



**Tecnológico  
de Monterrey**

## **Actividad 1.1. Estado del arte y la técnica**

Diseño e implementación de sistemas mecatrónicos MR3002B  
Elvira del Rosario Niño Juárez  
Grupo 501

Carlos Daniel López Montero - A01024473

18 de Abril 2023

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey

### Introducción al estado del arte

Un paso clave en la investigación científica es el conocimiento del “estado del arte”, es decir, el conocer los diferentes trabajos de investigación existentes en la literatura científica relacionados al objeto y enfoque de estudio. El investigador debe tener certeza de que su trabajo, sus resultados, son originales, es decir, que ninguna otra persona antes los haya desarrollado y publicado. Además, el conocimiento del estado del arte permite a académicos y profesionistas mantenerse actualizados en cuanto a conocimientos, técnicas y desarrollos. Para esto, es importante realizar una búsqueda del estado del arte de manera exhaustiva y sistemática. Para ejercitar esto, vamos a realizar una actividad conducida.

Las editoriales científicas ponen a disposición de los lectores bases de datos de los artículos publicados por las mismas. En algunos casos, el lector sólo tiene acceso a información básica (título, datos de indexación, resumen) mientras que en otros el lector puede tener acceso al artículo completo (revistas open Access, o revistas con que nuestra institución tenga contrato). Además, existen agencias de indexación que cuentan con bases de datos a los artículos de las principales editoriales, las plataformas de estas agencias sirven como metabuscadores.

Caso de estudio: En este documento se abordará el estado del arte para un trabajo de integración sobre *Rotational and Controlled Mechanism and transmission system for camera scanner*.

- 1) Se ingresa a la biblioteca digital del Tec. A continuación, se selecciona la opción de “Todas las bases de datos”; para finalizar, se busca y selecciona la plataforma “EBSCO Academic Search Ultimate”.
- 2) Se buscan artículos científicos de nuestro interés utilizando palabras clave. Para este ejemplo, se utilizará la siguiente búsqueda: *camera positioning system*.
  - a) ¿Cuántos documentos aparecen?  
Aparecen 220 documentos
  - b) ¿Puedes leerlos todos y asegurar así que en ninguno se ha publicado una técnica similar a la que tú estudias o desarrollas, o bien, que conoces todas las técnicas existentes?  
No, hay algunos artículos que son de acceso libre o la institución cuenta con acceso a, pero la mayoría son de acceso de paga.
- 3) En el paso anterior se apreció que existen un gran número de trabajos sobre el tema. Por esta razón, se procede a especificar sin limitaciones (es decir, sin eliminar trabajos que sí están cercanamente relacionados a nuestro interés). Para esto, se agrega otra palabra clave, dejando el término de la búsqueda como se muestra a continuación: *camera positioning system AND gimbal*.
  - a) ¿Cuántos documentos aparecen?  
Aparecen 382 documentos.
  - b) ¿Puedes leerlos todos y asegurar así que en ninguno se ha publicado una técnica similar a la que tú estudias o desarrollas, o bien, que conoces todas las técnicas existentes?  
No, hay solo un artículo de acceso libre o la institución cuenta con acceso a, pero la mayoría son de acceso de paga.
- 4) Redefiniendo la búsqueda agregando restricciones. Por ejemplo, en el estudio del estado del arte, es importante considerar artículos de reciente publicación. Se limita la búsqueda a artículos publicados en los últimos 2 años.
  - a) ¿Cuántos documentos aparecen?  
Aparecen 72 documentos.
  - b) ¿Puedes leerlos todos y asegurar así que en ninguno se ha publicado una técnica similar a la que tú estudias o desarrollas, o bien, que conoces todas las técnicas existentes?  
No, hay solo un artículo de acceso libre o la institución cuenta con acceso a, pero la mayoría son de acceso de paga.
- 5) Cuando se realiza un estado del arte, es importante revisar aquellos artículos que han tenido mayor impacto en su línea de investigación. Una forma de observar esta propiedad es revisando el número de citas que ha recibido el artículo en cuestión. A partir de los resultados de la búsqueda en el paso 3, se ordenan los artículos según el número de citas.
  - a) ¿De los artículos obtenidos identifica si alguno(s) te sirve para tu proyecto?  
Se identifican por lo menos 2 artículos relevantes.
  - b) ¿Cuántas citas tienen dichos artículos?  
No se puede acceder a esta información en el buscador seleccionado, sin embargo, de los tres artículos seleccionados el de mayor impacto tiene 7 citas, el segundo tiene 2 citas.

- 6) A menudo, los artículos más citados son revisiones del estado del arte (surveys), tutoriales (que explican un problema o técnica a investigadores que apenas se adentran a la temática), artículos seminales (artículos donde se presenta por primera vez un problema o una técnica), artículos con resultados o herramientas clave (artículos donde se presenta una solución, resultado o herramienta ventajosa a un problema con mucho interés; las herramientas pueden ser software, datasets, benchmarks, metodologías, algoritmos, etc.).
- a) Considerando 1 de los artículos identificados en el paso 4, ¿a qué tipo corresponde?
- Se considera que el primer artículo seleccionado es un artículo con resultados; adicionalmente, la plataforma en la que se publicó lo considera como un artículo de investigación.
- 7) Frecuentemente, se considera a los artículos publicados en revistas como de mayor solidez en comparación con los artículos publicados en conferencias, congresos o seminarios; dado que los artículos publicados en revista siguen un proceso de revisión más riguroso. Entre más prestigio tiene la revista, más difícil es publicar en esta, requiriendo a los autores mayor rigor en su desarrollo y mayor valor en sus resultados.
- c) Identifica 1 artículos de la búsqueda pasada que hayan sido publicados en IEEE Transactions.
- De la búsqueda del paso 3 se identificaron 9 publicaciones realizadas por IEEE Transactions.
- d) Identifica el percentil de cada una de las revistas en que fueron publicados estos artículos.
1. IEEE Transactions on Industrial Electronics - Estimado del 20% o menos
  2. IEEE Transactions on Power Electronics - Estimado del 15% al 20%
  3. IEEE Transactions on Circuits & Systems - No se especifica
  4. IEEE Transactions on Aerospace & Electronic Systems - Estimado del 61.5%
- 8) Resulta conveniente organizar la búsqueda en el estado del arte con la ayuda de tablas. Por ejemplo, puedes elaborar una tabla donde enlistes los artículos que has estado revisando/leyendo y que consideras que sí son relevantes en tu estudio. A continuación, se muestra un ejemplo de dicha tabla.

Título	Autores	Lugar de publicación	Año de publicación	# citas	Tipo de artículo	Keywords	Resultado	Limitaciones
A Novel Self-Tuning Fuzzy Logic-Based PID Controllers for Two-Axis Gimbal Stabilization in a Missile Seeker.	Senthil Kumar, S. and Anitha, G.	International Journal of Aerospace Engineering . 1/13/2021, p1-12. 12p.	2021	7	Artículo con resultados	PID controllers, SELF-tuning controllers, GUIDED missiles, FUZZY logic	El texto describe un nuevo tipo de controlador PID autoajustable basado en lógica difusa para estabilizar un gimbal de dos ejes para un misil guiado. Los resultados de la simulación indican que el sistema responde bien a los controladores PID difusos, cumpliendo requisitos de control que los controladores	El sistema propuesto está diseñado para ser montado en un sistema en movimiento; se debe analizar la factibilidad de pasar a un sistema fijo, se teoriza que el sistema tiene el mismo input. Se dice que los PID del tipo Fuzzy no es adecuado para sistemas con dinámicas no lineales e incertidumbres

							PID convencional es no pueden cumplir.	
LPV Control and Virtual-Sensor-Based Fault Tolerant Strategies for a Three-Axis Gimbal System.	M., Ariel and P., Vicenç	Sensors (14248220). Sep 2022, Vol. 22 Issue 17, p6664. 25p.	2022	2	Artículo con resultados / Tutorial	LPV, PID, LMIs, virtual sensor, gimbal, robotics, mechanical modeling, fault-tolerant control	Este artículo presenta un estudio sobre el control LPV de un gimbal de tres ejes con capacidad de tolerancia a fallos basada en sensores virtuales. Se simplifica para obtener un modelo quasi LPV y diseñan con estructura PID, presentando resultados de simulación para diferentes escenarios.	Sistema de tres ejes en lugar de 2. Uso de sistemas avanzados de control y establecimiento de sensores virtuales (observadores en control de espacio de estados)

9) Elabora un reporte con las referencias a los artículos encontrados en los pasos anteriores, respuestas a las preguntas y tabla del paso 8. Mínimo 1 artículo.

[1]. S. Senthil Kumar, G. Anitha, "A Novel Self-Tuning Fuzzy Logic-Based PID Controllers for Two-Axis Gimbal Stabilization in a Missile Seeker" International Journal of Aerospace Engineering., vol. 2021,, 12 pages, Jan 2021. doi: 10.1155/2021/8897556

[2]. A. Medero and V. Puig, "LPV Control and Virtual-Sensor-Based Fault Tolerant Strategies for a Three-Axis Gimbal System," Sensors, vol. 22, no. 17, p. 6664, Sep. 2022, doi: 10.3390/s22176664.

### Introducción al estado de la técnica

En proyectos de diseño y desarrollo tecnológico, es particularmente útil el que los ingenieros realicen búsquedas sobre diseños y desarrollos relacionados al problema que se está abordando. Una fuente de información importante sobre desarrollos tecnológicos son las oficinas de patentes. A la información existente sobre patentes relacionadas a una aplicación o técnica específica se le denomina estado de la técnica. Para ejercitar este tipo de búsquedas, vamos a realizar la siguiente actividad conducida:

Caso de estudio: *Rotational and Controlled Mechanism and transmission system for camera scanner*  
Utiliza las palabras claves adecuadas a tu proyecto. Buscamos información sobre tecnologías o algoritmos que resuelvan un problema relacionado a tu proyecto.

- Desde un buscador general de tu elección, busca la página de la Oficina de Patentes de EEUU (USPTO). Dentro del sitio de la USPTO, ubica la herramienta de búsqueda de patentes (Patent Public Search). Realiza una búsqueda de patentes con palabras clave relacionadas a la invención (o concepto) de interés: utiliza palabras claves y operadores AND. Palabras clave: *camera AND positioning AND system AND gimbal*

a) ¿Cuántos documentos aparecen?

Aparecen 11578 documentos

- b) ¿Puedes leerlos todos y asegurar así que en ninguno se ha registrado una invención similar a la que tú estudias o desarrollas, o bien, que conoces todas las invenciones existentes relacionadas al problema que estudias?

Se pueden leer todos los documentos, sin embargo, debido a la cantidad que se muestran es imposible leerlos todos; así como algunos no presentan relación alguna con la problemática.

- 2) Identifica al menos 1 resultado que te ayude a la solución de tu problema. Anota el título de la invención y lee el abstract. En cada caso identifica:

- a) ¿Qué problema específico aborda/resuelve la invención?

El nombre de la invención es *Lightweight Stabilized Gimbal Camera Payload For Small Aerial Vehicles*. A pesar de que la solución indica que el sistema está diseñado para su uso en UAS (Unmanned Aerial Systems o Sistemas Aéreos no Tripulados), habla sobre una gimbal que incluye un sistema de payload (para facilitar el montaje del mismo en las UAS), un efector final y componentes motrices; así como una estructura sellada y con espacio para una computadora a bordo.

- b) ¿Es la invención un dispositivo o algoritmo para un sistema que permita posicionar mediante la modificación del Pitch y Jaw en una plataforma de 2 GDL una cámara?

Realizando una lectura rápida del documento, en las imágenes se puede apreciar que el sistema es de 3 GDL (Pitch, Yaw y Roll) por lo que la patente encontrada es adecuada para la aplicación en este proyecto. Además, el diseño compacto y totalmente integrado; así como la adición de una interfaz del tipo payload (de fácil conexión) nos permite tener una idea de cómo diseñar el sistema para que cumpla con el requerimiento de transportabilidad o incluso armado del sistema impuesto por el socio formador.

La herramienta de búsqueda arroja resultados con las palabras clave, aunque estas sólo sean mencionadas una vez. Es por esta razón que muchos de los documentos encontrados en realidad describen aplicaciones diferentes. Para obtener resultados más cercanos a nuestro problema, hay que ser más específicos en la búsqueda.

- 3) Indicar que las palabras clave deben aparecer en el título o abstract. Para esto hay que agregar los términos .ti. para título y .ab. para abstract. Por ejemplo, para buscar documentos con la palabra robot en el título o en el abstract hay que indicar: robot.ti. robot.ab. (con punto antes y después de ti o ab). Así, realiza una nueva búsqueda con las palabras clave forzando a que estas palabras aparezcan en el abstract (con lógica AND). Palabras clave usadas en esta búsqueda: *camera.ti. and positioning.ti. and system.ti. and gimbal.ab.*

- a) ¿Cuántos documentos aparecen?

En este caso solo apareció un documento, sin embargo se puede apreciar que al eliminar la restricción .ab. en gimbal nos proporciona más documentos (aparecen 12; pero el primer documento encontrado ya no figura en la búsqueda).

- b) ¿Puedes leerlos todos y asegurar así que en ninguno se ha registrado una invención similar a la que tú estudias o desarrollas, o bien, que conoces todas las invenciones existentes relacionadas al problema que estudias?

En este caso el único documento encontrado se puede leer sin problemas; sin embargo se teoriza que se debe especificar menos la búsqueda para poder tener una vista general y conocer las diversas técnicas usadas en el ámbito del proyecto.

Si es necesario, puedes limitar la búsqueda agregando más palabras clave con la restricción de búsqueda en el abstract.

- c) ¿Cuántos documentos aparecen ahora?

No se consideró necesaria la búsqueda debido a que al incorporar más palabras con el clasificador .ab. la plataforma no da resultados.

- 4) Es conveniente realizar una tabla con los resultados encontrados, indicando información como la siguiente. A continuación, se muestra un ejemplo de dicha tabla.

Título de la invención	Fecha de registro	Palabras clave	Problema que aborda	Descripción
LIGHTWEIGHT STABILIZED GIMBAL CAMERA PAYLOAD FOR SMALL AERIAL VEHICLES	2022-05-06	Gimbal, camera, system, systems, cameras, gimbals, positioning	La presente invención menciona que uno de los problemas al momento de montar sensores en UAVs es el el balance entre el peso y tener un sensor de alta resolución; también menciona la restricción de movimiento al momento de reducir el tamaño del gimbal, así como el uso de motores brushless como un contribuidor al peso del sistema, así como un punto de ingreso de agua y polvo, entre otros.	Un gimbal configurado para ser implementado en un sistema aéreo no tripulado. El gimbal incluye una interfaz de carga útil (payload); un efector final; una interna y sellos integrados; componentes de accionamiento integrados; y al menos una computadora.
WIRELESS NETWORK CONNECTED CAMERA POSITIONING SYSTEM	2013-04-05	Cameras, gimbal, system, positioning, camera	La presente invención está dirigida al control de un gimbal de una cámara y, en particular, a un sistema para controlar a distancia el gimbal de una cámara estabilizada.	Sistema de control de Gimbal inalámbrico de dos partes: Communication Device y Gimbal controller. El Communication Device manda vía inalámbrica y una dirección única los comandos al controlador y este responde mediante señales de control dependiendo las instrucciones recibidas para lograr movimientos de roll, pitch y tilt. Adicionalmente el sistema puede ser teleoperado por joystick.

- 5) Agrega al reporte las referencias a las invenciones encontradas en los pasos anteriores, respuestas a las preguntas y tabla del paso 4.

[1]. T. Luckaczyk, D. Levy, M. Colonna, "LIGHTWEIGHT STABILIZED GIMBAL CAMERA PAYLOAD FOR SMALL AERIAL VEHICLES" U.S. Patent number 20220355950, Publication date (Nov. 10, 2022).

[2]. A. D.. Ducharme, D. Burroughs, S. L. Ducharme, G. R. Sapp "WIRELESS NETWORK CONNECTED CAMERA POSITIONING SYSTEM" U.S. Patent number 20130321656, Publication date (Dec. 5, 2013).



### **Redacción del estado del arte y de la técnica**

Cuando se redacta la propuesta de un proyecto, es importante describir el estado del arte y de la técnica para dar contexto a la propuesta. En esta sección pondremos atención a la redacción del estado del arte. Caso de estudio: *Rotational and Controlled Mechanism and transmission system for camera scanner*.

- 1) Para desarrollar el estado del arte y de la técnica, el primer paso es hacer una búsqueda tanto de artículos científicos como de patentes sobre tecnologías, investigación y desarrollo de soluciones que se relacionen a la problemática de tu proyecto. Se puede proceder utilizando diferentes palabras clave. La búsqueda arrojará documentos de diferentes disciplinas, desde casos de estudio, de aplicación, de psicología, de medicina, de ingeniería, etc. Conviene organizar la documentación encontrada en forma de tablas, como se describió en las secciones anteriores.
- 2) Para hacer una redacción adecuada, se debe partir del problema general, es necesario hacer una reflexión y buscar información que establezca el problema. Realiza preguntas pertinentes al problema que estás tratando de resolver y trata de encontrar la respuesta con la investigación que has realizado. Puedes buscar estadísticas relacionadas a tu problema.  
Los primeros párrafos de la redacción del estado del arte deben enfocarse en describir el problema a resolver, con datos que nos ayuden a dimensionar el problema y referencias a documentos que soporten tal información. Investigue en la red la respuesta a las preguntas planteadas y redacta un párrafo con esta información, puedes apoyarte de la información que aparece en los artículos científicos. En el caso de requerir datos estadísticos de población, se sugiere hacer búsquedas en el navegador con palabras clave incluyendo la entidad que puede generar esos datos (ejemplo, INEGI, Secretaría de Salud, HWO, UN).
- 3) En segundo lugar, en el estado del arte se debe dar soporte al tipo de desarrollo, entendiéndose como una clase de desarrollos, como propuesta de solución al problema. Es decir, se deben incluir referencias científicas que den soporte a los beneficios, características, aspectos de seguridad, etc que debe contemplar el desarrollo de tu solución.  
Investiga en la red la respuesta a las preguntas señaladas y redacta un párrafo con esta información, puedes apoyarte de la información que aparece en los artículos científicos.
- 4) A continuación, se debe redactar un par de párrafos sobre el estado del arte y de la técnica, agrupando la información en párrafos de acuerdo a temas específicos. Por ejemplo, se puede dedicar un párrafo a describir los artículos encontrados sobre el proyecto que estás desarrollando. En cada caso, se sugiere redactar uno o dos enunciados breves describiendo cada referencia, describiendo el resultado de interés en cada caso.  
En el caso específico de describir desarrollos similares al que se plantea desarrollar en el proyecto, se debe describir sus características clave con detalle a fin de que el lector pueda discernir la diferencia entre el desarrollo referenciado y la propuesta del proyecto.
- 5) Agrega el reporte la redacción de un par de párrafos describiendo referencias del estado del arte como se ha descrito.

### **Introducción a la problemática**

Según Sentido (2019), Multitaskr es un marketplace con servicios orientados al hogar, específicamente orientados hacia el mercado de ADUs (Accessory Dwelling Unit). El proyecto proporcionado por parte de Multitaskr lleva como nombre *Rotational & Controlled Mechanism and Transmission system for camera scanner*, el cual consiste en el diseño e implementación de una base móvil de 2 GDL - pitch and yaw - (grados de libertad) de alta precisión. Este mecanismo debe de poder soportar 4kg y moverse en un rango de  $-45^{\circ}/45^{\circ}$  y  $360^{\circ}$  (en pitch y yaw respectivamente), así como debe de proveer la capacidad de ser de fácil transporte/ensamblaje y una HMI (Human Machine Interface) para poder realizar el control del mismo. Adicionalmente, se sabe que el mecanismo será diseñado para una cámara escáner; la cuál será utilizada para mapear diferentes entornos, específicamente el interior de los hogares.

### **Estado del arte**

Al momento de realizar las investigaciones necesarias, se logró determinar que la mejor opción sería considerar al sistema como un gimbal. Un gimbal ([6] se conoce como un dispositivo estabilizador externo que es utilizado al momento de realizar grabaciones; el objetivo principal de un gimbal es

corregir las vibraciones y/o perturbaciones que tanto el usuario como el ambiente inducen al momento de montar la cámara en una base. A pesar de que el setpoint del gimbal es fijo, es decir, trata de mantener la cámara en una posición especificada, se llegó a la conclusión de que este tipo de sistemas es idóneo para la aplicación debido a que son mecanismos de 3 GDL y el sistema de control puede ser modificado para poder ubicar la cámara dados un ángulo para el yaw y otro para el pitch (lo mismo se puede decir de los GDL, se teoriza que la cinemática y sistemas de control serán en gran parte idénticos debido a que solo se necesita modificar los dos primeros grados de libertad del mecanismo).

Dentro de la investigación realizada se pudo ver que existen dos diferentes técnicas de control del mecanismo; la primera, [1], siendo mediante el uso de controladores PID con Fuzzy Logic (en pocas palabras, un sistema de control que analiza entradas analógicas de forma lógica, permitiendo proveer al sistema de control con “conocimiento” por parte del diseñador en situaciones donde no hay valores falsos o verdaderos; este tipo de control es idóneo cuando se trabaja con sistemas no lineales, así como una capacidad de auto-sintonización) y el segundo mediante el uso de controladores LPV con retroalimentación usando sensores virtuales (el control LPV o Linear Parameter-Varying control, es un tipo de control basado en espacio de estados lineales con parámetros que cambian con el estado o el tiempo; este tipo de modelos también es utilizado en sistemas no lineales y [2] como una alternativa de bajo costo computacional al control Nonlinear MPC). En este caso se decidió utilizar el primer artículo con resultados debido a que lleva un procedimiento paso a paso de cómo definir las ecuaciones que definen al sistema, así como ejemplos de los diagramas de control del sistema, un solo control para todo el sistema (a comparación de controles individuales para cada uno de los GDL del gimbal), así como la habilidad de realizar la sintonización de las ganancias cuando el error es grande, es estacionario, etc. Cabe recalcar que hay una diferencia entre los dos sistemas estudiados en los artículos: el primero es un gimbal cuyo propósito es ayudar a un misil a mantener visión con un objetivo, mientras que el segundo es un gimbal de uso general; así como se considera la opción de implementar técnicas descritas en ambos artículos, por ejemplo, seguir el modelado matemático del gimbal de uso general y aplicar un lazo de control similar al propuesto en el primer artículo.

A lo largo del artículo seleccionado se describe el diseño de los lazos de control para estabilizar el gimbal, la obtención del error o LOS rate ([1] una variable que describe la diferencia entre el rate del movimiento requerido contra el movimiento que los giroscopios del gimbal obtienen). También se describe la modelación matemática de los ejes inerciales presentes en el mecanismo, así como las consideraciones que se deben tomar en cuenta debido a la naturaleza del montaje de este y las fuerzas que se ven involucradas; este modelo se acompaña con el modelo matemático de los motores utilizados y los sensores, los cuales fueron obtenidos a partir de sus especificaciones técnicas. Siguiendo con el desarrollo del artículo, se menciona el diseño y estructura del Fuzzy Controller y la sintonización de las ganancias y parámetros específicos del controlador. Finalmente se muestran los resultados obtenidos mediante simulaciones en MATLAB y las conclusiones obtenidas, de las cuales destacan un lazo de control con un error estacionario nulo, sin sobreimpulso y con tiempos de respuesta más rápidos que los lazos de control convencionales.

### **Estado de la técnica**

Al momento de realizar las investigaciones necesarias se logró encontrar dos patentes que, después de una lectura rápida de las mismas y la interpretación de los dibujos que se muestran en los mismos, se llegó a la conclusión de que lo ideal sería implementar técnicas similares a las descritas en ambas patentes.

La primera patente se llama *LIGHTWEIGHT STABILIZED GIMBAL CAMERA PAYLOAD FOR SMALL AERIAL VEHICLES*. Esta patente se dedica a buscar una plataforma integrada para montar y estabilizar una variedad de sensores a un UAV mediante un mecanismo de 3 GDL; [3] esta restricción logra que el producto sea compacto, totalmente integrado y con una instalación libre de herramientas mediante la implementación de una interfaz de contactos eléctricos para poder realizar la conexión eléctrica y de comunicación más sencillas. Otra de las consideraciones a tomar es que en el desarrollo de la patente, [3] se estableció que para poder cumplir con la restricción de peso y de tamaño se decidió utilizar un diseño que utilizará motores dc con motorreductores y engranajes en la misma estructura. En conclusión este invento nos provee con puntos de diseño que nos permiten cumplir con el requerimiento de que el mecanismo final sea de fácil almacenaje/ensamblaje, así como de la oportunidad de reutilizar el mecanismo para diferentes sensores debido a que el eje del pitch está diseñado para ser un efector final al que se le añaden los sensores.



La segunda patente se llama *WIRELESS NETWORK CONNECTED CAMERA POSITIONING SYSTEM*. Esta patente aborda el diseño de un gimbal para el uso con cámaras, y al igual que el mecanismo pasado, este sistema basa su funcionamiento en un gimbal de 3 GDL. A diferencia de la patente anterior, este sistema no cuenta con restricciones de tamaño y peso, si no basa más su planteamiento en un sistema de comunicación inalámbrica entre una base de control ([4] la cuál tiene la capacidad de mandar comandos predefinidos/programados, así como la opción de implementar el control del gimbal mediante un joystick) y el controlador del gimbal, el cual tiene todos los componentes necesarios para realizar el control del mismo. De este controlador destacan el uso de 3 diferentes tipos de sensores para poder corregir el error de la posición requerida; estos sensores son un magnetómetro de 3 ejes, giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes. Lo que más se puede rescatar de esta patente es el sistema de control inalámbrico, el cuál puede permitir tener un microcontrolador adicional o una estación de ingeniería/trabajo responsable de enviar las instrucciones de posición al mecanismo; mientras se infiere que se puede usar cualquier protocolo de comunicación, en la patente [4] se propone el uso de una estructura similar a la de Internet Protocol (o una dirección IP) por lo que se podrían tener varios sistemas para proveer una redundancia al socio formador.

### Referencias

- [1]. S. Senthil Kumar, G. Anitha, "A Novel Self-Tuning Fuzzy Logic-Based PID Controllers for Two-Axis Gimbal Stabilization in a Missile Seeker" *International Journal of Aerospace Engineering*, vol. 2021,, 12 pages, Jan 2021. doi: 10.1155/2021/8897556
- [2]. A. Medero and V. Puig, "LPV Control and Virtual-Sensor-Based Fault Tolerant Strategies for a Three-Axis Gimbal System," *Sensors*, vol. 22, no. 17, p. 6664, Sep. 2022, doi: 10.3390/s22176664.
- [3]. T. Luckaczyk, D. Levy, M. Colonna, "LIGHTWEIGHT STABILIZED GIMBAL CAMERA PAYLOAD FOR SMALL AERIAL VEHICLES" U.S. Patent number 20220355950, Publication date (Nov. 10, 2022).
- [4]. A. D. Ducharme, D. Burroughs, S. L. Ducharme, G. R. Sapp "WIRELESS NETWORK CONNECTED CAMERA POSITIONING SYSTEM" U.S. Patent number 20130321656, Publication date (Dec. 5, 2013).
- [5] "Why Multitaskr," *Multitaskr*. [Online]. Available: <https://gomultitaskr.com/about/>.
- [6] A. D. Blois, "Gimbal: Top recomendaciones," *Blog del Fotógrafo*, Apr 2023. [Online]. Available: <https://www.blogdelfotografo.com/gimbal/#:~:text=Un%20gimbal%20es%20un%20estabilizador,la%20c%C3%A1mara%20durante%20una%20grabaci%C3%B3n>.
- [7] S. C, "Control fuzzy," *Control Automático Educación*, 16-Apr-2021. [Online]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/control-fuzzy-mamdani-simulink/>.