueden tener un impacto ambiental, el cual se detecta en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) mediante la recepción de vertidos de diferentes orígenes que pueden alterar el proceso de depuración, comprometiendo la calidad del agua final. Con el fin de desarrollar soluciones para prevenir estos acontecimientos, Lynx Simulations ha desarrollado un dispositivo que, mediante la aplicación de visión e inteligencia artificial, es capaz de detectar y diferenciar los diferentes tipos de vertidos de origen industrial que llegan a la EDAR de Pobra do Caramiñal, gestionada por Augas de Galicia y explotada u operada por la UTE CIVIS Global-DAM y la propia Augas de Galicia. En este estudio, se ha desarrollado e implementado un dispositivo que es capaz de detectar de forma continua si el influente de la EDAR presenta algún vertido de grasas, tintes, probabilidad de vertido o ausencia de vertido. Una vez calibrado el dispositivo con imágenes e información de la EDAR, se ha implementado una aplicación web que permite visualizar las imágenes capturadas por el dispositivo y el análisis y clasificación de estas, realizada mediante algoritmos que combinan visión e inteligencia artificial.

Palabras clave: Detección de vertidos, visión artificial, inteligencia artificial, agua residual, vertidos de grasas

1. Introducción

Se denomina visión artificial (VA) al conjunto de técnicas para la obtención, procesado y análisis de imágenes, con el fin de poder obtener información de interés de estas, mediante algoritmos computacionales. Se trata de una herramienta potente, cuyo uso está ampliamente extendida en la industria, destacando especialmente el campo de la robótica y automatización, donde la información obtenida es empleada como entrada para las actuaciones a realizar en el proceso. Algunas de las aplicaciones típicas de visión artificial son las siguientes:

- Comprobación de los parámetros calidad (ej. tamaño, colorimetría, características como detección de etiquetado o texto) de productos y procesos.
- Detección de anomalías o fallos en un proceso.
- Medición de posiciones, velocidades y/o trayectorias de objetos.
- Identificación y cuantificación (conteo) de objetos.

Gracias a la visión artificial se ha mejorado la automatización de procesos, incrementando la producción y mejorando la calidad de los productos. Además de empleo de algoritmos de visión artificial “clásica”, en los últimos años se han desarrollado diferentes aplicaciones que combinan visión artificial e inteligencia artificial (IA), lo que, posibilita la implementación de nuevas aplicaciones en las que los algoritmos tradicionales presentaban dificultades para ser implementadas obteniendo resultados satisfactorios. Un ejemplo de estas es la clasificación y detección de objetos, que, aunque presentan patrones visuales comunes, son capturados con variaciones en cada imagen (ej. detección de personas o familias de objetos), lo que hace compleja la implementación de un clasificador mediante algoritmos tradicionales que sean robustos e invariantes a la infinidad de formas en las que pueden aparecer representados en una imagen.

A pesar de su extendido uso en la industria, y de las ventajas que aporta a los procesos, apenas se tienen aplicaciones de visión artificial en EDAR. En este contexto, dentro del contrato de explotación y mantenimiento de la EDAR de Pobra do Caramiñal (A Coruña), llevado a cabo por la UTE Cavis Global-DAM, se ha desarrollado un dispositivo para la detección de vertidos que llegan a la EDAR, mediante herramientas de visión e inteligencia artificial.

La EDAR de Pobra do Caramiñal trata aguas de componente urbano e industrial, destacando la industria conservera y packaging, de las cuales recibe vertidos de grasas y vertidos de tintes. Esta depuradora tiene una capacidad media de tratamiento de agua residual de 6850 m³/d. La línea de aguas está formada por una etapa de desbaste, seguida de un proceso biológico de aireación prolongada para eliminar materia orgánica y nutrientes y desinfección por ultravioleta.

Una de las problemáticas reportadas por el personal de la planta son las alteraciones y perjuicios causados en el proceso de depuración por los vertidos de tintes y grasas que llegan a la EDAR. Con el fin de abordar esta problemática, se ha desarrollado un sistema de detección automática de vertidos, mediante herramientas de visión e inteligencia artificial. Este sistema clasifica el agua que llega a la EDAR según la evaluación de riesgo de distintos vertidos obtenido a partir de su análisis colorimétrico. El resultado de esta clasificación es almacenado en una base de datos, creando un histórico de la evolución de la calidad de agua en el influente de la planta.

2. Desarrollo del dispositivo y resultado obtenido



Imagen 1: Dispositivo desarrollado por Lynx Simulations e instalado en la EDAR de Pobra do Caramiñal

El dispositivo, desarrollado por Lynx Simulations, empresa especializada en simulación CFD, desarrollo de software y aplicaciones de visión e inteligencia artificial, consiste en un sistema hardware embebido, cámara de alta resolución y sistema de iluminación (imagen 1). El sistema se ha instalado en la zona de desbaste de la EDAR, enfocando el agua bruta que llega a la planta.

Se ha implementado en el propio hardware embebido un software que realiza de forma periódica una captura del agua que llega a la EDAR, siendo la frecuencia de captura configurable desde la aplicación web (por ejemplo, cada minuto). Este mismo software realiza un preprocesado de la imagen (ecualizado, corrección de iluminación, segmentación espumas y zonas saturadas), además de un procesamiento que evalúa el riesgo de distintos vertidos del agua que aparece en esta captura. En función de este riesgo obtenido para cada familia de vertidos, este realiza una clasificación de la fotografía, almacenando la imagen resultante del procesamiento de esta y registrando en la base de datos los valores obtenidos. En caso de detección de episodios de vertidos, el sistema genera avisos de vertidos detectados (Imagen 2).

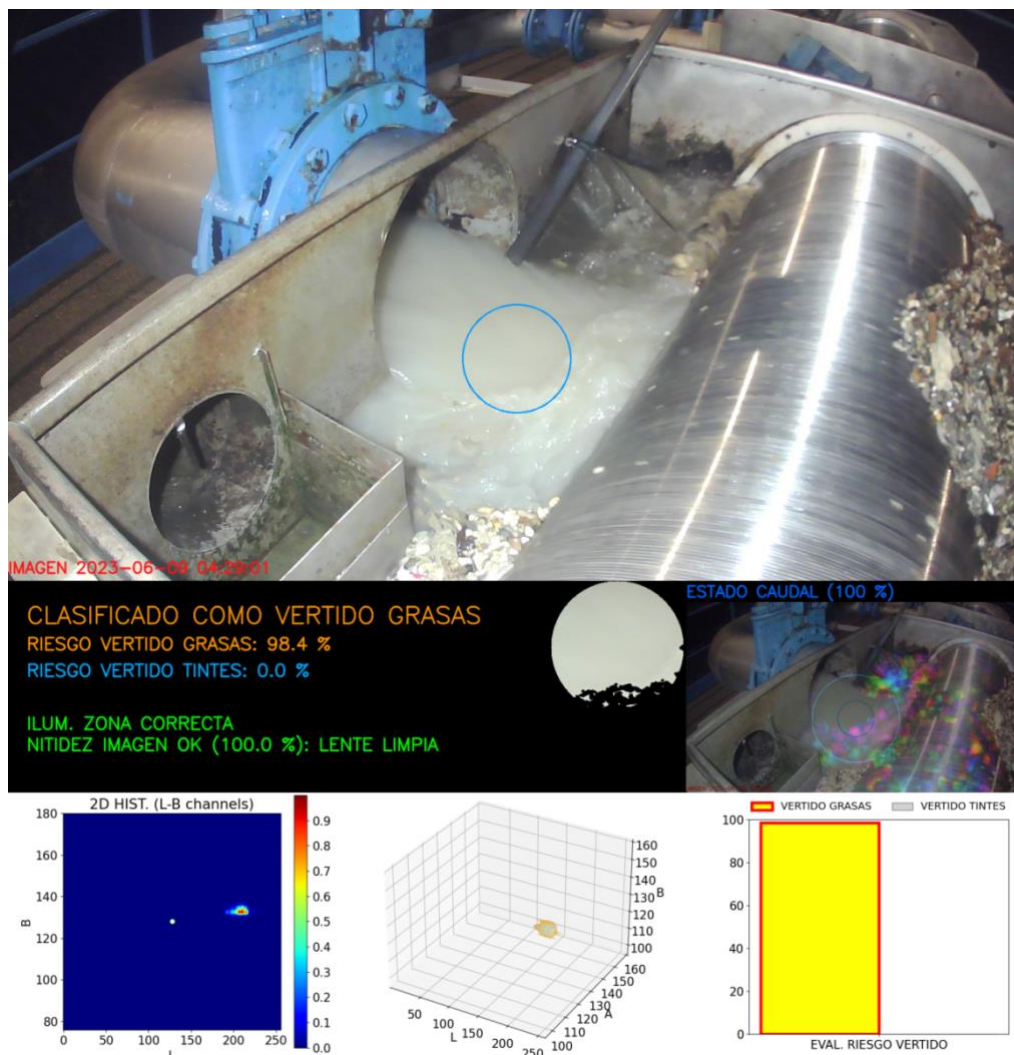


Imagen 2: Información detallada en la aplicación web al detectar un vertido de grasas

La evaluación de riesgo y clasificación consiste un análisis de la colorimetría de la región de interés de la imagen preprocesada. Esta zona a segmentar es configurable desde la interfaz web.

La información de colorimetría obtenida (distribución de los canales de color) es comparada con patrones de colorimetría característicos de distintos vertidos que han sido registrados bajo diferentes condiciones de iluminación en la planta por el propio dispositivo, de hecho, la primera fase del proyecto consistió en la recopilación de imágenes, tomando las correspondientes a vertidos como referencia para el aprendizaje del clasificador.

En esta fase de entrenamiento, también se han usado las lecturas de la sonda de DQO de la planta, que da valores excesivamente altos ante la presencia de vertidos. La evaluación de riesgo, en la que se pretende medir el nivel de similitud de colorimetría actual respecto a la que presenta el agua con distintos vertidos, es realizada mediante el software a partir de correlaciones estadísticas (nivel de intersección espacio de alto riesgo, distribución y dispersión en las zonas consideradas de riesgo) y también mediante la inferencia de una red neuronal diseñada para tal fin. Esta red neuronal ha sido entrenada a partir de matrices de histogramas de colorimetría de vertidos previamente capturados en los que se ha asignado previamente un riesgo. En función de la puntuación de riesgo, la imagen es clasificada esta como vertido grasa, tinte, vaciado de fosas sépticas, o agua sin vertido.

El sistema evalúa de forma continua las condiciones de luminancia de la escena y enciende el sistema de iluminación LED si se detecta iluminación insuficiente (días nublados o durante la noche). Cabe destacar que, durante la noche es cuando se detectan gran parte de los vertidos que se llegan a esta EDAR. En la fase de preprocesado, el sistema es capaz de detectar situaciones de ausencia de caudal, como la mostrada en la Imagen 3, o imágenes incorrectas, por ejemplo, por nivel de ensuciamiento de lente o iluminación solar directa excesiva. En estos casos, estas son clasificadas como imágenes sin agua o incorrectas, y no son procesadas por el algoritmo de evaluación de riesgo.

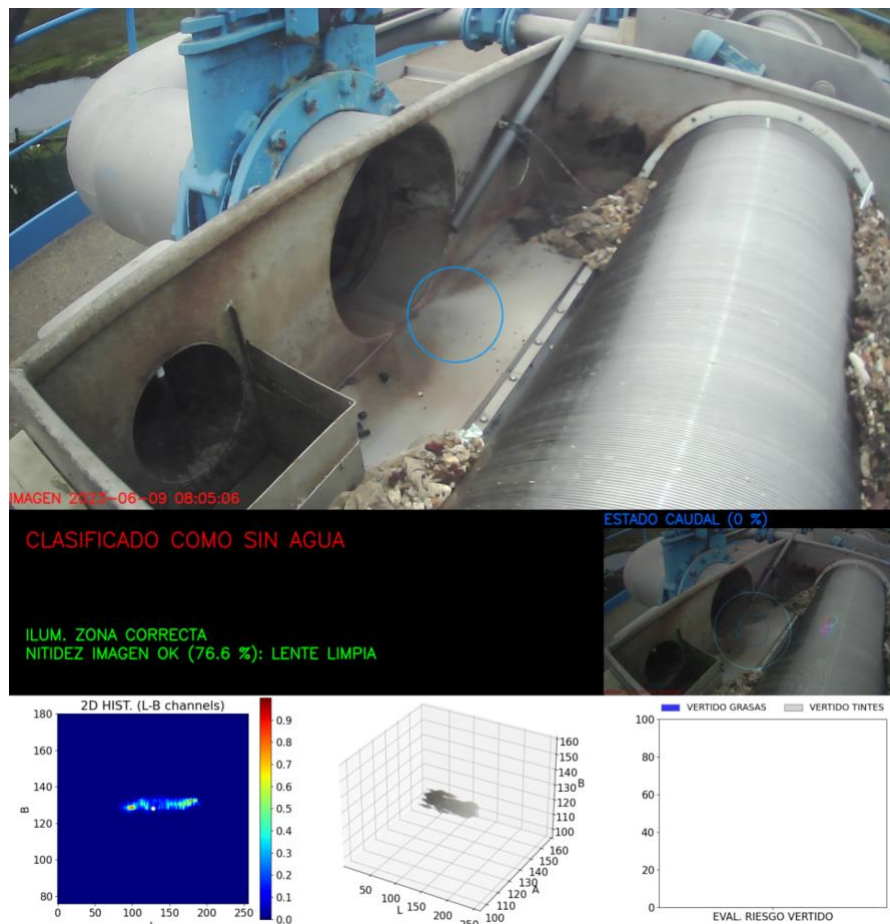


Imagen 3: Ejemplo de captura en donde el sistema no detecta agua entrando a la EDAR

A la vez que el dispositivo, también se ha desarrollado una aplicación web para la visualización de resultados, verificación y control de estado del dispositivo. Mediante esta aplicación se puede comprobar el estado actual del agua que llega a la planta, así como la evolución del riesgo de vertidos y las estadísticas de clasificación. De un modo más general, la aplicación almacena las imágenes procesadas en una base de datos, permitiendo al usuario acceder a las imágenes clasificadas de forma interactiva desde las propias gráficas de evolución de riesgo. Otra funcionalidad de la aplicación es la presentación gráfica y estadística (histogramas de clasificaciones por hora, día, etc.) de los resultados en el rango de fechas seleccionado (Imagen 3). Esto permite al personal de la EDAR, de una manera intuitiva, ver las horas en donde ha habido episodios de vertidos, analizando los periodos en los que se suelen producir los mismos.



Imagen 4: Representación gráfica en la aplicación web de los datos obtenidos con el dispositivo

Esta aplicación web puede ser implementada en un servidor externo o en el propio hardware del dispositivo. En caso de la EDAR de Pobra, se ha implementado en un servidor externo. El hardware embebido del dispositivo se conecta a este servidor enviando al mismo cada imagen con los resultados del procesado. El servidor almacena y organiza las distintas imágenes, actualizando la base de datos con los nuevos resultados, además de permitir el acceso de la aplicación web de forma remota a través de internet desde cualquier dispositivo.

Otras funcionalidades interesantes de esta aplicación son la incorporación de registros de lecturas de otras sondas de la EDAR, y la correlación de las mediciones de estas con los eventos de vertidos, tal y como se hizo durante la fase de desarrollo del clasificador. Las lecturas de estas pueden ser incluidas bien accediendo al sistema centralizado de la planta, o mediante conexión directa al hardware del dispositivo.

En conclusión, este dispositivo es un ejemplo del potencial de las herramientas de visión e inteligencia artificial en el campo del tratamiento de aguas residuales. Desde la puesta en marcha del sistema, se han detectado vertidos prolongados de grasa el 40% de los días, registrando la práctica totalidad de los episodios de vertido que han llegado a la EDAR.

Los vertidos son especialmente frecuentes durante la noche, cuando no hay personal en la planta.

Los datos recopilados por el dispositivo y tratados en la aplicación web mediante IA, facilitan la anticipación a vertidos que puedan alterar el proceso de depuración, conocer más en detalle la actividad industrial de la zona y la detección de vertidos ilegales a la EDAR y que puedan afectar gravemente al medioambiente.

Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo ofrecido por la administración Augas de Galicia para llevar a cabo este estudio en las instalaciones de la EDAR de Pobra do Caramiñal.