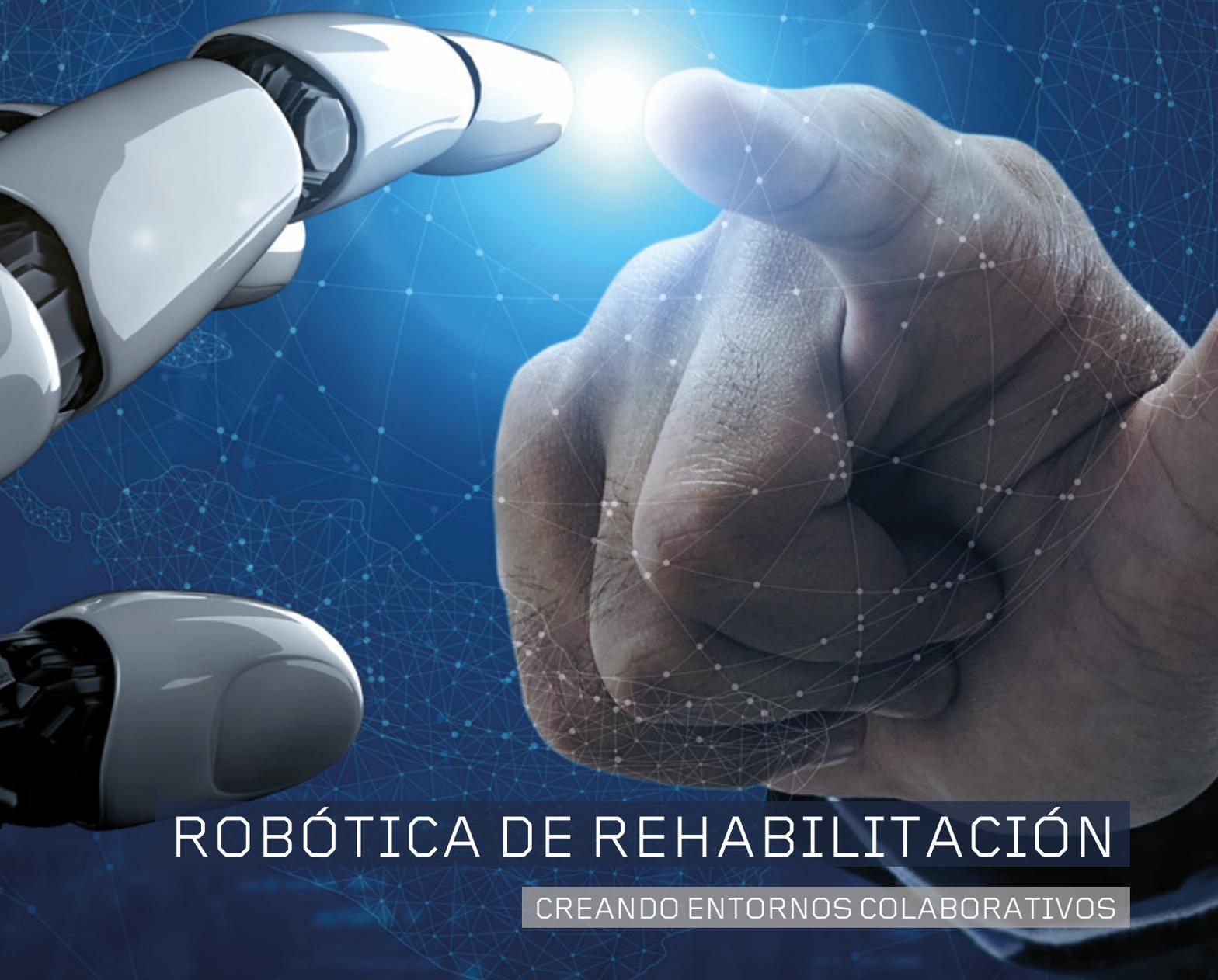


# LA REVISTA



UNA REVISTA PENSADA PARA INGENIEROS Y CURIOSOS

Nº 127



## ROBÓTICA DE REHABILITACIÓN

CREANDO ENTORNOS COLABORATIVOS

Esta PROpuesta es para ti, de PROfesional  
a PROfesional.

**PROgresar:**  
**Financiamos hasta el**  
**100% de tus**  
**proyectos**  
**profesionales.**

¿Quieres progresar? Nosotros te ayudamos. Financiamos  
hasta el 100% de tus proyectos profesionales.

Si eres miembro del **Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros  
Técnicos Industriales de Alicante** y buscas promover tu trabajo,  
proteger tus intereses o tus valores profesionales, con Banco  
Sabadell puedes. Te beneficiarás de las soluciones financieras  
de un banco que trabaja en PRO de los profesionales.

Te estamos esperando





# EDITORIAL

## Nº127

### PRESENTADO EL V BARÓMETRO INDUSTRIAL DEL COGITI-CÁTEDRA INTERNACIONAL COGITI DE INGENIERÍA Y POLÍTICA INDUSTRIAL (UCAM): LA SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA EN ESPAÑA

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha presentado hoy su *V Barómetro Industrial del COGITI-Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2021*, que como ya hiciera en la edición anterior, ha contado de nuevo con la colaboración del Consejo General de Economistas de España (CGE), cuyo Servicio de Estudios (Cátedra EC-CGE) ha elaborado el informe *Una perspectiva económica de la situación de la industria en España (2021)*, incluido en el informe nacional del Barómetro Industrial, que ha contado una vez más, como en cada edición, con la colaboración de la **Fundación Caja de Ingenieros**.

El Barómetro Industrial es un estudio sociológico en el que, a través de las respuestas ofrecidas por **más de 3.500 Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial** de todos los ámbitos productivos y de toda la geografía española, se valora la **situación actual del sector en España** y su evolución –tanto a nivel nacional como regional–, así como una serie de temas de actualidad como la incidencia de la crisis generada por la Covid-19 en la economía de las empresas industriales, cómo está afectando el incremento del precio de la energía a la actividad industrial o la repercusión de los fondos *Next Generation EU* en el crecimiento del sector.

Por su parte, el informe *Una perspectiva económica de la situación de la industria en España: actualización 2021*, que se incluye en esta edición del Barómetro –al igual que en los dos años anteriores– ha sido elaborado por el Servicio de Estudios del Consejo General de Economistas de España (CGE) utilizando la última serie de datos disponible, y en él se analiza la situación de la industria desde un punto de vista económico a la vez que hace una comparativa de la situación en las distintas comunidades autónomas.

<https://cogiti.es/informes-de-barometro-industrial>

LA REVISTA-COGITI. Núm. 127. Publicación semestral. Julio-Diciembre 2021. © COGITI 2021. © de los respectivos colaboradores COLABORADORES: Carlos Castellanos Ormeño, Fernando Larrosa Marín, Dr. Miguel Ángel Cazorla Quevedo, Dr. Francisco Gómez Donoso, Miguel Ángel Burgos Navas, Unidad de Responsabilidad Civil de Adartia Global, Correduría de Seguros, S.A.U. (Grupo Alkora)

DIRECTOR: Juan Vicente Pascual Asensi

SUBDIRECTOR: Alberto Martínez Sentana

COMITÉ DE REDACCIÓN: Alberto Martínez Sentana, Esther Rodríguez Méndez

EDITA: Colegio Oficial de Ingenieros Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante

DEPÓSITO LEGAL: A-751-1987

ISSN: 1696-9200

DISEÑO, MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN: Quinta Impresión, S.L.U.

*La Revista-COGITI no se hace responsable de las opiniones que puedan ofrecer los articulistas.*

# Mupiti Vida

## FLEXIBLE

El seguro de vida  
con el que puedes  
contratar el

DOBLE

o el

TRIPLE

del capital

### DOBLE

- capital por fallecimiento por accidente
- capital por incapacidad permanente absoluta por accidente

x2

### TRIPLE

- capital por fallecimiento por accidente de circulación
- capital por incapacidad permanente absoluta por accidente de circulación

x3

El **Seguro Mupiti Vida Flexible** es un seguro cuya cobertura básica es el fallecimiento por cualquier causa, además de la flexibilidad de contratar otras coberturas, como la incapacidad permanente absoluta o el doble o triple capital asegurado.

Algunas posibles opciones son:

- Fallecimiento
- Fallecimiento + doble
- Fallecimiento + doble + triple
- Fallecimiento + IPA
- Fallecimiento + IPA doble
- Fallecimiento + IPA + IPA doble + IPA triple
- Fallecimiento + todas las garantías complementarias

Más información en:  
**675 955 186**

[mariola.ferrandis@mupiti.com](mailto:mariola.ferrandis@mupiti.com)

[www.mupiti.com](http://www.mupiti.com)

**mupiti**



# SUMARIO



## ARTÍCULOS

04

### **Robótica de rehabilitación.**

Carlos Castellanos Ormeño

16

### **Detección y clasificación de desperfectos en la carretera**

Fernando Larrosa Marín,  
Dr. Miguel Ángel Cazorla Quevedo  
y Dr. Francisco Gómez Donoso

32

### **U.A.V. Unmanned Aerial Vehicle**

Miguel Ángel Burgos Navas  
CEO Wok

40

### **La responsabilidad civil del coordinador de seguridad y salud en la fase de ejecución de obra**

Unidad de Responsabilidad Civil  
de Adartia Global,  
Correduría de Seguros, S.A.U.  
(Grupo Alkora)

## COLEGIAL

44

### **Guía de Servicios**

49

### **Cursos, Jornadas y Eventos**

53

### **Movimiento Colegial**

## PRENSA

54

### **Recortes de Prensa**



# ROBÓTICA DE REHABILITACIÓN

**Carlos Castellanos Ormeño**

*Grado Ingeniería Robótica UA*

Universidad de Alicante



## 1. INTRODUCCIÓN

La robótica de rehabilitación estudia cómo afecta la inclusión de diferentes sistemas robóticos en la terapia de rehabilitación y en sus principios del aprendizaje motor, suponiendo mejoras respecto a la intensidad de la terapia y el número de repeticiones. Asimismo, se consigue un alto grado de precisión y repetitividad en los ejercicios, que pueden ser estudiados gracias a la posibilidad de *feed-back* cognitivo.

En este ámbito, el presente proyecto buscará la inclusión de un robot colaborativo UR3, mediante la creación del diseño y control necesarios para el desarrollo de una aplicación centrada en la rehabilitación del miembro superior, que investigará distintas líneas de rutinas de ejercicios activos y pasivos.

## 2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este apartado se evaluarán los diferentes aspectos del problema, de manera que se puedan definir claramente los objetivos a alcanzar. Como se ha mencionado anteriormente, el robot empleado será el UR3, es decir, un robot colaborativo que tendrá que realizar y ejecutar movimientos adaptados a las trayectorias de cualquier paciente.

El sistema de control deberá adecuarse a cada uno de los ejercicios y pacientes, realizando la lectura de los sensores y aplicando en consecuencia el movimiento idóneo. Principalmente dos estrategias a

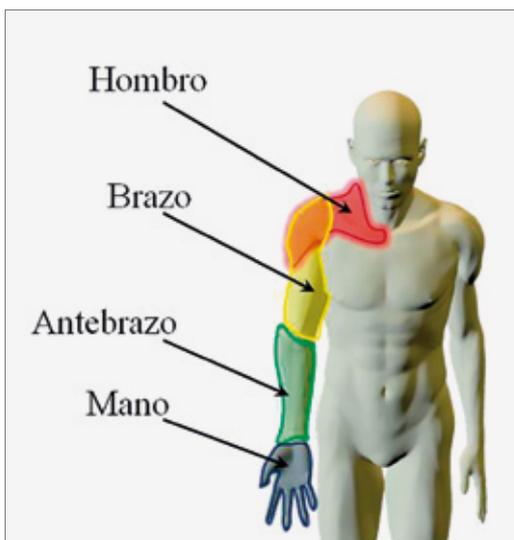


Figura 1: Partes que componen el brazo humano.  
Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25820>

llevar a cabo, respecto a la rehabilitación pasiva, el robot ejercita la articulación moviéndola completamente, mientras que el paciente no produce ninguna fuerza. Por lo tanto, los movimientos deben ser precisos y suaves, estableciendo una serie de límites.

Con respecto a la rehabilitación activa, el paciente participará en el proceso de rehabilitación, por lo tanto, los movimientos del robot deberán obedecer a un control de fuerza para poder ofrecer el movimiento adecuado, influido por la fuerza ejercida. De esta manera, el paciente gestionará la creación de los movimientos, mientras que el robot se centrará en seguir la trayectoria marcada, al mismo tiempo que brinda un apoyo.

Por consiguiente, los objetivos se centrarán, en primer lugar, en establecer una conexión con el robot suficiente para crear y gestionar el control de ambos métodos, a

través de métodos de control de posición, fuerza y velocidad. Dichas estrategias serán estudiadas, implementadas y evaluadas a lo largo del trabajo.

## 3. ESTADO DEL ARTE

En primer lugar, será indispensable realizar un estudio referente al marco teórico del proyecto, a través del análisis del estado del arte de las técnicas de rehabilitación de miembro superior e investigaciones de sistemas robóticos de rehabilitación.

### 3.1. Rehabilitación de miembro superior

Para empezar, es importante detallar las propiedades que modelan el brazo con una serie de guías y límites, por lo tanto y como definen en [1], el miembro superior se puede considerar como un mecanismo de cadena abierta formado por 4 eslabones como muestra la Figura 1.

Su configuración permite una gran variedad de movimientos, por lo que es importante establecer un rango de acción seguro que no suponga sobrepasar los límites del paciente. Por otra parte, los movimientos que se pueden realizar se engloban en distintos planos como se especifica en [2], nombrados como planos sagital, frontal y transversal.

Teniendo en cuenta la información anterior, podemos definir los movimientos del brazo en distintos planos y con límites establecidos. Un ejemplo, puede verse en la imagen de [3]:

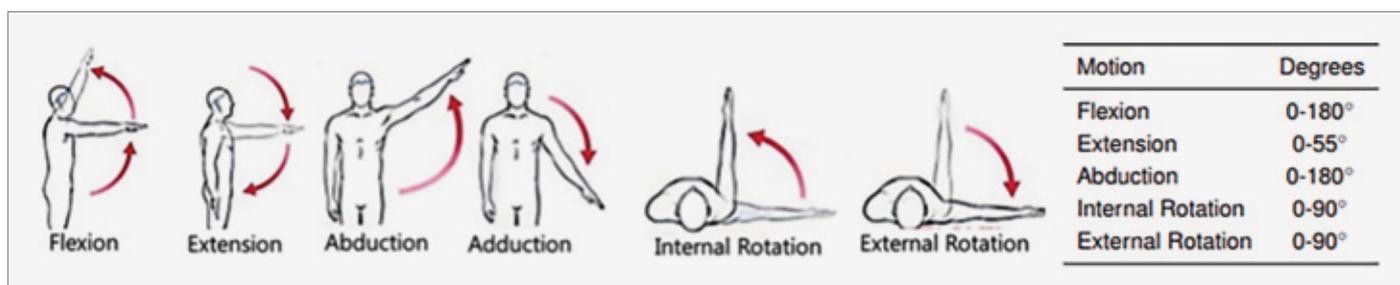


Figura 2: Movimientos y sus respectivos rangos. Fuente: <https://n9.cl/o3sxs>



### 3.2. Análisis de los sistemas de rehabilitación

Dentro de este campo podemos destacar las principales estrategias a la hora de actuar un sistema robótico, que se dividen en dos grandes grupos [4]. Por una parte, encontramos las soluciones que implementan exoesqueletos, ya sean completamente vestibles

o con anclaje. El segundo grupo realiza la rehabilitación a través de un efector final anclado a un robot creado específicamente para esta tarea, o bien, acondicionando un robot industrial **Figura 3**.

Los sistemas de efector final se basan en generar movimiento desde un punto en el extremo del brazo del paciente [5]. Al no existir un alineamiento entre las articulaciones del robot y el brazo, se produce un ajuste más eficiente a los parámetros del paciente y un control más simple. Asimismo, se puede acondicionar robots de otros ámbitos, consiguiendo una plataforma ya definida. Sin embargo, no se puede controlar la posición completa del brazo, por lo que aumento del riesgo de lesión y la adquisición de datos del paciente está limitada.

Mientras, los exoesqueletos permiten adaptarse completamente al brazo de la persona, coincidiendo sus respecti-

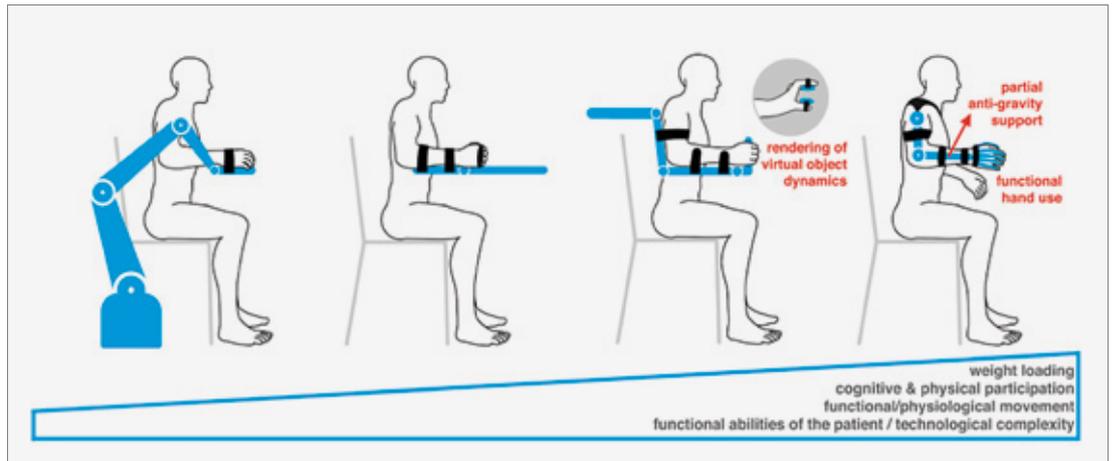


Figura 3: Implementaciones para rehabilitación de miembro superior. Fuente: <https://n9.cl/3gnmj>

vas articulaciones [5]. En este control es necesario especificar el rango de movimiento para cada articulación, con el fin de no forzar al paciente. Por otra parte, la inclusión de sensores en el exoesqueleto permite un análisis más completo sin necesidad de aumentar el equipo. La adaptación al paciente supone un inconveniente, ya que el exoesqueleto tendrá un rango determinado.

Estos dispositivos se pueden organizar también según su asistencia dada al usuario [5]. Así, los sistemas activos permiten una asistencia en el movimiento, mientras que los pasivos aseguran un apoyo al paciente que no aplicará potencia.

Por otro lado, los esquemas de asistencia-activa deben completar el movimiento después de que el usuario lo inicia, en tanto que los mecanismos resistivos ofrecen una oposición y, por último, los dispositivos interactivos, a través de unas trayectorias definidas, permiten corregir el recorrido.

## 4. BASES TEÓRICAS

Después de ver las distintas opciones de implementación, en este caso, se eligió la opción de establecer un control mediante un efector final, en concreto, utilizando un modelo comercializado conocido como UR3.

A continuación, se deben explicar los componentes que conforman el proyecto,

desde los elementos físicos hasta los que forman la estructura de nodos de ROS que harán posible los controles de posición y fuerza, así como la interconexión entre componentes. Por otro lado, se detallarán claramente las rutinas de los controladores planteados desde su base teórica.

### 4.1. Componentes hardware

El robot UR3 ha sido elegido para ejecutar la aplicación mencionada, ya que es un robot colaborativo, pequeño y ligero. Por lo tanto, es ideal a la hora de programar aplicaciones experimentales a una escala reducida. Además, cuenta con una gran capacidad de posicionamiento dentro de su espacio de trabajo, al mismo tiempo que establece una gran precisión, según se informa en su *datasheet* [6].

Por otro lado, un elemento indispensable es el que permite el agarre por del paciente. Se decidió implementar un agarre personalizado que permita interactuar con el UR3, compuesto por una base que permita la unión con el último eslabón y un cilindro con altura suficiente para que el paciente realice un agarre efectivo. Para mejorar la resistencia ante las fuerzas ejercidas se añadió un hueco transversal que permita introducir una varilla de metal.

La pieza primeramente fue diseñada en el programa Inventor 3D para poder obtener un modelo para imprimir, obteniendo el resultado de la **Figura 4**.

Los sistemas activos permiten una asistencia en el movimiento y los pasivos aseguran un apoyo al paciente

## 4.2. Componentes software

Principalmente, se utilizará la plataforma ROS (Robot Operating System), ya que disponemos de una colección amplia de herramientas, librerías y convenciones que pretenden simplificar la creación de comportamientos que rijan plataformas robóticas.

Su funcionamiento se basa en la creación de nodos que permiten implementar funcionalidades referidas, en este caso, al control del robot. Dichos nodos deberán comunicarse para el traspaso de información a través de distintos métodos como los topics, servicios o acciones.

Dentro de la aplicación se utilizará el paso de mensaje a través de topics, donde un nodo se encargará de publicar mensajes en él, mientras que otros nodos se podrán subscribir para recibir la información. Asimismo, las actions, nos permitirán dotar al programa de funcionalidades externas sin detener el flujo de ejecución. Su funcionamiento se basa en crear, primeramente, una conexión al servidor de la acción desde un nodo cliente, que enviará un objetivo. Entre tanto, el servidor enviará feedback para que el nodo cliente actúe en consecuencia.

Concretamente, utilizaremos las actions que provee el paquete "trajectory\_msgs" para ejecutar órdenes de movimiento articulares. Entre las ventajas que proporciona respecto a la solución de Moveit, que se explicará posteriormente, es la posibilidad de implementar un tiempo de ejecución de una trayectoria. Asimismo, se pueden definir las velocidades articulares finales, solucionando discontinuidades de movimiento en los puntos intermedios de la trayectoria.

Por otro lado, el paquete Moveit permite una planificación de la trayectoria del robot para, posteriormente, ejecutarlas. En particular, se utilizará el lenguaje Python junto con la biblioteca "moveit\_commander" para ejecutar movimientos con coordena-



Figura 4: Unión final con el robot. Fuente: elaboración propia

nadas articulares o cartesianas. Además, añade funciones para acceder a la posición objetivo guardada, permitiendo pasar de datos cartesianos a articulares.

Esta última funcionalidad habilita el uso de las actions con coordenadas cartesianas, pudiendo crear una función que obtenga primero los valores articulares objetivo, para después llamar al servidor de acciones que permite declarar límites de tiempo y velocidad.

Por último, es imprescindible el driver "Universal\_Robots\_ROS\_Driver", ya que provee la estructura básica para controlar y comunicar órdenes al UR3. En la página principal [7] se puede consultar toda la información y podemos acceder a los archivos .launch que permiten la conexión con el robot y, al mismo tiempo, podemos consultar trabajo ya realizado como el paquete Moveit del UR3, compuesto de los archivos que definen su estructura virtual y los controladores.

Estos últimos se encuentran dentro del archivo "ur3\_controllers.yaml" y deberemos manejar su activación a lo largo del proyecto. Para realizar el control de posición se utiliza el controlador "scaled\_pos\_joint\_traj\_controller", mientras, para el

control de fuerza necesitaremos el controlador que se encarga de acceder a las fuerzas captadas por el sensor en el extremo del robot y, por otro lado, "joint\_group\_vel\_controller" nos permite comunicarnos con el robot mediante comandos de velocidad.

## 4.3. Control de admitancia

Una vez explicada la estructura y el control requeridos, debemos entrar en detalle en la teoría que engloba el control de fuerza. Por lo tanto, es necesario explicar primero cómo se obtendrán las velocidades a partir de los datos de fuerza obtenidos.

Este comportamiento reactivo sigue la formulación del control de admitancia, que define tres parámetros principales, es decir, masa, amortiguación y rigidez. Como se menciona en [8], el efecto de la rigidez es lo suficientemente insignificante:

$$F = m * \ddot{p} + c * \dot{p} \quad (1)$$

Sin embargo, para utilizar de esta función es necesario el dominio de la frecuencia para facilitar su procesamiento en tiempo de ejecución. Dentro de este sistema la entrada sería la fuerza detectada, mientras que la velocidad actuaría como salida.

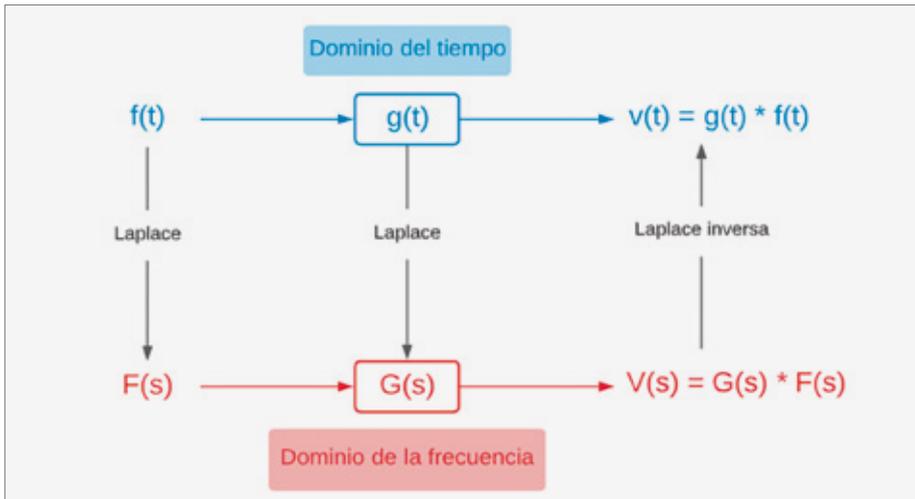


Figura 5: Representación de la formulación en los distintos dominios. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, al tratarse de valores de fuerza puntuales gestionados en cada iteración del programa, solo será necesario multiplicar estos por la función de transferencia para obtener la velocidad deseada:

$$G(s) = \frac{1}{\frac{m}{c} * s + 1} \quad (2)$$

A partir de la ecuación, observamos como la salida de la velocidad máxima en estado estacionario depende del parámetro de amortiguación. Mientras, la dinámica de la respuesta es una relación acoplada entre los coeficientes de masa y amortiguamiento.

Podemos deducir que el parámetro que representa la masa virtual será fijo, sin embargo, será el control del parámetro de amortiguación lo que nos permita manejar el movimiento del extremo. Un valor bajo permitirá al robot realizar grandes acele-

raciones, a costa de limitar la capacidad de frenado, por el contrario, un valor alto evitará impulsos acelerados excesivos. Finalmente, este controlador nos devolverá un conjunto de velocidades cartesianas que se deberán gestionar para manejar el robot.

#### 4.4. Control cinemático cartesiano

La entrada de este controlador será la velocidad en los ejes cartesianos del extremo del robot. Por el contrario, la salida que se debe mandar al robot será un vector de seis velocidades articulares a través del controlador de velocidad.

La primera parte de este controlador es el generador de referencia, donde se deberá integrar la velocidad cartesiana deseada para obtener la posición deseada en ese ciclo. Con este objetivo, se debe obtener el tiempo total de ejecución que especificará el límite de la integral de la posición y

se deberá ir incrementando a medida que avance la ejecución.

$$pos\_deseada = pos\_inicial + \int_0^t v dt \quad (3)$$

Para obtener el error se debe guardar, también, el valor de la posición alcanzada por el extremo del robot en el ciclo anterior. Es importante destacar que en la primera iteración este valor de realimentación será la posición inicial.

Una vez que hemos calculado el valor del error de posición, este se multiplicará por matriz diagonal de ganancia  $K_p$  que afectará a todas las componentes del vector de error. No todos los valores dentro del matriz tienen que ser iguales, sino que se condicionarán para dar más importancia en el posterior vector de velocidad de control a las componentes cartesianas del vector de velocidades deseadas, cuyo valor sea superior al resto. Por ejemplo, cuando solo detectemos fuerza en el eje Z, la velocidad deseada calculada tendrá un valor significativo en esta componente, por lo que la matriz de ganancia dará más importancia al error en este eje.

El resultado de la multiplicación por la matriz de ganancia  $K_p$  se le sumará las velocidades deseadas cartesianas, obteniendo la velocidad final cartesiana de control ( $u$ ). La siguiente ecuación muestra el desarrollo matemático realizado, sin embargo, realmente los vectores y matrices serían de dimensión 6, para controlar la orientación del extremo, aunque al no realizarse cambios se han omitido:

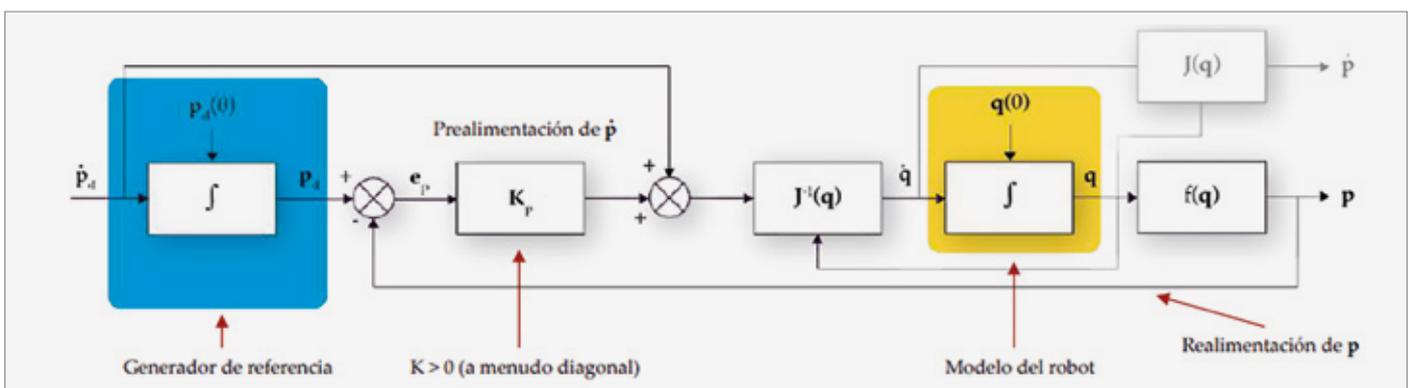


Figura 6: Esquema del controlador cinemático cartesiano. Fuente: documentación aportada por el tutor

$$\begin{bmatrix} ux \\ uy \\ uz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{p}_d^x \\ \dot{p}_d^y \\ \dot{p}_d^z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{px} & 0 & 0 \\ 0 & K_{py} & 0 \\ 0 & 0 & K_{pz} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} error_x \\ error_y \\ error_z \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} = \mathbf{J}^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \vdots \\ \dot{y} \end{bmatrix} \quad \mathbf{J}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial x} & \dots & \frac{\partial x_1}{\partial y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial x_n}{\partial x} & \dots & \frac{\partial x_n}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Figura 7: Representación de la inversa de la matriz Jacobiana Fuente: elaboración propia

Por último, se requiere implementar el cálculo online de la inversa del Jacobiano del UR3, para obtener una relación directa entre las componentes cartesianas de la velocidad del extremo y las velocidades articulares del robot completo. Este desarrollo puede provocar problemas de singularidad, por lo que habrá que estudiar de cerca su funcionamiento.

## 5. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PRÁCTICA

Establecidas las bases que influyen en el proyecto, a continuación, se presentarán las directrices principales que rigen la solución llevada a cabo.

### 5.1. Conexión

La primera es la conexión realizada con el UR3, ya que, es necesario realizar una serie de configuraciones en el propio robot como en el PC externo. Concretamente, el proceso se puede encontrar dentro de la documentación del driver de control antes comentado [7], que se basa en establecer un programa de control externo en el robot que, mediante una red local compartida, se establezca una conexión que mande órdenes de movimiento o peticiones de información.

En lo que se refiere al equipo externo será indispensable obtener, en primer lugar, la información de calibración del robot, almacenada de fábrica, de manera que se pueda posicionar con mayor precisión. Posteriormente, solo faltaría lanzar el ejecutable que inicia los nodos y la estructura necesaria para la conexión:

```
$ roslaunch ur_robot_driver
ur3_bringup.launch
robot_ip:=192.168.2.2
kinematics_config:=
"${HOME} /
my_robot_calibration.yaml"
```





## 5.2. Control de posición

Entrando en detalle en el control de posición, los comandos de movimiento serán dados con las dos estrategias ya comentadas. En primer lugar, unas de las propiedades para utilizar órdenes es que se debe introducir la orientación del extremo en cuaternios, por lo que es necesario contar con una función que pase de una forma más intuitiva de expresar la orientación, como los grados de Euler, a cuaternios.

A continuación, se crearán funciones que permitan realizar varios tipos de movimientos como uno de regreso a la posición inicial, una función que permita una ejecución en el espacio articular con posiciones de destino definidas en coordenadas articulares o cartesianas, además de una función que nos posibilite especificar el tiempo de ejecución a fin de realizar un movimiento controlado.

Por otra parte, se debe crear funcionalidades para adaptar el movimiento a una serie de trayectorias lineales con el extremo fijo, lo que permitirá al paciente sujetarse de manera segura. Las trayectorias planteadas serán lineales y circulares, además, en ambos casos se podrá especificar la duración del movimiento. Aunque, la trayectoria lineal aceptará dos puntos de origen y destino, mientras que la función de las trayectorias circulares funcionará con el radio de la circunferencia y el ángulo que debe completar.

A la hora de especificar estas funciones se dividen en tramos de manera que se fuerce al robot a seguir la trayectoria con órdenes de movimiento en el espacio articular. Para que esto funcione, también se debe calcular la velocidad final de cada tramo para que no haya discontinuidades, por lo que se calcula la velocidad media hasta la posición en el tramo. Un apunte importante sobre la trayectoria circular es a la hora de introducir ángulos negativos, ya que las fórmulas utilizadas no serán las mismas, un ejemplo es a la hora de calcular la posición final:

$$pos\_final(x) = pos\_inicial(x) + \sin(angulo) * radio$$

$$pos\_final(y) = pos\_inicial(y)$$

$$pos\_final(z) = pos\_inicial(z) + radio * [1 - \cos(angulo)] \text{ si } angulo > 0$$

$$pos\_final(z) = pos\_inicial(z) - radio * [1 - \cos(angulo)] \text{ si } angulo < 0$$

(5)

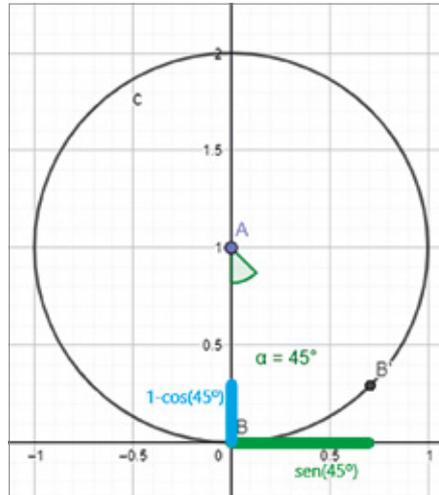


Figura 8: Representación de la obtención de las coordenadas. Fuente: elaboración propia

Todo lo anterior será utilizado en dos funciones principales que definirán los ejercicios de una rutina de rehabilitación común. En concreto, el primer ejercicio se encargará de posicionar el robot en un punto bajo para que el paciente pueda subir y bajar el brazo, durante un número de repeticiones que se debe introducir. Asimismo, se especificará el tiempo de ejecución de

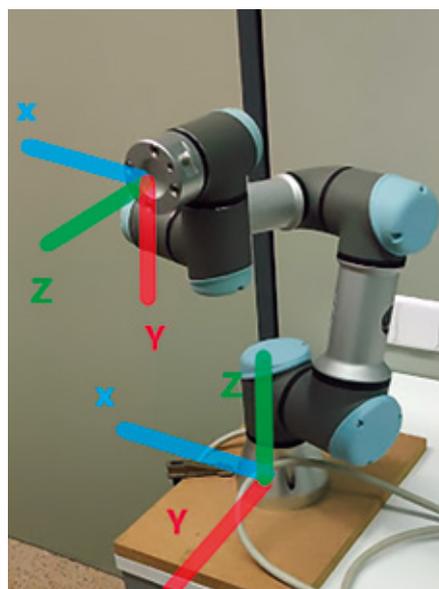


Figura 9: Comparación entre sistemas de coordenadas. Fuente: elaboración propia

cada movimiento, para adaptarse a las necesidades del paciente. En cambio, el ejercicio 2 se encargará de ejercicios que impliquen movimientos circulares y cuyo funcionamiento de introducir previamente los parámetros del ejercicio será idéntico al anterior.

## 5.3. Control de fuerza

En lo referente al control de fuerza, como se ha mencionado, debe ser capaz de analizar la intención del usuario para mover el robot en consecuencia. Con este fin, el programa se divide en dos submódulos.

El primero de ellos será el propiamente dicho como control de admitancia capaz de analizar las fuerzas presentes en el extremo del robot para obtener comandos de velocidad cartesiana que compensen las fuerzas analizadas. Por otro lado, deberemos establecer un controlador cinemático cartesiano, que permita transmitir las órdenes de velocidad cartesiana a articulares.

Uno de los parámetros que necesitamos establecer es la frecuencia de realización del bucle de control que influirá en la publicación de los mensajes de velocidad y la modificación de los datos que definen las fuerzas ejercidas en el extremo. Por lo tanto, se estableció una frecuencia de trabajo igual a 60Hz, puesto que fue la frecuencia máxima conseguida al ejecutar por primera vez el programa.

El control de admitancia primero debe obtener los datos de fuerza que se modifican en la función callback del nodo que se suscribe a los mensajes de fuerza, ya que estos datos vienen definidos en el sistema de coordenadas del extremo y para definir su movimiento debemos expresarlos acorde con el de la base.

Con los datos de fuerza, debemos detectar el incremento que se haya podido producir dentro de unos límites que nos permita evitar falsas detecciones y detecciones de fuerza desproporcionadas al sumar la fuerza del usuario y los esfuerzos generados al mover el extremo.

Estos incrementos se multiplicarán con la función de transferencia ya comentada, que contiene el coeficiente de amortiguación para dificultar el movimiento a posiciones cercanas a las singularidades. Para ello, su valor variará en función del determinante de la matriz Jacobiana, por lo que, a menor valor de esta variable, se debe aumentar la amortiguación. Cabe mencionar, que en valores por debajo a 0.005 el aumento se multiplicará por 10, ya que el valor no era lo suficientemente restrictivo.

Entrando en detalle en el controlador cinemático cartesiano, se partirá de la ecuación 3, sin embargo, se comprobó que no es lo suficientemente robusta a la hora de presentar múltiples cambios de dirección, ya que siempre partirá de una posición inicial sin tener en cuenta la posición en la que se realiza el cambio de dirección. Esto resultaba en un fallo, por lo tanto, se propone el siguiente cambio:

$$pos\_deseada = pos\_anterior + \int_0^{\tau_{int}} v dt \quad (6)$$

En esta función, se parte de la última posición alcanzada por el robot y el límite superior de la función integral será el tiempo de un ciclo del programa, obteniendo la posición deseada de la iteración. De esta manera, el robot reacciona correctamente a los cambios de dirección.

Una vez obtenidas las posiciones deseadas, se realizará el cálculo del error entre estos valores y la posición de referencia obtenida en el ciclo anterior, realizando la estimación de la velocidad de control necesaria. Este vector será la suma de las velocidades obtenidas en el control de admitancia y la influencia de los errores de posición.

Obtenida la velocidad de control final, se procederá a calcular el valor de la inversa de la matriz Jacobiana en este instante. El primer paso para ello, es obtener la configuración articular del robot actual para calcular la matriz Jacobiana de la base del robot. De esta matriz se obtendrán dos elementos importantes para el control.

Por una parte se guardará el determinante de la matriz, para medir objetivamente la cercanía de la posición actual a una singularidad. Este valor se mandará como resultado para tomar medidas en el bucle de control.

Por otro lado, se procederá a realizar la inversión de la matriz Jacobiana, por lo que solo quedaría multiplicar esta matriz por el vector de velocidades de control calculadas. Con este último paso se obtendrá un vector de seis velocidades correspondientes a cada articulación.

En las primeras puestas en marcha de la aplicación se comprobó que los valores de fuerza no son siempre constantes, sino que en ciertas iteraciones cambian bruscamente, lo que producía perturbaciones. Con el fin de solucionar el problema, se planteó un sistema de realimentación de la velocidad calculada en el control de admitancia que mantenga un valor constante que no provoque discontinuidades. Por lo tanto, se creará una variable que nos permita guardar la velocidad utilizada en la iteración anterior, además de calcular el error.

$$velocidad\_final = velocidad\_anterior + \frac{error}{20} \quad (7)$$

Este valor será la entrada del controlador cinemático cartesiano, manteniendo un cierto valor constante debido a que la influencia del valor actual es menor, evitando inestabilidades a costa de no alcanzar automáticamente los valores del control de admitancia. Esta situación será objeto de estudio en el apartado de pruebas.

## 6. EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este apartado se procederá a registrar y comentar las diferentes pruebas realizadas a los dos controles principales que usará el brazo robótico.

### 6.1. Pruebas del control de posición

Al tratarse de un control en el que se especifica posiciones concretas, la comprobación del correcto funcionamiento se basará una serie de rutinas que cambiarán los diferentes aspectos configurables. Todas tendrán en común que existirá un ejercicio lineal y otro circular.

El primer cambio está referido a la velocidad a la que se dirigirán al punto destino, de forma que se ajuste a distintos tiempos de realización. El siguiente procedimiento evaluará cambios en las trayectorias de los movimientos preestablecidos.

En el caso del movimiento lineal, se probarán trayectorias definidas en otros ejes cartesianos y en una combinación de ellos. Por otra parte, el movimiento circular se cambiarán las variables de radio y ángulo a fin de establecer unos límites de movimiento.

Las pruebas realizadas se recogen en un vídeo, donde se comparará la ejecución de la versión virtual del brazo robótico y la implementación real. De esta forma, se podrá visualizar la precisión y la adecuación de la rutina en ambos medios.

<https://drive.google.com/file/d/1sYgFbt6Jp9ChPSYML9EpkaoK3ESQNm4v/view>



Como se puede observar, el vídeo está dividido en los tres principales grupos de pruebas. En el primero de ellos se puede verificar claramente como las trayectorias calculadas no cambian a pesar del tiempo, sin embargo, se puede destacar que debido al rendimiento del ordenador el modelo virtual no funciona a la velocidad deseada.

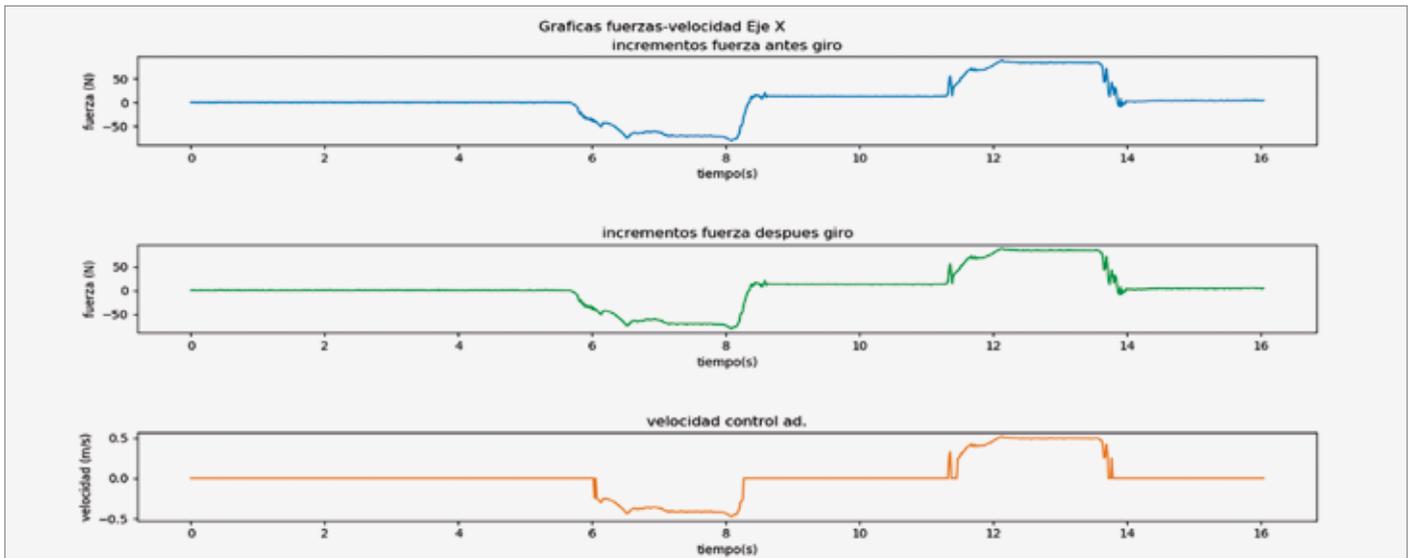


Figura 10: Gráfica fuerzas-velocidad de la primera componente. Fuente: elaboración propia

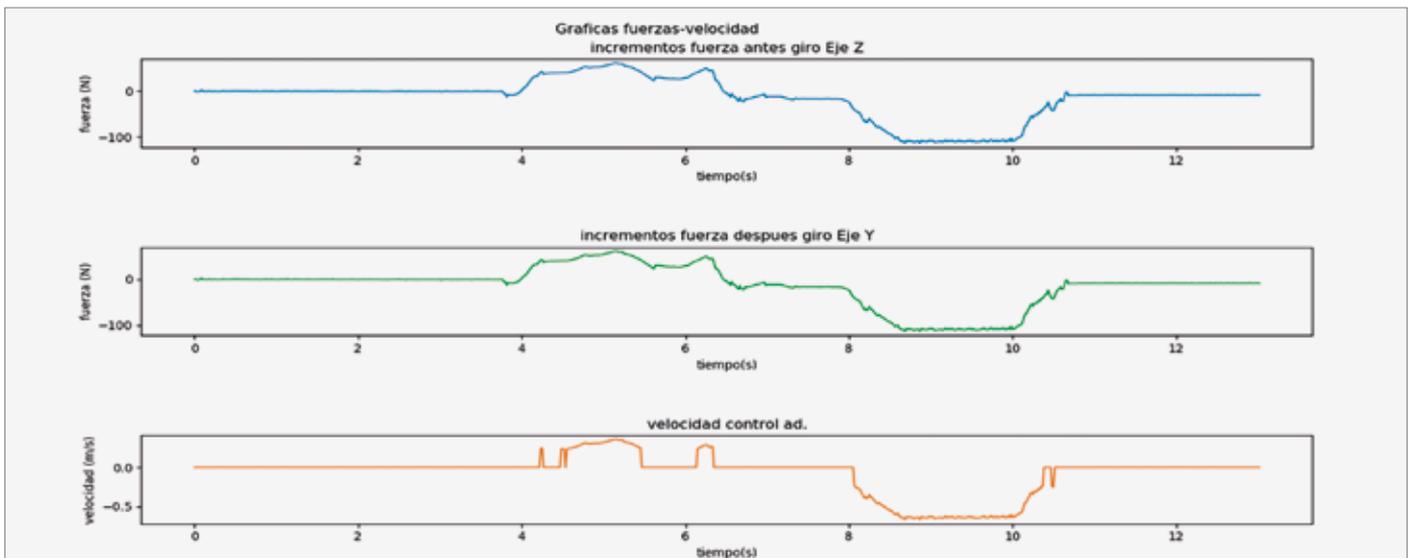


Figura 11: Gráfica fuerzas-velocidad de la segunda componente. Fuente: elaboración propia

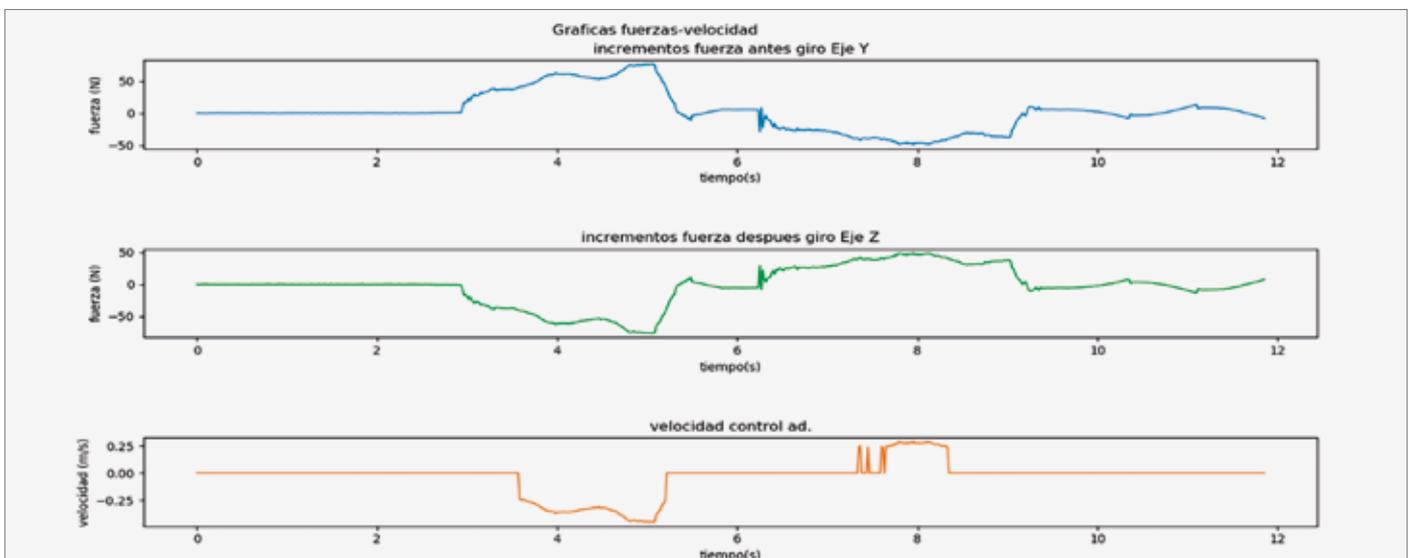


Figura 12: Gráfica fuerzas-velocidad de la tercera componente. Fuente: elaboración propia

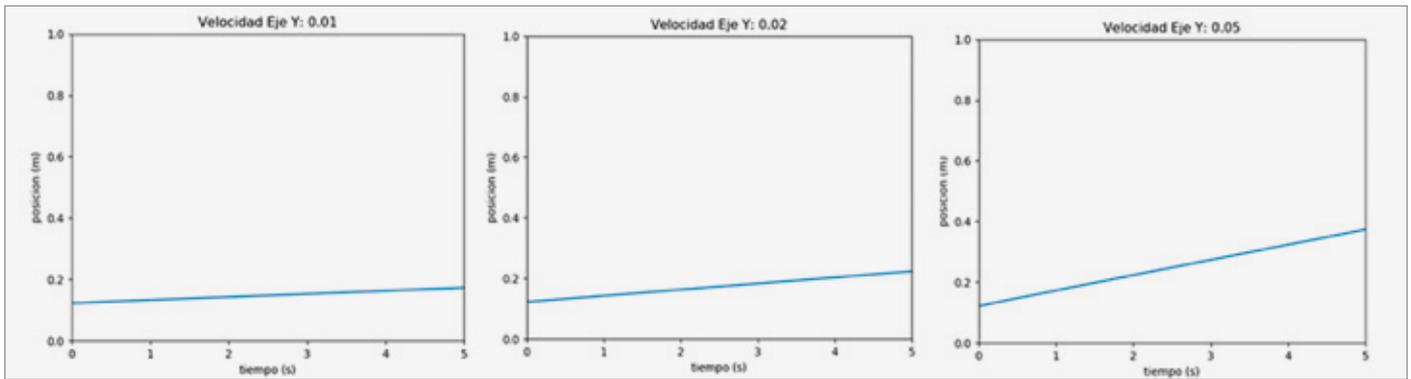


Figura 13: Gráficas posición-tiempo con distintas velocidades eje Y. Fuente: elaboración propia

En la segunda parte de la experimentación se comprueba cómo el robot es capaz de moverse dentro de su espacio de trabajo con trayectorias distintas.

Por último, los experimentos del tercer conjunto son aplicados a los movimientos circulares que varían sus radios y ángulos. Es importante destacar que estos recorridos dependen del espacio de trabajo, por lo que el ángulo de las trayectorias creadas será mayor cuando más pequeño sea el radio, para permanecer dentro del espacio de trabajo.

Otros datos importantes dentro de los vídeos, es la utilización de la rutina creada para hacer ejercicios de rehabilitación con movimientos de flexión/extensión o abducción/aducción. Asimismo, en la última parte se pueden observar una serie de errores que se suceden dentro del entorno virtual.

## 6.2. Pruebas del control de fuerza

Primero, el control de admitancia se procederá a verificar la coincidencia de la direc-

ción entre los incrementos de fuerza y la velocidad calculada, con el fin de verificar que el signo de la velocidad sea acorde al incremento de fuerza y, al mismo tiempo, describir una cierta proporcionalidad.

En las gráficas de la página izquierda se muestran los datos obtenidos respecto al sistema de coordenadas del extremo, respecto a la base y la velocidad de control calculada.

En las tres primeras gráficas se puede observar como al no haber movimiento del extremo el valor fuerza permanece cercano a un mismo valor, mientras se aplique fuerza. Por otra parte, si nos centramos en las segundas y terceras gráficas, las verdaderamente utilizadas, podemos destacar una similitud en sus evoluciones, es decir, las velocidades calculadas podrán responder correctamente al esfuerzo.

En lo referente al control en velocidad se estudiará que sea capaz de establecer las velocidades impuestas. Para ello, la prime-

ra parte de la experimentación del control de velocidad tratará de visualizar la influencia del cambio del valor de la velocidad en uno de los ejes cartesianos.

Como se puede comprobar, se establece claramente una relación lineal entre ambas variables, indicando la correcta implementación de distintas velocidades que permanecen constantes.

La siguiente prueba realizada sobre el control cinemático tiene el objetivo de ver la influencia que tiene el movimiento ejecutado en un solo eje, mientras que los demás se imponen a 0.

Con la ayuda de las gráficas se puede observar que la imposición de velocidad en uno de los ejes funciona correctamente, puesto que el cambio de la posición solo se produce en el eje en el que previamente se ha impuesto la velocidad.

Por último, las pruebas del conjunto total del control de fuerza, donde primero es

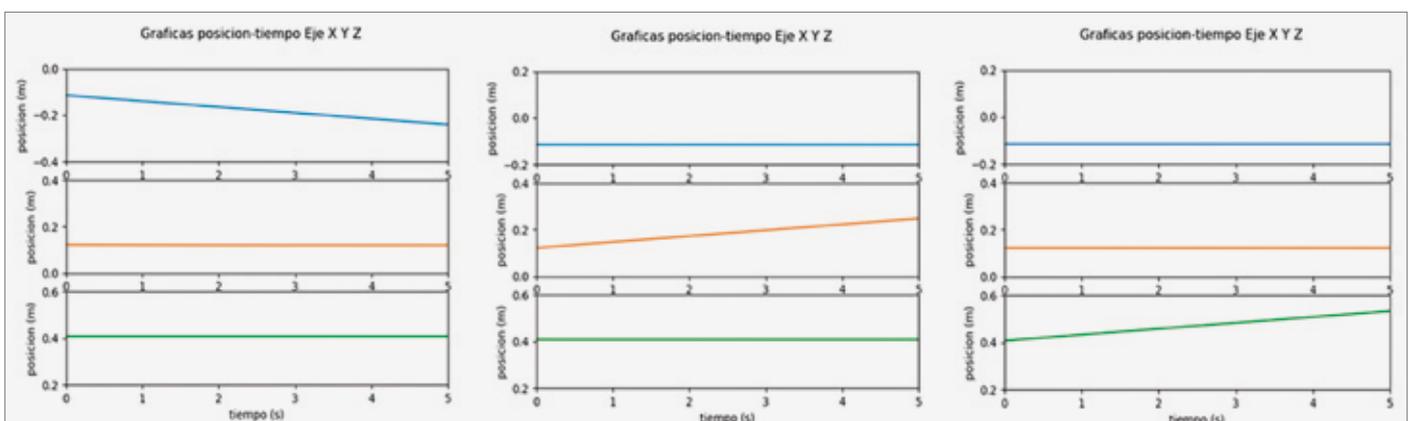


Figura 14: Gráficas posición-tiempo con avances independientes. Fuente: elaboración propia

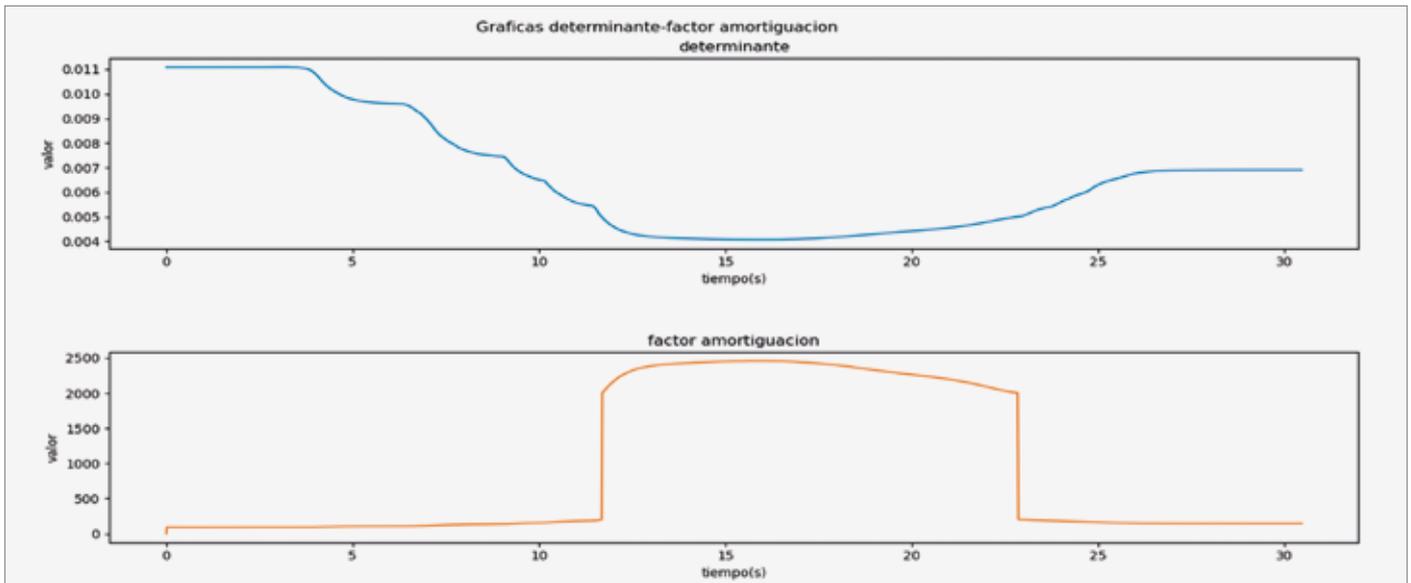


Figura 15: Gráficas determinante factor amortiguamiento. Fuente: elaboración propia

necesario comprobar una serie de factores del funcionamiento. El primero de ellos es referido a la evolución del determinante de la matriz Jacobiana y el cálculo del coeficiente de amortiguamiento.

En la evolución de la gráfica, se representa la respuesta dada cuando el usuario alcanza una situación comprometida cerca de una singularidad. El factor de amortiguamiento es mínimo y estable dentro de unos valores seguros del determinante, sin embargo, al sobrepasar el límite se debe frenar el avance del usuario, mediante un aumento significativo del coeficiente.

La siguiente prueba es necesaria para establecer el control real de la aplicación, cuyo procedimiento será variar la influencia de la velocidad calculada a través del control de admitancia, donde el valor más prometedor es:

En este caso, el efecto de deslizamiento es menos frecuente, permitiendo a su vez una mayor adaptación a la necesidad del usuario. En cuanto al control, se siente un control no tan retardado, aunque al tratarse de un primer prototipo, presenta en ciertas ocasiones interrupciones. A mismo tiempo, los datos de fuerza son lo suficientemente

estables como para poder realizar el movimiento. Es importante destacar, que esta combinación es la que mejores sensaciones ha producido. Sin embargo, los resultados pueden variar en el modo en que se opera, por lo que se ha pretendido siempre aplicar una fuerza constante y no excesiva.

En el siguiente enlace se muestran las experimentaciones de movimiento con distintas influencias:

<https://drive.google.com/file/d/1vVgK8jBWb-6l1tBtEdJE6Vtn9yefkl4J/view>,

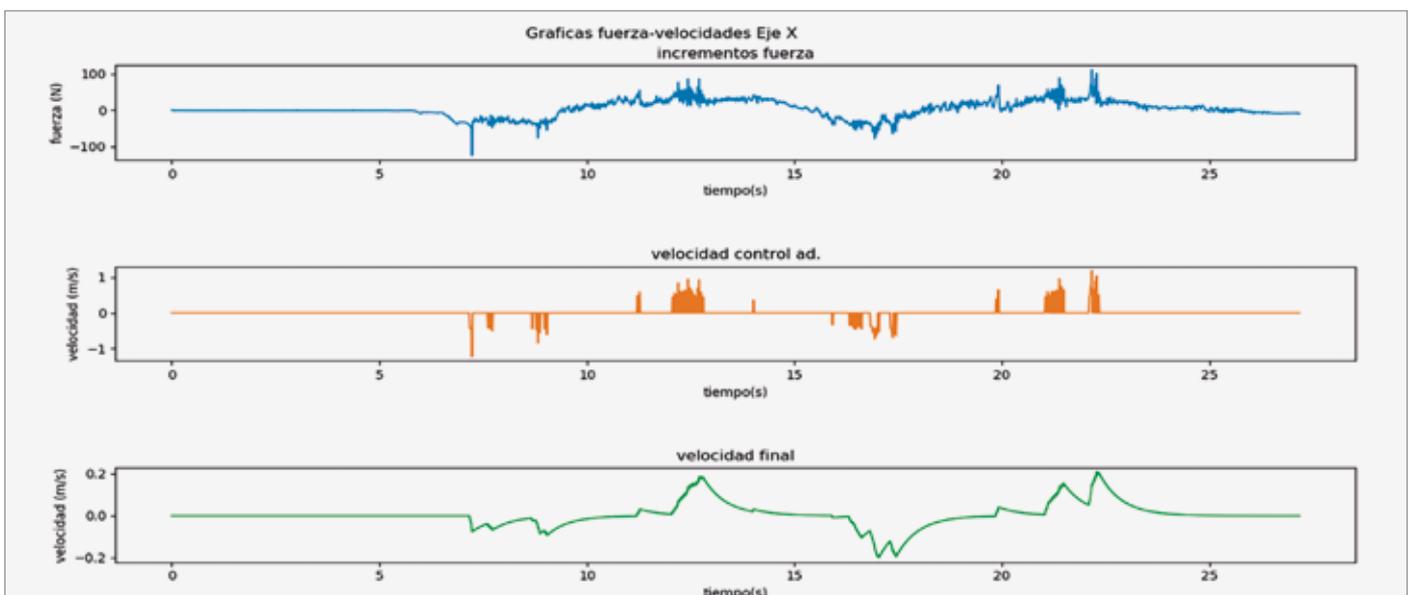


Figura 16: Gráfica fuerza-velocidades con una influencia 1/32.5. Fuente: elaboración propia



## 7. CONCLUSIONES

En referencia a los objetivos presentados, en primer lugar, podemos asegurar que se consigue una conexión suficiente entre el robot y el ordenador externo, que permitirá la realización de los controladores explicados.

El siguiente objetivo es el desarrollo del módulo de control de posición que nos permita realizar rutinas de rehabilitación pasiva. En este caso, se consiguió la implementación completa de un algoritmo capaz de mandar al robot posiciones junto con su tiempo de ejecución, con el fin de controlar la velocidad de movimiento.

El último objetivo trata de la creación de un módulo de control de fuerza a modo de rehabilitación activa. El prototipo creado es capaz de percibir las fuerzas aplicadas en una herramienta externa diseñada y acoplada, de manera que calcula una velocidad articular en respuesta. Sin embargo, es importante destacar que la aplicación en ciertas ocasiones puede presentar discontinuidades y falsas mediciones que afectan al comportamiento general, aunque en general este es estable y permite mover la herramienta de manera adecuada.

Por lo tanto, se concluye la validación de una aplicación para el soporte en terapias de re-

habilitación de miembro superior, donde se pretende incorporar un sistema novedoso basado en un robot colaborativo, pensado para brindar más seguridad en los entornos de trabajo. En nuestro caso, este tipo de robot es una mejora destacable, ya que, incorpora la estructura necesaria de medición de esfuerzos, que un robot industrial común no tiene y necesitan la inclusión de sensorización extra, como ya se ha comentado.

En lo referido al alcance del propio proyecto, se destaca las posibilidades que este sistema puede suponer en las terapias de rehabilitación. En concreto, los usuarios que se benefician de esta aplicación se engloban en los pacientes con afectación motora unilateral del miembro superior sin limitaciones cognitivas en lo referente a la comprensión de las actividades a realizar.

En relación con lo anterior se pueden destacar personas que han sufrido un accidente cerebrovascular (post-ictus) o algún tipo de traumatismo y necesitan rehabilitación después de su fase aguda o pacientes con enfermedades neurodegenerativas o neuromusculares que necesiten rehabilitación de forma habitual. Por otro lado, se podría incorporar en unidades de traumatología, donde poder asistencia en las rehabilitaciones del miembro superior, por ejemplo, a pacientes de la tercera edad con problemas de movilidad en las articulaciones del brazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Macao and J. Nacipucha, *Diseño e implementación de un prototipo de exoesqueleto destinado a la rehabilitación de codo*. PhD thesis, Universidad de Cuenca, <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25820>, 2016.
- [2] M. Montenegro, A. Lugo, J. Núñez, and R. González, *Análisis y diseño de un prototipo virtual de tipo exoesqueleto para rehabilitación de codo*. PhD thesis, Facultad de Electromecánica, Universidad de Colima, <https://n9.cl/szkan>, 2014.
- [3] R. Gonçalves, A. *Robotic System for Musculoskeletal Rehabilitation of the Shoulder*. PhD thesis, Instituto Superior Técnico, Universidad Pública de Lisboa, 2016.
- [4] R. Gassert and V. Dietz, "Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2016.
- [5] F. Molteni, G. Gasperini, G. Cannaviello, and E. Guanziroli, *Exoskeleton and End-Effector Robots for Upper and Lower Limbs Rehabilitation: Narrative Review*. PhD thesis, American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, <https://n9.cl/y87in>, 2018.
- [6] Universal Robot, [https://www.universal-robots.com/media/240787/ur3\\_us.pdf](https://www.universal-robots.com/media/240787/ur3_us.pdf), UR3 Technical specifications, 2015.
- [7] "Universal\_robots\_ros\_driver." [https://github.com/UniversalRobots/Universal\\_Robots\\_ROS\\_Driver](https://github.com/UniversalRobots/Universal_Robots_ROS_Driver), 2021.
- [8] V. Duchaine and C. Gosselin, *General Model of Human-Robot Cooperation Using a Novel Velocity Based Variable Impedance Control*. PhD thesis, Université Laval, Quebec (QC), Canada, 2007.



# DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DESPERFECTOS EN LA CARRETERA

Hacia una ciudad inteligente

---

**Fernando Larrosa Marín**

*Graduado en Ingeniería Robótica*

**Tutores: Dr. Miguel Ángel Cazorla Quevedo**

**Dr. Francisco Gómez Donoso**

---

*Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial*



## 1. INTRODUCCIÓN

Es muy común en las vías urbanas e interurbanas que recorren España encontrar deficiencias entre las que destacan baches, socavones, señales garabateadas o con baja visibilidad, grietas, marcas viales borrosas y bombillas de semáforos y farolas fundidas, como se recoge en el informe de 2018 de la Agencia Española de la Carretera (AEC), que refleja un suspenso de las carreteras españolas en varios de estos aspectos. Acentuándose entre los mismos, el imparable deterioro de los pavimentos, que obtienen una calificación media de “deficiente” como se observa en la **Figura 1.1.**

En este proyecto nos centraremos en la búsqueda de desperfectos que se producen en el firme de las carreteras, provocados por el paso de los años, el volumen de tráfico, fuertes lluvias o fallos de impermeabilidad, materiales de poca calidad, o errores de cálculo de cargas y construcción. El conocimiento de su deterioro es fundamental para un mantenimiento eficiente y rentable, con el objetivo de preservar su buena condición y seguridad.

Actualmente, existen tres enfoques para la evaluación del estado del pavimento y la búsqueda de desperfectos en el mismo; manual, semiautomático, y completamente automático. Los enfoques manual y semiautomático se engloban dentro de los métodos tradicionales, y el enfoque automático está en desarrollo actualmente.

- **Enfoque manual.** Los operarios realizan una inspección visual de la superficie de la carretera mientras se desplazan a lo largo de la misma, ya sea caminando o en un vehículo a una velocidad reducida y anotan los fallos que encuentran junto a su localización en la inspección. Es un modo subjetivo que depende de la experiencia del operario, muy lento y costoso.

- **Enfoque automático.** Para estas evaluaciones comúnmente se usan vehículos equipados con sensores muy caros (cámaras, sensores 3D, sensores inerciales o

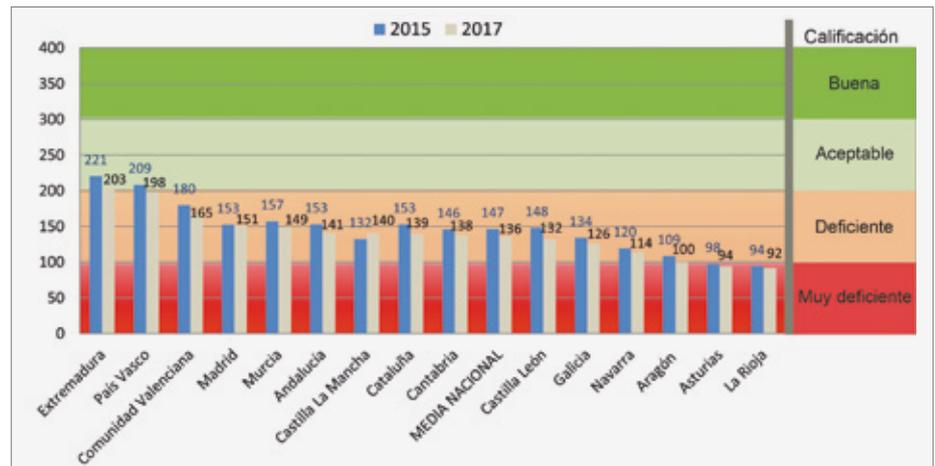


Figura 1.1: Indicador territorial de la evolución del estado de los firmes por comunidades en España.

escáneres láser para obtener los perfiles longitudinal y transversal de la carretera entre otros) que elevan el precio de estos vehículos hasta alcanzar el medio millón de dólares [11]. El precio de operación, aunque más barato que los modelos manuales, se estima entre 30 y 50 dólares por kilómetro [12] para las pocas agencias que han desarrollado un sistema de este tipo. El tratado de datos combina procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones, y se puede hacer en tiempo real o a posteriori, siendo esta última la opción más elegida.

- **Enfoque semiautomático.** Es una mezcla de los anteriores, combina la rápida recolección de datos del enfoque automático usando vehículos con la lenta inspección humana y la subjetividad de los inspectores del manual. Es el más utilizado por las agencias de tráfico actualmente [13] [14].

Como podemos apreciar, ninguna de las opciones anteriores es ideal, con costes tan altos que imposibilitan a los titulares de las carreteras realizar inspecciones con la suficiente regularidad que permita mantener las calzadas en un estado óptimo, dejando de lado aún más a las carreteras menos transitadas.

Es por esto que surge la idea de utilizar dispositivos móviles como *smartphones* que actualmente incorporan cámaras digitales de alta calidad y sensores GPS precisos que posibilitarían realizar una ágil

y asequible adquisición de datos de ser montados sobre vehículos como autobuses, camiones de recogida de basura, taxis o coches de policía que diariamente recorren las vías urbanas e interurbanas de una ciudad, así como de pueblos alejados de los núcleos de población.

En este trabajo se aborda la exploración de diversas técnicas que, mediante la implementación de redes neuronales convolucionales, puedan trabajar con estas imágenes recogidas por *smartphones* en tiempo real para detectar en ellas fallos en la carretera y clasificarlos según su tipo que pueda servir para realizar evaluaciones extensas de la red de carreteras a gran velocidad y de forma automática.

### 1.1 Importancia del estado de las carreteras

El buen estado de la red de carreteras de un país es crucial para el desarrollo del mismo. En el ámbito económico, una empresa industrial preferirá localizarse en una zona con buena comunicación vial que le permita estar conectada con otras empresas y ahorrar en costes logísticos, y en el sector turístico una empresa se verá afectada por unas infraestructuras en mal estado pues causan inseguridad y dificultan la llegada de clientes. En el ámbito social, unas carreteras en buenas condiciones también atraen multitud de beneficios, como el acceso a la educación, acortando tiempos de llegada a los servicios de

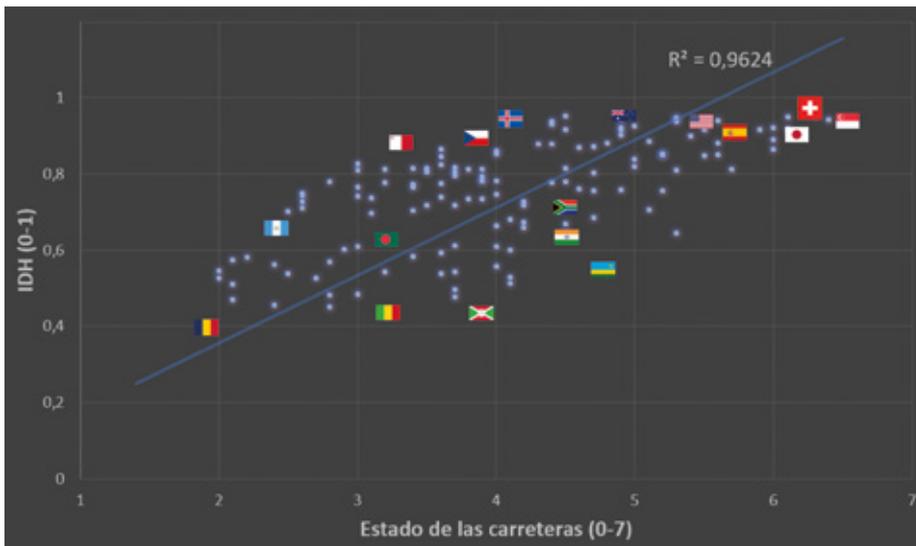


Figura 1.2: Relación entre el IDH y el estado de las carreteras por países

salud, o en actividades de ocio. Es por esto que al relacionar los datos por países del informe de 2020 del Índice del Desarrollo Humano (IDH) [15] con el apartado de calidad de las carreteras del informe de competitividad global de 2019 publicado por el Foro Económico Mundial [16], obtenemos la correlación que se observa en la **Figura 1.2**, que muestra cómo aquellos países con un mayor desarrollo están ligados a un mejor estado en sus carreteras.

El estado de un firme se puede medir de diversas maneras, pero la más común es mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI), un modelo matemático que se puede resumir como el movimiento vertical acumulado del asiento del conductor de un vehículo producido al recorrer una distancia dada [17]. En [18] se estima que un incremento del IRI de 1 m/km aumenta el consumo de combustible de los coches de pasajeros entre un 2% y un 3%, dependiendo de la velocidad.

En [1] llevaron a cabo una serie de pruebas reales tras las que concluyeron que el aumento del consumo para el mismo incremento en el IRI era algo mayor, del 3,5%, haciendo que los vehículos ligeros produzcan un 4% más de  $CO_2$ . Si el pavimento presenta un deterioro estructural importante (grietas, baches y deformaciones), los vehículos ligeros llegan a emitir hasta un 9% más de  $CO_2$ . Es tan alto el

deterioro de las carreteras españolas que repavimentar la mitad de la red de carreteras del país permitiría ahorrar 1,6 millones de toneladas de  $CO_2$  al año. El hecho de que las carreteras españolas hayan obtenido una calificación de deficiente pero aun así se mantengan entre las mejores carreteras del planeta (**ver Figura 1.2**) refleja el mal estado del firme en la mayoría de países y la necesidad que existe de un sistema que permita detectar los problemas más graves de forma asequible.

## 1.2. Global Road Damage Detection Challenge 2020

Cada año desde el 2014 se realiza la Conferencia Internacional del IEEE en Big Data. En estas conferencias se exponen los resultados conseguidos por los ganadores del reto de Big Data que cambia cada año pero que siempre consiste de unas métricas de evaluación claras y un problema bien definido acompañado de un conjunto de datos de partida.

En 2020 se propone como reto el Global Road Damage Detection Challenge (GRDDC) [19], en este, la organización requiere que los participantes propongan un algoritmo capaz de reconocer automáticamente la localización y el tipo de los daños en la carretera presentes en una imagen capturada en uno de estos tres países: India, Japón y República Checa.

En este caso, el conjunto de datos consta de 26336 imágenes de carreteras capturadas en estos tres países. En total, 121 equipos se registraron en esta competición cuyas soluciones se evaluaron usando dos conjuntos de imágenes más pequeños, de en torno a 2600 imágenes cada una. Esta competición concluyó en septiembre del pasado año 2020, pero la **página web del reto** sigue admitiendo nuevas soluciones, lo que nos permitirá comparar nuestro trabajo con las soluciones del resto de participantes.

## 2. MARCO TEÓRICO

En la última década, se han desarrollado numerosas técnicas para adquirir datos 2D y 3D de las carreteras con el fin de localizar zonas dañadas en ellas [20]. En cuanto a las técnicas 3D, suelen ser utilizados los sensores Kinect de Microsoft [2] y escáneres láser [21]. Estos sensores se suelen montar sobre estructuras que se acoplan a vehículos que cuentan además con otros sensores como acelerómetros o GPS (**Figura 2.1**). También existen otras aproximaciones que prescinden de los sensores 3D y 2D, como en [22], donde se utiliza el muestreo de frecuencia del acelerómetro



Figura 2.1: Vehículo sensorizado del instituto tecnológico de Georgia para la recolección de datos 3D sobre la superficie del pavimento. Fuente: [2].

de un *smartphone* posado sobre el asiento del copiloto para detectar baches.

Por otro lado, se encuentran todas las técnicas que utilizan imágenes o datos 2D para extraer características del pavimento y detectar a partir de estas los daños existentes en las carreteras. Estas se dividen en dos categorías; las basadas en visión por computador, y las basadas en *machine learning*. En referencia a las basadas en visión, estas típicamente parten de un mapa de disparidad [23] o de una imagen a la que se le aplican varios filtros para reducir el ruido y resaltar la línea de borde de los daños. Después, esta imagen se segmenta usando algún tipo de umbralización como el método de Otsu [3] para extraer aquellas zonas dañadas.

Atendiendo a las basadas en *Machine Learning* o más concretamente *Deep Learning*, las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) son ampliamente usadas para realizar tareas de áreas tales como reconocimiento de imagen, clasificación o detección de objetos, que resultan difíciles para los enfoques estadísticos tradicionales [24]. Esto es así, porque frente al comportamiento predefinido de los sistemas tradicionales, las CNN están formadas por neuronas artificiales que tienen la capacidad de aprender modificando sus pesos en una fase de entrenamiento. La arquitectura típica de una CNN (Figura 2.3), consiste en una serie de capas convolucionales con funciones de activación intermedias, capas de *pooling* que reducen el tamaño de las grandes matrices que se forman tras las convoluciones, y una última capa de neuronas totalmente conectadas que reciben un vector con los datos aplanados de la última capa de *pooling* y aportan operaciones no-lineales para producir una predicción de salida con ayuda de otra función de activación [4].

En [25], se implementa una CNN monoetapa orientada a detección de daños en calzadas basada en la red RetinaNet entrenada con varios *backbones* entre los que se encuentran VGG, ResNet, DenseNet, e

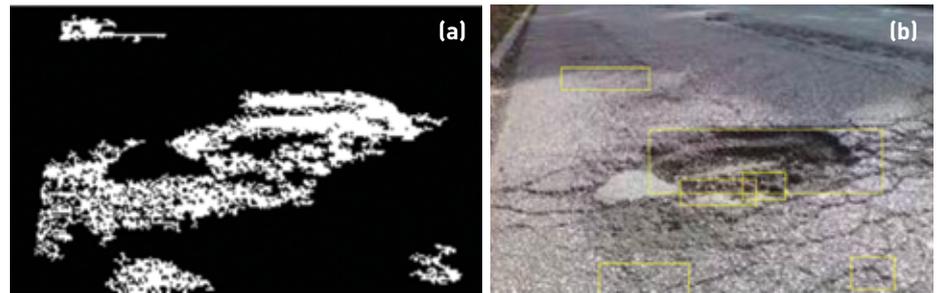


Figura 2.2: Umbralización (a) y detección de daños (b) conseguida en [3].

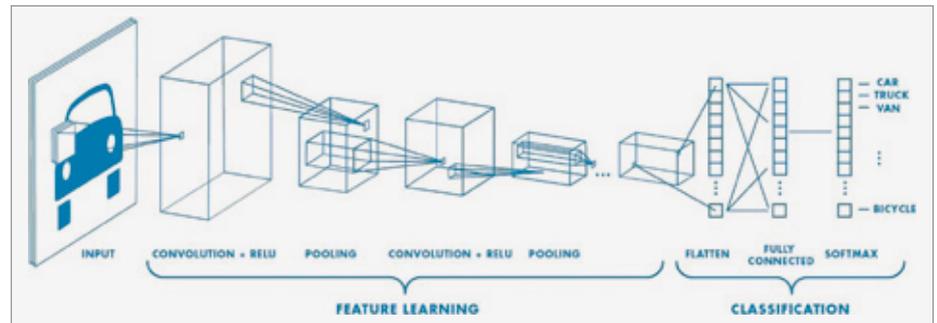


Figura 2.3: Arquitectura típica de una CNN. Fuente: [4]

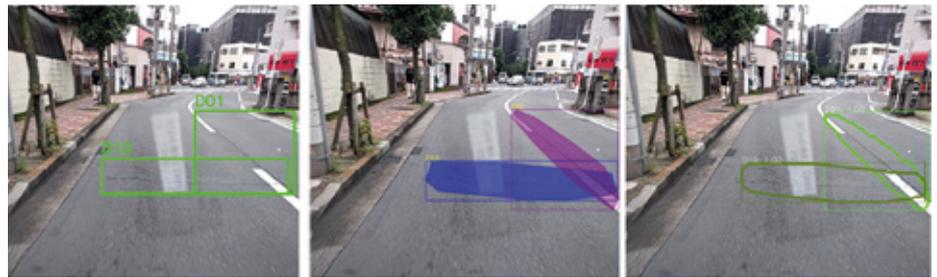


Figura 2.4: De izquierda a derecha; anotación de la imagen original, anotación con máscaras generada con Labelme, resultados de Mask R-CNN. Fuente: [5]

InceptionResNetV2, alcanzando muy buenos resultados con VGG pero con una inferencia por imagen de medio segundo. Para conseguir una velocidad de detección más rápida aunque no mucho mayor, en [26] y [27] se explora el uso de Faster R-CNN consiguiendo una puntuación F1 media en el GRDDC del 51% y 62.5% respectivamente. Para intentar mejorar los resultados obtenidos por [27], [28] utiliza Mask R-CNN pero no lo consigue, ya que obtiene una puntuación F1 del 52.8% y un tiempo de inferencia similar de 0.105 segundos por imagen en una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 1080Ti.

Estos métodos anteriores (Faster R-CNN y Mask R-CNN) son detectores en dos etapas, por lo que pueden conseguir una alta precisión a costa de ser computacional-

mente ineficientes. Para alcanzar alta precisión y eficiencia, en [6] se propone una arquitectura multi-nivel y multi-escala que extrae características en pirámide basada en M2det. Con esta arquitectura consiguen unos muy buenos resultados, pero sin alcanzar una velocidad que la haga conveniente para aplicaciones en tiempo real.

Para incrementar los *datasets* de daños en carreteras relativamente pequeños con los que se cuentan, surgen variedad de tipos de aumentado artificial de imágenes. En [7], se implementa una “Progressive Growing Generative Adversarial Network” (PG-GAN) que una vez entrenada con una base de datos de daños reales, es capaz de generar imágenes sintéticas de daños realistas que posteriormente se fusionan con imágenes de carreteras sin daños.

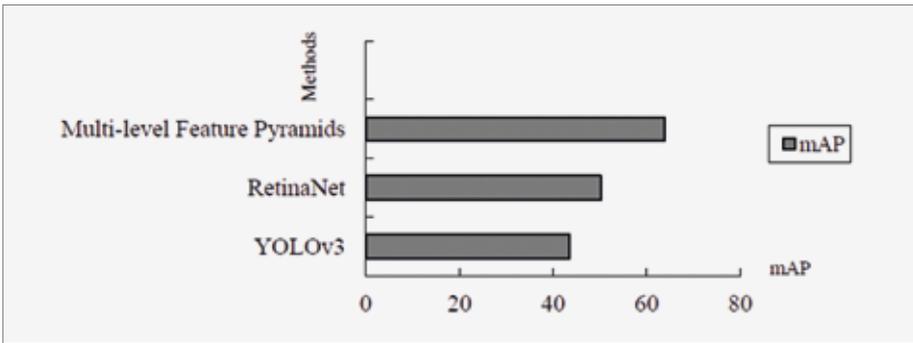


Figura 2.5: Resultados conseguidos en [6] frente a los conseguidos con RetinaNet y YOLOv3.

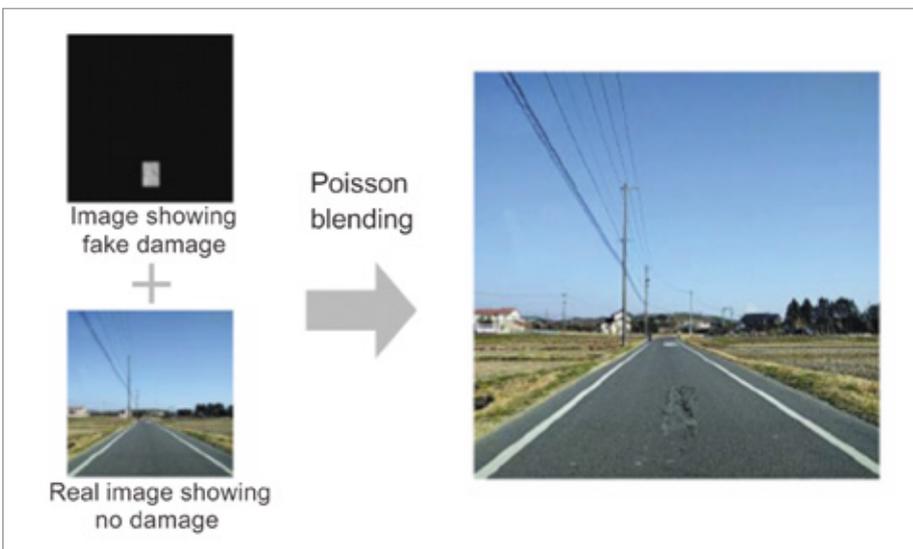


Figura 2.6: Formación artificial de daños en una imagen de carretera. Fuente: [7].

Se demuestra que este aumento artificial es positivo cuando se cuenta con un *pequeño*, pero que es inútil en grandes y variados conjuntos de datos.

Finalmente, se han explorado técnicas como el “Deep Ensemble Learning” en [29], que lo utiliza para combinar las predicciones de varios modelos de YOLOv4 y conseguir unas puntuaciones en los Test 1 y 2 del GRDDC del 62.8% y del 63.6%, respectivamente, sin mencionar nada sobre tiempos de inferencia.

### 3. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

El principal componente de motivación que me llevó a realizar este proyecto ha sido la posibilidad de aprender más de un campo del aprendizaje automático que me apasiona, el *deep learning*. Además, influye mucho la motivación que proporciona

siempre una competición, en el contexto de un reto como el *Global Road Damage Detection Challenge 2020* del IEEE en el que participan multitud de equipos alrededor de todo el mundo.

Los objetivos planteados en este trabajo son:

- Proponer un sistema de detección y clasificación de desperfectos en las carreteras económico, robusto y rápido.
- Adquirir habilidad manejando y modificando grandes conjuntos de datos.
- Profundizar en el campo del *deep learning*, aprendiendo a descubrir qué técnicas son útiles y cuáles un inconveniente para un determinado problema.
- Comparar el desempeño en términos de precisión y velocidad de detección de diferentes modelos con diversos tamaños.

- Conseguir una buena posición en el ranking de la GRDDC, lo que significaría que nuestro modelo es State Of The Art (SOTA).

- Utilizar el sistema de detección en una aplicación real y observar su comportamiento.

### 4. METODOLOGÍA

En este trabajo se ha escogido la versión más reciente de YOLO, la familia de redes de detección de objetos como la principal vía para obtener un modelo preciso y veloz en la detección que permita realizar una aplicación en tiempo real o lo más cerca posible del mismo. Como línea base se ha utilizado YOLOv4, que sirve para realizar comparaciones que nos indiquen si los modelos entrenados se están comportando bien. A partir de aquí, se han probado distintas redes y configuraciones de estas.

Se han probado distintas técnicas, como aumento de datos, cambio en las dimensiones de las imágenes, etc. Todo esto se ha integrado en un sistema de ensamblado de modelos (combinación de varios modelos en la inferencia de unos mismos datos de entrada).

### 5. DESARROLLO

En el desarrollo del presente trabajo se ha seguido un procedimiento que no es estrictamente lineal, pues durante la experimentación se ha tenido que revisar en numerosas ocasiones varios aspectos del desarrollo del trabajo para mejorar los resultados obtenidos, pero este procedimiento se puede estructurar en una serie de pasos bien diferenciados que se detallan en los siguientes subapartados.

En el diagrama de flujo de la **Figura 5.1** se puede observar a grandes rasgos el proceso de trabajo que se ha llevado a cabo. En este, en primer lugar se realiza un estudio del dataset para situar el problema, seguidamente se convierten las anotaciones que acompañan cada imagen al formato

requerido y se configura la red YOLO para el entrenamiento. Entonces comienza un procedimiento iterativo, en el que se entrena un modelo con unos parámetros iniciales, se evalúa el modelo de varias formas, y se extraen conclusiones de los errores del modelo para deducir con qué parámetros o técnicas nuevas se debería realizar el siguiente entreno con el objetivo de mejorar los resultados. Una vez obtenido el resultado esperado, se utiliza el mejor modelo

para desarrollar una aplicación real de detección de desperfectos en la carretera.

## 6. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado, se reflejarán los resultados experimentales obtenidos a lo largo del proyecto. Estará centrado en las pruebas más relevantes que se han realizado, para las que se estudiarán sus ventajas y desventajas, se extraerán conclusiones y se compararán entre ellas en base a distintas métricas. Se divide en dos secciones: el entrenamiento del modelo y la aplicación real que usa el mismo.

### 6.1. Entrenamiento del modelo

Esta sección contendrá todas las pruebas referentes al entrenamiento del modelo predictivo. En primer lugar, se indicarán las especificaciones de hardware de los servidores que se han utilizado para el entrenamiento, y después se pasarán a repasar los resultados obtenidos de los entrenamientos llevados a cabo en función de las técnicas aplicadas.

#### 6.1.1. Especificaciones del hardware utilizado

Todos los experimentos tanto de entrenamiento de modelos como de utilización de los mismos, se han realizado con la GPU

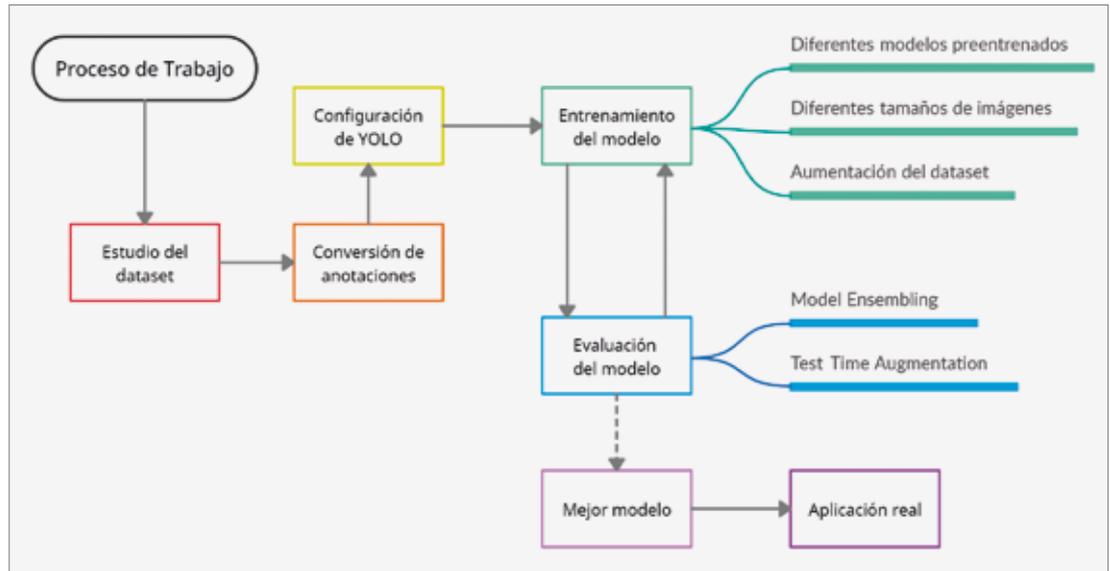


Figura 5.1: Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto.

por su demostrado mejor desempeño en tareas de *deep learning* frente al uso de la CPU [36]. A continuación, se listan las especificaciones técnicas básicas que definen los dos servidores utilizados durante el desarrollo del presente trabajo. Para cada experimento, se señalará el tipo y número de GPUs usadas, a fin de comparar la velocidad de detección que se puede alcanzar con cada combinación probada.

#### Servidor Jackson

Es el servidor con el que se comenzó a trabajar.

- **Sistema operativo.** Ubuntu 18.04.5 LTS.
- **CPU.** Intel(R) Core(TM) i9-7920X CPU @ 2.90GHz.
- **RAM.** 64GB 2.133 MHz DDR4.
- **GPUs.** 4 x NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti-11GB.

#### Servidor Lovelace NVIDIA DGX

Debido a la limitación de 11GB de memoria VRAM de las GPUs RTX 2080 Ti del servidor Jackson, se accedió a este servidor con GPUs con mayor memoria para realizar entrenamientos sin este condicionamiento.

- **Sistema operativo.** Ubuntu 18.04.5 LTS.
- **CPU.** AMD EPYC 7742 64-Core Processor @ 3.30GHz.
- **RAM.** 512GB 2.133 MHz DDR4.
- **GPUs.** 8 x NVIDIA A100-SXM4-40GB.

### 6.1.2 Experimentos

En este apartado se detallarán los entrenamientos más relevantes que se han llevado a cabo. En todos se parte del mismo dataset repartido aleatoriamente en dos conjuntos, uno de entrenamiento con el 80% de las imágenes y otro de test con el restante 20%. Los entrenamientos se compararán entre ellos a partir de las métricas de mAP y F1 que obtengan en el conjunto de test del dataset y la puntuación F1 obtenida en los dos conjuntos de test del reto GRDDC.

#### Línea base YOLOv4

El primer paso es comprobar los resultados que se obtienen con la red de YOLOv4, que al estar más asentada que YOLOv5 (aún en desarrollo) sirve como línea base para comparar con el resto de experimentos. En la [Tabla 6.1](#) se observan los parámetros de entrenamiento y los resultados

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	mAP	F1	TEST1 GRDDC	TEST2 GRDDC
YOLOv4	RTX 2080Ti	416	16	No	<b>0.469</b>	0.493	0.385	0.372
YOLOv4	RTX 2080Ti	608	16	No	0.458	<b>0.510</b>	<b>0.448</b>	<b>0.435</b>

Tabla 6.1: Principales resultados obtenidos con YOLOv4.

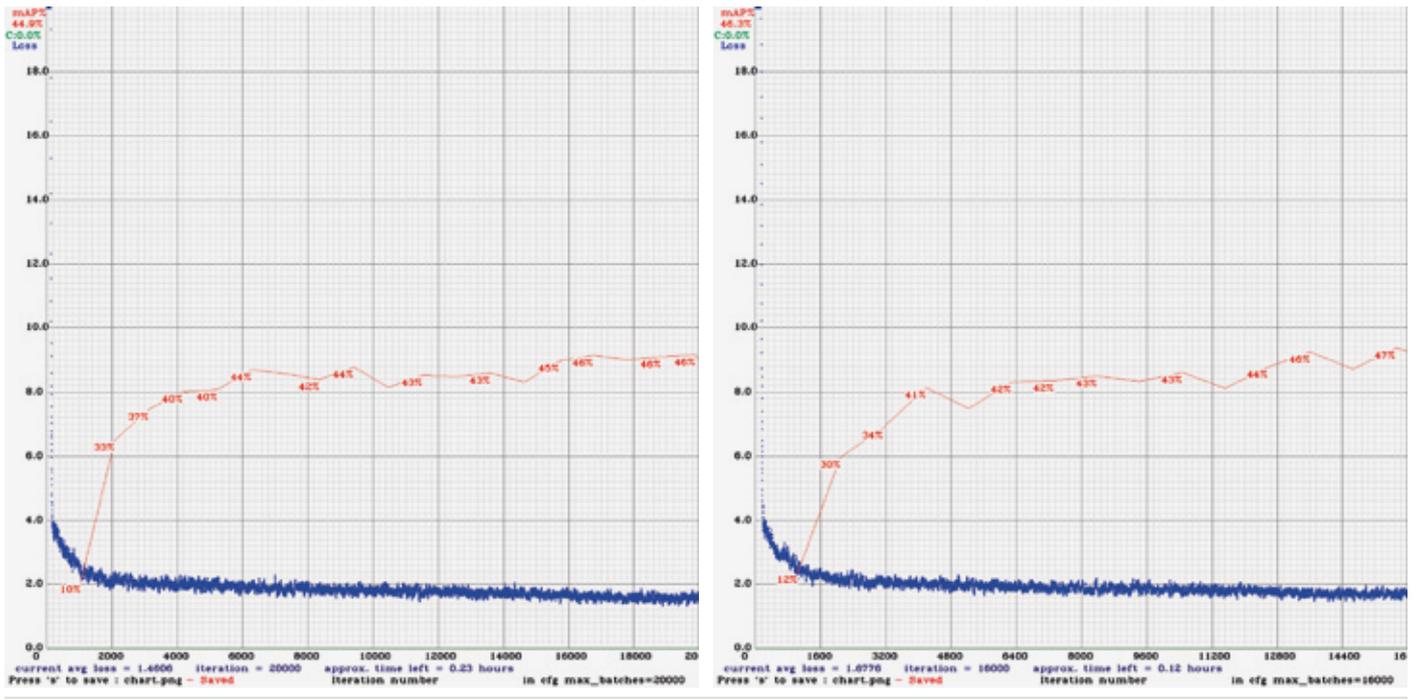


Figura 6.1: Gráficas de entrenamiento de las dos redes seleccionadas de YOLOv4. **Izquierda)** Red con imágenes de tamaño 416. **Derecha)** Red con imágenes de tamaño 608.

de las dos redes, y en la **Figura 6.1** sus gráficas de entrenamiento.

**6.1.2.1. Aumento del dataset**

A continuación, se probarán dos estrategias de aumentado para comprobar cuál de ellas arroja los mejores resultados utilizando el servidor Jackson.

**· YOLOv5 sin aumentar**

En estos experimentos se parte de la base de YOLOv5 sin ningún tipo de aumento y se entrenan los cuatro modelos de YOLOv5 durante 200 épocas. Los parámetros y resultados de estos entrenamientos se reflejan en la **Tabla 6.2**. Los resultados son

bastante mejorables, siendo el modelo con mayor número de parámetros el que alcanza la mayor puntuación media en los dos tests del reto. También es el modelo con mayor número de parámetros el que tarda más en completar el entrenamiento, con 28 horas en total para las 200 épocas.

En la **Figura 6.2**, se puede observar como en todos los entrenamientos las métricas de precisión del modelo comienzan a decaer y no se recuperan a partir de la época 30. Este comportamiento se debe al *overfitting* producido porque la red recibe repetidamente las mismas imágenes como

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	T <sub>Época</sub> (min)	mAP	F1	TEST1 GRDDC	TEST2 GRDDC
YOLOv5s	RTX 2080Ti	640	32	No	<b>2.61</b>	0.229	0.340	0.335	0.339
YOLOv5m	RTX 2080Ti	640	24	No	4.94	0.265	<b>0.369</b>	0.425	0.419
YOLOv5l	RTX 2080Ti	512	24	No	5.04	0.257	0.359	0.418	0.412
YOLOv5x	RTX 2080Ti	512	14	No	8.43	<b>0.267</b>	0.359	<b>0.428</b>	<b>0.424</b>

Tabla 6.2: Resultados obtenidos con los cuatro modelos de YOLOv5 sin aumentar.

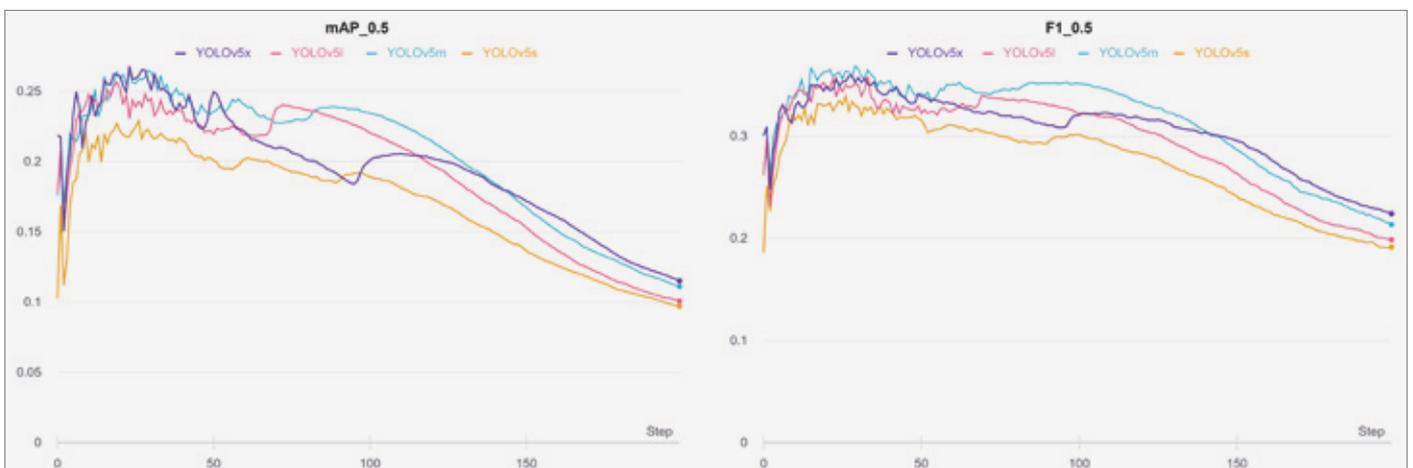


Figura 6.2: Gráficas de mAP y F1 para los modelos de YOLOv5 sin aumentar.

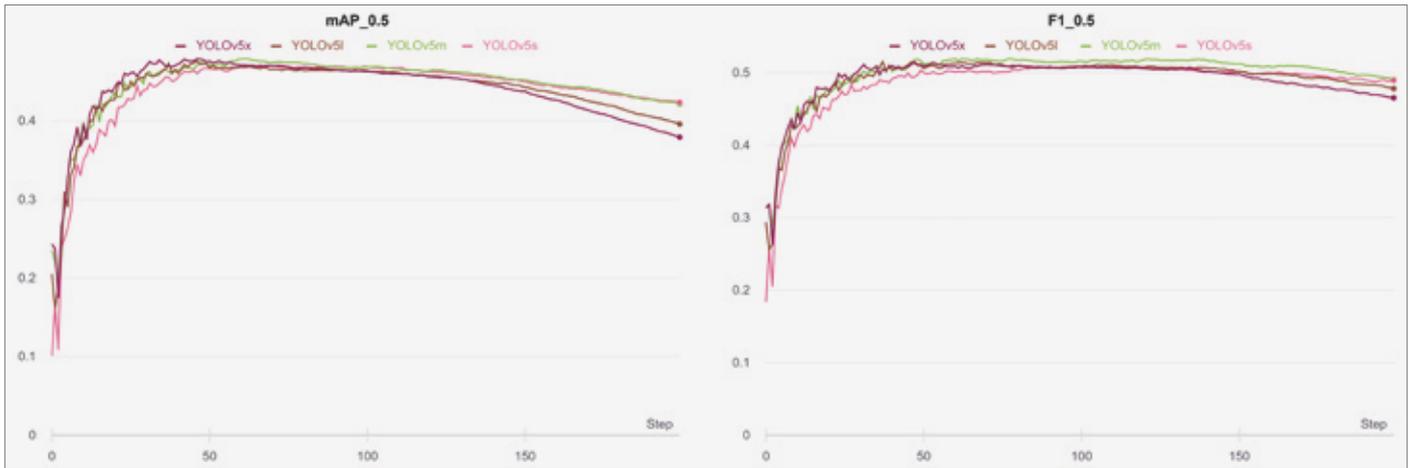


Figura 6.3: Gráficas de mAP y F1 para los modelos de YOLOv5 con el aumento A.

entrada, adaptándose a estas y dejando así de aprender de forma generalizada.

#### - Aumentado A - Mosaico

Partiendo de los mismos parámetros de entrada que en la versión sin aumentar, se practica un aumentado de tipo mosaico en el que las imágenes con las que se alimenta el entrenamiento se forman con recortes de cuatro imágenes distintas del *dataset*. Se observa una mejoría notable en el rendimiento de todos los modelos, que obtienen unas puntuaciones muy similares (Figura 6.3). En concreto, el modelo YOLOv5x experimenta un incremento de puntuación media entre los tests 1 y 2 del GRDDC de aproximadamente un 33%. Al contrario de lo esperable a priori, el tiempo de entrenamiento no crece al realizar este aumento.

En las gráficas de entrenamiento que se producen con el aumentado de mosaico (Figura 6.3), se puede contemplar una mejor permanencia en el tiempo del aprendizaje del modelo. Si se comparan ambas gráficas, se nota un mayor decaimiento del mAP en comparación con el F1. Probablemente, esta bajada en la métrica mAP se deba a su mayor sensibilidad al *recall* que la métrica F1, que tiene en cuenta a la par la precisión y el *recall*.

#### - Aumentado B - Mosaico, cambio de color, escala y volteo

En esta prueba, vista la mejora de rendimiento experimentada al utilizar el aumentado de tipo mosaico, se añaden a

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	T <sub>Época</sub> (min)	mAP	F1	TEST1 GRDDC	TEST2 GRDDC
YOLOv5s	RTX 2080Ti	640	32	A	2.5	0.470	0.508	0.569	<b>0.572</b>
YOLOv5m	RTX 2080Ti	640	24	A	4.1	<b>0.479</b>	<b>0.519</b>	0.571	0.564
YOLOv5l	RTX 2080Ti	512	24	A	5.05	0.476	0.515	0.575	0.563
YOLOv5x	RTX 2080Ti	512	14	A	8.33	<b>0.479</b>	0.515	<b>0.576</b>	0.565

Tabla 6.3: Resultados obtenidos con los cuatro modelos de YOLOv5 con el aumento de mosaico A.

este los aumentos por cambio de color, escala y volteo definidos en el apartado anterior de desarrollo. Con este cambio,

todas las métricas de calidad son superiores a las del modelo entrenado únicamente con el aumento de tipo mosaico. El modelo

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	T <sub>Época</sub> (min)	mAP	F1	TEST1 GRDDC	TEST2 GRDDC
YOLOv5s	RTX 2080Ti	640	32	B	<b>2.96</b>	0.509	0.539	0.588	0.581
YOLOv5m	RTX 2080Ti	640	24	B	5.17	0.527	0.555	<b>0.616</b>	0.601
YOLOv5l	RTX 2080Ti	512	24	B	4.4	0.540	<b>0.561</b>	0.612	0.599
YOLOv5x	RTX 2080Ti	512	14	B	8.4	<b>0.542</b>	0.555	0.613	<b>0.609</b>

Tabla 6.4: Resultados obtenidos con los cuatro modelos de YOLOv5 con el aumento B.



Figura 6.4: Gráfica de temperatura de las GPUs en °C para los entrenamientos de YOLOv5m y YOLOv5l.

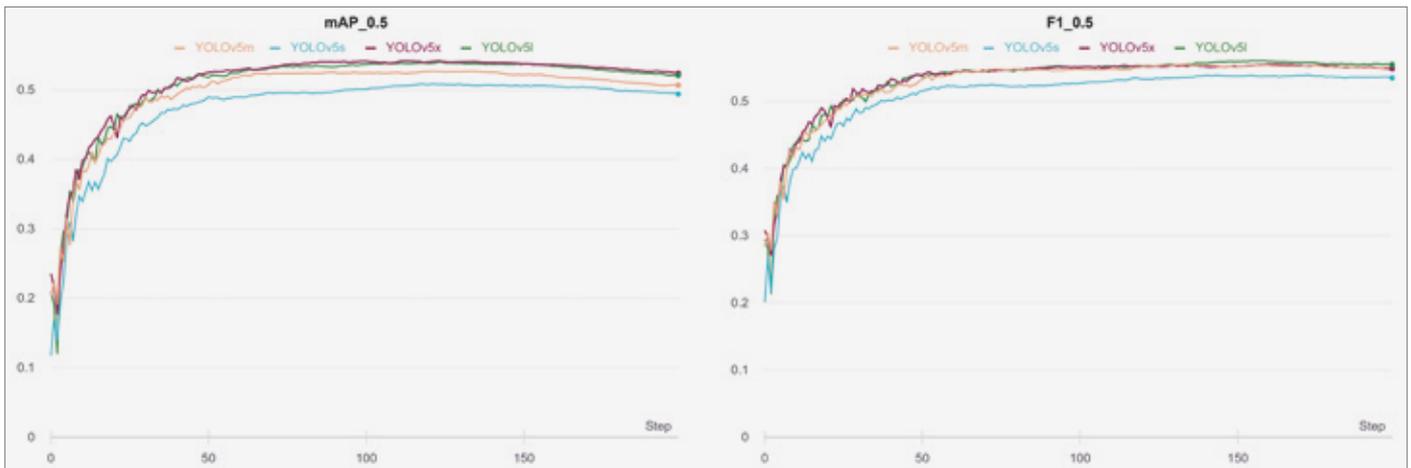


Figura 6.5: Gráficas de mAP y F1 para los modelos de YOLOv5 con el aumento B.

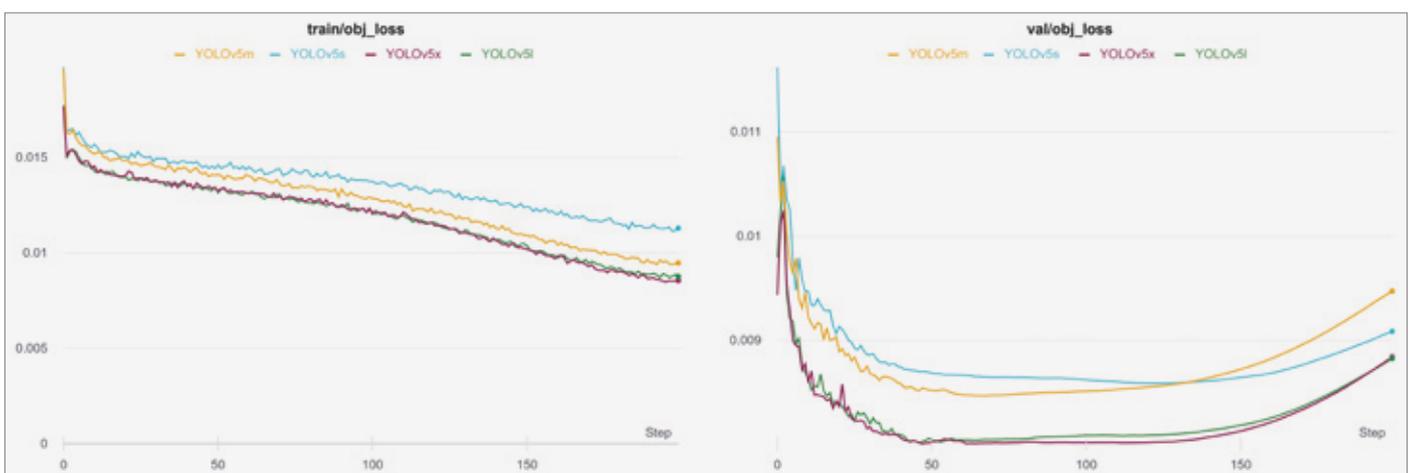


Figura 6.6: Gráficas de la función de pérdida de objetos para el conjunto de entrenamiento (izquierda) y el conjunto de validación (derecha).

con el mayor desempeño de media en los tests del GRDDC es de nuevo el que cuenta con un mayor número de parámetros, YOLOv5x, con un incremento del 7% respecto al aumentado A.

Un aspecto que llama la atención sobre los resultados obtenidos, es que el entrenamiento de un modelo con menor número de parámetros (YOLOv5m) dure más que aquel modelo con mayor número de parámetros (YOLOv5l). Esta diferencia en principio carente de sentido, se puede explicar atendiendo a la temperatura de la GPU utilizada para cada entrenamiento (Figura 6.4). Una temperatura alta en una GPU puede afectar a su rendimiento, y esta temperatura puede aumentar por factores externos al entrenamiento.

En las gráficas correspondientes (Figura 6.5), se observa como todos los modelos

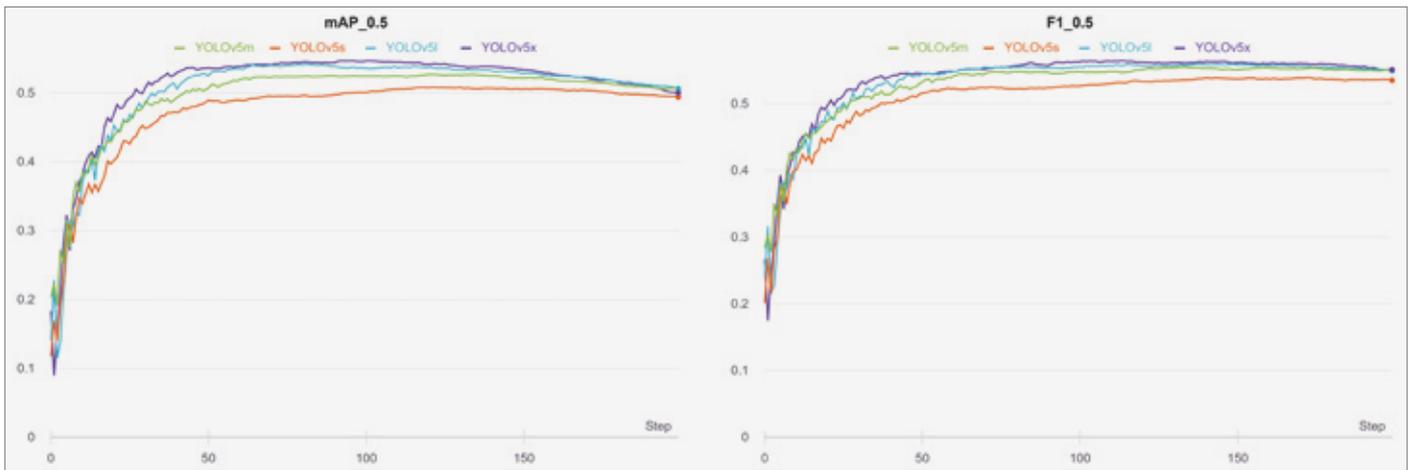
continúan aprendiendo durante gran parte del entrenamiento sin dar lugar al *overfitting* en etapas tempranas. Se atisba un salto de calidad entre los dos modelos con mayor número de parámetros frente a los dos de menor tamaño en la gráfica del mAP.

Pero a partir de la etapa 140, las funciones de pérdida en el conjunto de validación comienzan a aumentar. En la Figura 6.6 se muestran las gráficas que produce la función de pérdida de objeto de los cuatro modelos para los conjuntos de entrenamiento y validación. Se observa como el error de detección de objetos en el conjunto de entrenamiento no aumenta, en cambio, en el conjunto de test este error aumenta constantemente a partir de la etapa 140. Esto se debe al ya mencionado *overfitting*, que impide que la red continúe aprendiendo de forma generalizada, por lo que el entrenamiento se detiene.

#### 6.1.2.2. Incremento del *batch* y el tamaño de imagen

En estos experimentos se utiliza el servidor Lovelace ya que cuenta con GPUs NVIDIA A100 con 40GB de memoria que posibilitan realizar entrenamientos con los modelos más pesados de YOLOv5 haciendo uso de imágenes más grandes y de un mayor *batch* (el número de muestras que se utilizan a la vez en una iteración para entrenar) para hacer que el modelo converja más rápido y mejor.

En la Tabla 6.5, se reflejan los resultados obtenidos en los entrenamientos, en los que se han utilizado imágenes de 640x640 píxeles para alimentar la red en *batches* más grandes, tanto como sea posible dentro de las capacidades de memoria de la GPU para cada red. Estos resultados, son generalmente mejores que aquellos producidos con un *batch* notablemente menor


 Figura 6.7: Gráficas de mAP y F1 para los modelos de YOLOv5 con el aumento B en GPUs A100, con mayor tamaño de imagen y *batch*.

y un tamaño de imagen mayor en la [Tabla 6.4](#) manteniendo el resto de parámetros de las redes sin modificar. En concreto, el modelo YOLOv5x pasa de una puntuación F1 de 0.555 a 0.565, un aumento de casi un 2%.

En las gráficas de entrenamiento ([Figura 6.7](#)), se puede notar de nuevo cómo aquellos modelos con un mayor número de parámetros obtienen mejores puntuaciones en las métricas mAP y F1. Además, el presupuesto de que con un *batch* mayor se obtiene una generalización más rápida se cumple en este caso, alcanzando el punto de máximo aprendizaje 20 épocas de media antes que con el *batch* reducido.

### 6.1.2.3. Test Time Augmentation

Con objeto de comprobar el impacto en términos de incremento en la calidad de las métricas y de tiempo de detección que aporta el TTA, se escoge el modelo YOLOv5x entrenado en el apartado anterior por ser el que tiene un tiempo de inferencia más lento y obtener las mejores puntuaciones en las métricas.

En la [Tabla 6.6](#) se observan las pruebas que se han realizado con la GPU RTX 2080Ti, en primer lugar se comprueba el mAP y el tiempo de inferencia del modelo de YOLOv5x sin aplicar TTA, después se hace lo propio aplicando TTA y variando el *batch* de inferencia (el número de imágenes que predice el modelo en una misma iteración). La mejoría en el mAP

del modelo al aplicar TTA es clara, ya que crece un notable 2.5%, pero la detección también resulta mucho más lenta, tardando casi el triple de tiempo en detectar los objetos en una imagen. Pero al aumentar el *batch* de inferencia, se observa como la mejoría en el desempeño del modelo se mantiene (realmente va decayendo pero sin bajar más de un 0.1%) mientras la velocidad de detección aumenta considerablemente superando los 30 FPS necesarios para conseguir una aplicación ejecutable en tiempo real.

En la [Tabla 6.7](#), se plasman los resultados obtenidos al realizar el mismo experimento en una GPU A100-SXM4. El resultado es el mismo, aunque la velocidad de detección aumenta en todos los casos en torno a un 10%.

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	T <sub>Época</sub> (min)	mAP	F1	TEST1 GRDDC	TEST2 GRDDC
YOLOv5s	A100-SXM4	640	80	B	<b>1.8</b>	0.513	0.543	0.602	0.596
YOLOv5m	A100-SXM4	640	72	B	2.47	0.531	0.553	0.620	0.598
YOLOv5l	A100-SXM4	640	64	B	3.03	0.542	0.560	0.619	0.596
YOLOv5x	A100-SXM4	640	50	B	4.84	<b>0.547</b>	<b>0.565</b>	<b>0.626</b>	<b>0.601</b>

 Tabla 6.5: Resultados obtenidos con los cuatro modelos de YOLOv5 con el aumento B en GPUs A100, con mayor tamaño de imagen y *batch*.

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	TTA	mAP	T <sub>Imagen</sub> (ms)	FPS
YOLOv5x	RTX 2080Ti	640	1	B	NO	0.547	<b>17.2</b>	<b>58</b>
YOLOv5x	RTX 2080Ti	640	1	B	SÍ	<b>0.561</b>	47.0	21.3
YOLOv5x	RTX 2080Ti	640	4	B	SÍ	<b>0.561</b>	30.3	33
YOLOv5x	RTX 2080Ti	640	8	B	SÍ	<b>0.561</b>	27.9	35.8

Tabla 6.6: Resultados de mAP y FPS obtenidos utilizando una GPU RTX 2080Ti aplicando TTA.

MODELO	GPU	TAMAÑO	BATCH	AUMENTADO	TTA	mAP	T <sub>Imagen</sub> (ms)	FPS
YOLOv5x	A100-SXM4	640	1	B	NO	0.547	<b>15.4</b>	<b>64.9</b>
YOLOv5x	A100-SXM4	640	1	B	SÍ	<b>0.561</b>	42.7	23.4
YOLOv5x	A100-SXM4	640	4	B	SÍ	<b>0.561</b>	26.6	37.6
YOLOv5x	A100-SXM4	640	8	B	SÍ	<b>0.561</b>	24.8	40.3

Tabla 6.7: Resultados de mAP y FPS obtenidos utilizando una GPU A100-SXM4 aplicando TTA.



ENSEMBLE	TIPO	GPU	TAMAÑO	BATCH	TTA	mAP	T <sub>imagen</sub> (ms)	FPS	TEST1 <sub>GRDDC</sub>	TEST2 <sub>GRDDC</sub>
NO	-	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	0.561	<b>30.3</b>	<b>33</b>	0.664	0.653
3 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	1	SÍ	0.563	245	4.08	0.665	0.655
3 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	1	SÍ	<b>0.572</b>	247	4.05	<b>0.676</b>	<b>0.668</b>
3 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	0.563	100.9	9.91	0.665	0.655
3 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	<b>0.572</b>	100.2	9.98	<b>0.676</b>	<b>0.668</b>
3 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	8	SÍ	0.563	87.9	11.38	0.665	0.655
3 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	8	SÍ	<b>0.572</b>	88.4	11.31	<b>0.676</b>	<b>0.668</b>
3 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	16	SÍ	0.563	82.7	12.09	0.665	0.655
3 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	16	SÍ	<b>0.572</b>	82.1	12.18	<b>0.676</b>	<b>0.668</b>

Tabla 6.8: Resultados de velocidad y precisión para el ensamblado de los mejores 3 modelos.

ENSEMBLE	TIPO	GPU	TAMAÑO	BATCH	TTA	mAP	T <sub>imagen</sub> (ms)	FPS	TEST1 <sub>GRDDC</sub>	TEST2 <sub>GRDDC</sub>
NO	-	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	0.561	<b>30.3</b>	<b>33</b>	0.664	0.653
5 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	1	SÍ	0.565	344.2	2.91	0.665	0.658
5 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	1	SÍ	0.576	332	3.01	<b>0.677</b>	<b>0.670</b>
5 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	0.565	143	6.99	0.666	0.658
5 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	4	SÍ	0.576	145.1	6.89	<b>0.677</b>	<b>0.670</b>
5 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	8	SÍ	0.565	122	8.20	0.666	0.658
5 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	8	SÍ	0.576	121.1	8.26	<b>0.677</b>	<b>0.670</b>
5 Modelos	Media	RTX 2080Ti	640	16	SÍ	0.565	107	9.35	0.666	0.658
5 Modelos	Máximo	RTX 2080Ti	640	16	SÍ	0.576	108.5	9.22	<b>0.677</b>	<b>0.670</b>

Tabla 6.9: Resultados de velocidad y precisión para el ensamblado de los mejores 5 modelos.

#### 6.1.2.4. Model Ensembling

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos al aplicar la técnica de ensamblado de modelos. Se realizan dos ensamblados, con 3 y 5 modelos cada uno, formados por aquellos modelos que han alcanzado mejores puntuaciones en las métricas, y utilizando TTA. Se experimenta con ensamblados mayores pero el aumento de precisión es muy pequeño en comparación con el aumento de tiempo de inferencia, por lo que se descarta. Además, se prueban las dos técnicas de ensamblado definidas en el desarrollo, la media y el máximo. Como comparación, se utiliza el modelo de YOLOv5x con TTA del apartado anterior sin ensamblado.

En la [Tabla 6.8](#), se encuentran los resultados para el ensamblado de 3 modelos. La

primera conclusión que se extrae es que el ensamblado que toma la predicción con confianza máxima entre todos los modelos funciona mejor que el que los promedia. El ensamblaje de 3 modelos por máximo, obtiene una puntuación un 2% mayor que el mejor modelo sin ensamblaje en mAP. Por contra, la velocidad de inferencia del ensamblaje es mucho menor, de 10 FPS frente a los 33 FPS del modelo sin ensamblaje para un *batch* de inferencia igual a 4. Al aumentar este *batch* la velocidad aumenta sin que el desempeño empeore, pero este aumento de velocidad es cada vez menor, obteniendo una tasa de 12 FPS con un *batch* de 16.

Con el ensamblado de 5 modelos ([Tabla 6.9](#)), se logra mejorar el desempeño tanto en mAP como en los dos tests del reto

GRDDC en un 0.15% de media. Al mismo tiempo que el desempeño mejora, la velocidad de inferencia empeora, con unos 9 FPS con un *batch* de 16. Además, se confirma que el ensamblado por máximo es más efectivo que el ensamblado por promedio en este caso.

#### 6.1.2.5. Clasificación en el ranking de la GRDDC

Los resultados obtenidos con el ensamblado de los 5 mejores modelos del apartado anterior, han resultado ser los que obtienen mejor puntuación F1 en los dos tests del GRDDC 2020. En el Test 1 ([Figura 6.8](#)) conseguimos quedar en 4º lugar, con una puntuación de 0.677, y en el Test 2 ([Figura 6.9](#)) conseguimos colocarnos en 3er puesto, con una puntuación de 0.670. Estos resultados son tremendamente satisfac-

torios si los ponemos en contexto, ya que nuestro modelo compite con los modelos de algunos grupos con mucha experiencia en este campo, entre los que destacan:

- **Mì zhì xiǎo AI.** Obtiene la primera posición en ambos tests. Se trata de un grupo de inteligencia artificial de la Universidad de GuanXi, en China.
- **SenseTime.** Considerada por Forbes como la compañía de inteligencia artificial más valiosa del mundo a mediados del pasado año [37], establecida en China.
- **IMSC.** El Integrated Media Systems Center de la Universidad de Southern California, en EEUU.
- **Kattolab.** Un departamento de ciencias de la computación perteneciente a la prestigiosa Universidad de Waseda, en Japón
- **CNU-CVLAB.** Un departamento de visión por computador que forma parte de la Universidad Capital Normal, situada en Pekín (China).

## 6.2. Aplicación

A fin de probar el funcionamiento de la aplicación desarrollada, en este apartado se aportarán los vídeos generados por la aplicación para una serie de rutas. Además, estas rutas servirán para comprobar el desempeño del modelo bajo distintas condiciones tales como la velocidad del vehículo que capta las imágenes, el tipo de carretera por el que circula, las condiciones lumínicas en el momento de la grabación, o la densidad de daños que tiene el asfalto.

Introducir métricas para juzgar el nivel de rendimiento del sistema sería tramposo pues apreciar la existencia o no de un desperfecto en la carretera y su tipo es un ejercicio subjetivo, y la apreciación se podría modificar para que coincida con la del modelo predictivo. Es por esto que para cada ruta se proporcionará el vídeo en cru-

Rank	Team name	Score	Upload date
1	秘制小AI	0.732281931730684	2021-05-27 11:55:27 UTC
2	SenseTime	0.721115489416724	2020-12-23 10:08:11 UTC
3	E-LAB	0.690100513470527	2021-04-19 07:22:29 UTC
4	SerenaUA (Ours)	0.677168827737801	2021-07-07 04:01:36 UTC
5	IMSC	0.676180739704447	2020-10-24 10:04:21 UTC
6	GXU507	0.675004908481579	2021-06-08 10:54:11 UTC
7	THE1DOG	0.674996497360093	2021-06-10 15:33:34 UTC
8	光照	0.674980951013792	2021-06-22 05:29:32 UTC
9	芜湖, 起飞	0.674949747454426	2021-06-18 14:02:48 UTC
10	sakuchan	0.674945992721765	2021-06-21 00:54:45 UTC

Figura 6.8: Top 10 mejores equipos clasificados en el ranking del Test 1 del GRDDC.

Rank	Team name	Score	Upload date
1	秘制小AI	0.718447751536635	2021-05-27 12:39:32 UTC
2	SenseTime	0.702805783221405	2020-12-23 09:48:46 UTC
3	SerenaUA (Ours)	0.670478469312413	2021-07-06 17:57:23 UTC
4	test	0.666253553218343	2021-05-23 11:17:32 UTC
5	Kattolab	0.666230292231565	2020-12-02 03:12:41 UTC
6	Alone	0.666223104840928	2021-06-20 08:05:10 UTC
7	OverLord	0.666223104840928	2021-06-19 16:23:42 UTC
8	guanbaoguanbao	0.666223104840928	2021-06-01 11:16:25 UTC
9	小辣椒	0.666104292209991	2021-06-13 15:08:44 UTC
10	一票莎子	0.666021690426726	2021-06-12 08:33:34 UTC

Figura 6.9: Top 10 mejores equipos clasificados en el ranking del Test 2 del GRDDC.

do producido por la aplicación, y se destacarán aquellos fallos más relevantes en los que el modelo no funciona como se espera.

Para todos los recorridos se ha utilizado el mismo modelo YOLOv5x con el aumentado B y con la aplicación de la técnica de TTA. Se descarta el uso de ensamblados ya que aunque mejoran el desempeño del modelo, harían muy complicada la detección en tiempo real a 30 FPS sin disponer de servi-

dores muy costosos, algo que va en contra del sistema asequible que se propone.

### 6.2.1. Ruta 1 - Recorrido en un entorno rural cerca de Orihuela

En este recorrido de 1 km de longitud por una carretera rural cerca de Orihuela, el modelo se comporta generalmente bien, detectando correctamente la mayoría de las grietas longitudinales y de cocodrilo (Figura 6.10) que se encuentran en el vídeo.



Figura 6.10: Detección de una grieta de cocodrilo con una confianza del 78% en la ruta 1.



Figura 6.11: FN de un bache (recuadro rojo) en la ruta 1.

El mayor fallo que se observa en este recorrido es el FN de lo que a priori debería ser considerado un bache (Figura 6.11). Este fallo puede ocurrir porque no existe ningún bache con unas características parecidas a este en el conjunto de entrenamiento.

### 6.2.2. Ruta 2 - Recorrido alrededor de la Universidad de Alicante

El segundo recorrido consta de una vuelta completa a la carretera que rodea la Universidad de Alicante (UA). En la Figura 6.12, se muestran algunos de los baches que el sistema detecta a lo largo del recorrido.

La detección de grietas en la ruta se hace de forma recurrente y con bastante acierto, detectándose tramos de la carretera con una grieta longitudinal central que se extiende sobre ellos.

El recorrido alrededor de la UA es bastante largo, por lo que se puede utilizar para encontrar los fallos de detección que más se repiten al utilizar este sistema. Se destacan dos por ser los que se repiten con más frecuencia:

- **Falsos positivos de daños fuera de la carretera.** Se dan cuando el modelo detecta como defecto en la carretera algún objeto fuera de esta. En la Figura 6.14 se observa un ejemplo en el que se detecta una rama como una grieta. Estos errores se podrían solucionar segmentando la carretera como en [38]



Figura 6.12: Dos baches detectados en la ruta 2.



Figura 6.13: Detección de una grieta longitudinal y una grieta de cocodrilo en la ruta 2.

para detectar fallos sólo en esta, pero se descarta esta técnica por la reducción de velocidad de detección que supone.

• **Falsos positivos de alcantarillas como baches.** Las alcantarillas tienen unas características muy similares a las de los baches, llegando en ocasiones a hundirse y formar un pequeño bache. Por esto, es relativamente sencillo que en imágenes con una calidad baja nuestro modelo falle detectándolas como baches. Normalmente, estos falsos positivos se dan con un porcentaje de confianza no muy alto. Por ejemplo, en la **Figura 6.15** se detecta una alcantarilla como bache con una confianza del 31% y en la **Figura 6.16** se repite lo mismo con una confianza del 34%. Este mal comportamiento se podía mitigar aumentando el umbral de confianza a partir del cual aceptamos una detección como cierta, incrementando así la precisión del modelo. Pero haciendo esto también se decreta el recall del mismo, ya que verdaderos positivos (TP) como el bache detectado en la esquina inferior derecha de la **Figura 6.16** con una confianza del 32% se perderían.

### 6.2.3. Ruta 3 - Recorrido por las calles de Elda y Petrer

En la tercera y última ruta, esta vez por las calles de Elda y Petrer, se observa una densidad de daños mucho mayor que en las dos rutas anteriores. En las **Figuras 6.17** y **6.18**, se muestra un ejemplo de detección de daños de todo tipo; un bache, una grieta longitudinal y tres grietas de cocodrilo. Podemos ver que el modelo tiene un buen comportamiento cuando se enfrenta a imágenes con muchos daños, detectando la mayoría de estos.

Pero en esta ruta también se observan en alguna ocasión los errores vistos en las anteriores dos rutas. En la **Figura 6.19**, se ve cómo el modelo detecta un bache que realmente es una alcantarilla con un 39% de confianza, un valor de confianza que comienza a ser alto ya que en el entrenamiento una predicción se considera válida si supera el umbral del 20%.

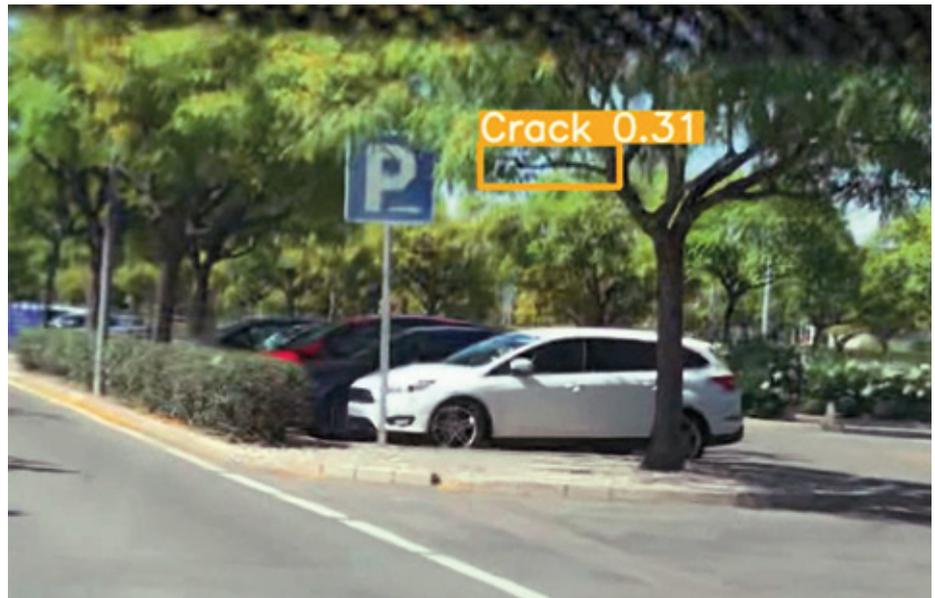


Figura 6.14: FP de una grieta que se confunde con la rama de un árbol en la ruta 1.



Figura 6.15: FP de una alcantarilla que se confunde con un bache en la ruta 2.



Figura 6.16: FP de una alcantarilla que se confunde con un bache y TP de un bache en la ruta 2.



Figura 6.17: Detección de una grieta longitudinal y dos grietas de cocodrilo en la ruta 3.

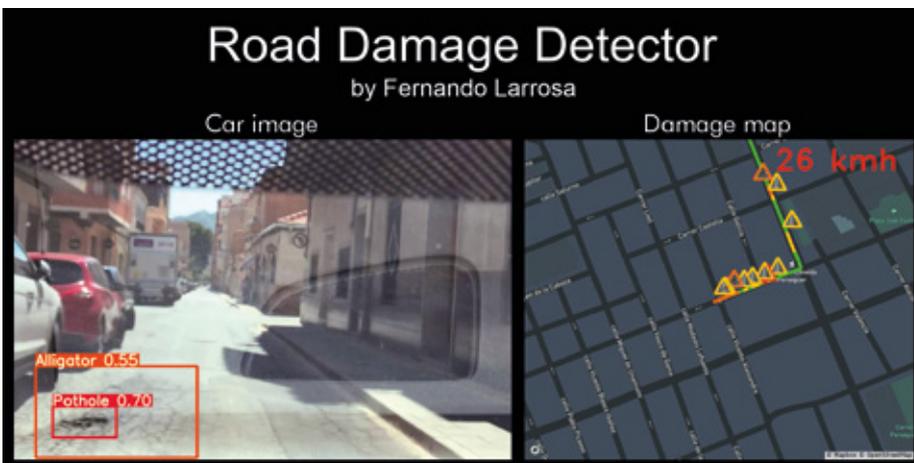


Figura 6.18: Detección de un bache y una grieta de cocodrilo en la ruta 3.

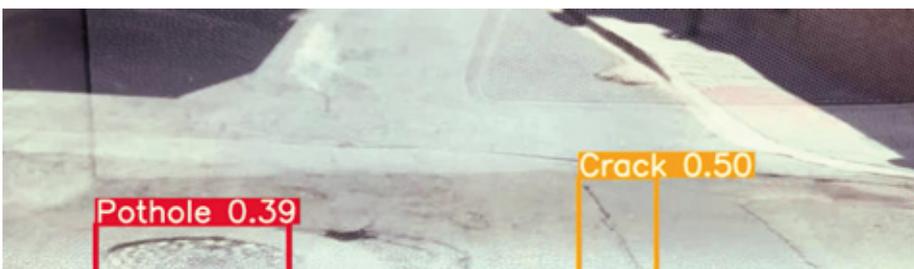


Figura 6.19: FP de una alcantarilla que se confunde con un bache y TP de una grieta longitudinal en la ruta 3.

## 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para concluir este TFG, se pasan a listar los objetivos que se han conseguido, y seguidamente se abordarán los trabajos futuros que se proponen. En general, las expectativas creadas al principio del proyecto han sido cumplidas con creces.

Se ha propuesto un sistema económico capaz de detectar los daños sobre la superficie

de las carreteras en tiempo real y con una robustez prometedora aunque mejorable.

Los datos de un gran *dataset* de *big data* se han manejado y modificado con soltura. Se han adquirido unas competencias en el ámbito del *deep learning* que permiten afrontar cualquier reto con unos conocimientos previos.

Multitud de técnicas se han aplicado que han permitido mejorar notablemente los

resultados obtenidos con YOLOv5 en el GRDDC, entre las que se incluyen *Image Augmentation*, *Test Time Augmentation* y *Model Ensembling*.

Todos las arquitecturas de la red YOLOv5 se han utilizado y comparado entre sí en términos de precisión y velocidad.

Se ha conseguido un sistema SOTA en la detección de daños en la carretera, avalado por las posiciones en las que se sitúa en nuestro sistema en el ranking de los Test 1 y 2 de la GRDDC, 4º y 3º respectivamente.

Se ha diseñado una aplicación para detección y mapeado de los daños en las carreteras en tiempo real

Se ha diseñado una aplicación para detección y mapeado de los daños en las carreteras en tiempo real que utiliza el modelo propuesto.

Con la finalidad de mejorar el sistema propuesto en este TFG, se proponen algunas vías de futuros trabajos:

Explorar los beneficios de un sistema de pre-procesamiento mediante segmentación que aplicado sobre las imágenes a detectar, envíe al modelo únicamente aquellos píxeles de la imagen que formen parte de la carretera. De esta forma se reduciría en gran medida la detección errónea de daños fuera de la carretera.

Incluir en el *dataset* una clase dedicada a las alcantarillas. De esta forma, durante el entrenamiento, el modelo podría aprender mejor las diferencias que existen entre un bache y una alcantarilla.

Ampliar el *dataset* en gran medida con nuevas imágenes, definiendo con detalle cada clase del mismo para conseguir

unas anotaciones precisas. Asimismo, unas imágenes con mayor tamaño permitirían al modelo extraer características de mayor calidad y detectar daños más pequeños.

Desarrollar una aplicación móvil que pueda capturar imágenes de vídeo y datos de localización GPS, y transmitir en tiempo real estos datos mediante redes inalámbricas a un servidor que los pueda

procesar y almacenar la información de daños detectados y sus coordenadas en una base de datos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. E. de la Carretera, "Examen a las infraestructuras viarias," 2018.
- [2] M. Jahanshahi, F. Jazizadeh, S. Masri, and B. Becerik-Gerber, "Unsupervised approach for autonomous pavement-defect detection and quantification using an inexpensive depth sensor," 2012.
- [3] E. Buza, A. Akagic, S. Omanovic, and H. Hasic, "Unsupervised method for detection of high severity distresses on asphalt pavements," in *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics*, pp. 45–50, 2017.
- [4] R. Prabhu, "Understanding of convolutional neural network (cnn) — deep learning," 2018.
- [5] Q. Chen, X. Gan, W. Huang, J. Feng, and H. Shim, "Road damage detection and classification using mask r-cnn with densenet backbone," *Computers, Materials & Continua*, vol. 65, no. 3, pp. 2201–2215, 2020.
- [6] W. H. J. Yin, J. Qu and Q. Chen, "Road damage detection and classification based on multi-level feature pyramids," 2021.
- [7] H. Maeda, T. Kashiyama, Y. Sekimoto, T. Seto, and H. Omata, "Generative adversarial network for road damage detection," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 36, 06 2020.
- [8] R. Xu, H. Lin, K. Lu, L. Cao, and Y. Liu, "A forest fire detection system based on ensemble learning," *Forests*, vol. 12, p. 217, 02 2021.
- [9] M. Tan, R. Pang, and Q. V. Le, "Efficientdet: Scalable and efficient object detection," 2020.
- [10] StradigiAI, "Image and video understanding: A roadmap for implementation," 2018.
- [11] F. Roadware, "Automated pavement and road condition surveys," 2021.
- [12] S.-C. Radopoulou and I. Brilakis, "Detection of multiple road defects for pavement condition assessment," 07 2015.
- [13] T. F. H. Administration, "Practical guide on quality management procedures for network-level pavement condition data," 2013.
- [14] E. Zalama, J. Gómez-García-Bermejo, R. Medina, and J. Llamas, "Road crack detection using visual features extracted by gabor filters," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 29, pp. 342–358, 05 2014.
- [15] P. de las Naciones Unidas para el Desarrollo, "Informe sobre desarrollo humano," 2020.
- [16] W. E. Forum, "The global competitiveness report," 2019.
- [17] S. M. Pirayonesi, "The application of data analytics to asset management: Deterioration and climate change adaptation in ontario roads," 2019.
- [18] NCHRP, "Models for estimating the effects of pavement condition on vehicle operating costs," 2016.
- [19] IEEE, "Global road damage detection challenge 2020," 2020.
- [20] C. Koch, K. Doycheva, V. Kasi, B. Akinci, and P. Fieguth, "A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 29, 02 2015.
- [21] A. C. Yi-Chang Tsai, "Pothole detection and classification using 3d technology and watershed method," 2018.
- [22] C. Wu, Z. Wang, S. Hu, J. Lepine, X. Na, D. Ainalis, and M. Stettler, "An automated machine-learning approach for road pothole detection using smartphone sensor data," *Sensors*, vol. 20, no. 19, 2020.
- [23] M. L. Rui Fan, "Road damage detection based on unsupervised disparity map segmentation," 2019.
- [24] H. Adeli, "Neural networks in civil engineering: 1989–2000," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 126–142, 2001.
- [25] L. Ale, N. Zhang, and L. Li, "Road damage detection using retinanet," in *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 5197–5200, 2018.
- [26] V. Pham, C. Pham, and T. Dang, "Road damage detection and classification with detectron2 and faster r-cnn," 2020.
- [27] W. Wang, B. Wu, S. Yang, and Z. Wang, "Road damage detection and classification with faster r-cnn," in *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 5220–5223, 2018.
- [28] J. Singh and S. Shekhar, "Road damage detection and classification in smartphone captured images using mask r-cnn," 2018.
- [29] K. Doshi and Y. Yilmaz, "Road damage detection using deep ensemble learning," 2020.
- [30] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," 2016.
- [31] S. Liu, L. Qi, H. Qin, J. Shi, and J. Jia, "Path aggregation network for instance segmentation," 2018.
- [32] D. Arya, H. Maeda, S. K. Ghosh, D. Toshniwal, A. Mraz, T. Kashiyama, and Y. Sekimoto, "Transfer learning-based road damage detection for multiple countries," 2020.



# U.A.V. UNMANNED AERIAL VEHICLE

---

**Miguel Ángel Burgos Navas**  
*CEO Wolf Avionic, S.L.*



## INTRODUCCIÓN

Cuando la mayoría de las personas escucha la palabra “drones”, piensan en aviones militares caros o pequeños juguetes de consumo. Sin embargo, el futuro de los drones en realidad está formado por aplicaciones comerciales prácticas debido a su capacidad para impulsar la eficiencia y el análisis de datos. El uso de drones en las operaciones comerciales se ha ampliado en diferentes industrias en los últimos años debido a su capacidad de impulsar la eficiencia y el análisis de datos.

En pocas palabras, un dron es una aeronave sin un piloto humano a bordo que lo dirija, ganando su nombre alternativo como **vehículos aéreos no tripulados (U.A.V.)**. Los drones son robots, controlados remotamente por un piloto, aunque actualmente los drones totalmente autónomos también se están extendiendo a nivel mundial, después de una larga etapa de desarrollo. Los drones fueron originalmente creados como alternativas más seguras y baratas a los aviones militares tripulados. Hoy en día todavía se usan con fines militares, pero ahora también son juguetes de consumo y proveedores de eficiencia operativa comercial.

Según diversos estudios, el sector de la ingeniería es y será el principal mercado de la tecnología de drones en todo el mundo. Tanto, que espera que se convierta en un mercado que acumule un valor de 6.000 millones de dólares en apenas cuatro años, para 2026. Esto se debe tanto a la importancia social del mantenimiento de la energía como al aumento exponencial de la seguridad y la eficiencia que los UAS aportan a estas operaciones.

## ACTORES EN EL USO CIVIL DE LOS DRONES

Para conseguir una adecuada aceptación y un desarrollo del sector en su más amplia extensión, resulta fundamental la identificación de todos los agentes que puedan



influir de manera decisiva en su crecimiento y, de esta forma, poder diseñar e implantar las estrategias necesarias que permitan su completa integración con el Sistema del Transporte Aéreo, con el resto de sectores en general y con la sociedad, de la manera más equilibrada posible.

De entre todos los agentes que integran actualmente el sector de los drones, destacan como principales, los usuarios de esta tecnología, en aplicaciones profesionales o recreativas, y aquellas empresas que intervienen en sus procesos de desarrollo, diseño o fabricación, tanto de la propia aeronave como de los sistemas que llevan a bordo o que la controlan desde tierra. Por otra parte, cabe destacar el importante papel que desempeñan las entidades formativas especializadas para el desarrollo del sector, mediante la habilitación de pilotos y la formación de otros profesionales involucrados en la cadena de valor.

Entre los agentes que condicionan el sector, debe tenerse en cuenta al resto de usuarios del espacio aéreo, del espectro radioeléctrico, así como a las empresas

aseguradoras, fuerzas y cuerpos de seguridad y medioambiente, y la sociedad en general, con el fin de asegurar un crecimiento ordenado y eficiente de la actividad, con plenas garantías para la seguridad.

En este sentido, las autoridades reguladoras velan porque la actividad se desarrolle de manera óptima y en condiciones de seguridad, por un lado, adoptando normas que aporten certidumbre a través de unas reglas de juego claras, y por otro, llevando a cabo las actuaciones de supervisión necesarias para garantizar el adecuado cumplimiento de las normas.

En la actualidad, las operaciones de drones civiles se realizan en zonas separadas de las utilizadas por la aviación convencional. Esto se traduce en una necesidad de cierta coordinación, aunque no muy intensiva, entre ambos tipos de aviación a la hora de afrontar las operaciones con seguridad y sin interferencia. Sin embargo, en el medio y largo plazo, la normativa y los distintos desarrollos tecnológicos, actualmente en marcha, permitirán que los vuelos de los drones se extiendan a zonas del



espacio aéreo transitadas por la aviación tradicional. Así, los drones deberán coexistir con el resto de usuarios y gestores del mismo, entre los que se encuentran las compañías aéreas, los proveedores de servicios de navegación aérea y los gestores aeroportuarios.

La integración de los drones debe tener en cuenta además, la necesidad de una gestión eficiente del espectro radioeléctrico, permitiendo a los usuarios que dispongan de los canales de comunicación necesarios para llevar a cabo el control remoto de estas aeronaves, el intercambio de los datos capturados por sus sensores y, en un futuro, la coordinación con los sistemas de gestión de tráfico aéreo actuales. En este sentido, el crecimiento previsto a medio plazo llevará a la operación simultánea de un número elevado de drones que requerirá una ordenación más estricta del uso de las comunicaciones de radio para permitir

que, entre otros aspectos, puedan cumplirse los requisitos de estabilidad y seguridad de los enlaces de control; y garantizarse que la actividad del sector sea compatible con la del resto de usuarios del espectro radioeléctrico.

Por otra parte, el buen desarrollo de esta actividad pone en relieve la importancia de los cuerpos y fuerzas de seguridad, fundamentales como garantes del cumplimiento de la ley. Los riesgos asociados a la violación de la intimidad, el uso de drones con fines terroristas, los vuelos en entornos protegidos por razones de seguridad y la seguridad cibernética deben gestionarse adecuadamente para evitar impactos negativos en la sociedad. Las fuerzas y cuerpos de seguridad deben disponer de los medios adecuados de detección de amenazas, que les permitan identificar a los infractores, y de contramedidas para evitar los posibles actos ilícitos.

En la actualidad se están llevando a cabo a nivel mundial numerosas iniciativas, dentro de los cuerpos de policía, para incorporar en sus filas grupos especializados en estas tareas, así como un interés creciente en cuanto a inversión en I+D+i, para mejorar las herramientas disponibles y prepararlas para la expansión futura que se espera en el sector.

Otro aspecto relevante que puede condicionar la evolución del sector es el impacto

que sobre la operativa tienen las compañías aseguradoras. En gran parte de los países, los operadores profesionales de drones están obligados por ley a suscribir seguros que cubran su responsabilidad en caso de accidente para compensar daños a terceros. Además de dicha cobertura, también son necesarias pólizas que cubran daños en el propio dron o en el equipo de control. Es importante que las empresas del sector puedan contar con unos seguros adecuados, que permitan el desarrollo de su actividad económica y doten al sector de la flexibilidad necesaria para adaptarse a los distintos tipos de servicios que proporciona.

Aunque el impacto medioambiental es una cuestión relevante en la implantación de cualquier solución tecnológica, en el caso de los drones debe señalarse que, con respecto a las operaciones realizadas con las aeronaves tradicionales, suponen una clara ventaja al reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, así como las emisiones acústicas. Si a ello se une su papel principal en el desarrollo de la agricultura de precisión, que supone una gestión más adecuada de los recursos hídricos y de los productos químicos necesarios en los cultivos, su utilización como medio de apoyo en la detección y extinción de incendios y su aplicación a labores de catalogación, investigación y protección de la naturaleza, nos encontramos ante una solución tecnológica con un impacto positivo en el medioambiente.

El uso de drones en las operaciones comerciales se ha ampliado en diferentes industrias debido a su capacidad de impulsar la eficiencia.



## ORGANIZACIONES AERONÁUTICAS

### OACI



La **Organización de Aviación Civil Internacional** fue creada en la Convención de Chicago de 1944, y fue constituida el 4 de abril de 1947, fecha en que entró en vigor el Convenio de Chicago.

Es una agencia especializada de la ONU, y forman parte de ella los 191 Estados contratantes del Convenio de Chicago.

El Convenio de Chicago tiene 19 Anexos, conocidos como Normas y Métodos Recomendados, y sirven de base a todos los Estados miembros para elaborar su reglamentación aeronáutica.

Bajo el término dron se engloban todas las aeronaves sin piloto a bordo

### EASA



La **Agencia Europea de Seguridad Aérea** es el componente esencial de la estrategia de seguridad aérea de la Unión Europea.

La Agencia promueve los niveles más elevados de seguridad y de protección del medio ambiente en la aviación civil en Europa y en el mundo.

Fue creada en 2002, tiene su sede en Colonia y actualmente está integrada por 32 Estados europeos. Miembros: 28 países de la UE, Islandia, Liechtenstein, Noruega, Suiza.

Actúa como órgano central y supervisor de las Autoridades Aeronáuticas de los Estados miembros.

### AESA



La **Agencia Estatal de Seguridad Aérea**, es un Organismo integrado a la Secretaría de Estado de Transportes del Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de Aviación Civil.

Es el organismo del Estado que vela para que se cumplan las normas de aviación civil en el conjunto de la actividad aeronáutica de España.

La misión de AESA es la supervisión, inspección y ordenación del transporte aéreo, de la navegación aérea y de la seguridad aeroportuaria, además de la evaluación de los riesgos en la seguridad del transporte aéreo.



## TIPOS DE DRONES

Bajo el término dron se engloban todas las aeronaves sin piloto a bordo. El grado de autonomía existente durante su operación divide a los drones en dos grandes grupos: **los drones autónomos**, que no requieren la intervención humana durante la mayor parte de la operación y **los de control remoto**, aquellos en los que el dron está controlado permanentemente por un piloto. Estos últimos se denominan habitualmente RPAS.

Por otro lado, este tipo de plataformas presentan arquitecturas muy diversas, distinguiéndose dos grandes grupos, las de ala fija y las que consiguen la sustentación mediante el empleo de alas rotatorias (de uno o varios rotores), aunque existen algunos modelos denominados híbridos que conjugan ambas soluciones técnicas.

La gran variedad de tipologías se traduce en un amplio rango de prestaciones que confieren a este tipo de aeronaves una

gran flexibilidad. De esta forma, los drones se configuran como unas herramientas muy versátiles que pueden adaptarse para realizar numerosas tareas de carácter heterogéneo, sin más que modificar ciertos equipos embarcados.

Un amplio rango de prestaciones que confieren a este tipo de aeronaves una gran flexibilidad

Así, los drones suponen claras ventajas frente a las aeronaves tripuladas a la hora de afrontar la realización de tareas profesionales, entre las que cabe destacar:

- **La disminución de costes** tanto en lo referente al precio de la aeronave como a los costes operativos. El precio de los drones y los costes asociados a su operación (combustible, mantenimiento,

personal, etc.) son muy inferiores a los incurridos por la operación de aeronaves tripuladas.

- **La mejora de la seguridad** en el ámbito laboral al poder realizar trabajos en entornos complejos sin exponer al piloto. Los drones pueden asumir trabajos en lugares peligrosos (ambientes contaminados, trabajos en altura, con riesgo de electrocución o quemadura) mientras que el piloto se ubica a una distancia segura.
- **La reducción del impacto ambiental** de la operación respecto al producido por aeronaves tripuladas puesto que sus emisiones de gases son más reducidas y la contaminación acústica es menor, lo que contribuye a disminuir su afección al medioambiente.
- **Mayor flexibilidad de despliegue**, prácticamente desde cualquier lugar, puesto que por lo general no requieren de unas infraestructuras específicas (aeródromo,

mos) durante las fases de despegue y aterrizaje.

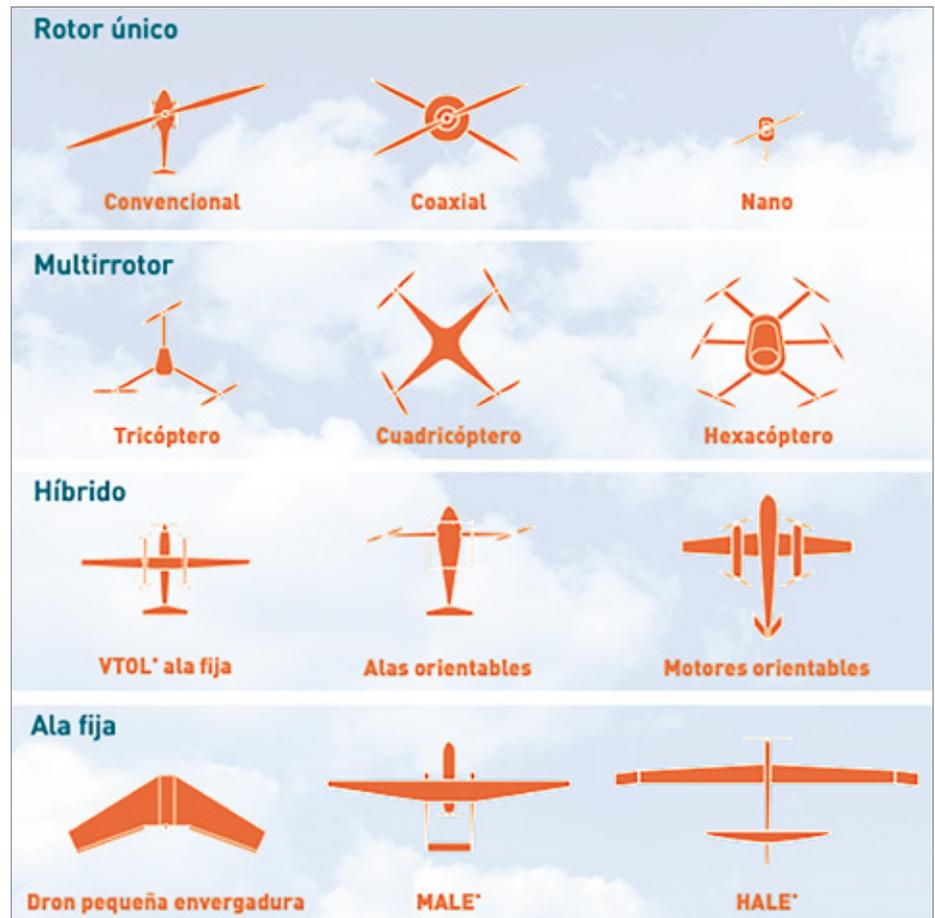
- **Ampliación del campo de aplicación** de las aeronaves, al permitir la realización de nuevas tareas que hasta el momento no han podido ser asumidas por aeronaves convencionales. En este sentido, la versatilidad de los drones y el control preciso de su vuelo abren nuevas posibilidades de ejecutar trabajos que hasta ahora no se habían resuelto a través de plataformas aéreas, como por ejemplo, la inspección de estructuras.

Todas estas características han posicionado a los drones como unas herramientas que permiten ganar en competitividad a las empresas que las utilizan en sus procesos productivos. Así por ejemplo, en las tareas relacionadas con el control de obras y mantenimiento de infraestructuras, los drones presentan numerosas ventajas en la toma y procesamiento de datos, puesto que son capaces de cubrir grandes superficies de manera rápida y obtener de forma simultánea una amplia colección de datos provenientes de los distintos sensores que llevan a bordo.

Otra aplicación destacable es, en el sector agrícola, la denominada agricultura de precisión. Este nuevo modelo de agricultura inteligente, emplea distintas herramientas tecnológicas como el posicionamiento global, dispositivos de distribución de riego, fertilizantes y plaguicidas, sensores climatológicos y de cultivo, con el fin de llevar a cabo una gestión específica y eficiente de las distintas áreas de cultivo, obteniendo así la máxima producción posible, al menor coste y de manera respetuosa con el medioambiente.

## UN NUEVO HORIZONTE LLENO DE OPORTUNIDADES

La mejora en las prestaciones de los drones y sus sistemas, así como la consolidación de un sector cada vez más maduro, permitirá el desarrollo de nuevas apli-



caciones y servicios, ampliando de esta forma los horizontes de este tipo de plataformas. Entre las aplicaciones más importantes que se prevén para los drones en el futuro cabe destacar:

### 1. Ejecución y mantenimiento de obra civil e instalaciones

Actualmente los drones son capaces de generar modelos 3D de edificios o terrenos, de gran precisión, compatibles con las herramientas más avanzadas de control y seguimiento de ejecución de obras e instalaciones, como las que siguen el estándar BIM (*Building Information Modeling*). El potencial del empleo de dichas aeronaves para estos fines cobrará un papel más relevante durante los próximos años.

Esta nueva metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, integra a todos los agentes que intervienen en el proceso de edificación, y establece un flujo de comunicación transversal entre ellos, generando un modelo virtual que contiene toda

la información relacionada con el edificio durante todo su ciclo de vida.

Además de las labores de control y seguimiento, gracias a las mejoras de los sistemas de posicionamiento y navegación, las aeronaves no tripuladas podrían prestar asistencia para la ejecución de instalaciones industriales complejas en ubicaciones de difícil acceso como el interior de ciertos edificios o en plataformas remotas.

La posibilidad de realizar trabajos más allá del alcance visual y de manera automática, permitirá extender la supervisión de grandes instalaciones y redes extensas de carreteras y vías férreas de una manera eficiente y con un menor coste que el actual, que redundará asimismo en un menor coste de las tareas de mantenimiento preventivo.

Adicionalmente, los drones podrían emplearse en tareas de mantenimiento correctivo como la limpieza, pintado de edificios y reparación de estructuras.



## 2. Seguridad y emergencias

Aunque este tipo de aeronaves comienza a emplearse de manera incipiente como método de vigilancia, la mejora en las prestaciones de los drones, fundamentalmente en cuanto a autonomía y la posibilidad de una operación nocturna continuada, las reforzarán como unas herramientas ideales para llevar a cabo dichas labores en áreas y perímetros fronterizos, integrándose como una parte más de los sistemas de seguridad.

Por otra parte, su gran maniobrabilidad y la capacidad de transporte, harán de estas plataformas unos sistemas ideales para asistir a los especialistas durante la prestación de servicios de emergencia y rescate, reduciendo así el riesgo para los profesionales que los prestan.

Dentro de las labores de seguridad que podrán ser asumidas por los drones, se encuentran la interceptación de aeronaves no tripuladas que puedan suponer una potencial amenaza y el control de un espacio aéreo delimitado para detectar incursiones no permitidas.

## 3. Telecomunicaciones

Además de ser muy útiles para inventariar e inspeccionar las infraestructuras de telefonía como son las antenas y las estaciones repetidoras, la utilización de drones para comprobar la calidad de la señal en determinadas zonas, detectando posibles problemas de cobertura de una forma rápida y económica constituirá una ventaja que potenciará el uso de este tipo de aeronaves en el ámbito de las telecomunicaciones.

Por otra parte, el empleo de drones como estaciones repetidoras de telecomunicaciones para proporcionar cobertura en zonas de difícil acceso o en caso de emergencias, constituye una aplicación con mucho potencial. En relación con esta aplicación, los dos gigantes tecnológicos Facebook y Google están desarrollando drones para facilitar el acceso a internet en zonas remotas de todo el mundo. Facebook realizó recientemente una prueba de vuelo con un prototipo, llamado Aquila, que puede volar de forma autónoma durante días y a gran altitud.

## 4. Transporte de paquetería y personas

Las principales empresas de logística han mostrado gran interés en la utilización de aeronaves no tripuladas para los envíos de paquetería, lo que se ha traducido en numerosos prototipos y pruebas que aun no se han transformado en productos finales. Es esta una aplicación con gran potencial de desarrollo en aquellos casos donde el tiempo de entrega es crítico, como es el caso de suministros médicos, transporte de órganos para trasplantes o desfibriladores, pero que requerirá del desarrollo de los sistemas y la regulación que permitan estas operaciones en toda su extensión en zonas urbanas.

Estas aeronaves también podrían suponer una clara ventaja para transportar alimentos o medicinas a zonas de difícil acceso, en situaciones de emergencia, en zonas de conflictos bélicos o afectadas por catástrofes naturales.

Asimismo, su utilización en el ámbito de la producción industrial, el transporte de piezas, herramientas y repuestos desde



los almacenes a operarios ubicados en zonas elevadas y de difícil acceso podría suponer ventajas en materia de seguridad laboral.

En materia de transporte de personas, se están abordando en la actualidad varias iniciativas que avanzan el diseño de prototipos de aviones no tripulados para el transporte de pasajeros dentro de la ciudad, como es el caso de la ciudad de Dubái que pretende lanzar un servicio de aerotaxis autónomos.

##### 5. Entretenimiento

Los drones ya se han empleado en espectáculos de manera complementaria a la pirotecnia tradicional como fue el caso de la apertura de los Juegos Olímpicos de Invierno en Corea del Sur. Los nuevos algoritmos de control que permiten operar de manera simultánea y coordinada un gran número de drones, ampliarán su participación en estas actividades. Por otro lado, cabe señalar los experimentos para la introducción de este tipo de plataformas en espectáculos teatrales o musicales.

Asimismo, el creciente interés en las competiciones de pilotaje de drones hace pensar que estas, podrían consolidarse como un nuevo deporte en el futuro.

#### APLICACIONES ESPECIFICAS URBANAS. EL PLAN NACIONAL DE CIUDADES INTELIGENTES

Cada vez son más las ciudades que están empezando a hacer un uso intensivo de las **Tecnologías de la Información y Comunicaciones** (TIC) con el fin de ser más eficientes en el uso de recursos, reducir costes, ahorrar energía y la calidad de vida de sus habitantes. De esta manera, las ciudades pasan de ser ciudades meramente conectadas a ser realmente inteligentes puesto que es posible analizar la gran cantidad de datos que captan sus equipos y tomar decisiones de gestión en tiempo real en base a los mismos.

Existen en la actualidad, múltiples iniciativas en marcha sobre la aplicación de las nuevas tecnologías en la mejora de la

eficiencia de los servicios que prestan las administraciones locales a sus ciudadanos. Ciudades como Madrid, Barcelona, Valencia, Málaga, Santander o Valladolid están realizando avances muy importantes en este campo, convirtiendo a España en un referente mundial en el desarrollo de ciudades inteligentes. Así queda plasmado tanto en el **Plan Nacional de Ciudades Inteligentes**, como en el posterior **Plan Nacional de Territorios Inteligentes**, donde se proponen nuevas iniciativas y se refuerzan las que se encuentran ya en marcha.

Uso intensivo de las TIC con el fin de ser más eficientes en el uso de recursos, reducir costes, ahorrar energía y la calidad de vida de sus habitantes



# LA RESPONSABILIDAD CIVIL DEL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA FASE DE EJECUCIÓN DE OBRA

Unidad de Responsabilidad Civil de Adartia Global,  
Correduría de Seguros, S.A.U. (Grupo Alkora)

[www.adartia.es](http://www.adartia.es)



## ADARTIA GRUPO ALKORA

En esta nueva entrega del Blog informativo sobre las responsabilidades civiles del ingeniero y la aplicación práctica de las coberturas que otorga la Póliza suscrita con Adartia y Mapfre, nos centraremos **la responsabilidad civil del coordinador de seguridad y salud** frente a accidentes laborales ocurridos en la fase de ejecución de la obra.

Se entenderá por coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, el técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor para llevar a cabo las siguientes tareas:

- Coordinar la aplicación de los principios de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, y en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen los principios de prevención y seguridad.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista, y en su caso, las modificaciones que se introduzcan.
- Organizar la coordinación de actividades.
- Coordinar la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar todas las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La responsabilidad que asume el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra es muy importante,  **pudiendo incurrir en responsabilidades en el ámbito penal, civil o administrativo.**



En este sentido, son numerosos los casos en los que, tras ocurrir un accidente de trabajo, el coordinador en materia de seguridad y salud **es citado para declarar como investigado por un delito contra la seguridad de los trabajadores.** Es por ello que cobra vital importancia disponer de un buen seguro de responsabilidad civil profesional que cubra las consecuencias derivadas de su actuación.

### 1. ANTECEDENTES

En el año 2018, nuestro asegurado era coordinador de seguridad y salud de una obra en una vivienda unifamiliar. Desgraciadamente, en noviembre de ese mismo año, un trabajador de la obra (albañil) **sufre un accidente grave** al caerle una vigueta en la cabeza, que le ocasiona pérdida de autonomía y necesidad de ayuda para realizar ciertas tareas propias de la vida cotidiana.

En abril de 2019 se incoó acta de infracción por la presunta comisión de una infracción administrativa grave en materia de prevención de riesgos laborales; iniciándose el

correspondiente procedimiento sancionador por la Inspección Provincial de Trabajo y Seguridad Social.

En septiembre de 2019, **la Dirección Territorial dictó resolución imponiendo a la Constructora** la sanción de 8.000 € por la comisión de una infracción administrativa grave en materia de prevención de riesgos laborales; **apreciándose como circunstancias agravantes de la sanción la gravedad de los daños sufridos por el accidentado por la ausencia de medidas de seguridad preventivas.** Es decir, el Informe de Trabajo consideró que la responsabilidad del accidente es de la empresaconstructora y

Cobra vital importancia disponer de un buen seguro de responsabilidad civil profesional que cubra las consecuencias derivadas de su actuación



del coordinador de seguridad y salud, dado que las causas del mismo fueron realizar labores sin vigilancia, control y dirección de persona competente, y emplear un procedimiento de trabajo inseguro.

Nuestro asegurado fue citado por el Juzgado de Instrucción para declarar en **calidad de investigado** en febrero de 2020.

## 2. EVOLUCIÓN

Una vez puestos en conocimiento de Adaritia los hechos ocurridos, Mapfre prestó la oportuna defensa jurídica al asegurado, designando abogado de manera urgente.

El abogado de la Compañía entendió que la responsabilidad civil **debía ser asumida por las dos Aseguradoras de los investigados** (empresario y coordinador de seguridad y salud), considerando que debía calcularse de manera urgente una posible indemnización junto con el abogado de la otra parte investigada, para que tras el abono de la misma, se retirase la acusación y se consiguiera el sobreseimiento del procedimiento

penal, pues de lo contrario, el asegurado se vería abocado a un juicio con elevadas probabilidades de resultar condenado.

Es obvio que los ingenieros realizan una actividad con gran incidencia en la sociedad, al actuar ejerciendo funciones de coordinación de Seguridad y Salud.

Teniendo en cuenta las consideraciones de su letrado, **Mapfre procedió a indemnizar al perjudicado por importe de 300.000 €** (por la parte imputable a nuestro asegurado).

Gracias a ello, el juez dictó Auto a la vista de que las partes habían llegado a un acuerdo y el Ministerio fiscal no se opuso; por lo que **se logró evitar la condena del asegurado**.

## 3. CONCLUSIONES

La situación descrita pone en relieve varios aspectos fundamentales:

- Por un lado, resulta obvio que los ingenieros realizan una actividad con gran incidencia en la sociedad, al actuar ejerciendo funciones de coordinación de Seguridad y Salud. Es por ello que **están especialmente expuestos a recibir reclamaciones** de terceros que se puedan verse afectados por su actuación profesional.

- En muchas ocasiones, **las reclamaciones** a las que tienen que hacer frente los asegurados, **alcanzan una cuantía muy elevada**. Además, muchos de los asuntos se judicializan, lo que conlleva irremediablemente un profundo malestar y preocupación con la situación generada.

- En definitiva, cabe destacar la tranquilidad de contar con una Póliza que salvaguarde nuestra responsabilidad civil profesional, ya que **la compañía aseguradora nos ampara y pone a nuestro alcance medios técnicos y legales para proceder a nuestra defensa y cobertura económica**.

## Seguro de **CIBER-RIESGO**

### COBERTURAS ORIENTATIVAS BÁSICAS

#### 1. Respuesta ante Incidentes Cibernéticos. Se garantizan los costes de:

- Primera respuesta ante incidentes cibernéticos
- Procedimientos legales y regulatorios
- Investigación forense y de seguridad informática
- Comunicación de Crisis
- Gestión por vulneración de privacidad
- Notificación o centro de llamadas por vulneración de datos

#### 2. Responsabilidad por Seguridad en las Redes y Privacidad

- Responsabilidad por fallos de seguridad en los sistemas informáticos
- Responsabilidad por vulneración de la privacidad
- Responsabilidad por difamación, injuria, vulneración de derechos de propiedad industrial
- Sanciones administrativas de la AEPD / CPI

#### 3. Daños a los Sistemas y Recuperación de Datos

- Daños a los sistemas y costes de reconstrucción de datos

#### 4. Interrupción de Negocio

- Pérdida de beneficios por paralización (>10 horas)

#### 5. Cibercriminalidad

- Extorsión cibernética
- Fraude tecnológico
- Robo de identidad digital

### COBERTURA ORIENTATIVA ADICIONAL

**OPCIONAL** • Suplantación de identidad

### CONSÚLTENOS SIN COMPROMISO

# 91 781 95 45

[zmartinez@adartia.es](mailto:zmartinez@adartia.es)  
[www.adartia.es](http://www.adartia.es)

Este CIBERSEGURO cubre cualquier acceso no autorizado a los sistemas por parte de terceros o cualquier divulgación no autorizada de información o acceso a esta, ya sea de forma accidental o deliberada, incluyendo datos personales o sensibles.

Contratación: Con o sin franquicias

CORREDURÍA DE SEGUROS



COLEGIO OFICIAL DE  
**INGENIEROS GRADUADOS E  
INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES**  
DE ALICANTE



# GUÍA DE SERVICIOS

Colégiate y forma parte del Colegio Oficial de Ingenieros Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante y descubre todos sus servicios.

Si eres estudiante precolégiate y descubre con nosotros el mundo de la ingeniería.

## FORMACIÓN *AVANZA*

Programa de formación continua para el reciclaje de nuestros colegiados: cursos, seminarios, talleres, conferencias propias de la ingeniería y en disciplinas transversales.

► Portal de recursos Web para visionar nuestra formación desde tu oficina:  
**coitialicante.es > Formación > Materiales de Formación**

► Campus virtual: para todas aquellas acciones formativas que necesitas en el ámbito de la ingeniería  
**www.cogitiformacion.es**

► Formación ONLINE DUAL (Multicanal) con sesiones presenciales y remotas.

► Y también Cursos presenciales  
**coitialicante.es > Formación > Portal de formación e inscripción a cursos** en nuestras Sedes de Alicante y Alcoy

Consulta por nuestras becas y bonificaciones en: [secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es) y en el 96 592 61 73

## SERVICIOS DE EMPLEO *ACTÍVATE*

### PRIMER EMPLEO

- Oferta de prácticas
- Boletín empleo
- Pilot primer empleo

**www.proempleoingenieros.es>  
informacion>pilot primer empleo**

### BÚSQUEDA DE EMPLEO

- Bolsa de empleo del Colegio
- Cruzando fronteras: posibilidad de inscribirte en ofertas internacionales
- Portal  
**www.proempleoingenieros.es**
- Consulta las últimas ofertas de empleo público

### ASESORAMOS

- Trato cercano y personalizado
- Mejora tu curriculum vitae
- Recomendación de formación según tu perfil
- Mentoring profesional

**www.proempleoingenieros.es>  
informacion>mentoring profesional**

Si tu empresa necesita un profesional, contacta con el Colegio.

Te atendemos en: [empleo.coitia@coitialicante.es](mailto:empleo.coitia@coitialicante.es)

**www.coitialicante.es/index.php/empleo**



## GUÍA DE SERVICIOS IMPRESINDIBLE PARA TU DESARROLLO PROFESIONAL

### PROMOCIÓN VISIBILIDAD



El Colegio dispone de Registros Profesionales que certifican que los colegiados han adquirido unas competencias en diferentes ámbitos a través de la experiencia y/o la formación especializada:

► Guía de Profesionales: más de 2.000 profesionales en 30 disciplinas profesionales diferentes.

► Ingenieros Forenses y Peritos Judiciales: para actuar ante los tribunales con la redacción de informes periciales, dictámenes, valoraciones y tasaciones.

[www.ingenierosalicante.es](http://www.ingenierosalicante.es)

Date de alta en los Registros oficiales del Colegio: expertos en eficiencia energética de edificios, coordinadores de seguridad y salud, expertos forenses, gestores energéticos...

[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Colegiado > Registros Profesionales

### PUBLICACIONES ACTUALIDAD



#### Revista COGITI Alicante

- Información colegial y profesional del sector
- Artículos técnicos de alta especialización

Consulta la revista on-line [issuu.com/coitialicante](http://issuu.com/coitialicante)  
Si además necesitas el ejemplar en papel para tu oficina, pídelo en [secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es)

#### Publicaciones, Guías y Manuales Técnicos

[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Servicios > Publicaciones de Interés

#### Newsletter Técnico

- Selección de las noticias más interesantes de tu sector
- Agenda de formación
- Ofertas de empleo, concursos públicos y oposiciones
- Alertas nueva legislación técnica

Suscríbete en nuestro NEWSLETTER en:  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Contacto > Suscríbete

### CERTIFICACIÓN PROFESIONAL PRESTIGIO



La certificación y habilitación profesional es una de las líneas de futuro lideradas por los Colegios Profesionales como servicio para sus colegiados y hacia la sociedad.

► Certificación DPC de Ingenieros: certifica tu formación y experiencia

[www.acreditacioncogitidpc.es](http://www.acreditacioncogitidpc.es)

► Mediación: certífyate como mediador en asuntos civiles y mercantiles

[www.inmein.es](http://www.inmein.es)



## ÁREA PERSONAL *SOPORTE*



- ▶ Actualización de datos
- ▶ Correo electrónico gratuito
- ▶ Tarjeta de identificación colegial TIC
- ▶ Histórico formación (cursos del colegiado)
- ▶ Dashboard de actividad profesional (gráficas y facturas de visado)

## ASESORÍA JURÍDICA *RESPALDO*



Un equipo de letrados y asesores a tu disposición:

- ▶ Asesoramiento fiscal y laboral
- ▶ Asesoramiento jurídico y de procedimientos ante los tribunales
- ▶ Asesoramiento e interpretación de normativa

Contacta con nuestros asesores [secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es) ☎ 96 592 61 73

## SEGUROS *TRANQUILIDAD*



Responsabilidad Civil

- ▶ Profesional (RCP)
- ▶ Instalador (RCI)
- ▶ Otras actividades constructivas y de servicios (RCO)

Consúltanos para el aseguramiento en la utilización de Drones y Procesos industriales complejos en: [secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es) ☎ 96 592 61 73

## ENGINEERS CLUB *COMUNIDAD*



### CLUBCOGITI, descuentos para colegiados

- Salud
- Deporte y ocio
- Hoteles
- Viajes
- Entidades financieras
- Vehículos

[www.cogiti.contigomas.com](http://www.cogiti.contigomas.com)

### Correo electrónico gratuito

[coitialicante.es](mailto:coitialicante.es) > Servicios > Correo electrónico de colegiados

### Espacios para tus reuniones y conferencias

Salas y espacios para actividades profesionales y sociales. Exclusivo para colegiados. Emisión de tus conferencias en streaming desde nuestras instalaciones.

[secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es) ☎ 96 592 61 73

### Mantenemos y desarrollamos la web de tu oficina profesional

[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Servicios > Hosting y desarrollo web



## MUTUA COLEGIAL *PROFESIÓN*



Ejerce a través de la MUPITI como alternativa al Régimen Especial de Trabajadores Autónomos (RETA). Utiliza MUPITI como sistema complementario a la Seguridad Social

[www.mupiti.com](http://www.mupiti.com) • [secretaria@mupiti.com](mailto:secretaria@mupiti.com) • 900 820 720  
Descarga nuestra APP [www.mupiti.com/app-mupiti](http://www.mupiti.com/app-mupiti)

## VISADO *GARANTÍA*



Accede a nuestra plataforma de Visado/RTP para registrar o visar tus trabajos profesionales  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Ventanilla única > Plataforma de Visado/RTP

Obtén tu firma electrónica y firma documentos técnicos  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Ventanilla única > Firma

## ORIENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA



### *ASESORAMIENTO*

El servicio de orientación te acompaña en tus dudas y ámbitos de decisión profesional. Un equipo de ingenieros puede resolver:

- ▶ Consulta el Centro de recursos de legislación, formularios y reglamentos  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Colegiado > Legislación Técnica
- ▶ Obtención de ficheros GML para el catastro y otros datos catastrales  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Ventanilla única > Trámites
- ▶ Consulta los contenidos mínimos para tus proyectos así como otros recursos  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Ventanilla única > Contenido mínimo
- ▶ Portal de Licitaciones Europeas para Ingenieros y Empresas de Ingeniería  
[www.cogiti.es](http://www.cogiti.es) > licitaciones
- ▶ Consulta de Fichas Técnicas de Vehículos  
[fichas.tecnicas@coitialicante.es](mailto:fichas.tecnicas@coitialicante.es) ☎ 96 592 61 73
- ▶ Normas UNE  
[secretaria.coitia@coitialicante.es](mailto:secretaria.coitia@coitialicante.es) ☎ 96 592 61 73
- ▶ Alquiler de equipos de medida  
[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es) > Servicios > Prestamos de equipos
- ▶ Compra Software Técnico en condiciones preferentes  
[www.toolbox.cogiti.es](http://www.toolbox.cogiti.es)

comunidad  
conocimiento  
innovación  
colaboración  
conexión  
progreso  
...

# Colégiate Promoción Especial

Titulados



**Cuota Gratis**

**2 años**

desde la fecha de **Colegiación**

Estudiantes



**Acceso gratuito**

Si eres estudiante con el 50% de los créditos superados pre-colégiate **gratis** desde el minuto 1!



Todo son ventajas para tu futuro



**PRIMER EMPLEO**  
proempleoingenieros.es/  
informacion/ pilot primer empleo



**BÚSQUEDA DE EMPLEO**  
proempleoingenieros.es



**ACCESO A TOOLBOX**  
toolbox.cogiti.es



**FORMACIÓN**  
Cursos, seminarios, talleres,  
conferencias...  
inscripciones.coitialicante.es

Consulta nuestra **Guía de Servicios**

**Mochila Gratis**

**hasta fin de existencias**

Esta campaña solo será válida para **la primera vez** que formes parte de nuestro colectivo como colegiado/precolegiado y solo hayan pasado **24 meses** desde la obtención del Título de Grado hasta la solicitud de colegiación, entonces tienes **2 años gratis** desde la fecha de colegiación y la mochila.

En caso de haber formado parte con anterioridad, no podrás ser beneficiario de las condiciones económicas que aparecen en la campaña ni de los obsequios que se acompañan.

*Obsequio disponible solo hasta fin de existencias, el teléfono móvil NO forma parte del obsequio, solo se muestra a efectos ilustrativos.*



Llama al

**965 926 173**

Solicita información



**coitialicante.es**

**SEDE CENTRAL ALICANTE**

Avenida de la Estación, 5 03003 Alicante  
Teléfono 965 926 173  
secretaria.coitia@coitialicante.es

**DELEGACIÓN DE ALCOY**

C/ Goya, 1 03801 Alcoy  
Teléfono 965 542 791  
delegacion.alcoy@coitialicante.es

**colegiate.coitialicante.es**

**Estudiantes acceso gratuito**



@COITIA



coitialicante



@COITIAlicante



cogitialicante



COGITIA



# CURSOS, JORNADAS Y EVENTOS 2021





# EVENTOS, CURSOS Y JORNADAS ONLINE



## 2021

### OCTUBRE

- EVENTO. Acto de graduación

### NOVIEMBRE

- WEBINAR. Presentación curso de contratación pública
- CURSO. Marcado CE máquinas y quasi-máquinas

### DICIEMBRE

- EVENTO entrega premios trabajo fin de grado EPSA-UPV
- JORNADA. Junta de gobierno de la Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante

## EVENTO ACTO DE GRADUACIÓN

**30 de octubre de 2021**

El 30 de octubre tuvo lugar en el Salón de Actos del Aulario II la celebración del **Acto de Graduación de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante**.

Debido a la situación de obligatorias restricciones impuestas por la pandemia, la ceremonia se ha desarrollado en cuatro sesiones, en cada una de las cuales se distribuían las personas egresadas en la Escuela durante los cursos 2019-2020 y 2020-21.

En la segunda de estas sesiones, el Decano del COITI, Antonio Martínez-Canales Murcia, hizo entrega del premio a los alumnos del curso 2020-2021, Fernando Larrosa Marín y Carlos Castellanos Ormeño. Y del pasado curso 2019-2020, los premiados fueron Ignacio de Loyola Páez de Ubieta y Javier Sáez Pérez.



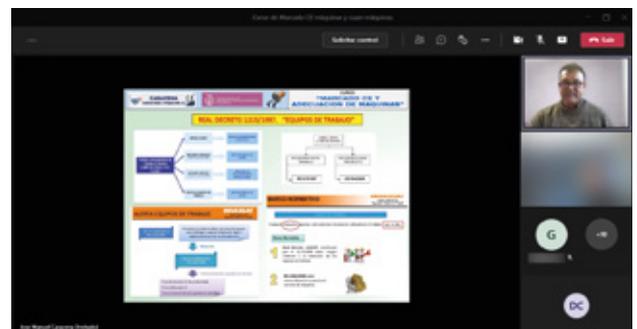
## WEBINAR PRESENTACIÓN CURSO DE CONTRATACIÓN PÚBLICA



**3 de noviembre de 2021**

Jornada online gratuita de información sobre los contratos públicos para ingenieros.

## CURSO MARCADO CE MÁQUINAS Y CUASI-MÁQUINAS



**23 de noviembre de 2021**

Aprendimos sobre todas las fases hasta la obtención del certificado CE para máquinas, quasi-máquinas y conjuntos. Definiciones, normativa aplicable, evaluación de riesgos y un enfoque práctico mediante la realización de ejemplos.



## EVENTO ENTREGA PREMIOS TRABAJO FIN DE GRADO EPSA-UPV



17 de diciembre de 2021

El Aula Magna del Edificio Viaducto del Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València UPV, acogió el acto de entrega de distinciones del curso 2020-2021.

Empresas y entidades premiaron a los mejores Trabajos Fin de Grado (TFG) y Trabajos Final de Máster (TFM) con 12 reconocimientos. También se entregaron los premios de la *'Cátedra Alcoi Ciudad del Conocimiento'* a los mejores expedientes académicos.

El Premio otorgado por el **Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales** a **Vicente Sanz**, egresado en el Grado en Ingeniería Eléctrica, por el TFG *"Estudio para la descarbonización del sistema eléctrico de potencia de la isla de El Hierro mediante el uso de hidrógeno como vector energético"*.

## JORNADA JUNTA DE GOBIERNO



22 de diciembre de 2021

El pasado diciembre, tuvo lugar la Junta de Gobierno de la Asociación, a distancia y con la seguridad que el Colegio ha venido manteniendo desde el principio de la pandemia.

## EVENTO CONCURSO DE CHRISTMAS NAVIDEÑOS



**Los hijos de los colegiados que presentaron sus dibujos, decoran la felicitación navideña de la Junta de Gobierno.**

A lo largo del año 2021, la institución ha limitado su actividad presencial debido a la situación de carácter excepcional ocasionada por la COVID-19, por lo que no se pudo llevar a cabo el tradicional brindis navideño. No obstante, los pequeños artistas no quisieron faltar a su cita y enviaron por medios telemáticos sus mejores obras que fueron premiadas por su originalidad y creatividad.



# MOVIMIENTO COLEGIAL

**Somos**  
a 31 de Diciembre de 2021  
**1.978**  
colegiados

## ALTAS ALICANTE

Mario Guadalajara Saiz  
Alejandro Costa Mira  
Alexia Álava Saiz  
Jorge Juan Blázquez López  
Juan Fco. Márquez Vilar  
Vicente Sanz Ródenas  
Adrián Sánchez Avio  
Alejandro García Sánchez  
Antonio Vidal Pagán  
Carlos Bellón García  
Cristóbal Vera Abellán  
David Sáez Caselles  
Francisco Javier Pérez Villamor  
Gabriel Sempere Blasco  
Jordi Pascual Prats  
José David Escribano Orts  
Marcial Ortuño Mirete  
Mateo Sanz Pastor  
Pablo Andrés Villa Medina  
Pau Guitard Quert  
Rubén Carracero Pita  
Carlos Cardenal Medina  
Jorge Ismael Pérez Arraiza  
Jesús Álvarez Pastor  
Roberto Rubio Bailón  
Alfonso Francisco Muñoz Martín  
Fernando Hidalgo Pérez  
Gabriel José López Vicente

Isidro Ayela Llorca  
Javier Sempere Caro  
Mario Bravo Antolín  
Miguel López Doménech  
Juan Lorenzo García Márquez  
Airam Josedec Brito Hernández  
Héctor Fernández Lloret  
Ignacio de Loyola Páez Ubieta  
Juan José Pérez Mas  
Iván Sotoca Sánchez  
Daniel Malonda Suñer  
Joan Burguera Ribes  
Jordi Jordá Sanoguera  
Maria Jiménez Mansilla  
Pablo Giner Antón

## PRE-COLEGIADOS

Sergio Sánchez Ruiz  
Lucía Cabrera Madrigal  
Pablo Villarroya Ramírez  
Sofía Pastor González  
Isaac Gómez Peral  
Francisco José Marín García  
Adrián Micó García  
Alejandro Cabrera Maciá  
Jaime Alberto Quesada García  
Mario Gómez Alonso  
José Meca Zaragoza  
Álvaro Sirvent Aracil  
Javier Sánchez Vivó  
Jesús Prats Payá  
Juan David Torres Aguirre

### SEDE CENTRAL ALICANTE

Avenida de la Estación, 5  
03003 Alicante  
Teléfono 965 926 173  
Fax 965 136 017  
secretaria.coitia@coitialicante.es

### DELEGACIÓN DE ALCOY

C/ Goya, 1  
03801 Alcoy  
Teléfono 965 542 791  
Fax 965 543 081  
delegacion.alcoy@coitialicante.es



# PRENSA



## → COLEGIO OFICIAL DE HIGIENISTAS DENTALES DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

## ¿QUIEN TE ATIENDE ES UN INTRUSO? ¿CÓMO SABERLO?

**Rosario Velarde Saiz**

PRESIDENTA DEL ILLUSTRE COLEGIO OFICIAL DE HIGIENISTAS DENTALES DE LA COMUNIDAD VALENCIANA

El Colegio Oficial de Higienistas Dentales de la Comunidad Valenciana es el organismo oficial que garantiza a la población ser atendida por profesionales sanitarios acreditados, con la formación reglada y requisitos legales vigentes, como es su número de colegiado.

El intrusismo profesional es una de las patologías crónicas del mercado laboral español. Una estrategia empresarial, con un enfoque meramente económico, que se agrava en tiempos de crisis económica, social y financiera, como pueda ser la de 2008 que prácticamente se enlazó con la actual,

**Exija que sus tratamientos preventivos se los realice su higienista dental.**

la covid-19, crisis sanitaria que ha repercutido en los pilares de la sociedad del bienestar.

Los estudios de mercado y estadísticas de entidades oficiales como el INE (Instituto Nacional de Estadística) confirman la tendencia al alza en el sector educativo y

mercado laboral, de un claro incremento de personas que apuestan por estudiar una FP (Formación Profesional). Son los futuros técnicos españoles, que optan por la adquisición de profesionalidad a través de la formación profesional. Lo que actualmente los marketinianos llaman «*Know how*». Un

«saber hacer» conseguido a través de unos estándares de calidad inherentes a los conocimientos académicos y prácticos (FCT) que ofrece la Formación Profesional (FP).

La calidad profesional del higienista bucodental, es el resultado de un Ciclo Superior de Formación Profesional, de 2000 horas lectivas, con más de 400 horas de prácticas (FCT) en clínica dental. Una formación que no cesa dado el constante reciclaje con formación continuada. Personas que estudian con afán de promover la salud oral, previniendo a la población de hábitos y comportamientos no saludables que les conllevan a sufrir patologías en la cavidad oral, y que puedan afectar a su salud en general.

Al higienista dental se le conoce poco a causa de varios factores como, por ejemplo, el ser una profesión joven. Y no tener nombre propio hasta 1986. Un compendio de circunstancias que han frenado la evolución natural de la profesión y fomentado el intrusismo profesional por parte de los auxiliares de clínica, que desempeñan las funciones del higienista dental, sin tener la titulación ni la formación necesaria para ello.

Exija sus derechos como ciudadano y paciente. Exija que sus tratamientos preventivos se los realice su higienista dental. Y entre todos acabemos con el intrusismo profesional que solo sirve para atacar a la profesionalidad y que unos cuantos infrinjan la ley.

## → COLEGIO DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ALICANTE

## El COITIA orienta a los estudiantes hacia la ingeniería industrial

**El objetivo es dar acceso a profesiones reguladas a través del portal informativo del COGITI**

COITIALICANTE y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) han iniciado una campaña para ayudar a los alumnos a elegir carreras del ámbito de la ingeniería industrial. Con el objetivo de ayudar a los estudiantes en el momento de elegir una titulación universitaria concreta, de la rama de Ingeniería Industrial, pone a su

disposición una «Guía de titulaciones», en su página web corporativa.

Ambas entidades lamentan la falta de información rigurosa por parte de algunas universidades que promueven títulos de Grados en Ingeniería «especialistas», en contra de la legislación vigente en materia de Universidades (R.D. 1393/2007). Un hecho que lleva al

engaño de los estudiantes a la hora de la elección de carrera, que en muchos casos no les ofrecerá el acceso a profesiones reguladas en el ámbito de la ingeniería industrial.

La guía de titulaciones facilita el proceso de comparación y elección a través de un listado de carreras de todo el territorio español. De esta manera los estudiantes pueden seleccionar, en el desplegable habilitado para ello, las titulaciones que deseen y comprobar no solo si dan acceso a profesión regulada y otorgan atribuciones profesionales para firmar sus proyectos de Ingeniería, direcciones técnicas, informes, sino además otra información de interés como las salidas profesionales, la posibilidad de obtención del título de euroingeniero, el acceso a la función pública, o los niveles MECES y EQE, entre otra información. Se trata, en definitiva, de que los estudiantes sean plenamente conscientes de los estudios

que van a elegir. Por ejemplo, en Alicante los únicos grados que dan acceso a profesión regulada y que cumplen los criterios FEANI son:

- En la Universidad Miguel Hernández de Elche: Grado en ingeniería electrónica y automática industrial, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica
- En la Universidad de Alicante: grado en ingeniería química.
- En el Campus de Alcoy de la Universidad Politécnica de Valencia: Grado en química, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica.

Esta situación de engaño es algo que viene denunciando ante el Ministerio de Universidades el COGITI desde años, en aras de la defensa y de la información veraz al estudiante a la hora de elegir una carrera y aprovechar todas las posibilidades que el sistema universitario le ofrece para el acceso a las profesiones reguladas.

**ELIGE TU GRADO DE INGENIERÍA CON TODA LA INFORMACIÓN**

ATRIBUCIONES PROFESIONALES, PROFESIÓN REGULADA, EUROINGENIERO, EMPLEABILIDAD, COLEGIACIÓN

[www.coitalicante.es](http://www.coitalicante.es)**¡TU FUTURO ESTÁ EN JUEGO!**

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS GRADUADOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ALICANTE





## La Fractura eléctrica

Hace casi 7 años publiqué la primera edición de La Fractura eléctrica, como consecuencia de la extraordinaria subida de la parte regulada de la factura (70% desde el 2008-2014), y ahora, y lejos de haber solucionado la enorme carga que representa en el recibo eléctrico la cantidad de impuestos, tasas y cuotas, nos encontramos con que, otra vez la pésima planificación, las propias características del pool mayorista de energía y la dependencia de combustibles fósiles (gas) no solo está disparando la parte liberalizada de la factura, sino que además nos impide cualquier control sobre el mismo.

Ya comentábamos en su día que el sistema eléctrico debía presentar un equilibrio importante en cuatro pilares, que son la fiabilidad y garantía de suministro, economía, que sea bajo en emisiones y que además pueda ser autoabastecido. Sinceramente creo que se han ido dando pasos para conseguir estos objetivos, pero se han hecho, como siempre, sin la más mínima planificación y todo a golpe de ocurrencia y cortoplacismo, lo cual está provocando un enorme desequilibrio en el sistema.

La primera y gran verdad es que el mal dimensionamiento del pool de generación y su desacople con la demanda, sumado a la imposibilidad material de gestión de la misma, está provocando una excesiva utilización de las centrales de ciclo combinado de gas, y que a la postre son las responsables del elevadísimo precio de la electricidad. Y es que el gas ha sufrido un incremento de precio extraordinario en los últimos meses, debido a la recuperación global y al aumento de demanda, sobre todo de los países asiáticos, a lo que hemos de sumar la subida de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, que recauda el Gobierno y que pagamos todos. Y claro, ahora el Gobierno y con parte de razón, culpa de todo esto al sistema marginalista del pool acordado por la Comisión Europea, que como ya sabrán, hace que toda la energía producida se pague al precio de la última tecnología que entra en el mercado, y como se pueden imaginar, esta última es siempre la de los ciclos combinados, que a su vez es la más cara, con lo que el resto de tecnologías productoras de energía están recibiendo unos bene-

ficios caído del cielo (windfall profits), que en realidad y nuevamente salen de todos nuestros bolsillos.

Sin entrar en tecnicismos, y para que sea entendible, el operador del mercado OMIE utiliza un algoritmo llamado EUPHEMIA, que calcula el punto de equilibrio (precio y la cantidad de energía que vende y compra cada uno de los agentes) para cada una de las horas del día siguiente, en función de las ofertas de generación (de menor a mayor precio) y de demanda (de mayor a menor precio). Pues bien, teniendo en cuenta que por precio las primeras fuentes que entran son las renovables (eólica, solar, hidráulica) y la nuclear, cuando no se puede suplir la demanda con estas fuentes, o bien porque no hay suficiente producción renovable o porque la demanda es muy alta, es cuando entran otras tecnologías térmicas no renovables (más caras y que generan emisiones), que al final son las que fijan el precio final.

Lo curioso de esta situación de alza de precios de los últimos meses, es que la demanda es menor que en años anteriores y, sin embargo, la potencia instalada de generación renovable es mayor, así que resulta un poco menos entendible lo que está ocurriendo. Y es cierto que las renovables no son gestionables, y que dependen de condiciones climáticas, como también es cierto que desde el gobierno se ha tratado con buena intención, pero incorrecta ejecución, el tratar de gestionar o dirigir la demanda hacia las horas de menor consumo a través de la tarifa horaria, lo cual resulta una enorme contradicción en sí mismo, y lo explicaré. La demanda energética de las viviendas o los pequeños comercios, oficinas y demás, en un 60-70% aproximadamente es de climatización, y la misma se utiliza como no puede ser de otra forma en las horas más penalizadas por el sistema tarifario. Es decir, que por un lado, y con buen criterio, se favorece la utilización de la bomba de calor eléctrica para los sistemas de climatización (calor y frío) en detrimento de los combustibles fósiles con emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual repito considero muy acertado, pero luego se legisla gravando enormemente su uso, lo que ya no resulta nada comprensible.



Los objetivos que como país tenemos en la transición energética hacia la descarbonización de la economía, no deben ser un lastre, sino todo lo contrario, deben ser un estímulo que nos permita llevar a cabo inversiones que podamos rentabilizar, a la vez que conseguimos mejorar el planeta, y a todo ello habría que sumar un objetivo prioritario que debe ser un precio justo de la energía que permita su llegada y consumo en todos los hogares de nuestro país.

Quizás arrastramos la deficiente planificación del sistema eléctrico que ha venido siendo una tónica general desde el siglo pasado, y que supone que casi el 60% de la factura eléctrica sea de la parte regulada del sistema (costes, tasas, impuestos, subvenciones, déficit), la cual ahora se ha intentado aliviar con la reducción del IVA del 21% al 10%, pero que sigue siendo muy alta en comparación con el resto de países de nuestro entorno. Ahora, además, sumamos un precio de producción eléctrica elevadísimo, al que también han anunciado la eliminación temporal (3er trimestre 2021) del impuesto del 7% que pagan los productores para que pueda trasladarse también a la factura, aunque como decía al principio son medidas cortoplacistas y en ningún caso definitivas o resolutorias de la situación.

Si buscamos soluciones definitivas hay que pensar con la cabeza, y no como se hizo cuando se decidió cerrar, por ejemplo, la Central Nuclear de Garoña

(2017), que ahora mismo paliaría en gran medida el efecto del precio del gas, o cuando de forma muy ligera se está pensando en el cierre del resto de centrales nucleares, sin tener todavía resuelto cómo van a sustituir la energía que producen, o sin tener un modelo de gestión de demanda que permita la incorporación plena de las renovables. Se debe avanzar y mucho en el autoconsumo, se deben explorar otras fuentes de energía y las mismas han de madurar, porque la improvisación y los inventos nos suelen salir muy caros a los de siempre.

Nuestro mayor problema siempre ha sido la enorme dependencia energética del exterior, y ahora lo estamos viviendo en toda su intensidad, porque no solo nos perjudica enormemente en nuestra balanza comercial con el exterior, sino que nos deja superados siempre a los mercados internacionales de energía y nos impide mantener una estabilidad o previsión, lo cual estamos sufriendo también de forma muy importante en el precio de los carburantes.

Es por ello, que debemos seguir trabajando en el eje del autoabastecimiento energético dentro de nuestro sistema, que nos conduzca a mejorar el eje económico, y para ello, se debe ir al ritmo adecuado, sin precipitaciones y consolidando el sistema, y utilizando la ingeniería y la gestión que aporten una visión pragmática, alejada de ideologías o sesgos que puedan poner en riesgo el sistema.



ATRESMEDIA.COM  
17 de septiembre de 2021

## Más de 50 empresas firman el Pacto por la Movilidad Sostenible

La plataforma Empresas por la Movilidad Sostenible ha celebrado su asamblea anual de miembros, donde más de medio centenar de organizaciones han firmado el 'Pacto por la Movilidad Sostenible'.

El documento tiene el objetivo de impulsar el cambio, a través del establecimiento de los 10 principios sobre los que ha de pivotar cualquier compromiso con la movilidad sostenible de cualquier organización, para facilitar la toma de acción y ayudar a establecer acciones conjuntas para la consecución de los objetivos marcados por Europa y a los que nos hemos comprometido como nación.

Los 10 principios del Pacto son:

**Priorizar** - Integrar la movilidad sostenible como parte clave de la estrategia de sostenibilidad de la organización contribuyendo al Pacto Verde Europeo, así como a normativas nacionales e internacionales.

**Planificar** - Establecer planes de movilidad que incluyan la minimización de impactos de la movilidad de empleados y proveedores, así como de productos y servicios.

**Medir** - Establecer indicadores claves que permitan medir, evaluar y mejorar el impacto de la movilidad generada por la organización.

**Mejorar** - Establecer objetivos medibles, alcanzables, relevantes y temporales para reducir los impactos derivados de la movilidad, revisables periódicamente para garantizar la mejora continua y la contribución a la neutralidad climática en el 2050.

**Actuar** - Implementar acciones que minimicen el impacto ambiental de la movilidad de la organización, incluyendo la movilidad de empleados, así como la logística directa asociada a su actividad como la generada por la puesta en el mercado de su producto o servicio.



**Implicar** - Compartir con empleados, clientes y proveedores los objetivos de la organización en términos de movilidad, facilitando su contribución a la consecución de los mismos.

**Asignar** - Dotar de los recursos materiales y humanos, así como designar a un responsable, con el fin de garantizar el seguimiento y cumplimiento de los compromisos establecidos en este Pacto.

**Colaborar** - Impulsar la movilidad sostenible a través de la generación de alianzas con organizaciones clave para alcanzar los objetivos.

**Reportar** - Incluir las acciones y resultados alcanzados en pro de la movilidad sostenible en el informe anual.

**Impulsar** - Comunicar, divulgar y disseminar para generar conciencia que ayude a impulsar cambios hacia una movilidad sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental contribuyendo a los ODS y a la Agenda 2030.

Entre las organizaciones firmantes del Pacto por la Movilidad Sostenible se encuentran **Addares, ADER, AEDIVE, Allianz Seguros, Alfíl Logistics, Alphabet, ALSA, Andamur, ASTIC, Centro Español de Logística, COGITI, Cruz Roja Española, Cycling-Friendly, Decathlon, El Corte Inglés, EMASESA, emovili, envios.es, etecnic, ETRA, EVBox, Fraikin, Fundación Conama, Fundación Juan XXIII Roncalli, Gas & Go, GiC, Ideagenia.com, Inquieto, Midas, Mediapost, Mondial Relay, Monty Bikes, Motorpress Ibérica, NACEX, Norauto y Renault Trucks.**

[https://compromiso.atresmedia.com/ponlefreno/noticias/mas-50-empresas-firman-pacto-movilidad-sostenible\\_2021091761445cf8a1f6b70001a5efab.html](https://compromiso.atresmedia.com/ponlefreno/noticias/mas-50-empresas-firman-pacto-movilidad-sostenible_2021091761445cf8a1f6b70001a5efab.html)

## Las pymes españolas necesitan ayudas públicas para ser más sostenibles, según un estudio elaborado por el CGE

Las pymes españolas necesitan más ayudas públicas, un menor coste a la hora de implementar medidas de desarrollo sostenible y más recursos financieros y humanos para implantar medidas que aumenten su sostenibilidad, según un estudio elaborado por el Consejo General de Economistas (CGE) y el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti) en el que se ha consultado a más de 685 pequeñas y medianas empresas.

Entre las medidas más reclamadas por las empresas en materia de sostenibilidad destaca la reducción del consumo de energía como medida en la que las pymes tratan de poner más esfuerzo, seguida de la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero.

Además, la sostenibilidad, tal y como ha apuntado el presidente del CGE, Valentín Pich, es un "factor clave" para la competitividad de las pymes. "Aquellas que no estén en proceso de implantar políticas responsables se quedarán fuera del mercado, debido fundamentalmente a las expectativas de la sociedad y a las regulaciones que todo ello conlleva", ha aclarado Pich.

### SOSTENIBILIDAD PARA MEJORAR LA IMAGEN PÚBLICA

Asimismo, entre los principales beneficios que las pymes asocian a implantar mejoras en materia de sostenibilidad están la mejora de la imagen y reputación de la empresa, el aumento en la satisfacción de los clientes, el aumento de las ventajas competitivas, la mejora de la motivación entre los empleados y, por último, el aumento en la rentabilidad empresarial.

Por otra parte, las compañías consideran que las medidas que ejercen una mayor presión hacia la sostenibili-



dad del negocio son la concienciación social y medioambiental de los propietarios y/o directivos de la empresa, y el efecto hacia la sostenibilidad que deriva de la legislación social y medioambiental.

### EL 87,9% DE LAS EMPRESAS HA IMPLANTADO EN ALGÚN MOMENTO EL TELETRABAJO

El estudio constata que la actual situación sanitaria creada por la Covid-19 ha provocado una aceleración en la implementación del teletrabajo en las empresas, que ha tenido lugar en el 87,9% de las empresas encuestadas. Además, también se observa un alto porcentaje de compras electrónicas (79,4%), lo que junto a la utilización de páginas web (84,5%) suponen las tecnologías más utilizadas por las empresas.

Por último, el estudio también destaca que las empresas han centrado sus políticas de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) dirigidas a sus empleados en favorecer el desarrollo de su carrera profesional y en posibilitar una flexibilización laboral para permitir conciliar la vida laboral y familiar.



INFORMACION.ES  
20 de octubre de 2021

## Colegios Profesionales, aportando valor a la ciudadanía



La Unión de Colegios Profesionales de Alicante, UPA, asociación cercana a cumplir los **30 años**, se constituyó con el triple objetivo de **promover los valores propios de la institución colegial**, coordinar actuaciones de interés común a las profesiones colegiadas y facilitar servicios a la sociedad, aportando sus conocimientos técnicos con el valor añadido de la exigencia del código deontológico profesional. Agrupa a 37 Colegios Profesionales, que, a su vez, acogen a 40.000 colegiados.

Haciendo un poco de historia, recordamos que **su primera junta directiva estuvo coordinada por el Dr. Sancho Ripoll**, siendo el Dr. Ferré Alemán, su segundo presidente, quienes, al mismo tiempo, fueron, sucesivamente, presidentes del Colegio de Médicos. Las tareas relacionadas con la propia configuración jurídica y social, así como creación de la Confederación de Uniones Profesionales de la Comunidad Valenciana y la integración de los Colegios Profesionales en los Consejos Sociales de las Universidades, **ocuparon tiempo y energía.**

**En plena crisis económica, -año 2008-, el Dr. Carbonell Martínez, presidente del Colegio de Farmacéuticos, asume la dirección de UPA.** A las

tensiones e incertidumbres derivadas de la crisis económica y social, se añaden las previsibles consecuencias negativas derivadas de la aplicación sui generis de la directiva europea de servicios, lo que marcó las actuaciones de UPA en estos años, con una **apuesta decidida por potenciar el valor de los Colegios Profesionales como un bien para la sociedad.** Se da, asimismo, un salto cualitativo y cuantitativo en la comunicación intercolegial por medio de la WEB y sus Hojas Informativas.

**En la actualidad su presidente es Fernando Candela Martínez, decano del ICALI**, quien también coordina las actividades de PROA, -profesionales por Alicante-. En un primer momento, la tan anunciada ley de Servicios y Colegios Profesionales, con su afán desmedido desregulador, anunciaba presagios inciertos para muchas profesiones, por lo que la nueva junta directiva recibió el mandato de que se actuara en defensa de la institución colegial **como un bien para los profesionales y para el conjunto de la sociedad.**

Entre las prioridades actuales de Unión de Colegios Profesionales citamos:



- **wwwLa proyección a la sociedad de una imagen real y positiva** de los Colegios Profesionales, resaltando los valores que estas instituciones aportan a la ciudadanía. Esta acción comporta, asimismo, la apuesta por la transparencia de los Colegios Profesionales, su adecuación a las exigencias de la sociedad de la Inteligencia Artificial, sin olvidar nunca el elemento persona, y la apuesta por la formación continua.

- En coherencia con lo expuesto, **la formación en nuestras instituciones cobra una radical importancia**, lo que se evidencia consultando los planes de formación implementados desde los Colegios Oficiales.

- La **colaboración intercolegial**, a través de la comunicación de experiencias, novedades, formación,... con las Hojas Informativas y, sobre todo, a través de las newsletters. Está en proyecto la edición de la revista PROA, que verá a la luz en estas semanas.

Por último, quisiera destacar el trabajo realizado por los **Colegios Profesionales**, en concreto los

profesionales y el personal de sus oficinas, **en estos tiempos dominados por el COVID-19**, sobre el que debemos estar atentos a fin de evitar perniciosas recaídas.

En estos días, en los que se ultima el acto del **Consejo Social de la Universidad de Alicante de 'Premios 2021'**, vuelve a nuestro recuerdo el acto celebrado en el anfiteatro de la Universidad de Alicante de entrega de los premios del Consejo Social, ya que la Unión de Colegios Profesionales fue galardonada con el premio 'Implicación Social' atendiendo a las múltiples acciones de colaboración, como la acogida de alumnos de prácticas y **sus aportaciones en los planes de estudios**.

Y finalizó el año con el reconocimiento oficial por parte de la Universidad a los profesionales sanitarios por su implicación, más allá de lo imaginable, en la atención a los enfermos de COVID-19 y por su apuesta decidida en la prevención y radicación de la epidemia, otorgándoles **el Premio Maisonnave**. Justo es que, desde estas páginas, reiteremos nuestra gratitud, más allá de aplausos efímeros.

<https://www.informacion.es/empresas-en-alicante/2021/10/24/colegios-profesionales-aportando-ciudadania-58743847.html>



ABC.ES  
28 de noviembre de 2021

## España pierde músculo industrial por la ola inflacionista



Las voces que reclaman desde hace décadas un pacto de Estado por la industria se escucharon más alto el año pasado. Con el sector servicios devastado por la pandemia del coronavirus, una ingente cantidad de economistas y políticos reivindicaron la necesidad de reindustrializar España para depender menos del turismo. Un anhelo caducado apenas un año y medio después. Mientras los servicios vuelven a tirar de la economía, la industria se ahoga en un mar de costes y conflictividad laboral.

La imagen del sector durante los últimos días ha estado marcada por las protestas. Protestas de los trabajadores del metal de Cádiz, que han protagonizado una huelga de más de diez días seguidos para mantener sus derechos laborales. Tras días de angustia, las movilizaciones se han cerrado esta semana con un acuerdo que garantizará subidas salariales de más del 2% para los próximos años.

Pero la herida no se ha cerrado completamente. Empresas y trabajadores temen que en las próximas semanas estallen nuevos conflictos. «Lo que hemos vivido en Cádiz en los últimos días debe tomarse como un toque de atención. Es necesario mejorar las condiciones de determinados empleos, porque si no

las movilizaciones pueden extenderse a otros territorios», explica el presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (Cogiti), José Antonio Galdón.

Lo cierto es que la industria, señalada hace un año como salvavidas económico, vive hoy su particular tormenta perfecta. No solo por la conflictividad social. Aunque en un primer momento la escasez se focalizaba en la falta de microchips, el desabastecimiento ya afecta severamente a casi todo el sector. Y a ello se une el hecho de que los costes energéticos no dejan de subir, lo que ya ha provocado parones de producción en determinadas fábricas. Por si todo ello fuera poco, el runrun de las huelgas se extiende entre los trabajadores, que quieren evitar poder adquisitivo con la nueva ola inflacionista.

La economista de Funcas María Jesús Fernández rechaza la tesis del Cogiti y advierte del «peligro» de propagar los incrementos salariales. «Antes de la crisis de 2008 la inflación permitía a las empresas mejorar sus márgenes. Pero ahora no. Ahora no hay vencedores con esta subida de precios, motivada por nuestra dependencia de las importaciones. Por eso hay que ser cuidadosos al revisar los salarios», opina.

[https://www.abc.es/economia/abci-espana-pierde-musculo-industrial-inflacionista-202111280229\\_noticia.html](https://www.abc.es/economia/abci-espana-pierde-musculo-industrial-inflacionista-202111280229_noticia.html)

ALICANTEPLAZA.ES  
15 de marzo de 2022

## Los retos de 'Alicante Futura' tres años después: posicionar la ciudad y captar empresas y mecenas

La estrategia municipal Alicante Futura, impulsada por el equipo de gobierno del Ayuntamiento de Alicante (el bipartito compuesto por PP y Cs) para fomentar el emprendimiento tecnológico y promover la diversificación del modelo productivo de la ciudad, comienza a hacerse mayor con la intención de mostrar resultados tres años y medio después de su alumbramiento. Tres años y medio en los que la propuesta no ha estado exenta de crítica por lo que respecta a su supuesta competencia con otras iniciativas públicas con fines similares, como el Distrito Digital, o por la presunta ausencia de contenidos, de presupuesto para financiarlos y de avances concretos, como arguyen los partidos del eje progresista representados en la corporación.

Sea como fuere, después de que el alcalde, Luis Barcala, y la edil de Empleo, Mari Carmen de España negasen las acusaciones de rivalidad y apostasen por la cooperación institucional, ambos ofrecieron un primer balance y anticipo de la programación anual de Alicante Futura para desglosar el trabajo realizado hasta ahora -ante representantes empresariales, políticos y sindicales- en aspectos como el impulso de seis clústers o hubs especializados en otros tantos ámbitos concretos: la biotecnología, la economía azul (ligada a la náutica), el sector agroalimentario, las industrias creativas y culturales, la modernización de la administración y los sectores tradicionales. También incidieron en la planificación de ocho centros o Territorios Futura para acercar ese nuevo modelo basado en la tecnología y en la digitalización a otros tantos barrios de la ciudad.

En realidad, la exposición de esos seis clústeres y de los ocho Territorios Futura ya se había dado a conocer en otras comparencias públicas previas, como ya ha informado Alicante Plaza. De hecho, ya se ha anticipado la previsión de que los tres primeros puedan estar operativos en el mes de abril. Se trata del Espacio Vaillo, del Lab Tossal Maker Space y del Centro de Emprendedores de la Calle Cid. De igual modo, Barcala y De España confirmaron el proyecto avanzado por este diario para convertir las dependencias del subparque de bomberos de la calle



Italia en un Gimnasio de Ideas, para añadir que servirá de sede para la implantación del clúster dedicado a la Blue Economy, con la participación y presencia de Aguas de Alicante, entre otras empresas.

Además, tanto Barcala como De España ratificaron la propuesta de rehabilitación del antiguo matadero de la ciudad como centro dedicado al emprendimiento ahora bajo la denominación de Ágora Futura, como revisión del proyecto de la Capçalera d'Innovació impulsada bajo la etapa del extinto tripartito, para el que se continúa buscando financiación con recursos de la Unión Europea (UE) para obtener los cerca de 9,5 millones necesarios para su desarrollo, como también había informado este diario. Y al tiempo, se abundó en la propuesta de ampliación del vivero y lanzadera de empresas Príncipe Felipe con la intención de que llegue a contar con 22 naves, que ya comienza a configurarse como el emplazamiento del clúster dedicado a la biotecnología.

De igual modo, en ese balance, el primer edil y la responsable de Empleo ratificaron la convocatoria del primer congreso anual Alicante Futura, que se desarrollará entre el 4 y el 5 de octubre y aludieron a la celebración de la Mobile Week, entre el 20 y el 23 del mismo mes -también ya anunciada- como otro de los próximos hitos esenciales en el despliegue de la iniciativa. Con todo, al margen de recopilar ese conjunto de pasos ya conocidos, aunque todavía sin reflejo visible sobre su materialización, la convocatoria sí sirvió, como mínimo, para sintetizar y detallar cuáles son los próximos retos que se pretende afrontar en la trayectoria de Alicante Futura en lo sucesivo, después de sus tres primeros años de rodaje



(incluidos los dos de la pandemia). Entre esos objetivos, el principal continúa siendo la finalidad original de la estrategia: generar el marco de condiciones que contribuya a promover ese cambio en el modelo económico de la ciudad para huir del monocultivo del sector servicios y contribuir a generar empleo estable. En esencia, entre los jóvenes, pero también entre los que requieran de un proceso de recualificación para encontrar nuevas oportunidades laborales, según incidió el primer edil, en respuesta a la preocupación sobre los datos del desempleo en la ciudad manifestada por los representantes de UGT y CCOO, Yaisel Sánchez y Paco García, respectivamente, durante el desarrollo de la presentación.

Para ello, al margen de la cooperación institucional con otras iniciativas como el mismo Distrito Digital, según insistió en subrayar Barcala, no solo se pretende trabajar en el fomento del emprendimiento, mediante la implantación de esos Territorios Futura -y la extensión de acciones formativas a desarrollar en ellos-, sino que también resulta necesaria la captación de empresas interesadas en asentarse en la ciudad con la consiguiente oferta de puestos de trabajo. En esa dirección, como ya ha avanzado este diario, se ha concertado la labor de consultoría de 1MilionBot, Grupo Gente y Grupo IDEX, para ejercer labores de diplomacia económica que permitan posicionar a Alicante como ciudad óptima para vivir y trabajar, en la que ya existe un germen de ecosistema tecnológico y digital. Y también mano de obra autóctona con la capacitación necesaria para cubrir los perfiles de empleados que pueda conllevar la instalación de esos nuevos centros de trabajo.

En ese marco es en el que también se encuadra, precisamente, la convocatoria del primer congreso anual Alicante Futura. El fin perseguido con su convocatoria no es otro que situar a la ciudad en el mapa mundial de la economía digital; de algún modo, que el nombre de Alicante aparezca en el radar de las empresas interesadas en expandirse. Por lo pronto, durante el acto, el presidente de la Cámara de Comercio, Juan Riera, también puso a disposición del ayuntamiento las oficinas de la entidad en el extranjero para llevar a cabo misiones comerciales de promoción de la estrategia Alicante Futura con el fin de contribuir a la captación de nuevas empresas foráneas.

En paralelo, se cuenta además con la acción desarrollada por la Oficina de Atracción de Inversiones de la Agencia de Desarrollo Local -a la que se pretende dar un nuevo impulso que pueda reforzar su trabajo-, desde la que se ofrece asesoramiento a los inversores respecto a la disponibilidad de suelo urbano en el que poder asentarse y en la que también se informa sobre los incentivos y bonificaciones fiscales habilitados para favorecer su implantación. Además, también se proporciona información sobre otras cuestiones básicas relacionadas con la llegada a un nuevo lugar de residencia, como los procesos de empadronamiento, de escolarización, la búsqueda de alternativas en el mercado inmobiliario para adquirir o alquilar una vivienda con el fin de facilitar la instalación de los trabajadores que puedan trasladarse a la ciudad. Esa labor de asesoramiento incluye también información sobre disponibilidad de mano de obra cualificada en la provincia, a partir de la formación impartida por la Universidad de Alicante (UA), la Universidad Miguel Hernández (UMH) o las distintas escuelas de negocio asentadas en la ciudad.

Hasta el momento, con esa labor coordinada con otras iniciativas se habría conseguido atraer a más de un centenar de empresas y generar "cerca de 2.200 puestos de trabajo inducidos de manera directa o indirecta" a partir del trabajo conjunto desarrollado desde la estrategia Alicante Futura, la Oficina de Atracción de Empresas, y la labor desarrollada por la Conselleria de Innovación, según concretó el alcalde. Como ejemplo, citó la experiencia desarrollada en 2021 a través de Everis para formar a los 130 trabajadores tras la que se habría conseguido "el 100% de colocación", apuntó.

Y, por último, el tercer gran reto al que se pretende atender ahora, también a través de los nuevos Territorios Futura, es el de captar financiación para el desarrollo de las propuestas innovadoras desarrolladas por emprendedores alicantinos. Así, en la programación de esos centros, se prevé incluir la organización de encuentros mensuales con business angels para poner en contacto a inversores interesados en participar en operaciones de mecenazgo con los precursores de propuestas innovadoras para impulsar el lanzamiento de sus empresas y de sus proyectos.

# Caja de Ingenieros

PROFESIONALES

Queremos que te centres  
en lo que realmente te importa:  
tu negocio



Por eso, te damos las mejores herramientas y todo el apoyo que necesitas  
para que tu proyecto sea un éxito rotundo

## Tu día a día, más cómodo y fácil

- Transferencias nacionales y SEPA sin comisiones y gestión de remesas a través de **Banca ONLINE** y **MOBILE**.
- Ingreso de cheques nacionales y de transferencias sin comisiones.
- Gestión gratuita de la domiciliación del recibo de autónomos de la Seguridad Social y de los pagos de impuesto.
- **Tarjeta Business Crédito** con una línea de crédito más amplia, condiciones exclusivas y sin comisiones siempre que hagas un consumo mínimo de 1.000 euros al año.

## Financiación específica

- **Préstamo ECO Profesional:** hasta 120.000 euros para que mejores la eficiencia energética de tu negocio.
- **Renting:** Cubre tus necesidades logísticas y de desplazamientos según el momento.

## Previsión para un buen futuro

Solicítanos un Estudio de Previsión Personalizado para proyectar tu situación en el momento de la jubilación y que te permitirá elegir los productos idóneos para complementarla.

## Tranquilidad total

Nuestros expertos harán un estudio global de todos tus riesgos, para darte las coberturas adecuadas según tus necesidades específicas y con el mejor servicio posventa.

Que nadie te  
pare, ni a ti ni  
a tu negocio

Descúbrelo en  
[www.cajaingenieros.es](http://www.cajaingenieros.es)



cajadeingenieros



cajaingenieros

COLEGIO OFICIAL DE  
**INGENIEROS GRADUADOS E  
INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES**  
DE ALICANTE



**SEDE CENTRAL ALICANTE**

Avenida de la Estación, 5  
Ap. Correos 1035  
03003 Alicante  
Teléfono 965 926 173  
secretaria.coitia@coitialicante.es

**DELEGACIÓN DE ALCOY**

C/ Goya, 1  
03801 Alcoy  
Teléfono 965 542 791  
delegacion.alcoy@coitialicante.es

[www.coitialicante.es](http://www.coitialicante.es)



@COITIA



coitialicante



COGITIA



cogitialicante  
YouTube



@COITIAlicante