

5 Programa de control del sistema

5.1 Introducción

El programa de control del sistema está realizado sobre el software Unity de Schneider Electric en su versión 5.0.

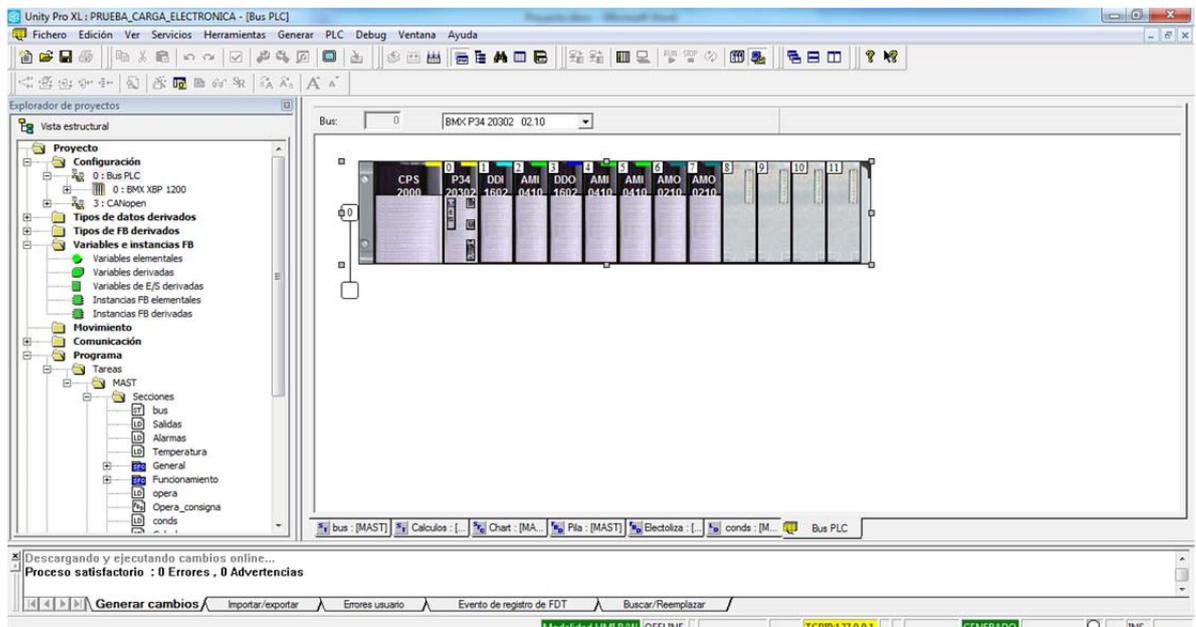


Ilustración 73 - Visión general del software Unity

Para ello se han utilizado el lenguaje de contactos o Ladder, el lenguaje de ejecución secuencial Grafcet, texto estructurado y el lenguaje de bloques de funciones. Utilizando el lenguaje de contactos para ejecuciones lógicas, el lenguaje Grafcet para ejecuciones secuenciales del programa, el texto estructurado para variables reales, y los bloques de funciones para funciones complejas.

5.2 Descripción

El programa principalmente está basado en dos modos de funcionamiento, modo manual y modo automático.

En el modo manual podremos gobernar independientemente cada variable del sistema como válvulas, consignas de potencia, corriente y/o tensión. Así como varias funciones complejas como controlar el funcionamiento de la pila y/o el electrolizador. Este modo está diseñado, principalmente, para futuros controles del sistema vía Simulink o Labview, así como ensayos de equipos aisladamente.

En modo automático se utilizará las mismas funciones que se utilizan en el modo manual, pero activadas y controladas por un algoritmo que tendrá en cuenta varias situaciones, que veremos luego, para el rutado de energía eléctrica entre los equipos de acuerdo a un perfil de generación eléctrica de las fuente de energía renovable, así como el consumo de la instalación.

5.2.1 Función descarga hidrógeno

Esta función estará gobernada por una variable booleana que permite la activación y el control de descarga de hidrógeno. Para ello el programa de control, en primer lugar, abrirá la electroválvula de agua caliente del termo eléctrico, para calentar los hidruros y desorber hidrógeno aumentando la presión a la salida del depósito de hidruros. Este control está basado en un sistema ON/OFF con histéresis, el cual mantendrá abierta la electroválvula de agua caliente, si el valor de presión ha alcanzado un valor menor que P1 hasta que el valor de presión sea mayor que P2, siendo $P2 > P1$. Con ello conseguiremos un control de presión de hidrógeno a la salida de los hidruros entre los valores P1 y P2. Los valores P1 y P2 serán configurados a través del SCADA.

5.2.2 Función carga hidrógeno

La función de carga hidrógeno tendrá dos estados, activado o desactivado, controlado por una variable booleana. Simplemente abre la electroválvula del agua fría así como las dos electroválvulas que permiten el paso de hidrógeno desde el electrolizador, y la red de hidrógeno hacia el depósito de hidruros.

5.2.3 Función control de pila de combustible

Para controlar el funcionamiento de la pila se ha dispuesto de dos variables, una booleana y otra real, la primera valdrá para activar o desactivar la función, y la segunda será la consigna de potencia que será generada por la pila de combustible. Esta función activa, a su vez, la función de descarga de hidruros, para conseguir una presión suficiente para el funcionamiento de la pila de combustible. Seguidamente, una vez que el valor de presión esté controlado, se procede a abrir la electroválvula que permitirá el paso hacia la pila de combustible, pasando por el regulador de presión para conseguir presiones aceptables por la pila. Una vez se alcance una presión aceptable para la pila, encenderá la pila y permanecerá a la espera de que la pila de combustible esté disponible para generar electricidad, en ese momento se dará orden de marcha al convertidor de la pila para que demande la potencia de consigna y la transmita al Bus de Corriente, siguiendo una pendiente máxima de potencia. Al desactivar la función se parará en primer lugar el convertidor (según una rampa de potencia descendente) y seguidamente la pila.

5.2.4 Función control del electrolizador

Para el control de funcionamiento del electrolizador, se dispone de dos variables para controlar la activación y la consigna de potencia inyectada en la pila, similar al control de la pila de combustible. Para ello ejecutará la función de carga de hidrógeno, para permitir la absorción de hidrógeno por los hidruros. Seguidamente se manda orden de marcha al electrolizador, que hará una rutina de puesta en marcha, cerrando un contactor cuando el electrolizador está preparado para la inyección de corriente. En este momento se manda una orden de puesta en marcha al convertidor del electrolizador, para que inyecte una corriente en el electrolizador proveniente del bus de corriente, con una pendiente máxima de potencia. Cuando se desactive la función se procede a parar el convertidor del electrolizador, así como a desactivar la supervisión de tensión y corriente del control del electrolizador, el cual al detectar un valor de tensión y/o corriente bajo pondrá el electrolizador en modo de error, con el objetivo de que el electrolizador no entre en error, una vez que el convertidor se encuentre parado se parará el electrolizador.

La potencia máxima admisible del electrolizador es variable, no pudiendo sobrepasar de 11 V. El punto de funcionamiento I-V irá variando dependiendo de la temperatura del stack, disminuyendo la tensión y aumentando la corriente para una potencia constante. Por lo que se dispone de un control para que no sobrepase de este límite variables, además de un límite fijado por el usuario en el SCADA.

5.2.5 Función inertización

Esta función al activarse abrirá la electroválvula de paso de nitrógeno de la red, hacia la pila de combustible, y permanecerá abierta un tiempo configurado en el SCADA, esta función activará una variable de fin de inertización cuando finalice el proceso.

5.3 Estados de funcionamiento

El programa estará supervisado por un control superior que controlará el paso entre estados de funcionamiento.

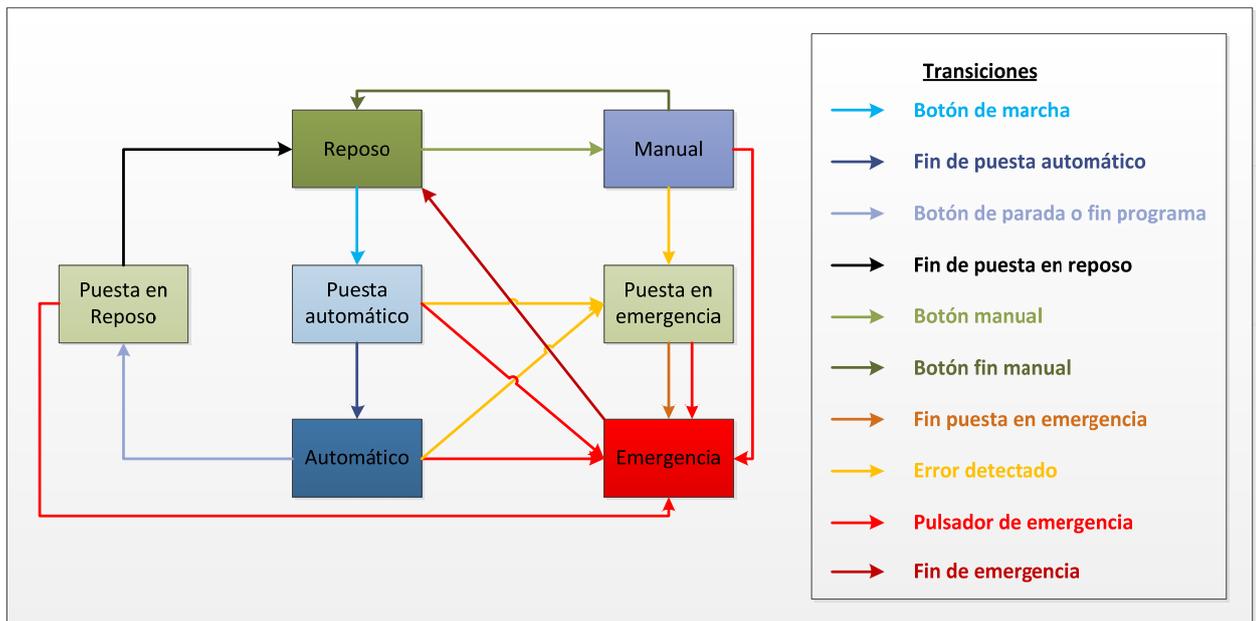


Ilustración 74 - Posibles estados del programa

El paso entre estados estará condicionado por unas transiciones que luego explicaremos.

5.3.1 Reposo

En el estado de reposo, todas las salidas del PLC estarán inactivas, y forzará un ‘reinicio en frio’ del PLC, el cual pondrá todas las variables en su valor inicial.

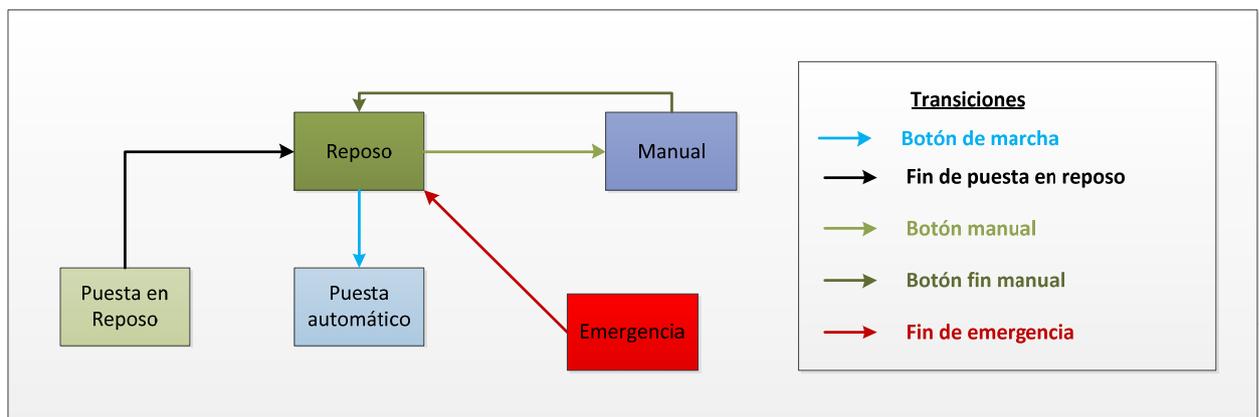


Ilustración 75 - Predecesores y sucesores del estado reposo

Sucesores: Las únicas opciones para salir del estado de emergencia es que se pulse el botón marcha, para poner el sistema en modo automático, el cual se irá al estado ‘puesta automática’. O pulsar el botón de puesta en modo manual en el SCADA.

5.3.2 Puesta en funcionamiento

En este estado, se activará la función de inertización, y se procederá a leer el perfil de potencia de generación de las placas solares y aerogeneradores, así como el perfil de consumo de la instalación, de una base de datos.

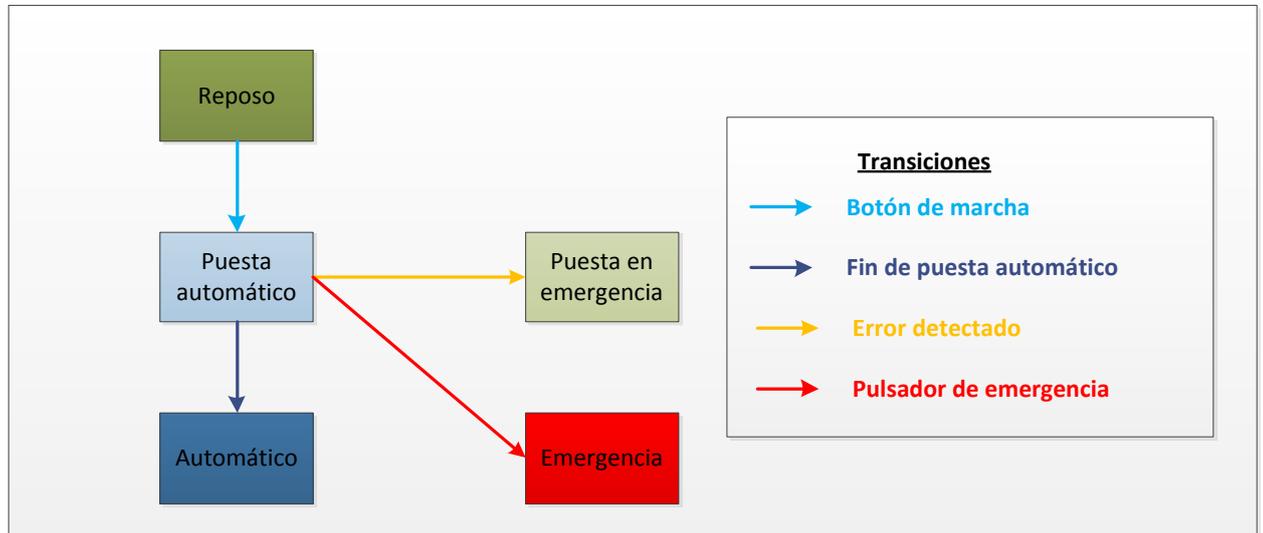


Ilustración 76 - Predecesores y sucesores del estado puesta automático

Sucesores: Si la puesta en modo automático no detecta errores ni se pulsa la seta de emergencia, pasará al estado automático cuando finalice la inertización del sistema y justo cuando se inicie la lectura de los perfiles. Si se detecta un error de los contemplados se pasará al estado de ‘puesta en emergencia’, sin embargo, si se pulsa la seta de emergencia es control pasará al estado ‘emergencia’.

5.3.3 Puesta en reposo

En el estado de puesta en reposo, en primer lugar, parará todas las funciones activas, así como pondrá todas las variables a cero, si se consigue esto se pasará a inertizar el sistema.

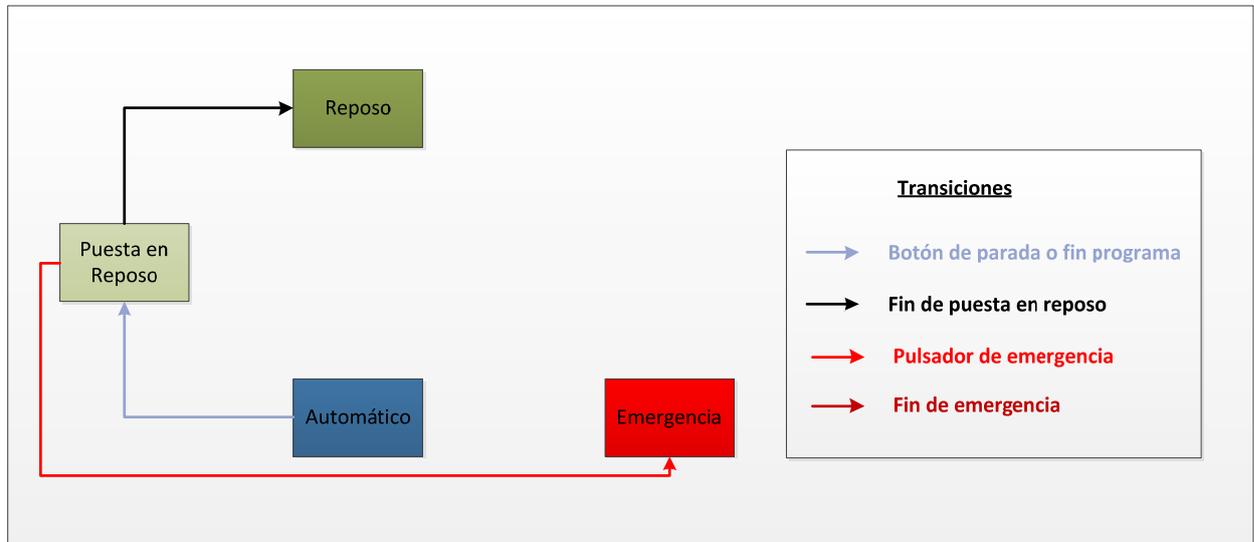


Ilustración 77 - Predecesores y sucesores del estado puesta en reposo

Sucesores: Si todo va bien en el estado de reposo, después de inertizar el sistema se pasará al estado de reposo, sin embargo, si después de un tiempo no se consigue apagar todas las funciones o se pulsa la seta de emergencia, se pasara al estado de emergencia.

5.3.4 Puesta en emergencia

Este estado es similar a la puesta en reposo, se intentará apagar todos los equipos así como todas las funciones activas, siguiendo un procedimiento para no dañar los equipos.

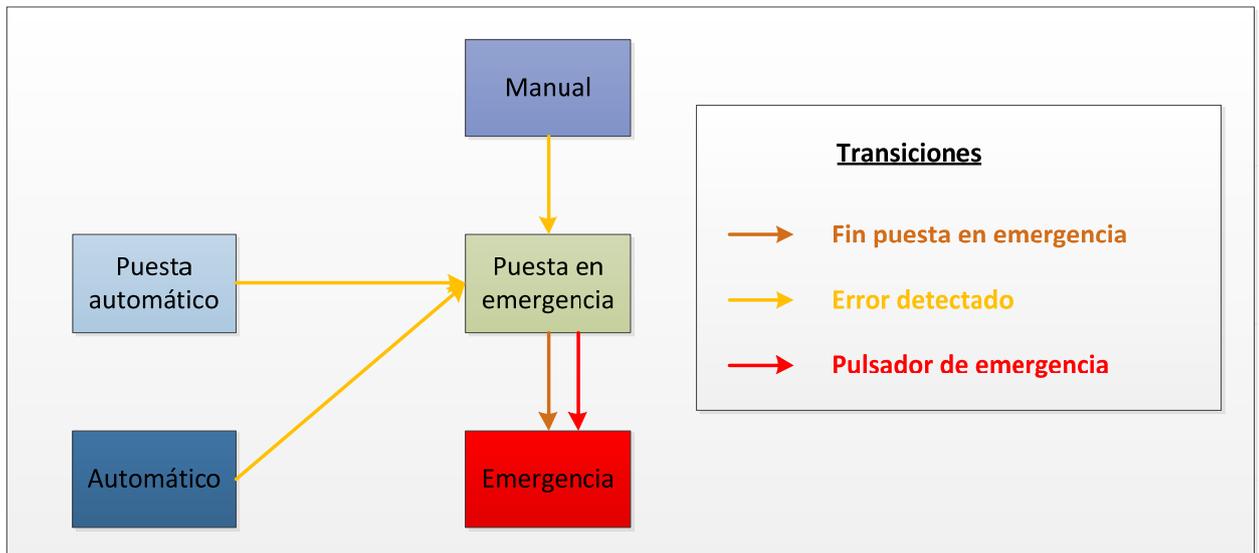


Ilustración 78 - Predecesores y sucesores del estado puesta en emergencia

Sucesores: Pasado un tiempo establecido por el usuario en el SCADA, habiendo conseguido o no, apagar los equipos, o si se pulsa la seta de emergencia, se pasará al estado de emergencia.

5.3.5 Automático

En el modo de funcionamiento automático, se gestionará automáticamente el encendido, apagado y consignas tanto para el funcionamiento de la pila de combustible como para el electrolizador, se administrará la compra y venta de energía a la red eléctrica, así como las consignas de la fuente programable como la carga electrónica.

Todo el sistema de gestión está basado en el estado de carga y tensión de las baterías. Así cuando las baterías estén muy cargadas, se venderá el exceso de potencia de las fuentes renovables respecto al consumo útil de la instalación, de modo que la consigna de carga electrónica sea igual a la generada por las fuentes renovables (balance de corriente por las baterías nulo), además se encenderá el electrolizador a máxima potencia para descargar las baterías lo suficiente como el usuario haya configurado en el SCADA.

Análogamente se actuará cuando las baterías estén muy descargadas, se enciende la pila de combustible a máxima potencia, si la potencia de carga de las baterías es menor que la potencia mínima configurada en el SCADA por el usuario se comprará esa cadencia de potencia a la red eléctrica.

La tensión de las baterías, según datos del fabricante no pueden disminuir de un valor 40 Voltios, así como, no puede aumentar de un valor de 56 Voltios.

Si la tensión de las baterías (la misma que el bus de corriente) es superior a un valor establecido por el usuario en el SCADA, cercano al valor máximo de tensión en las baterías, se encenderá el electrolizador a una consigna que establezca la tensión del bus de corriente al valor establecido por el usuario, si electrolizador no fuese capaz de dar la potencia necesaria, se venderá la potencia suficiente para que la tensión del bus permanezca en el valor establecido.

Análogamente, se encenderá la pila de combustible cuando la tensión de las baterías sea menor que un valor establecido por el usuario en el SCADA, y si la capacidad de la pila no lo permitiese se compraría esa potencia.

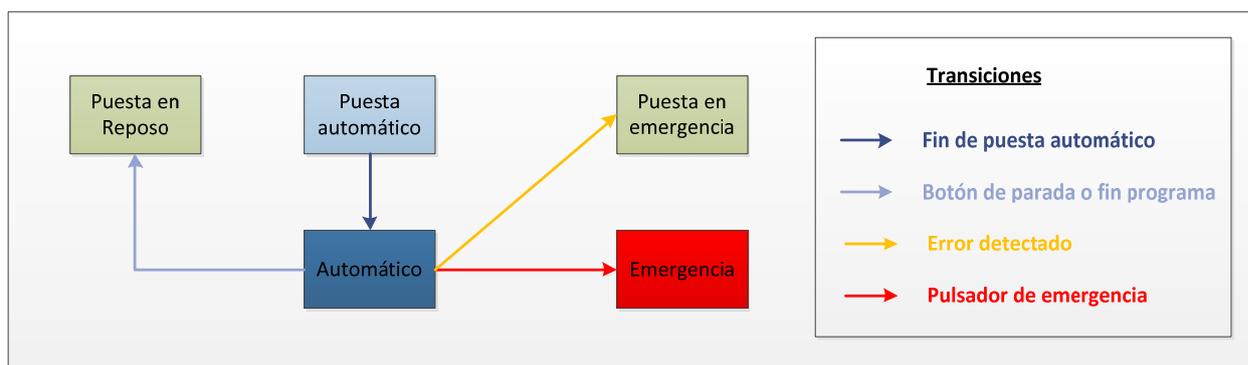


Ilustración 79 - Predecesores y sucesores del estado automático

Sucesores: Si se pulsa el botón de parada o a finalizado la lectura de perfiles de generación o consumo de la base de datos, se pasará al estado de emergencia. Si durante el funcionamiento en modo automático se detectara un error de los contemplados se pasará al estado de emergencia, y si se pulsa la seta de emergencia se pasará al estado de emergencia.

5.3.6 Manual

En este estado se podrá activar o desactivar todas las electroválvulas, así como poner en funcionamiento la fuente programable y la carga electrónica a una consigna, además de activar y desactivar todas las funciones de control mencionadas previamente.

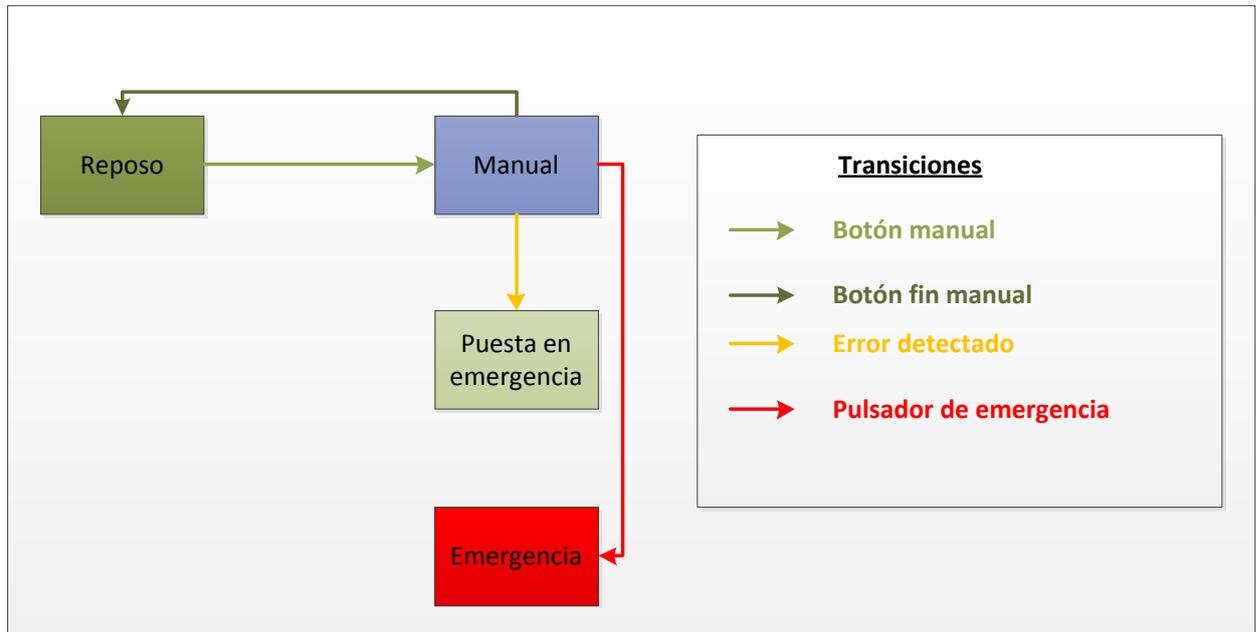


Ilustración 80 - Predecesores y sucesores del estado manual

Sucesores: Del modo manual se puede volver al estado de reposo si se pulsa el botón de fin de manual en el SCADA. Si se detecta un error se pasará al estado de 'puesta en emergencia', y si se pulsa la seta de emergencia se pasará al estado de emergencia.

5.3.7 Emergencia

En el estado de emergencia, se resetea todas las variables del sistema, en caso de funcionamiento de algún equipo se apagará de forma brusca, es la principal diferencia respecto al estado de puesta en marcha. En el estado de emergencia prevalece la seguridad general frente a la de los equipos. Seguidamente se pasa a una inertización del sistema.

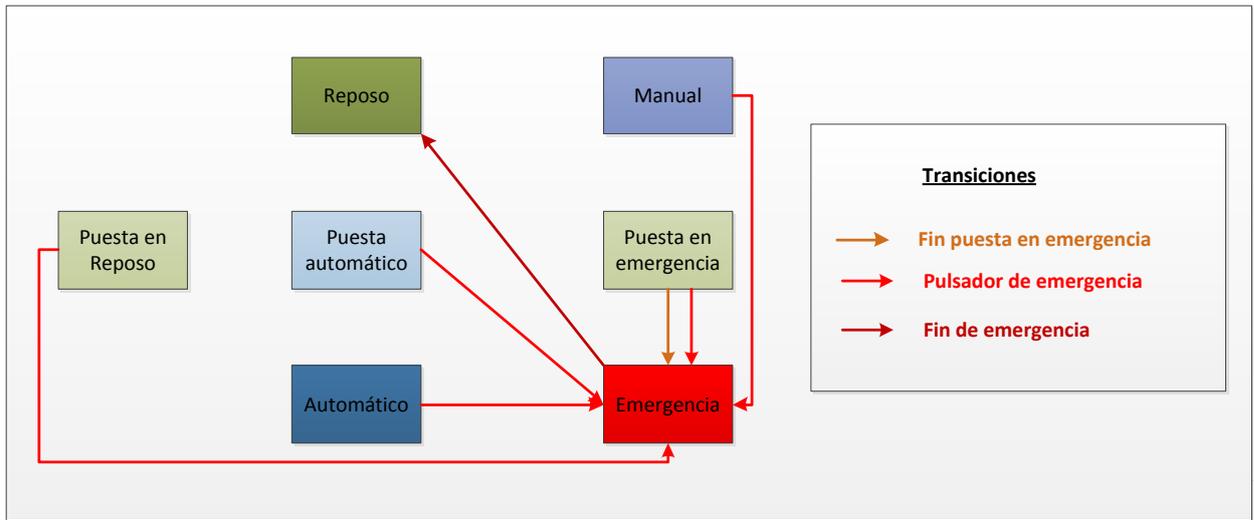


Ilustración 81 - Predecesores y sucesores del estado emergencia

Sucesores: Del estado de emergencia sólo se puede volver al estado de reposo, siempre que se haya terminado de inertizar el sistema, hayan desaparecido o reconocido todos los errores, el pulsador de emergencia no esté pulsado, y el usuario de su consentimiento para salir de este estado.