

SISTEMA MODULAR INTELIGENTE DE LIMPIEZA Y MULTIPROPÓSITO PARA PANELES SOLARES

1. SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se encuentra en el campo de la robótica y la automatización enfocada al mantenimiento de paneles solares.

2. TECNOLOGÍA ANTERIOR

Desde hace varios años se viene trabajando en el campo de la robótica y la automatización relativa a paneles solares y particularmente a la limpieza de los mismos. Es posible encontrar en el estado de la técnica diferentes formas de limpieza de paneles solares, desde sistemas con movilidad por rieles fijos (ver por ejemplo patente WO2020065644 o EP3662211) hasta sistemas de levitación magnética (ver por ejemplo KR20190084199A).

Dentro de los antecedentes a la presente invención encontramos la patente KR20190057683A. Esta refiere a un robot de limpieza de paneles solares que a su vez cuenta con otro robot que lo transfiere a otros paneles solares para seguir con la limpieza. El robot que realiza la limpieza sobre los paneles tiene un sistema de movilidad orugado y cepillos de limpieza.

Otro antecedente más reciente es la patente china CN113198765A, la cual refiere un robot de limpieza que utiliza un sistema de movilidad orugada y que reivindica poder mediante sensores determinar valores como la carga de la batería para así poder retornar de forma automática.

En general hay diferentes patentes y robots en el mercado en materia de sistemas de limpieza para paneles solares. No obstante, al analizar todo esto se encuentra que se enfocan en una función específica o en otras pocas adicionales. Más importante aún, no se evidencia una arquitectura electrónica y de software de carácter modular que permita no solo realizar labores de limpieza sino que sea adaptable a diferentes módulos con diferentes funcionalidades.

3. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los sistemas de limpieza para paneles son diseñados para tener un número definido de efectores, para garantizar la solución a una tarea de una manera específica y definida, esto funciona de manera correcta si el sistema ha sido diseñado teniendo en cuenta todos los requerimientos de la solución, pero si el sistema requiere un actualización para mejorar el desempeño, o los requerimientos no se satisfacen de la manera esperada y se requiere la inclusión de hardware nuevo, esto representa modificar aspectos mecanicos, electronicos y el software definido inicialmente, lo cual requiere tiempos de desarrollo para la integración de las nuevas funcionalidades sumado con el tiempo necesario para la modificación del desarrollo inicial para que sea compatible con las nuevas funciones. Con esta invención se minimizan los

tiempos de desarrollo en el proceso de adecuación en el que se incurre al realizar cambios o inclusiones en el hardware o funciones específicas.

Para esto se ha definido un sistema mecatrónico multipropósito que implementa arquitecturas electrónicas y de software con énfasis en módulos distribuidos que se reparten las subtarefas que deben ser realizadas por el sistema, con el cual se facilitan el desarrollo de herramientas móviles robotizadas para diferentes propósitos al reutilizar las funcionalidades y hardware básicas y generales con las que deben contar este tipo de soluciones, reduciendo costos de adquisición de nuevo hardware e integración de los mismos, que a su vez representa una solución escalable que permite la actualización de los módulos tanto en hardware como en software con tiempos cortos de desarrollo.

La solución de esta invención permite adicionalmente que este sistema eventualmente se pueda adaptar a otros contextos y funcionalidades diferentes a las requeridas para los paneles solares. Esto le da una ventaja adicional en comparación con las soluciones del estado de la técnica actual que se centran en paneles solares y difícilmente se pueden adaptar a otras condiciones dadas las arquitecturas de estos sistemas.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIG 1. Es un diagrama ilustrativo de los elementos que componen el sistema inteligente multipropósito para limpieza de paneles solares

FIG 2. Es un esquema que detalla la composición electromecánica del portaescobillas y se detalla su estructura mecánica.

FIG 3. Es un esquema que plasma la estructura mecánica del estabilizador del portaescobillas con el cual se acopla al chasis del sistema.

FIG 4. Es un diagrama ilustrativo en el cual se muestra la adición de un labio plástico al portaescobillas.

FIG 5. Es un esquema en el que se detalla la composición electrónica presente en el portaescobillas.

FIG 6. Es un diagrama ilustrativo que muestra los diferentes elementos que componen al chasis y su estructura mecánica.

FIG 7. Es un esquema en el cual se expone la conexión hidráulica del sistema y los elementos que la componen.

FIG 8. Es un esquema en el que se detalla la composición electrónica presente en la caja de control.

FIG 9. Es un diagrama en el cual se especifican los módulos electrónicos presentes en la arquitectura electrónica propuesta para sistema móviles multipropósito.

FIG 10. Es un diagrama en el que se detalla la arquitectura electrónica para el módulo efector enfocado en la limpieza de paneles solares.

FIG 11. Es un diagrama que exhibe la arquitectura de software propuesta para las aplicaciones en sistemas móviles multipropósito.

FIG 12. Es un esquema en el que se plasman las diferentes aplicaciones que constituyen el software de cada uno de los módulos presentes en el sistema.

FIG 13. Es un esquema que define la composición de los elementos presentes en los paquetes que constituyen el software de los diferentes módulos.

FIG 14. Es un diagrama de clases en el lenguaje unificado de modelado (UML) con el cual se describe la interacción de la máquina de estados con cada uno de sus plugins.

FIG 15. Es un diagrama de clases en el lenguaje unificado de modelado (UML) con el cual se describe la interacción del software para el RF con cada uno de sus plugins.

FIG 16. Es un diagrama de clases en el lenguaje unificado de modelado (UML) con el cual se describe la interacción del software para el HMI con cada uno de sus plugins.

FIG 17. Es un esquema el cual detalla mediante un diagrama de flujo el funcionamiento de la máquina de estados y el uso de los diferentes plugins que la componen.

FIG 18. Es un esquema que detalla mediante un diagrama de flujo el funcionamiento de los plugins propuesto para la máquina de estados.

5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un sistema inteligente de limpieza y multipropósito para paneles solares formado por la unión de diferentes módulos. El sistema tiene como módulos esenciales: un módulo central de procesamiento encargado de la gestión de los datos, un módulo de locomoción destinado a la movilidad y un módulo de comunicaciones que puede ser a través de radiofrecuencias como por una terminal conectada a la red wifi generada por el sistema. Adicionalmente, este sistema permite adicionar diferentes tipos de módulos efectores finales para realizar diferentes tareas, no solo de limpieza. Hay que resaltar que un módulo efector, se refiere a cualquier módulo que le permite al sistema realizar una tarea particular.

En esta patente, se detalla igualmente la arquitectura de un módulo efector diseñado para la limpieza de paneles solares, que cuenta con un conjunto de sensores y actuadores comandados bajo un procesador local. No obstante, como ya se mencionó, se le pueden adicionar diferentes módulos.

Los componentes del sistema se exponen en la figura número 1, este tiene como su módulo de locomoción un chasis orugado (100), el cual está adecuado para la conexión de dos efectores intercambiables (110) (101). Además de estos dos puntos previamente nombrados, el sistema cuenta con una caja de control en esta se almacenan todos los componentes electrónicos que forman el módulo de control central (110) y una conexión hidráulica de junta rotativa swivel (108) que suministra al sistema de líquido para el proceso de limpieza. El sistema es operado mediante dos módulos alternativos que funcionan de manera excluyente el uno del otro, el primero es el módulo de comunicación por radiofrecuencias (103) vinculado a un control remoto (102). El segundo de estos módulos es una interfaz computacional (105) que se conecta al sistema mediante red Wi-Fi (104). Por último, el sistema tiene la capacidad de comunicarse a un servidor (106) o a la nube directamente con el fin de cargar los datos de operación, este procedimiento se lleva a cabo mediante una comunicación 4G/GSM/GPRS (107).

El primer efector modular diseñado para este sistema le brinda la capacidad de limpiar paneles solares denominados portaescobillas. Este dispositivo cuenta con una arquitectura que interconecta actuadores, sensores y procesadores dichos componentes son detallados de la figura 2 a la 5. Este efector consiste de un armazón metálico formado por dos piezas (207) (204) que albergan los componentes electrónicos (223), el portamotor (205) y los sensores de proximidad (213) (215) (221) (202). La estructura es cerrada mediante una tapa (200) ajustada por tornillos. La limpieza de los paneles solares se realiza mediante un cepillo (212) en contacto con la superficie del panel, accionado mediante un motor (204) que se conecta a este último mediante un sistema de poleas y correas (210) (208) (209) (211) (206). Los sensores de proximidad se protegen mediante cuatro estructuras con diferentes geometrías (216) (222) (201) (214), distribuidas estratégicamente a lo largo del perímetro de la escobilla para optimizar el funcionamiento de los algoritmos de navegación del sistema, dispuestos dos en el frente con distinta inclinación para maximizar el cono de medición de los sensores y reducir la incertidumbre en la detección de bordes, y dos sensores en la parte posterior del módulo efector con orientación ortogonal a la superficie del panel. El cepillo es fácilmente desmontable gracias a una lámina abatible (217) con chumacera (220) que se desmonta gracias a tornillos ubicados en los laterales de la estructura, esta debe estar alineada correctamente a la lámina gemela (207) ubicada en el extremo contrario para garantizar una limpieza homogénea del área de trabajo. El paso de agua a los aspersores (224)(225)(226)(227)(228) puede ser controlado mediante una electroválvula (218) fijada sobre uno de los extremos del portaescobillas mediante un cajón metálico, (219) proveyéndoles de protección frente a material particulado durante el proceso de limpieza.

Se encontró en la práctica que al pasar las orugas por la intersección de los paneles solares, se presenta un pequeño sobresalto del portaescobillas lo que repercute negativamente en la calidad de la limpieza final de los paneles solares, en aras de brindar una solución se construyó el estabilizador mostrado en la figura 3. Es una estructura que se ancla al módulo de locomoción (300) y al efector (303), este cuenta con un pistón hidráulico (304) trabajando a tensión y dos resortes trabajando a compresión (301), anclados a cuatro puntos de giro (302). Cuando se presenta cualquier perturbación mecánica en el módulo de locomoción, el del pistón disipa la energía cinética, y los dos resortes devuelven la estructura a su posición inicial, de esta manera se reduce considerablemente la oscilación de la porta escobillas en el eje vertical. el estabilizador se usa en conjunto con un labio polimérico ilustrado en la

figura 4, este labio (400) se encuentra instalado en la zona inferior posterior del porta-escobillas y se encarga de sellar la superficie del panel y el efector permitiéndole remover el agua de la superficie del panel de forma independiente de la topografía de la instalación gracias al estabilizador descrito en este párrafo. Lo anteriormente mencionado le permite al portaescobillas ser mucho más eficiente en la gestión de líquido de limpieza

El sistema mecatrónico multipropósito está construido sobre una arquitectura electrónica modular, con el fin de poder tener efectores intercambiables, esto se logra mediante la implementación de un circuito como el mostrado en la figura 5, en esta se muestra a detalle la electrónica empleada en la portaescobilla, el efector diseñado para la tarea de limpieza de celdas fotovoltaicas, descrita en la figura 2, este circuito cuenta con un regulador (500) que reduce de 24V provenientes de la batería del chasis a 12V DC, con el fin de alimentar la tarjeta con procesador integrado (503) la cual mediante una tarjeta con múltiples puertos instalados (504) funciona como el controlador central encargado del manejo de datos de los sensores de posición, el controlador del motor (506), el accionamiento de la electroválvula mediante un relé de dos posiciones (502). El circuito cuenta además con un regulador de 12V a 5V DC (501), y un fusible de 10A como protección(505).

El módulo de locomoción es el componente vital para el sistema y en la figura número 6 se exhiben los diferentes elementos que componen al chasis (603). Este usa como su principal forma de locomoción dos orugas corrugadas (600) (607), accionadas mediante un juego de piñones dentados (613) (624), ayudados por un conjunto de rodillos (608) (609) (610) (611) (613) (620) (621) (622) (623) (624) y dos ruedas tensoras (619) (608). Este chasis cuenta con cuatro puntos de anclaje (614) (618) (604) (606) de las cuales se conectan las dos porta escobillas mediante el uso de tornillos de ocho milímetros. El chasis también dispone de un botón de encendido del sistema mecatrónico (601) y un voltímetro (603) para monitorear el nivel de carga de la batería. Mediante los conectores (615) y (617) se puede acceder tanto a la energía de la batería como al controlador de los motores internos. A través de las dos manijas (605) (616) se puede levantar por completo el chasis del sistema.

Con el fin de realizar una limpieza exhaustiva se instaló en el módulo de locomoción una conexión hidráulica ,figura 7, esta tiene dos funciones, la primera es garantizar el flujo de agua de una estación colocada en tierra y la segunda es permitirle al sistema girar libremente sobre su propio eje sin ningún inconveniente, esto se logra mediante una conexión hidráulica rotativa swivel (703) conectada a una serie de accesorios hidráulicos y a una manguera de media pulgada (701), soportada sobre un resorte (702) que impide la deformación de la manguera, la junta swivel se conecta en la parte inferior a una te galvanizada conectada a dos bujes roscados a sus extremos (712), estos a su vez se conectan a una unión prestolock a 90° (714) a la cual se conecta una manguera de uretano (716) encargada de suministrar el fluido a los aspersores en la portaescobilla. La junta swivel se sostiene mediante dos estructuras en forma de soporte (707)(715) y un juego de tornillos de un cuarto de pulgada (705)(706)(709)(710). Mediante los empaques plásticos (704) (708)(711)(713) se aíslan eléctricamente los metales con el fin de prevenir juntas galvánicas que desembocan en fenómenos corrosivos.

La pieza central para la arquitectura modular es el módulo de procesamiento central al cual se puedan conectar los diferentes módulos intercambiables del sistema, esta es la caja de control(110) , diseccionada en la figura 8. Con el fin de mantener la

caja herméticamente sellada se emplea una caja extruida en plástico (808) que cuenta con membranas por las cuales se realizan las conexiones cableadas y sellos de goma vulcanizada que sella la unión entre la tapa (801) y el cuerpo de la caja. El procesador principal del sistema mecatrónico (803) se conecta directamente al módulo GPS (810) y su antena (811), además se conecta a una tarjeta que funciona como controlador de periféricos, como lo son el sensor inercial (806), dos sensores de temperatura, uno para exteriores (807) y otro encargado de mediciones de temperatura al interior de la caja (804), el receptor de radiofrecuencias (605). Todos estos elementos están interconectados y alimentados mediante el switch poe de 8 canales (812). Debido a las altas temperaturas que pueden producir los elementos internos se requiere un sistema de ventilación (810). En la parte superior se encuentra una antena de comunicación Wi-Fi para exteriores (800) para potenciar las comunicaciones inalámbricas.

La arquitectura electrónica está concebida con el fin de garantizar una estructura modular, por lo tanto el sistema mecatrónico multipropósito se concibe como la unión de múltiples módulos distribuidos los cuales cuentan con un procesador local conectado a un juego de actuadores y sensores y la capacidad de conectarse al módulo central mediante mecanismos de comunicación como la interfaz RS-232 para comunicación serial, antenas para comunicación por radiofrecuencia, interfaz para conexión WLAN, ethernet o antenas wifi para conexión local LAN, como se muestra en la figura 9, en esta figura se ilustra la relación entre los módulos, y cómo interactúan entre sí. De entre ellos destacan dos módulos indispensables que corresponden al módulo central (906) y al módulo de locomoción (901), debido a su estrecha relación con funciones básicas del sistema, como la movilidad y la comunicación. Otros componentes destacables son el módulo de interfaz humano máquina (HMI) (910) o módulo de recepción de radio frecuencias (918). Por otro lado, se encuentran los módulos con funciones específicas (912) que tendrán cabida en la arquitectura del sistema dependiendo de la tarea a realizar.

El módulo central cuenta con los elementos claves para la integración de los módulos constituyentes del sistema, como la unidad de procesamiento principal (907) encargada de procesar los datos que son obtenidos a través de los múltiples canales para la interconexión con los demás módulos, siendo estos canales: un conmutador de red (911), un punto de acceso de red inalámbrico wifi (909), una interfaz RS232 con interacción directa con la unidad central de procesamiento (907), conexión a redes móviles GSM/HSPA/LTE (908) y un receptor de radiofrecuencia (919). Además cuenta con sensores que apoyan la navegación (916).

El módulo de locomoción (901) está compuesto por los motores para cada oruga (902) y (904), el controlador de dichos motores (903) y una batería (905) de 24V encargada de alimentar todos los módulos del sistema y por último se encuentran los módulos efectores (912) que están compuestos de una unidad de procesamiento (915), sensores (913) y actuadores (914) específicos para la función que va a desempeñar este módulo en conjunto con el sistema.

Cada uno de las herramientas instaladas en el sistema cuentan con un circuito que les permiten intercambiarse de manera indiscriminada, el diagrama de la figura 10 muestra cómo estos interactúan entre sí tomando como ejemplo la distribución presente en el portaescobillas, este módulo está compuesto por una unidad de procesamiento (1001) que permite comunicarse con el módulo central y el autodiagnóstico de los componentes conectados a él como sensores y

controladores, como son la electroválvula (1005), el motor del cepillo (1003) por medio de su controlador (1002), y la información proveniente de los sensores láser (1004).

Con respecto a la arquitectura de software modular esta se encuentra descrita en la figura 11, esta arquitectura cuenta con cuatro capas de ejecución principal, una capa física (1104) sobre la cual corren todas las aplicaciones encargadas de la comunicación con sensores y actuadores, una capa de procesamiento (1103) encargada de la gestión, transformación y/o combinación de los datos provenientes de los sensores en información útil para la capa de algoritmos (1102) en la cual estarán las aplicaciones indispensables para llevar a cabo funciones básicas para permitirle al sistema mecatrónico multipropósito llevar a cabo una tarea definida, una capa de usuario (1101) la cual permite la interacción con el operario y una capa transversal a todas (1105), encargada del monitoreo y diagnóstico de los módulos y componentes del sistema.

Las diferentes aplicaciones que estarán corriendo sobre las unidades de procesamiento de cada uno de los módulos que constituyen el sistema de limpieza automatizado, que permiten su funcionamiento armónico se encuentra desglosado en la figura 12, adicionalmente se relacionan con la capa de la arquitectura de software a la cual pertenecen. En el paquete del módulo central relacionado con la capa física se encuentran los nodos que realizan la comunicación con el controlador de los actuadores de propulsión módulo de locomoción (1221)(1222) y el gps (1219), relacionados con la capa de procesamiento se encuentran los nodos de cinemática (1227), odometría (1214) y filtro de kalman (1213), y con respecto a la capa de algoritmos están aquellos programas de un mayor nivel de procesamiento como los relacionados con la máquina de estados (1234), mapeo (1235), navegación (1206) y planeador de ruta (1207), todos interactuando a través de tópicos (1204) (1205) (1210) (1211) (1212) (1218) (1219) (1220) (1223) (1229) (1232) (1233).

Los nodos de los paquetes del cepillo y el microcontrolador principal están centrados especialmente en la parte física, en el cepillo relacionados a esta capa se encuentran los nodos relacionados con la gestión de los lasers (1230), la electroválvula (1228) y el driver del cepillo (1224) con sus respectivos tópicos (1231) (1226) (1225), mientras en el paquete del microcontrolador principal se encuentran nodos relacionados con la gestión de sensores IMU (1216) y sensores de temperatura y humedad (1217). Adicionalmente en este paquete se encuentran dos nodos relacionados con la interfaz de usuario el receptor RF para tener la capacidad de recibir comandos de interacción con el sistema desde un control remoto (1208) y el Buzzer para comunicación de alarmas y estados del sistema (1209).

Por el último el paquete del HMI solo tiene un nodo asociado el cual hace parte de la capa de usuario y recibe como nombre el mismo del paquete (1203) , el cual comunica sus comando a través del tópico `"/hmi_cmds"` (1202) y recibe información relevante para ser mostrada al usuario a través del tópico `"/hmi_info"` (1201).

En la figura 13 se listan los elementos presentes en los paquetes de los módulos del sistema, entre dichos elementos se encuentran los nodos (1302) o llamadas aplicaciones finales que son rutinas ejecutadas que garantizan el cumplimiento de tareas específicas, también se encuentran otros 3 elementos relevantes los cuales son los encargados de la verificación de estados, la comunicación y la toma de decisiones en estados de alerta, modificables de forma automática gracias a la

implementación de código modular o plugins. Los tres módulos encargados de llevar a cabo estas tareas son la interfaz humano máquina (HMI) la comunicación por radiofrecuencia (RF) y la máquina de estados, debido a que su funcionamiento es modular, dependiente de las tareas y circunstancias en las que se encuentra el sistema su estructura de datos debe asemejar a la de un paquete.

Debido a lo anteriormente expuesto cada uno de los módulos debe contar con un plugin que modifique la máquina de estados (1301), la comunicación por radiofrecuencia (RF) (1304) y la interfaz humano máquina (HMI) (1304), esto mediante funciones y atributos claramente definidos, generales y transversales simplificando su gestión y generalizando su comportamiento. De esta manera estos códigos pueden ser interconectados con los demás módulos presentes en el sistema, añadiendo a la arquitectura funciones únicas propias del efector modificado.

La figura 14 corresponde al diagrama de clases en el lenguaje unificado de modelado (UML) con el cual se describe el esquema que describe la interacción de la máquina de estados con cada uno de sus plugins, mediante la definición general de la clase abstracta módulo (1404), la cual se define como un conjunto de componentes interconectados entre sí por un microprocesador local que se conecta directamente al procesador central del sistema. La clase módulo es complementada por los atributos y métodos provenientes de cada uno de los plugins conectados. Existen métodos comunes para cada uno de los plugins creados, que están estrechamente ligados al diagnóstico de sus componentes físicos, y al monitoreo de variables de proceso (1405); dicha interacción redefine a los métodos añadiendo funcionalidades y componentes específicos, que le permiten adaptar correctamente la nueva herramienta en la arquitectura de software.

En el diagrama también se define la clase abstracta “Componentes” (1402) los cuales se definen como los elementos interconectados entre si que componen un módulo, estos al igual que los módulos cuentan con métodos comunes para todos ellos que se encargan de monitorear los estados (1401) de dichos elementos físicos.

Por último se encuentra la clase máquina de estados (1403) la cual recoge todos los métodos y estados de los módulos con el fin de determinar las circunstancias de funcionamiento general en la que se encuentra el sistema, permitiéndole tomar acciones correctivas, o emitir alarmas en el caso que se requiera intervención del operario

La figura 15 corresponde al diagrama en el lenguaje unificado de modelado (UML) con el cual se describe la relación entre el módulo de radiofrecuencia (RF) (1502) y cada uno de sus plugins. Este módulo cuenta con atributos generales que son compartidos por los demás módulos conectados al sistema, permitiéndole modificar las acciones realizadas al momento de pulsar el control remoto (10x). Entre los atributos comunes se encuentra la definición de canales que determinará el tipo de dato que será procesado mediante los plugins (1503) que se traducirá en acciones de los efectores.

En el diagrama también se define la clase RF (1501) la cual alberga a todos los objetos encargados de la gestión de datos provenientes de la transmisión por radio frecuencia. Esta clase es responsable de distribuir de manera correcta la información proveniente de la transmisión a los diferentes plugins de cada uno de los módulos. También alberga los métodos mediante los cuales la máquina de estados puede comprobar el correcto funcionamiento de la comunicación.

La figura 16 al diagrama de clases UML describe la nueva clase abstracta denominada Módulo HMI (1604), que alberga a los métodos de transmisión mediante la red Wi-Fi propia del sistema, dicho módulo funciona alternativamente al módulo RF detallado en la figura 15 cambiando la forma de transmisión de radio frecuencia a Wi-fi, y el terminal de usuario de un control remoto a una interfaz computacional. Esto acarrea la creación de nuevos métodos en los plugins para la transmisión de datos captados por los sensores tanto propioceptivos como exteroceptivos del sistema.

En el diagrama también se define la clase abstracta widget (1602) la cual define los atributos comunes a los widgets los cuales se definen como ventanas adicionales con interfaces para la visualización del estado de los módulos y sus componentes y les permite interactuar con sus y de la cual heredan widgets específicos (1601) de cada módulo, en estas clases se definen las ventanas específicas y las acciones respectivas para el envío de comandos y la actualización de información relevante a cada módulo y por último la clase HMI (1603) la cual se encarga de contener los diferentes widgets pertenecientes a los plugins y gestionar de manera dinámica la visualización de los mismos en las diferentes pestañas, ajustando su posición y su tamaño a partir de su tipo, su prioridad y el número de widgets en cada pestaña, así como de otros factores que influyen en la visualización en pantalla de los widgets que se estén gestionando.

en la figura 17 se muestra el diagrama de flujo de las operaciones a seguir por los diferentes códigos embebidos en el sistema logrando la modularidad de los efectores intercambiables, esto se logra mediante una programación basada en plugins modificables dependientes de cada una de estas herramientas que son cargados a la hora de conectarse al procesador central del sistema. Este proceso comienza con la lectura de todos los módulos o la lectura de los componentes presentes en el efector, esta información proviene del archivo de configuración. Posterior a esto se crean(1701) los objetos programáticos para los módulos y componentes con su correspondiente configuración de datos. Se debe cerciorar que cada objeto programático creado, interactúe de forma correcta con los componentes físicos presentes en el efector, en caso contrario se debe terminar el programa(1702). Finalmente se despliegan los plugins en los módulos y puede funcionar de manera correcta. Durante su funcionamiento se implementan alarmas y controles para monitorear(1703) cualquier cambio de las variables de proceso, en caso de detectarse cualquier anomalía se disparará una alarma para el operario.(1704)

En la figura 18 se muestra el funcionamiento del plugin, este comienza con una configuración adecuada de todos sus componentes(1801) (tópicos, temporizadores, transformadas, etc), para posteriormente desplegar(1802) los nodos con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los módulos a los cuales pertenece el plugin. Finalmente se implementan los módulos (1804) y se cerciora que durante operación las variables de proceso se encuentren en límites aceptables.(1803)