

Sres.

Superintendencia de Industria y Comercio Dirección de Nuevas Creaciones

E. S. D

Re: Expediente No. NC2022/0011612

Solicitud de patente de invención titulada: "PROCESO IMPLEMENTADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA ESTIMACIÓN DE DISTANCIAS SUBMARINAS"

Solicitantes: UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

RESPUESTA AL OFICIO No. 20539 de 20 de noviembre de 2025

(PRIMER EXAMEN DE FONDO)

FREDY SÁNCHEZ MERINO, mayor de edad y vecino de Barranquilla, identificado tal como aparece al pie de mi firma, en mi carácter de apoderado de las instituciones solicitantes, me permito manifestar lo siguiente ante el auto emanado por ese Despacho, dentro del plazo legal previsto en el artículo 45 de la Decisión 486, en los siguientes términos:

1. Nos permitimos dar respuesta al Oficio No. 20539 de 20 de noviembre de 2025, dentro del término legal establecido. En atención a las observaciones formuladas por la Dirección de Nuevas Creaciones en relación con la claridad, coherencia interna y sustentación del capítulo reivindicatorio, el solicitante ha procedido a presentar una versión enmendada de dicho capítulo, con el fin de garantizar su plena correspondencia con la descripción y asegurar el cumplimiento de lo dispuesto en los artículos 28 y 30 de la Decisión 486 de 2000.

Ajustes al Capítulo Reivindicatorio

En la versión enmendada, la reivindicación independiente ha sido reorganizada y reformulada de manera integral, de modo que en un único cuerpo reivindicatorio se integran de forma expresa y ordenada las etapas esenciales que definen el proceso implementado por computador para la estimación de distancias. Esta reorganización responde a la necesidad de reflejar con mayor claridad la secuencia lógica y funcional de las operaciones técnicas involucradas, evitando la dispersión de características esenciales.

De manera particular, la nueva redacción define con precisión la sucesión de etapas técnicas relativas a:

Captación de imágenes: La obtención de una imagen bidimensional mediante un sensor óptico (cámara).

Procesamiento y extracción de parámetros: El cálculo técnico de valores específicos como el nivel de estrés de píxeles, la varianza del operador laplaciano, el valor promedio de la matriz y el nivel de varianza normalizado.

Ejecución de inferencia: El ingreso de dichos parámetros como señales de entrada a una red neuronal artificial multicapa prealimentada.

Generación de resultado físico: La obtención de un valor numérico que representa una magnitud física real: la distancia estimada en centímetros.

Con ello, se refuerza la comprensión del método como un procedimiento técnico y no como una simple operación de software genérica, estableciendo una relación funcional clara entre la captura de datos del entorno y la generación de una medición precisa.

Fortalecimiento de la Suficiencia Descriptiva (Art. 28)

Paralelamente, se ha procedido a fortalecer el capítulo descriptivo de la solicitud para asegurar que la divulgación permita a una persona normalmente versada en la materia ejecutar la invención de manera reproducible. Se ha precisado el problema técnico relacionado con las dificultades de medición en entornos submarinos (refracción y dispersión de la luz) y cómo la solución propuesta, al extraer parámetros derivados del comportamiento de los píxeles, supera las carencias de los métodos ópticos convencionales o de sensores activos.

Se describe ahora de manera pormenorizada la mejor manera de llevar a la práctica la invención, detallando la configuración de la red neuronal (nodos de entrada, capa oculta y salida) y los algoritmos de integración y optimización utilizados, tales como el algoritmo de Adam.

Estas modificaciones no implican la incorporación de nueva materia, sino que consisten exclusivamente en la precisión y sistematización de información técnica ya contenida en la naturaleza de la invención originalmente divulgada, cumpliendo con el artículo 34 de la normativa comunitaria.

2. En cuanto a los ajustes introducidos, se deja constancia de que ninguno de ellos implica la incorporación de materia adicional ni excede el contenido originalmente divulgado, en estricto cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 34 de la Decisión 486. En particular, se armonizó la redacción general de la memoria descriptiva con el fin de precisar la secuencia técnica del método automatizado propuesto, incluyendo las etapas de:

Captura de imágenes bidimensionales de objetos sumergidos mediante sensor óptico.

Extracción y procesamiento de parámetros técnicos derivados de la distribución de píxeles, específicamente: nivel de estrés de píxeles, varianza del operador laplaciano, valor promedio de la matriz de imagen y nivel de varianza normalizado.

Análisis mediante una red neuronal artificial multicapa para la determinación del valor numérico de la distancia estimada en centímetros.

Asimismo, se clarificaron los parámetros operativos y criterios técnicos asociados al procesamiento de la imagen, tales como el filtrado por kernel para el estrés de píxeles, el cálculo de la desviación estándar elevada al cuadrado para la varianza del laplaciano y la aplicación de la segunda derivada para el promedio de la matriz, todos ellos ya descritos o derivados de la lógica técnica de la versión inicial de la solicitud.

De igual forma, se ajustó la redacción de las reivindicaciones dependientes con el propósito de asegurar su plena correspondencia con la descripción, precisando el carácter preferente de determinadas modalidades de ejecución, como el uso de una arquitectura de cuatro nodos de entrada y una capa oculta, la implementación del algoritmo de optimización de Adam como extensión del descenso de gradiente, y el empleo del algoritmo de errores medios cuadráticos para la determinación de pérdidas, sin alterar en ningún caso el alcance técnico originalmente divulgado.

Estas modificaciones constituyen ajustes meramente aclaratorios y de orden sistemático, destinados a mejorar la claridad reivindicatoria, la suficiencia descriptiva y la coherencia tripartita entre descripción, reivindicaciones y figuras, sin modificar la naturaleza, finalidad ni alcance técnico de la invención en el entorno submarino. En consecuencia, el contenido del expediente subsanado se mantiene plenamente dentro del marco normativo aplicable y respeta de manera estricta las limitaciones establecidas por el artículo 34 de la Decisión 486.

En este contexto, y frente a la observación específica formulada por la Oficina en relación con la supuesta falta de claridad de la reivindicación asociada al método (particularmente por considerar que ciertos elementos constituyen "configuración de software" y no pasos técnicos, y por la alegada omisión de detalles esenciales de implementación) resulta necesario abordar de manera expresa el alcance jurídico de las modificaciones admisibles durante el trámite. En efecto, si bien el solicitante ha procedido a reorganizar y precisar el capítulo reivindicatorio para reflejar una secuencia de pasos técnicos ordenados, no toda exigencia de mayor detalle puede satisfacerse mediante la incorporación de parámetros técnicos que no se encontraran implícitos en la divulgación inicial. A continuación, se expone de forma detallada el marco jurídico aplicable a la suficiencia descriptiva alcanzada y la imposibilidad de introducir elementos que excedan la técnica originalmente divulgada, conforme al artículo 34 de la Decisión 486 y la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina.

3. En relación con la observación formulada por esta Oficina respecto a la supuesta falta de carácter técnico de la invención bajo el literal e) del artículo 15 de la Decisión 486, el solicitante aclara que la presente invención no constituye un "programa de ordenador como tal". Por el contrario, se trata de una Invención Implementada por Computador (IIC) que resuelve un problema técnico real en el mundo físico mediante una solución que produce un efecto técnico trascendente.

A. Existencia de un Problema Técnico y una Solución Técnica

La invención no se limita a una configuración algorítmica abstracta. El problema técnico abordado se sitúa en el ámbito de la física óptica y la navegación submarina, donde los métodos convencionales de medición (sensores activos, láser, ultrasonido) fallan debido a las condiciones de refracción, dispersión y turbidez propias del medio acuático.

La solución técnica propuesta no es el "software", sino el procedimiento de transformación de datos que permite convertir señales captadas del entorno físico (imágenes bidimensionales) en una magnitud física real y verificable (distancia en centímetros).

B. Carácter Técnico de las Etapas del Proceso

A diferencia de un programa de ordenador "como tal", cuya ejecución solo produce cambios internos en el procesador, las etapas reivindicadas en el presente método poseen una clara connotación técnica:

Captación de datos del entorno: Se requiere de un sensor óptico (cámara) para interactuar con el entorno físico submarino.

Procesamiento de magnitudes físicas: La extracción de parámetros como el nivel de estrés de píxeles y la varianza del operador laplaciano no son operaciones lógicas abstractas, sino métricas técnicas que representan el comportamiento de la luz y la nitidez en un medio físico específico.

Resultado con efecto técnico: El valor generado en el nodo de salida (distancia) es una variable crítica para la operación de vehículos operados remotamente (ROV) y drones submarinos, permitiendo la manipulación de objetos y la navegación segura en entornos sumergidos.

C. Inaplicabilidad del Artículo 15 literal e)

La jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina ha sido reiterada en señalar que una invención que utiliza un programa de computador como medio para alcanzar un efecto técnico no se encuentra excluida de la patentabilidad. En este caso, la red neuronal y su configuración son solo herramientas instrumentales para ejecutar un proceso de medición física que de otro modo sería inalcanzable.

En consecuencia, al estar la invención dirigida a la obtención de una medición física mediante el tratamiento de señales ópticas en entornos complejos, el objeto de la reivindicación 1 posee el carácter técnico necesario para ser considerado una invención bajo los términos del artículo 14 de la Decisión 486, superando la exclusión del artículo 15.

4. Conclusión

A la luz de los argumentos técnicos y jurídicos desarrollados a lo largo del presente escrito, y conforme a los criterios interpretativos reiteradamente establecidos por el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en la aplicación de los artículos 16 y 18 de la Decisión 486 de 2000, se concluye que la invención reivindicada en la solicitud NC2022/0011604 cumple plenamente con los requisitos sustantivos de patentabilidad exigidos por la normativa comunitaria andina.

En relación con el requisito de novedad, se ha demostrado de manera clara, suficiente y técnicamente fundamentada que ninguno de los documentos citados por la Oficina (KR20190114937 y CN113192363), considerados de forma individual, revela de manera directa, completa, inequívoca y unitaria la configuración técnica del proceso de estimación reivindicado. En particular, el estado de la técnica no divulga un procedimiento que integre simultáneamente:

La captación de imágenes bidimensionales de objetos sumergidos mediante un sensor óptico pasivo, sin auxilio de sensores activos de rango.

La extracción de una firma técnica compuesta específicamente por el nivel de estrés de píxeles, la varianza del operador laplaciano, el valor promedio de la matriz de imagen y el nivel de varianza normalizado.

La ejecución de una inferencia mediante una red neuronal artificial multicapa prealimentada que procesa dichos cuatro parámetros específicos como señales de entrada técnicas.

La generación de un valor numérico representativo de una magnitud física real: la distancia estimada en centímetros.

En consecuencia, no se configura anticipación alguna en los términos del artículo 16 de la Decisión 486, pues las soluciones del estado de la técnica dependen obligatoriamente de sensores láser, ultrasonido o sistemas de tiempo de vuelo (TOF), elementos que la presente invención prescinde para resolver el problema técnico planteado.

Asimismo, en lo que respecta al requisito de nivel inventivo, se ha acreditado que la solución técnica reivindicada no resulta evidente para una persona versada en la materia. Los documentos citados responden a problemas técnicos distintos y utilizan enfoques incompatibles: mientras que la técnica anterior busca optimizar la precisión de sensores activos, la presente invención propone un cambio de paradigma técnico al basar la medición exclusivamente en el comportamiento estadístico y espacial de los píxeles en un medio acuático.

La invención introduce una configuración no trivial en la que la selección de los parámetros de entrada y la arquitectura de la red neuronal cooperan para producir un efecto técnico no previsible, consistente en la capacidad de estimar distancias fiables en entornos submarinos afectados por la refracción y dispersión de la luz, sin recurrir a estereovisión ni a sensores externos. Este resultado cualitativamente distinto no se desprende de manera evidente de la combinación de la técnica anterior, la cual requeriría de un razonamiento retrospectivo (ex post facto) para ser vinculada al presente proceso.

Finalmente, se ha demostrado que la invención no se encuentra excluida por el artículo 15 literal e), al ser una solución técnica concreta y reproducible que transforma señales del mundo físico en datos de navegación verificables, poseyendo una clara aplicación industrial en la operación de vehículos submarinos operados remotamente (ROV) y drones.

En virtud de todo lo anterior, se solicita respetuosamente que la Superintendencia de Industria y Comercio tenga por debidamente atendidas las observaciones formuladas y, en consecuencia, continúe el trámite hacia la concesión de la patente solicitada

Atentamente,



Fredy S. Merino

C.C. 1043177293

T.P. 268742 del C.S. de la J.

Anexos: pliego reivindicatorio y capítulo descriptivo modificados.

PROCESO IMPLEMENTADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA ESTIMACIÓN DE DISTANCIAS SUBMARINAS

Campo de la invención

La presente invención pertenece al sector tecnológico del procesamiento digital de imágenes implementado por computador, aplicado a la estimación de distancias en entornos submarinos. En particular, se relaciona con métodos técnicos que emplean modelos de aprendizaje de máquina para procesar imágenes captadas por cámaras y generar valores numéricos representativos de distancias entre objetos sumergidos.

15 Estado de la técnica

Se encontró la patente KR20190114937 "Método para medición de distancias en esquema TOF y sistema de conducción autónomo para el mismo ". Se describen un método de medición de distancia que usa un esquema TOF y un sistema de conducción autónomo que usa el mismo. De acuerdo con la presente especificación, una cámara TOF comprende:

20 una unidad emisora de luz que emite un haz láser que tiene un primer ancho de pulso; una unidad receptora de luz que incluye una pluralidad de celdas, donde cada celda emite una primera señal y una segunda señal proporcional a la cantidad de luz incidente y cambia, en 180 grados, un primer punto de detección de tiempo de la primera señal de un segundo punto de detección de tiempo de la segunda señal basada en el primer ancho de pulso; y

25 un procesador que calcula una distancia por un esquema TOF basado en la primera y segunda señal emitida por la luz unidad receptora.

También se encontró la patente CN113192363 "Método de cálculo de borde de datos de video basado en algoritmo de inteligencia artificial". La invención divulga un método de cálculo de borde de datos de video basado en un algoritmo de inteligencia artificial. El

30 método comprende los siguientes pasos específicos de S1, recopilar un flujo de video de conducción mediante el uso de una cámara y recopilar la distancia entre un peatón y un vehículo y un vehículo donde se encuentra un usuario mediante el uso de un sensor de medición de distancia láser; y S2, la placa de desarrollo adopta un algoritmo YOLO para procesar los datos recopilados y se marca un objeto objetivo; los datos detectados por el

35 sensor de rango láser y recopilados por la cámara en el paso S1 y el resultado después del

- 5 procesamiento de datos en el paso S2 se retroalimentan a la pantalla de visualización y al dispositivo de alarma para su procesamiento.

Ninguna de las soluciones encontradas presenta ventajas técnicas suficientes y por tanto resuelve el problema técnico planteado como la invención provista. Los métodos para la medición de distancias basadas en el tiempo de recorrido de una
10 señal (IR, ultrasonido, láser, etc.) presentan carencias cuando se trata de entornos submarinos, debido a que el medio acuático altera las condiciones de reflexión y refracción de la luz, asimismo, las corrientes submarinas también influyen significativamente en el recorrido de la luz, alterando los cálculos usados en métodos de este tipo.

- 15 Como ventajas técnicas principales de la invención propuesta, se pueden señalar la posibilidad de estimar distancias en entornos submarinos sin necesidad de sensores, bastando una cámara o cualquier dispositivo que permita la captura de imagen en video. La invención realiza la estimación en directo, usando un algoritmo de inteligencia artificial, sin que se necesite estereovisión, siendo capaz de reflejar
20 de manera inmediata y constante la distancia que existe entre la cámara y el punto focal. Ello se traduce en una mejora significativa de las operaciones en entornos submarinos, desde el manejo de drones o vehículos no tripulados, hasta la manipulación de entes biológicos en el entorno.

- De los documentos citados se desprende que las soluciones del estado de la técnica
25 dependen de sensores activos adicionales, tales como emisores láser o sistemas de tiempo de vuelo, o bien de la combinación de cámaras con sensores externos de medición. Ninguno de dichos documentos describe ni sugiere un procedimiento técnico en el cual la estimación de distancia se realice exclusivamente a partir del procesamiento de imágenes bidimensionales captadas por una cámara, mediante
30 la extracción de parámetros derivados del comportamiento de los píxeles y su posterior inferencia a través de una red neuronal artificial. En consecuencia, el estado de la técnica no permite resolver de manera efectiva el problema técnico de

- 5 estimar distancias en entornos submarinos sin recurrir a sensores activos ni a configuraciones de estereovisión.

Breve descripción de la invención

La invención se orienta a resolver el problema técnico consistente en estimar de manera fiable y en tiempo real la distancia entre una cámara y un objeto en entornos submarinos, donde los métodos ópticos convencionales basados en tiempo de vuelo, estereovisión o sensores activos presentan imprecisiones debido a la refracción, dispersión de la luz y movimiento del medio acuático. La solución técnica propuesta consiste en un proceso implementado por computador que capta imágenes bidimensionales, extrae parámetros técnicos derivados de la distribución y variación de los píxeles, y procesa dichos parámetros mediante una red neuronal artificial para generar un valor numérico representativo de la distancia estimada.

La invención provista permite la estimación de distancias submarinas haciendo uso de un modelo de aprendizaje automático de máquina previamente entrenado, el cual es utilizado durante el proceso de estimación de distancias, a varias distancias, de tal forma que la inteligencia artificial (IA) recibe como entradas de información los niveles de estrés de los píxeles a través de un filtro laplaciano y finalmente entrega el valor de la distancia entre los objetos.

25

Breve descripción de las figuras

Figura 1. Muestra un diagrama de flujo del proceso.

30 **Figura 2.** Muestra un diagrama de “caja negra” donde se exponen la entrada y salida del método.

5 Descripción detallada de la invención

El cálculo de distancias submarinas entre dos objetos cualesquiera implica dificultades debido en gran medida al grado de intervención humana, así como a los movimientos generados por las corrientes marinas. Ello implica que los métodos actuales conlleven elevados costos y una gran infraestructura cuya implementación en ese medio incrementa el riesgo por errores.

En una forma de realización preferida, el proceso para la estimación de distancias se ejecuta conforme a la siguiente secuencia técnica. En primer lugar, se capta al menos una imagen bidimensional de un objeto sumergido mediante una cámara. A continuación, la imagen captada es procesada por computador para extraer parámetros técnicos que comprenden el nivel de estrés de los píxeles, la varianza del operador laplaciano, el valor promedio de la matriz de imagen y un nivel de varianza normalizado. Posteriormente, dichos parámetros son ingresados como señales de entrada a una red neuronal artificial multicapa prealimentada. La red neuronal ejecuta una inferencia sobre los parámetros ingresados y genera, como resultado, un valor numérico representativo de la distancia estimada entre la cámara y el objeto, expresado en centímetros.

La invención resuelve el problema planteado, haciendo uso de un modelo de aprendizaje automático de máquina, entrenándola con el posicionamiento de un objeto a varias distancias, de tal forma que la inteligencia artificial (IA) recibe como entradas de información los niveles de estrés de los píxeles a través de un filtro laplaciano y finalmente entrega el valor de la distancia entre los objetos.

En una modalidad preferida de la invención, la IA comprende en una red neuronal multicapa con cuatro nodos de entrada, una capa oculta y un nodo de salida. La secuencia general que sigue la inteligencia, inicia con la captura de la imagen y culmina con la identificación del valor numérico de la distancia.

La función de integración se implementa mediante una función de compilación complementada con el algoritmo de optimización de Adam, que es una extensión del descenso de gradiente estocástico, el cual se usó como base en este método de aprendizaje de máquina. El entrenamiento del programa comprende básicamente dos datos de entrada para poder calcular la distancia focal: la distancia del objeto a la cámara y la dimensión del objeto (alto por ancho). Asimismo, se aplica un algoritmo de errores medios cuadráticos para determinar las pérdidas del método.

- 5 Los cuatro parámetros de entrada se extraen a partir de las imágenes que se obtienen de una cámara y se caracterizan de la siguiente forma.

El primer nodo recibe el nivel de estrés de píxeles es filtrado por un kernel de una dimensión, en el eje X y el eje Y, y se realiza un promedio con los valores de las dos matrices obtenidas. Esta media será el primer valor de entrada a utilizar.

- 10 El segundo nodo recibe la varianza del laplaciano sobre la imagen, que se obtiene a partir del cálculo del laplaciano, lo que indica la magnitud del estrés de los píxeles. Luego se calcula la desviación estándar de la matriz, cuyo valor se eleva al cuadrado para obtener la varianza.

- 15 El tercer nodo recibe el valor promedio de la matriz que se obtiene a partir de la segunda derivada en cada uno de los ejes, los cuales se elevan al cuadrado y se suman.

El cuarto nodo recibe la varianza normalizada que se obtiene tomando como fuente la imagen en escala de grises de la que se determina la desviación estándar promediada.

La capa oculta recibe toda la información de los nodos de entrada y la procesa.

- 20 Los resultados son entregados por la capa de salida en un valor numérico de distancia en unidades de centímetros.

- 25 La invención es susceptible de aplicación industrial, ya que el proceso descrito puede ser implementado en sistemas computacionales integrados a cámaras utilizadas en operaciones submarinas, tales como vehículos operados remotamente, drones submarinos, plataformas de inspección, monitoreo ambiental o manipulación de organismos y estructuras sumergidas, permitiendo la estimación de distancias de manera repetible y verificable.

REIVINDICACIONES

1. Proceso implementado por computador para la estimación de distancias a partir de imágenes, caracterizado porque comprende las etapas de:

- a) captar, mediante una cámara, al menos una imagen bidimensional de un objeto;
- b) procesar la imagen captada para extraer parámetros técnicos que comprenden al menos: nivel de estrés de píxeles, varianza del operador laplaciano, valor promedio de la matriz de imagen y nivel de varianza normalizado;
- c) ingresar dichos parámetros como señales de entrada a una red neuronal artificial multicapa prealimentada, que comprende al menos cuatro nodos de entrada, una capa oculta y un nodo de salida;
- d) ejecutar la inferencia de la red neuronal sobre los parámetros ingresados; y
- e) generar, en el nodo de salida, un valor numérico representativo de la distancia estimada del objeto, expresado en centímetros.

2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la red neuronal artificial se ejecuta dentro de un entorno de desarrollo integrado implementado por computador.
3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procesamiento de la imagen comprende el cálculo de métricas estadísticas y espaciales sobre la distribución de intensidades de píxeles.
4. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la inferencia de la red neuronal se realiza utilizando parámetros previamente entrenados fuera del proceso de estimación.
5. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la estimación de distancia se aplica en entornos submarinos.