

Reivindicaciones

Se reivindica:

1. Un mecanismo de compensación y eliminación del juego mecánico (*backlash*) para transmisión de cadena—piñón en vehículos con arquitectura de dirección deslizante (*Skid-Steering*), conformado por los módulos tren motriz del vehículo y sistema de suspensión; donde el primer módulo comprende una carcasa (S4) en donde va montado el tren motriz, un motor (S8) y un piñón de transmisión (S5) de la cadena; el segundo módulo se encuentra compuesto por tijeras (S2) (una por cada rueda), el piñón de transmisión de potencia a la rueda (S6 y S7) y el sistema de amortiguación (S1); y las cadenas (II) van montadas desde el piñón de transmisión del motor (S5) al piñón de transmisión de la rueda (S7 y S6).
2. El mecanismo de compensación y eliminación de juego mecánico reivindicado en 1, caracterizado por que los amortiguadores del sistema de suspensión (I) y el sistema de ajuste (VI) tensan y distienden el amortiguador, regulando la longitud del mismo (carrera útil, IV) para un punto de operación; la fuerza del peso del vehículo actúa en el sistema de suspensión, compensando el juego mecánico (*backlash*).
3. El mecanismo de compensación y eliminación de juego mecánico reivindicado en 1, caracterizado por incluir el sistema de transmisión de cadena-piñón dentro de las tijeras (V), unidas al eje en donde pivota el sistema de amortiguación (S10); las tijeras (S2), tanto la delantera como la trasera, tienen como pivote el mismo eje del chasis (III).
4. El mecanismo de compensación y eliminación de juego mecánico reivindicado en 1, caracterizado por que la compensación es de tipo pasivo y donde el ajuste de la suspensión, funciona mediante una tuerca (S12) que comprime o libera un resorte (S13) que cumple la función de amortiguador.
5. El mecanismo de compensación y eliminación de juego mecánico reivindicado en 1, caracterizado por que el sistema de ajuste (VI) del amortiguador está operado por un actuador que compensa automáticamente la tensión de la cadena (II) a través de un sistema de control retroalimentado.
6. El mecanismo reivindicado en 5 caracterizado porque el sistema de compresión y descompresión (VI) del amortiguador está operado por un actuador neumático (S15) que modifica la carrera útil (IV) del sistema para tensar o distender la cadena (II).
7. El mecanismo reivindicado en 5 caracterizado porque el sistema de compresión y descompresión (VI) del amortiguador está operado por un actuador hidráulico (S15) que modifica la carrera útil (IV) del sistema para tensar o distender la cadena (II).
8. El mecanismo reivindicado en 5 caracterizado porque el mecanismo de ajuste (VI) está accionado por un motor eléctrico (S21) el cual comprime y descomprime el resorte del amortiguador, para así tensar o distender la cadena (II).
9. El mecanismo reivindicado en 5, 6, 7, y 8 caracterizado porque un sensor mide la fuerza de tensión de la cadena (T) y, con un micro controlador o unidad de procesamiento, regula el accionamiento del actuador (P2, P3) automáticamente.
10. El mecanismo reivindicado en 9 caracterizado porque los datos medidos por los sensores, son enviados por medio de un protocolo TCP/IP a una nube montada en un servidor y la regulación del accionamiento del actuador (P2, P3) automática se realiza con base en una tensión de referencia previamente ingresada por medio de una conexión inalámbrica y una interfaz humano-maquina- *HMI*.

Mecanismo de eliminación de juego mecánico (*backlash*) para transmisión de cadena -piñón en vehículos con arquitectura de dirección deslizante (*Skid-Steering*).

Sector tecnológico.

La presente invención está relacionada con un mecanismo pasivo de eliminación de juego mecánico (*backlash*) para transmisión de cadena en vehículos terrestres con arquitectura de dirección deslizante (*skid-steering*), que busca resolver tareas de transporte de materiales de forma autónoma en ambientes de manufactura estructurados y no estructurados donde las cargas a transportar se pueden considerar como estáticas

Antecedentes – Estado del Arte.

Existe un gran número de máquinas y dispositivos que usan transmisiones por cadena y, en general, estas suelen presentar *backlash* o juego mecánico. Este problema se presenta en la mayor parte de transmisiones mecánicas y afecta directamente la precisión, exactitud, repetibilidad y controlabilidad de los dispositivos.

Las transmisiones por piñón-cadena son muy utilizadas en la industria actual para la transmisión de potencia o torque. Su gran uso se debe a que permiten garantizar la transmisión de una manera eficiente que evita su resbalamiento en una dirección y en condición de carga no variable. Estos problemas se presentan con otro tipo de transmisión como el de banda, en donde existe cierta inestabilidad en el movimiento debido a su condición específica de fricción y juegos mecánicos y cuyo agarre con la polea se garantiza solo tensando bastante la banda. Adicionalmente, si las transmisiones por cadena se encuentran bien diseñadas poseen una vida útil mayor a las bandas. También por su diseño, en el momento de presentar alguna ruptura, los eslabones de la cadena en donde se presentó la falla pueden ser cambiados sin necesidad de reemplazar toda la cadena.

Por lo anterior, resulta de suma importancia la creación o la implementación de dispositivos de compensación o eliminación del juego mecánico que permitan garantizar que siempre la cadena se encuentre tensada. Esta tensión implica un aumento en la fuerza de fricción entre los dientes del piñón, evitando que exista algún movimiento relativo o deslizamiento entre ambos. También se debe garantizar que la longitud de la cadena entre los centros de los piñones sea la más corta posible eliminando así el tiempo muerto en el movimiento. La eliminación de este problema permite poder tener aplicaciones en donde la precisión y la repetibilidad son de suma importancia como tareas de microensamble como se muestra en la Figura 12. En el primer recuadro (S28) de la Figura 12, el robot Motoman hace el acercamiento con un pin para ser ensamblado en una pieza, mientras ambos robots se encuentran en movimiento; en el segundo recuadro (S29), el robot Motoman ya ha posicionado el pin dentro del agujero de la pieza, para, finalmente, tener un ensamble completo de dos piezas (S30) que sería transportado por el vehículo hacia una siguiente etapa del proceso de fabricación y ensamble; cabe resaltar que todo el ejercicio se realiza sobre la marcha (*on the fly*).

La importancia que tiene el juego mecánico y los métodos para controlarlo, o eliminarlo, han generado el desarrollo de varias invenciones protegidas por patentes.

La patente china CN103821911 muestra un mecanismo de manivela para evitar el juego mecánico en sistemas de transmisión de cadena. Un dispositivo cilindro-pistón con varios fluidos que al moverse en el sistema evitan el ruido, mejorando la eficiencia y precisión.

El modelo de utilidad chino CN203141186 corresponde a un sistema de doble engranaje en donde hay ejes rotatorios que desaceleran el engranaje con el fin de reducir el ángulo relativo de las superficies que se encuentran al girar en direcciones opuestas para reducir el juego mecánico.

Patente china CN202812154 y el modelo de utilidad chino CN201851631 se refieren a un servomotor con un mecanismo de retardo con el fin de evitar el juego mecánico y mejorar precisión. La primera patente se refiere específicamente en equipos computarizados de control numérico CNC.

El modelo de utilidad chino CN202527804 explica un banco de trabajo de una máquina de rectificado de engranajes, en el que se ajusta el juego mecánico por medio de dos gusanos interconectados y ajustados en el mismo eje axial de una rueda helicoidal. La solicitud de patente US20160097446, plantea un mecanismo de tipo gusano de ajuste del juego mecánico compuesto por una unidad de manejo, una unidad de ajuste y un elemento de control. La unidad de manejo

está compuesta por dos elementos conectados coaxialmente que poseen la función de ajuste, haciendo posible el que, mediante la transmisión, se pueda controlar tanto el juego mecánico como el valor de torsión.

La solicitud de patente US20150354673, indica un tensor de cadena caracterizado por el acople de un émbolo que se desplaza dentro de un orificio y que es operado de manera hidráulica para desplazarlo; a su vez permite una conmutación automática del sistema hidráulico para que el desplazamiento del émbolo esté en sincronía con el arranque o parada del motor. La invención relacionada en la patente china CN101963215 también presenta un tensor de cadena, pero en este caso el mecanismo cilindro y émbolo es operado por una llave de torque.

La patente US4822320 también habla de un tensor tipo llave de torque, pero que tendrá como consecuencia un juego mecánico positivo en cualquier sistema de transmisión que será predeterminado por medio del soporte que se forma con la conexión entre un émbolo unido al tensor y la carcasa.

La patente KR1020160050286 habla sobre la reducción del juego mecánico para un robot articulado por medio de reducciones de engranajes.

Debido a que el sistema de transmisión de potencia por cadena permite alimentar varios ejes o árboles a partir de un solo eje central acoplado a un motor, es posible adaptar su implementación en los vehículos de arquitectura de dirección deslizante.

A medida que se ha fortificado la implementación de la nueva industria 4.0, en donde los robots móviles autónomos (AGVs) han tomado un papel relevante para tareas de logística y supervisión dentro de las celdas de manufactura, se ha aumentado el desarrollo de avances y patentes en torno a dichos vehículos. Tan solo como medida probatoria al buscar en bases de datos como *Patentscope*, se encuentran cerca de 700 patentes que contienen los términos de AGVs en sus descripciones, en donde se han patentado desde sistemas de navegación, sistemas de funcionamiento hasta sistemas completos de vehículos. Por ejemplo, la solicitud de patente US20160266578, que corresponde a un sistema de vehículo guiado automáticamente, patentó la estructura misma del sistema de control, los métodos de comunicación dentro del vehículo y con interfaces de usuario de manera inalámbrica para la asignación de tareas, sensores y aplicaciones.

Por todo esto y partiendo de las patentes consultadas tanto en la temática de juego mecánico como de AGVs, se propone un mecanismo que, a diferencia de los descritos en las patentes, es de bajo costo de aplicación (actuación pasiva) ya que utiliza el mismo sistema de suspensión para realizar la compensación del juego mecánico y no necesita la instalación de un mecanismo adicional. Si se requiere la implementación de un sistema de actuación activa hidráulicamente, neumáticamente o con un motor eléctrico se plantean también posibles soluciones que van desde la utilización de un control por retroalimentación de la longitud de la carrera útil, hasta la utilización de conexión inalámbrica para la transmisión de datos a un servidor para realizar tareas de tele-operación y monitoreo del vehículo.

Descripción resumida de la Invención

La invención tiene como objetivo lograr una compensación y eliminación del juego mecánico (*backlash*) en la transmisión de cadena en vehículos terrestres con arquitectura de dirección deslizante (*skid-steering*). El sistema de compensación puede ser de operación activa o pasiva y funciona modificando la carrera útil del amortiguador de la suspensión (IV, Figura 1). Esta modificación puede ser manual o accionada por un sistema neumático, hidráulico o por medio de un motor; también de modo automático recibiendo asistencia de una unidad de procesamiento de información (Microcontrolador) y de la medición de la tensión de la cadena para así, hacer la compensación necesaria y enviar datos con protocolos TCP/IP a una nube o un servidor para supervisión remota y/o tele operación.

El sistema (Figura 2), es un mecanismo compuesto por dos grandes subsistemas: el primero corresponde al tren motriz del vehículo conformado por el motor (S8), la carcasa del tren motriz (S4) que está conformada por dos perfiles que poseen cortes y ranurados, el eje con doble piñón de transmisión (S5) acoplado al eje del motor y los piñones a cada una de las cadenas de las ruedas motrices. El segundo subsistema o de suspensión está conformado por cuatro tijeras (S2), una por cada rueda, los piñones de transmisión (S6 y S7) acoplados al eje de las ruedas y el amortiguador con ajuste (S1) de la carrera útil del vehículo.

La carcasa del tren motriz (S4) y las tijeras (S2) poseen ranuras y cortes realizados con el fin de reducir el peso y la inercia de cada estructura. Las cadenas van montadas desde el piñón de transmisión del motor (S5) al piñón de transmisión de la rueda (S6 y S7).

Descripción de las figuras

La Figura 1 presenta el perfil del sistema de compensación del juego mecánico. Este sistema está compuesto por: el amortiguador (I), la cadena (II), el eje de pivoteo de las dos tijeras (III), la carrera útil del sistema de amortiguación (IV), las tijeras del sistema de amortiguación (V), y el sistema de ajuste de la amortiguación (VI). También se pueden visualizar las tres fuerzas principales que actúan sobre el sistema AGV como son el peso del vehículo (W), la fuerza de reacción generada por el sistema de amortiguación (F) y la fuerza de tensión de la cadena (T).

La Figura 2 muestra una vista explosionada del sistema de compensación del juego mecánico, distinguiendo así los componentes más importantes del mismo. Este sistema está compuesto por dos grandes subsistemas: el primero corresponde al tren motriz del vehículo conformado por el motor (S8), la carcasa del tren motriz (S4) que está conformada por dos perfiles que poseen cortes y ranurados, el eje con dos piñones acoplados (S5) que transmiten la potencia a las cadenas para luego ser transmitidas a las ruedas motrices. El segundo subsistema se encarga de la amortiguación y está comprendido por las tijeras (S2), formadas por dos perfiles con ranuras y cortes; los piñones de transmisión (S6 y S7) acoplados al eje de las ruedas y, el amortiguador con ajuste (S1) de la carrera útil del vehículo. Se ilustra también el eje de pivote (S3) de las dos tijeras.

La Figura 3 presenta el diagrama de explosión de las tijeras del sistema de suspensión (S2, Figura 2), en donde se destacan los dos perfiles laterales (S11) con ranuras realizadas con el fin de reducir el momento de inercia de las tijeras, los piñones de transmisión (S6 y S7) los cuales van acoplados al eje de la rueda (S9) y el eje en donde pivota el sistema de amortiguación (S10).

En la Figura 4 se muestra el sistema de operación pasiva de tipo manual el cual se conforma por un amortiguador (S1) el cual posee una rosca (S12) de ajuste de la carrera útil del amortiguador (IV, Figura 1).

La Figura 5 corresponde al diagrama del mecanismo diseñado en donde se representa los triángulos de fuerza (FT) de las dos tijeras.

En la Figura 6 se bosqueja el sistema de control por retroalimentación, en donde un controlador recibe el valor de referencia de la posición (XR) y la posición medida actual por los sensores (X). El sistema calcula la diferencia entre ambas posiciones, obteniendo como resultado el error de posición. Con el error calculado se aplica el tipo de control que se desee implementar (PID, PI, P o un sistema de control robusto), para de esta manera enviar la señal de control (C) al controlador (*driver*) y así lograr la compensación pertinente por medio de una señal de control del actuador (D) generando un desplazamiento (P2), alargando o acortando la carrera útil del sistema de amortiguación.

La Figura 7 presenta el diagrama de funcionamiento del sistema en donde se puede ver que el microcontrolador o unidad de procesamiento (UP), recibe la posición actual del sistema de compensación (X2), la tensión de la cadena (T2), y un valor de referencia de la tensión (TR2). Después de procesar la información, el sistema de control se encarga de enviar una señal (C2) al controlador del actuador para que este pueda convertir la señal enviada desde la UP en una señal de control del actuador (D2). El actuador al recibir la señal del controlador va a generar un desplazamiento (P2), alargando o acortando la carrera útil del sistema de amortiguación. Este desplazamiento es medido por el sensor y enviado a la UP para su retroalimentación (X2).

En la Figura 8, se precisa el diagrama de funcionamiento del sistema en donde se ve que el microcontrolador o (UP) recibe la posición actual del sistema de compensación (X3), la tensión de la cadena (T3), un valor de referencia de la tensión (TR3) y finalmente los datos e información enviados del servidor (N3). Después de procesar la información, el sistema de control se encarga de enviar una señal (C3) al controlador del actuador para que este convierta la señal enviada desde la UP en una señal de control del actuador (D3). En simultáneo la UP le envía los datos del sistema actual (I3) al módulo *WiFi* para que estos sean enviados inalámbricamente al servidor y así poder cargar los datos a la nube.

La Figura 9 ilustra el amortiguador pasivo a implementar, el cual posee una tuerca de ajuste (S12) que comprime o descomprime el resorte (S13) para cambiar la carrera útil del amortiguador (IV). El funcionamiento de este ajuste es de tipo manual.

La Figura 10 muestra el despliegue del amortiguador activo que funciona hidráulicamente o neumáticamente. Este está conformado por un actuador de efecto simple (S15), en donde por el extremo superior (S14) esta acoplado a la carcasa del tren motriz (S4, Figura 2), y por el extremo inferior (S17) al extremo de la tijera (S2, Figura 2). Este sistema permite que en el momento de accionarlo, el pistón (S16) del actuador se retrae reduciendo así la carrera útil del sistema de amortiguación.

En la Figura 11 se visualiza el mecanismo de compensación activa por medio de la utilización de un motor eléctrico lineal (S21), el cual desplaza la base de ajuste (S20) reduciendo o agrandando la carrera útil (IV, Figura 1) del sistema de amortiguación. En su parte superior (S18) el sistema de amortiguación esta acoplado a la carcasa del tren motriz (S4, Figura 2) y en su parte inferior esta acoplado a la tijera (S2, Figura 2). En el momento de necesitar tensar o distender la cadena, el controlador envía una señal al motor lineal para actuarlo.

En la Figura 12 se muestra una simulación de un ejercicio de microensamble con robótica cooperativa al vuelo, en donde se usa un vehículo AGV y un robot articulado. El ejercicio consiste en que el vehículo lleva una pieza en la bandeja y el robot articulado por medio de una pinza (*gripper*) sujeta un pin (S28), que se posiciona dentro del agujero de la pieza transportada por el vehículo sobre la marcha (S29), lo que implica que la velocidad de ambos robots debe ser la misma. Finalmente se obtiene el ensamblaje completo compuesto por el pin y la pieza sobre la plataforma del vehículo (S30), para así ser transportado a una siguiente etapa del proceso de fabricación y ensamble. Este ejemplo sirve para ilustrar una actividad en donde la precisión y repetibilidad son fundamentales para la correcta ejecución del mismo.

En la Figura 13 se observa desplegada la arquitectura de tipo dirección deslizante, en la cual dos motores (S24 y S25) se encargan de entregar toda la potencia a las 4 ruedas del vehículo a través de las cadenas de transmisión (II). El motor (S24) se encarga de transmitir la potencia al par de ruedas (S26), y el motor (S25) al par de ruedas (S27). El principio de funcionamiento parte de la diferencia de velocidad de rotación de los motores haciendo que un par de ruedas se desplace a una mayor velocidad que el otro generando el direccionamiento del vehículo.

La Figura 14 muestra el vehículo AGV con el mecanismo de actuación pasiva implementado. Este mecanismo está compuesto por un amortiguador y una tuerca de ajuste que modifica la carrera útil del sistema de amortiguación que comprime o descomprime el resorte.

La Figura 15 ilustra el mecanismo de actuación pasiva implementado en la Figura 14 sin realizar la compensación. Allí se puede evidenciar que la cadena se encuentra distendida, lo cual traería un problema de juego mecánico en el momento que el vehículo cambie de dirección.

En la Figura 16 se evidencia el funcionamiento del mecanismo de actuación pasiva mediante el uso de una tuerca de ajuste en donde después de reducir la carrera útil del sistema de amortiguación, la cadena se tensa, trayendo consigo que el vehículo no tenga problema de juego mecánico.

La Figura 17 muestra el bosquejo del sistema de control y su lógica, la cual es implementada en el mecanismo de actuación activa de tipo neumático. Cabe destacar que el sistema de control implementado es de tipo *PID* con retroalimentación de estados, en donde la retroalimentación se daría por un potenciómetro lineal que mediría la distancia que se encuentra extendido el pistón/émbolo del actuador.

Descripción detallada de la Invención

El mecanismo aquí reivindicado está diseñado para vehículos terrestres auto guiados AGV, con arquitecturas de dirección deslizante que se consideran para resolver tareas de transporte de materiales de forma autónoma en ambientes de manufactura estructurados y no estructurados donde las cargas a transportar se pueden considerar como estáticas.

La arquitectura de dirección deslizante o *Skid-Steering* (Figura 13), cuyo nombre proviene de *skid* –derrapar y *steering*- direccionamiento, es aquella en donde el vehículo consta de 4 ruedas (S26 y S27) y dos motores (S24 y S25) que alimentan dos ruedas cada uno: el motor (S24) alimenta al par de ruedas (S26) y el motor (S25) al par de ruedas (S27). El funcionamiento del vehículo parte de

que la orientación se realiza por medio de la diferencia en la velocidad de rotación de los motores (S24 y S25) creando así que un lado del vehículo se mueva más rápido que el otro, causando así su giro. Esta arquitectura presenta a su vez la complejidad en el diseño de un sistema de control que se adapte a la incertidumbre causada por el derrape en los giros, que también puede ser afectado por el coeficiente de fricción que cambia dependiendo del terreno en donde está trabajando el vehículo. Sin embargo, una vez implementada es una arquitectura sólida y estable que le brinda una rigidez y estabilidad al vehículo.

Partiendo de un vehículo guiado automáticamente (AGV por sus siglas en inglés), que contaba con una arquitectura de dirección deslizante construido previamente, se identificaron problemas de facilidad de ensamblaje, rigidez y de transmisión de tipo piñón-cadena. Estos inconvenientes complicaron la correcta implementación del vehículo en tareas en donde la precisión, repetibilidad, flexibilidad y autonomía jugaban un papel importante como lograr una ubicación precisa en sitio de trabajo de máquinas y robots.

Como medida progresiva se optó por realizar un diseño modular en donde todo el sistema de tren motriz y amortiguación estuviera consolidado dentro de un mismo módulo, siendo este implementado en 2 vehículos AGVs. La facilidad de ensamble y rigidez brindada por el diseño se debe a que los dos triángulos de fuerzas del sistema de suspensión (FT) se encuentran cerrados (Figura 5). Esto hace que en el momento de que actúen fuerzas externas, la suspensión del vehículo actúe de una manera confiable, sin desestabilizar el vehículo y evitando que no se generen esfuerzos ni momentos que puedan afectar la integridad física o estructural de los componentes del sistema.

Con el fin de corregir inconvenientes exhibidos en el AGV construido previamente, se estructura un sistema Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF). Este sistema destacó que el mayor problema que presentaba el vehículo es que no poseía un sistema funcional de amortiguación, sus cadenas de transmisión no poseían ningún sistema para tensarla y por consiguiente poseía un movimiento de *backlash* o juego mecánico debido a la carencia de un sistema de compensación ni eliminación de este.

Con el fin de solucionar el problema de juego mecánico causado por el desajuste y la rigidez estructural presentado por el AGV, se logró el diseño de un mecanismo de eliminación de juego mecánico para transmisión de cadena—piñón en un nuevo vehículo con arquitectura de dirección deslizante. Este mecanismo, como se ilustra en la Figura 1, se caracteriza porque utiliza los amortiguadores del sistema de suspensión (I) y un sistema de ajuste (VI) que permite tensar y distender el amortiguador, regulando la longitud del mismo (carrera útil (IV)) para un punto de operación; el diseño constructivo del mecanismo permite la compensación del juego mecánico a través del sistema de suspensión, aprovechando la fuerza de peso del vehículo.

Este mecanismo, cuya vista explosionada se encuentra descrita en la Figura 2, está conformado por una carcasa (S4) en donde va montado el tren motriz, un motor (S8) y un piñón de transmisión (S5) de la cadena consolidado como una sola unidad o módulo. El sistema de suspensión se encuentra compuesto por unas tijeras (S2), el piñón de transmisión de potencia a la rueda (S6 y S7) y el sistema de amortiguación (S1). Tanto la carcasa del tren motriz (S4) como las tijeras (S2) poseen ranuras y cortes realizados con el fin de reducir el momento de inercia de cada estructura. Las cadenas (II, Figura 1) van montadas desde el piñón de transmisión del motor (S5) al piñón de transmisión de la rueda (S7 y S6) respectivamente. El diseño del mecanismo permite que la distancia entre el eje de transmisión del motor (S5) y el eje de transmisión de la rueda (S9, figura 3) varíe lo menos posible.

Este diseño permite por medio de los amortiguadores cerrar el triángulo de fuerzas (Figura 5), dándole una rigidez a la estructura y una estabilidad suficiente en el momento de la interacción de fuerzas externas con el vehículo.

Sistema de Compensación

El sistema de compensación puede ser tanto pasivo como activo.

Para el primero (Figura 9), el mecanismo funciona por medio de un sistema de ajuste (VI) de la suspensión que se realiza mediante una tuerca (S12) que comprime o libera un resorte (S13), que cumple la función de amortiguador. En este caso el resorte a implementar debe ser calculado y diseñado de acuerdo a la carga útil que va a tener el dispositivo, ya que con grandes variaciones del peso de la carga y si se supera el valor con el que fueron diseñados, el mecanismo no cumple con su cometido debido a que la cadena en ese punto comenzaría a distenderse. Para la

compresión o descompresión se debe realizar de manera manual por medio del roscado de la tuerca de ajuste (S12) modificando así la carrera útil (IV). Se debe garantizar que esta sea la misma en las cuatro ruedas ya que al estar desbalanceado puede introducir una perturbación al sistema.

Para el sistema de tipo activo se plantean distintas soluciones con distintos sistemas de actuación los cuales se encuentran descritos continuación:

a. Actuador Neumático con sistema de control realimentado.

Esta solución está conformada como se muestra en la figura 10, que consiste de un actuador neumático que esta acoplado por un extremo (S14) a la caja del tren motriz (S4, Figura 2) y el eje o pistón (S16) acoplado al extremo de la tijera (S2, Figura 2) en el lado (S17). En el momento que se necesite tensar la cadena se actúa, retrayendo así el pistón. Para que este sistema funcione, se debe considerar que el actuador neumático debe ser de simple efecto.

El sistema de control se encarga a partir de la medición de la posición en la que se encuentra el pistón y lo compara con el valor asignado; si estos valores son distintos, el control opera por medio del actuador con el fin de alcanzar el valor asignado. En la Figura 6 se puede observar el sistema de control por retroalimentación que recibe el valor de referencia de la posición (XR) y la posición actual medida (X) por los sensores. Se aplica el control de lazo cerrado que se desee implementar para que de esta manera, se envíe la señal de control (C) al controlador para realizar la compensación pertinente.

b. Sistema Hidráulico con sistema de control retro-alimentado

Se retoma el esquema de la Figura 10, donde se plantea como solución un actuador hidráulico (S15) que esta acoplado por un extremo (S14) a la caja del tren motriz (S4, Figura 2) y por el otro extremo (S17), el eje o pistón (S16) acoplado al extremo de la tijera (S2, Figura 2). Para que este sistema funcione se debe considerar que el actuador Hidráulico debe ser de simple efecto.

El sistema de control (Figura 6) se encarga de recibir la posición en la que se encuentra retraído el pistón y en el caso que el valor difiere al valor de referencia, este opera el actuador con el fin de alcanzar dicho valor.

c. Ajuste por medio de un motor eléctrico con sistema de control retro-alimentado.

En este caso se implementa el sistema de la Figura 11, conformado por un motor eléctrico lineal (S21), el cual desplaza la base de ajuste (S20) reduciendo o agrandando la carrera útil (IV, Figura 1) del sistema de amortiguación. En su parte superior (S18) el sistema de amortiguación estaría acoplado a la carcasa del tren motriz (S4, Figura 2), en su parte inferior (S22) estaría acoplado a la tijera (S2, Figura 2). En el momento de necesitar tensar o distender la cadena, el controlador del motor le envía una señal al motor lineal para poder actuarlo.

El sistema de control por retroalimentación (Figura 6) se encarga de recibir la medición del ángulo rotado y por medio de una conversión, halla la carrera útil (IV, Figura 1) actual del amortiguador. El control envía una señal al controlador del motor en el caso que se quiera reducir o aumentar la carrera útil (IV, Figura 1).

Sensor de tensión de la Cadena y unidad de procesamiento.

Este sistema es un complemento de los sistemas activos descritos en la sección anterior, en donde se mide la tensión actual de la cadena por medio de un sensor. Esta información es enviada a una unidad de procesamiento (UP, Figuras 7 y 8) la cual puede ser un microcontrolador o un computador, que se encarga de procesar la información enviada por el sensor y dependiendo del valor de referencia de la tensión de la cadena, envía una señal al actuador para hacer la compensación necesaria.

Este sistema permite garantizar siempre que la tensión de la cadena esté en el valor donde se pueda asegurar la eficiencia máxima del sistema.

Dependiendo del peso del vehículo y de la carga útil de este, se deben seleccionar algunos de los mecanismos de operación activa descritos en la sección anterior.

Este sistema (Figura 7), está conformado por una unidad de procesamiento (*UP*) que recibe la posición actual del sistema de compensación (*X2*), la tensión de la cadena (*T2*) y un valor de referencia de la tensión (*TR2*). Si el valor de referencia es constante, se puede manejar como un valor único almacenado en la *UP*. Después de procesar la información, el sistema de control se encarga de enviar una señal (*C2*) al controlador para que este pueda convertir la señal enviada desde la *UP* en una señal de control del actuador (*D2*). El actuador recibe la señal del controlador y genera un desplazamiento (*P2*) que alarga o acorta la carrera útil del sistema de amortiguación. Este desplazamiento es medido por un sensor y el valor es enviado a la *UP* para su retroalimentación (*X2*).

Envío de datos a la nube y tele monitoreo

Se plantea un sistema complementario al sistema con sensor de tensión de la cadena y unidad de procesamiento de información (*UP*, micro controlador/pc), en donde se debe considerar que la inclusión de un módulo de conexión inalámbrica – *WiFi*. Este módulo permite que, por medio de un protocolo *TCP/IP*, sea posible el envío de información medida por los sensores a una nube en donde se almacena y se muestra al usuario a través de una interfaz hombre-máquina (*HMI*). Esta interfaz brinda la posibilidad de verificar el correcto funcionamiento del sistema. Adicionalmente, el usuario podría hacer una compensación manual del sistema por medio de tele operación.

En la Figura 8, se encuentra el diagrama de funcionamiento del sistema en donde se hace uso de un micro controlador o unidad de procesamiento que recibe la posición actual del sistema de compensación (*X3*), la tensión de la cadena (*T3*), un valor de referencia de la tensión (*TR3*) y finalmente los datos e información enviadas del servidor (*N3*). Si (*TR3*) es ingresado por el usuario, este paquete de datos incluye dicho valor y si es un valor constante, está almacenado en la *UP*. Después de procesar la información, el sistema de control se encarga de enviar una señal (*C3*) al controlador para que este pueda convertir la señal enviada desde la *UP* en una señal de control del actuador (*D3*). En simultáneo, la *UP* le envía los datos del sistema actual al módulo *WiFi* (*I3*) para que sean enviados inalámbricamente al servidor y así poder cargar los datos a la nube.

Al recibir la señal del controlador (*D3*), el actuador va a generar un desplazamiento (*P3*) que alarga o acorta la carrera útil del sistema de amortiguación (IV, Figura 1). Este desplazamiento es medido por el sensor y el valor es enviado a la *UP* para su retroalimentación (*X3*).

Ejemplos de aplicación práctica de la invención.

El mecanismo se encarga de realizar una compensación de juego mecánico y puede ser implementado en cualquier vehículo con transmisión por cadena.

Para la fabricación del mecanismo se empleó el corte láser de los perfiles de la carcasa (*S4*, Figura 2) y de las tijeras (*S2*, Figura 2). Los ejes fueron mecanizados en un torno tipo suizo. Finalmente los piñones y amortiguadores fueron adquiridos en el mercado.

El sistema de compensación pasivo implementado y probado en los vehículos guiados es el de roscado usando una tuerca de ajuste (*S12*, Figura 9) para comprimir o descomprimir el resorte del amortiguador. Los resortes del sistema fueron calculados y seleccionados a la medida, garantizando así, que se adaptaran a las condiciones de uso de los vehículos. En la Figura 14, se muestra el vehículo con el mecanismo implementado.

Al probar el sistema de eliminación de juego mecánico, se obtuvo un resultado satisfactorio debido a que se logró tensar la cadena. Al realizar las pruebas en donde el vehículo cambia de dirección, el tiempo muerto para el movimiento es nulo comprobando así la inexistencia del juego mecánico. Igualmente, cuando el vehículo se encuentra estático y se trata de mover manualmente sin girar los motores, este siempre mantuvo la ubicación.

En la Figura 15, se muestra el sistema sin compensar en donde es evidente que la cadena se encuentra distendida. En este caso la tuerca de ajuste no está comprimiendo el resorte por lo que la carrera útil del amortiguador se encuentra en su longitud máxima.

En la Figura 16, se muestra el sistema con compensación en donde se realizó una reducción en la carrera útil del amortiguador en un rango de 2 a 5 mm por medio de la tuerca de ajuste. La cadena se encuentra totalmente tensada, permitiendo así una eliminación total del juego mecánico.

Para el sistema de compensación activa se diseña un sistema de control de tipo PID el cual se basa en la lógica descrita en la figura 17. Allí fue necesario caracterizar la planta, la cual es de tipo

neumático. En ella se actúa una electroválvula que recibe la señal enviada por el controlador, permitiendo el flujo de aire hacia el actuador para así generar el desplazamiento del émbolo y modificar la carrera útil del sistema de amortiguación. En la parte más baja del amortiguador, es decir aquella que esta acoplada a la tijera, se acopla un potenciómetro lineal como sistema de retroalimentación, que envía una señal de voltaje dependiendo de la distancia a la que se encuentre el pistón del actuador.



Bogotá, 5 de octubre de 2017

Director
JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ
Dirección de Nuevas Creaciones
Delegatura para la Propiedad Industrial
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
Carrera 13 No. 27-00

Asunto: NC2017/0007373

Respuesta al Oficio 11592 de 2017. Solicitud de Patente de Invención denominada "MECANISMO DE ELIMINACIÓN DE JUEGO MECÁNICO (*BACKLASH*) PARA TRANSMISIÓN DE CADENA-PIÑÓN EN VEHÍCULOS CON ARQUITECTURA DE DIRECCIÓN DESLIZANTE (*SKID-STEERING*)", antes titulada "Mecanismo de eliminación de juego mecánico – *Backlash* para transmisión de cadena-piñón en vehículos con arquitectura *skid-steering*"

Solicitante: Universidad Nacional de Colombia

Respetado Director:

Por medio del presente, me permito dar respuesta al requerimiento de forma No. 11592 de 2017 respecto de la Patente de Invención titulada "MECANISMO DE ELIMINACIÓN DE JUEGO MECÁNICO (*BACKLASH*) PARA TRANSMISIÓN DE CADENA-PIÑÓN EN VEHÍCULOS CON ARQUITECTURA DE DIRECCIÓN DESLIZANTE (*SKID-STEERING*)" (antes titulada "Mecanismo de eliminación de juego mecánico-*Backlash* para transmisión de cadena-piñón en vehículos con arquitectura *skid-steering*"), radicada bajo el número NC2017/0007373, en los siguientes términos:

1. Título (respuesta al punto 1 del Oficio 11592 de 2017)

Para dar respuesta a las objeciones realizadas por el Examinador, se modificó el título de la invención, en el cual se reemplazaron los términos en inglés, por sus equivalentes en español.

En virtud de lo anterior, se cambia el título:

De: "Mecanismo de eliminación de juego mecánico-*Backlash* para transmisión de cadena-piñón en vehículos con arquitectura *skid-steering*")

A: "MECANISMO DE ELIMINACIÓN DE JUEGO MECÁNICO (*BACKLASH*) PARA TRANSMISIÓN DE CADENA-PIÑÓN EN VEHÍCULOS CON ARQUITECTURA DE DIRECCIÓN DESLIZANTE (*SKID-STEERING*)"

Con lo anterior se espera superar la observación realizada por el Examinador, respecto del título de la invención.

2. Documento Descriptivo (respuesta al punto 2 del Oficio 11592 de 2017)

Sobre el particular cabe indicar que se ha modificado el capítulo descriptivo, reemplazando los términos en inglés por sus equivalentes al español.

Para lo anterior se presenta un nuevo capítulo descriptivo con las modificaciones mencionadas, divulgando así la invención de manera suficientemente clara y completa, tal como lo exige el artículo 28 de la D. 486.

3. Reivindicaciones (respuesta al punto 3 del Oficio 11592 de 2017)

Con el fin de dar respuesta a las observaciones realizadas por el Examinador de Patentes, me permito señalar que:

- Se modificaron las reivindicaciones en el sentido de reemplazar los términos en inglés por sus equivalentes al español, tal como lo requiere el Examinador.
- La expresión "la información se monitorea a distancia y se realiza la compensación de manera manual por medio de una conexión inalámbrica y una interfaz humano-máquina-HMI" de la reivindicación 10, la cual según el Examinador no corresponde a una característica técnica estructural, fue eliminada y, como consecuencia, dicha reivindicación fue redactada nuevamente.

Para lo anterior, se presenta un nuevo capítulo reivindicatorio, tal como lo requiere el artículo 30 de la D. 486.

Todo lo anterior, con la finalidad de cumplir con la totalidad de los requisitos de forma fondo descritos, entre otros, en los artículos 28, 30 y 39 de la Decisión Andina 486 de 2000.

Agradezco de antemano la atención prestada y la atenta colaboración en las gestiones requeridas.

Cordialmente,

LAURA VICTORIA CAMACHO CASTELLANOS

Apoderada Universidad Nacional de Colombia

C.C. No. 41.951.272 de Armenia

TP 136.043

Anexos: Nuevo capítulo descriptivo y nuevo capítulo reivindicatorio.

