

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA OPERACIÓN DE UN GRUPO DE ESTUFAS DE SECADO DE HOJAS VEGETALES**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Gabriel D. Kobritz. R.  
para optar al título de Ingeniero  
Electricista

Caracas, 2014

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA OPERACIÓN DE UN GRUPO DE ESTUFAS DE SECADO DE HOJAS VEGETALES**

TUTOR ACADÉMICO: ING. PATRICIA SÁNCHEZ.

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Gabriel D. Kobritz. R.  
para optar al título de Ingeniero  
Electricista

Caracas, 2014.

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 20 de junio de 2014

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Gabriel D. Kobritz R., titulado:

### “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA OPERACIÓN DE UN GRUPO DE ESTUFAS DE SECADO DE HOJAS VEGETALES”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Industrial, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Norio Ojeda  
Jurado



Prof. Alexander Cepeda  
Jurado



Prof. Patricia Sánchez  
Prof. Guía

**Gabriel D. Kobritz. R.**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA  
OPERACIÓN DE UN GRUPO DE ESTUFAS DE SECADO DE  
HOJAS VEGETALES**

**Tutor Académico: Ing. Patricia Sánchez. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Industrial. Institución: Herbario Nacional de Venezuela. 2014. 79 hojas + anexos.**

**Palabras clave:** Automatización; Sistemas de Control; Instrumentación; Sistemas de Supervisión; SCADA; Estufas de secado; Hornos de secado.

**Resumen.** Este trabajo de grado comprende el levantamiento de información, diagnóstico y rehabilitación de las estufas de secado para muestras botánicas ubicadas en el Herbario Nacional de Venezuela dentro de las instalaciones del Jardín Botánico de Caracas, así como el diseño de un sistema de control automático para su operación, incluyendo un programa de control y supervisión que permita, de manera remota, conocer el estado del sistema y manipular las variables de control identificadas según sus características. Además, se realiza una propuesta para la implementación de un sistema de seguridad y control de acceso al área donde se encuentran las estufas, como también la propuesta para la instalación de un sistema de detección de incendios, en correspondencia con lo que dictan las normas venezolanas vigentes.

# ÍNDICE GENERAL

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN</b> .....  | iii         |
| <b>RESUMEN</b> .....   | iv          |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b> .....  | v           |
| <b>LISTA DE TABLAS</b> .....   | viii        |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....  | ix          |
| <b>LISTA DE ANEXOS</b> .....   | xi          |
| <b>SIGLAS Y ACRÓNIMOS</b> .....  | xii         |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1           |
| <b>CAPÍTULO I.</b>   |             |
| <b>MARCO REFERENCIAL</b> .....   | 3           |
| 1.1.Planteamiento del problema.....  | 3           |
| 1.2.Objetivo general.....  | 5           |
| 1.3.Objetivos específicos.....   | 5           |
| <b>CAPÍTULO II.</b>  |             |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....   | 7           |
| 2.1. Manejo del herbario y preparación de especímenes vegetales.....                               | 7           |
| 2.2. Medición de temperatura en procesos industriales. Fundamentos y principios.....               | 9           |
| 2.2.1. Generalidades.....  | 9           |
| 2.2.2. Termopares.....   | 10          |
| 2.2.3. Termómetros de resistencia (RTD).....   | 13          |
| 2.3. Automatización de los procesos industriales. Elementos de control y transmisión de datos..... | 16          |
| 2.3.1. Generalidades.....  | 16          |

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| 2.3.2. Relé.....   | 17          |
| 2.3.3. Contactor.....  | 18          |
| 2.3.4. Controlador Lógico Programable (PLC).....                     | 18          |
| 2.3.5. Sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA).....   | 19          |
| 2.3.6. Transmisión de señales analógicas.....                        | 20          |
| 2.3.7. Buses de campo y protocolos de comunicación industriales..... | 20          |
| 2.3.7.1. Red EtherNet/IP.....  | 23          |
| 2.3.7.2. Red DeviceNet.....  | 24          |
| 2.4. Sistemas de detección automática de incendios.....              | 24          |
| 2.4.1. Generalidades.....  | 24          |
| 2.4.2. Detectores de humo por ionización.....                        | 25          |
| <b>CAPÍTULO III.</b>   |             |
| <b>EQUIPOS DE SECADO DE MUESTRAS. DESCRIPCIÓN,</b>                   |             |
| <b>DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN.....</b>                                 | <b>27</b>   |
| 3.1. Generalidades del proceso de secado de muestras.....            | 27          |
| 3.2. Estufa N°. 1. Descripción y diagnóstico.....                    | 28          |
| 3.2.1. Descripción.....  | 28          |
| 3.2.2. Diagnóstico.....  | 29          |
| 3.3. Estufa N°. 2. Descripción y diagnóstico.....                    | 31          |
| 3.3.1. Descripción.....  | 31          |
| 3.3.2. Diagnóstico.....  | 33          |
| 3.4. Estufa N° 3. Descripción y diagnóstico.....                     | 35          |
| 3.4.1. Descripción.....  | 35          |
| 3.4.2. Diagnóstico.....  | 36          |
| 3.5. Reparaciones.....   | 37          |
| <b>CAPÍTULO IV.</b>  |             |
| <b>PROPUESTA DE CONTROL.....</b>                                     | <b>39</b>   |
| 4.1. Propuesta.....  | 39          |
| 4.2. Selección del controlador.....                                  | 49          |

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| 4.2.1. Zelio Logic, Schneider Electric.....                | 49          |
| 4.2.2. LOGO! Modular, Siemens.....                         | 50          |
| 4.2.3. Pico Controller, Rockwell Automation.....           | 51          |
| 4.2.4. Comparación y elección del controlador.....         | 52          |
| 4.2.4.1. Costos.....                                       | 53          |
| 4.2.4.2. Conectividad.....                                 | 54          |
| 4.2.4.3. Representación.....                               | 55          |
| 4.2.4.4. Matriz de factibilidad.....                       | 56          |
| 4.3. Selección del programa de supervisión y control.....  | 57          |
| 4.4. Canalización e instalación del sistema.....           | 59          |
| <br><b>CAPÍTULO V.</b>                                     |             |
| <b>SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIO Y CONTROL DE</b>      |             |
| <b>ACCESO.....</b>   | <b>66</b>   |
| 5.1. Propuesta de un sistema de detección de incendio..... | 66          |
| 5.2. Propuesta de un sistema de control de acceso.....     | 71          |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                   | <b>73</b>   |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                | <b>76</b>   |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                     | <b>78</b>   |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                   | <b>79</b>   |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>80</b>   |

## LISTA DE TABLAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Tabla 1. Organización de la prensa de campo y de la prensa de secado.....                             | 8           |
| Tabla 2. Pruebas de operación de las resistencias de la Estufa N°. 1.....                             | 30          |
| Tabla 3. Pruebas de aislamiento eléctrico de las resistencias de la Estufa<br>N°. 1.....              | 30          |
| Tabla 4. Pruebas de operación de las resistencias de la Estufa N°. 2.....                             | 34          |
| Tabla 5. Pruebas de aislamiento eléctrico de las resistencias de la Estufa<br>N°. 2.....              | 34          |
| Tabla 6. Prueba de funcionamiento de la Estufa N°. 3.....   | 37          |
| Tabla 7. Prueba de funcionamiento del ventilador de la Estufa N°. 2.....                              | 38          |
| Tabla 8.1. Lista de dispositivos e instrumentos del sistema de control.....                           | 45          |
| Tabla 8.2. Lista de señales del sistema de control.....   | 47          |
| Tabla 9. Comparación de equipos y software por marca comercial.....                                   | 52          |
| Tabla 10. Matriz de factibilidad para elección del controlador.....                                   | 56          |
| Tabla 11. Asignación de colores para conductores eléctricos.....                                      | 61          |
| Tabla 12. Lista de materiales para canalización del sistemas de control.....                          | 65          |
| Tabla 13. Áreas permisibles de protección para detectores de humo por<br>ionización.....              | 67          |
| Tabla 14. Lista de materiales para canalización del sistema de detección y<br>alarma de incendio..... | 70          |
| Tabla 15. Comparativa para sistemas de control de acceso.....   | 72          |

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1. Curvas de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura.....        | 15          |
| Figura 2. Pirámide de automatización.....   | 21          |
| Figura 3. Modelo OSI.....   | 22          |
| Figura 4. Estufa N°. 1.....   | 28          |
| Figura 5. Resistencias eléctricas de la Estufa N°. 1.....   | 29          |
| Figura 6. Estufa N°. 2.....   | 31          |
| Figura 7. Resistencias Eléctricas de la Estufa N°. 2.....   | 32          |
| Figura 8. Detalle de los elementos de control de la Estufa N°. 2.....                               | 32          |
| Figura 9. Estufa N°. 3.....   | 35          |
| Figura 10.1. Tablero de control de la Estufa N°. 3.....   | 36          |
| Figura 10.2. Relé temporizador de la Estufa N° 3.....   | 36          |
| Figura 11.1. Esquema general de conexión de la Estufa N°. 1.....                                    | 41          |
| Figura 11.2. Esquema general de conexión de la Estufa N°. 2.....                                    | 42          |
| Figura 11.3. Esquema general de conexión de la Estufa N°. 3.....                                    | 43          |
| Figura 12. Esquema general de conexión del panel frontal de control.....                            | 44          |
| Figura 13. Diagrama lógico de funcionamiento del sistema de control propuesto.....                  | 48          |
| Figura 14. Funcionalidades del software LOGO! Soft Comfort.....                                     | 58          |
| Figura 15.1. Plano de canalización del sistema de control.....                                      | 62          |
| Figura 15.2. Disposición actual de circuitos en tablero eléctrico para conexión de los equipos..... | 63          |
| Figura 15.3. Distribución recomendada en caja de control.....                                       | 64          |
| Figura 16.1. Diagrama de conexiones del sistema de detección y alarma de incendio.....              | 68          |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Figura 16.2. Plano de canalización del sistema de detección de incendio..... | <b>Pág.</b><br>69 |
| Figura 17. Diagrama de bloques general del sistema de control de acceso..... | 71                |

## LISTA DE ANEXOS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| ANEXO N° 1. CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS<br>CONDUCTORES Y TUBERÍAS.....      | 81          |
| A.1.1. Estufa N° 1.....   | 81          |
| A.1.1.1. Capacidad de corriente.....  | 81          |
| A.1.1.2. Caída de tensión.....  | 82          |
| A.1.1.3. Nivel de cortocircuito.....  | 83          |
| A.1.1.4. Selección de la tubería.....   | 84          |
| A.1.2. Estufa N° 2.....   | 84          |
| A.1.2.1. Capacidad de corriente.....  | 84          |
| A.1.2.2. Caída de tensión.....  | 85          |
| A.1.2.3. Nivel de cortocircuito.....  | 86          |
| A.1.2.4. Selección de la tubería.....   | 87          |
| A.1.3. Estufa N° 3.....   | 88          |
| A.1.3.1. Capacidad de corriente.....  | 88          |
| A.1.3.2. Caída de tensión.....  | 89          |
| A.1.3.3. Nivel de cortocircuito.....  | 90          |
| A.1.3.4. Selección de la tubería.....   | 91          |
| ANEXO N° 2. HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR LOGO!<br>MODULAR 12/24 RCE.....               | 92          |
| ANEXO N° 3. HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN<br>LOGO! DM8-24.....                  | 95          |
| ANEXO N° 4. HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN<br>LOGO! AM2-RTD.....                 | 98          |
| ANEXO N° 5. HOJA DE DATOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN<br>LOGO! POWER 24 V / 1,3 A..... | 101         |

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**ANSI:** American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).

**AWG:** American Wire Gauge (Calibre de Alambre Estadounidense).

**CAN:** Controller Area Network (Red de Controladores de Área).

**CC:** Corriente Continua.

**CEN:** Código Eléctrico Nacional.

**CIP:** Common Industrial Protocol (Protocolo Industrial Común).

**COVENIN:** Comisión Venezolana de Normas Industriales.

**DIN:** Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).

**EMT:** Electrical Metallic Tubing (Tubería Metálica Eléctrica).

**FMC:** Flexible Metallic Conduit (Tubería Metálica Flexible).

**HMI:** Human Machine Interface (Interface Hombre Máquina).

**ICEA:** Insulated Cable Engineers Association (Asociación de Ingenieros para Conductores Aislados).

**IEC:** International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)

**NEMA:** National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos).

**NETA:** International Electrical Testing Association (Asociación Internacional para Ensayos Eléctricos).

**OSI:** Open System Interconnection (Interconexión de sistemas abiertos).

**PLC:** Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).

**RTD:** Resistance Temperature Detector (Detector de Temperatura por Resistencia).

**SCADA:** Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisor y Adquisición de Datos).

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol / Internet Protocol (Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet).

**THW:** Thermoplastic Heat and Water Resistant (Termoplástico Resistente al Calor y al Agua).

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de optimizar los procesos de producción, cada vez más eficientes y con mayor facilidad de operación y mantenimiento ha sido un objetivo esencial de la humanidad desde el nacimiento de la industria moderna. Como consecuencia, el desarrollo de nuevas tecnologías ha estado siempre destinada a mejorar dichos procesos, con el diseño de sistemas de control y supervisión cada vez más sofisticados que, además de permitir conocer el estado del proceso y sus variables, consiguen incrementar su eficiencia generando un producto final de mayor calidad y en el menor tiempo posible, con un uso de energía y recursos cada vez menores.

Durante los últimos años, los avances en este tipo de sistemas han sido aplicados no sólo a los procesos de producción industrial, sino que también se pueden encontrar en instalaciones y equipos destinados a la medicina, o en el diseño de un nuevo tipo de estructuras denominadas Edificios Inteligentes, capaces de controlar cada uno de sus sistemas, bien sea sistemas de seguridad, climatización, iluminación o de cualquier otro tipo, convirtiéndolo en instalaciones cada vez más autónomas y confiables. Por otra parte, también nos permite involucrar el concepto de ahorro energético, que ha cobrado cada vez mayor fuerza en la sociedad, buscando estructuras y procesos mucho más eficientes y amigables al medio ambiente.

Para el Herbario Nacional de Venezuela, ubicado en el Jardín Botánico de Caracas, resulta fundamental adaptar este tipo de tecnologías a las actividades que allí se desarrollan, las cuales permitan facilitar sus procesos e introducir la idea del ahorro de energía. El Herbario Nacional de Venezuela tiene como principal función la custodia y preservación de la colección de muestras botánicas más grande en el país, así como el cumplimiento de actividades relacionadas a la docencia e investigación en el campo de la botánica.

El Herbario Nacional de Venezuela cuenta con cuatro salas en las que se almacenan aproximadamente 400.000 especímenes de todos los grupos vegetales, tanto de plantas nacionales como extranjeras. Estos especímenes, una vez traídos por los recolectores al herbario, no pueden ser almacenados en su estado natural debido a que sus altas concentraciones de humedad pueden ocasionar la aparición de hongos y dañar las muestras, haciéndolas inutilizables. Para ello, se cuentan con un grupo de tres estufas eléctricas que se encargan de extraer la humedad de la muestra antes de pasar a la sala de almacenaje.

Según el tipo de muestra, el proceso de secado puede tardar entre veinticuatro y setenta y dos horas hasta alcanzar el nivel de humedad necesario, a una temperatura de 70 °C, temperatura a la cual se ha determinado que la muestra puede ser secada sin causar daños permanentes a la misma. Es por ello que las variables de temperatura y tiempo de secado son fundamentales en el control, ya que un cambio indeseado en alguna de ellas puede ocasionar la pérdida total de la muestra a secar.

# CAPÍTULO I

## MARCO REFERENCIAL

### **1.1. Planteamiento del problema.**

El Herbario Nacional de Venezuela, adscrito al Jardín Botánico de Caracas, cuenta con un grupo de tres estufas eléctricas, una para muestras de gran tamaño o un gran número de ellas, y dos para muestras más pequeñas, encargadas de extraer la humedad de las mismas antes de ser almacenadas para su estudio o preservación. Sin embargo, de las tres estufas sólo se encuentra en operación la destinada a muestras grandes o numerosas, por lo que en oportunidades debe ser usada para secar muestras más pequeñas y generando, en consecuencia, un desperdicio importante de energía.

Por otra parte, el conjunto de estufas contaba con un sistema de control local por temporizadores en los que se podía definir el tiempo de operación de la estufa, y un pirómetro para asignar la temperatura de operación. Este control se encuentra deshabilitado debido a que los equipos están averiados, por lo que el control de tiempo debe hacerse de forma manual por parte de un operario, quien debe dirigirse a la sala de secado a encender o apagar la estufa. El proceso tampoco cuenta con un sistema de supervisión que permita conocer el estado de operación en tiempo real del grupo de estufas, ni un control de acceso a las salas donde ellas se encuentran.

Esta condición produce molestias entre los operadores, los cuales deben trasladarse constantemente desde sus puestos de trabajo hasta la sala de secado para verificar su estado o si alguna persona, bien sea trabajador, estudiante o personal no autorizado ha operado alguna de las estufas de forma inadecuada, o si se han dejado encendidas por descuido. Adicionalmente, no existe un sistema de detección y alarma de incendio adecuado a las características de las actividades que allí se realizan, lo que representa un peligro para los equipos y el personal que hace vida en el herbario.

La operación manual del grupo de estufas también ha traído como consecuencia que el tiempo de secado se vea severamente extendido, ya que al no existir un control de encendido o apagado no es posible mantener en funcionamiento las estufas en horarios en los que no exista personal en el área, debiendo suspender el proceso hasta reanudar las actividades laborales. La falta de control en el tiempo de secado también ha traído como consecuencia un uso poco eficiente de la energía consumida debido a que el proceso de secado pudiese continuar en operación aún cuando la muestra se encuentre lista para almacén.

Como solución se propone el diagnóstico de las unidades deshabilitadas para su posterior recuperación, así como el diseño de un sistema de control adecuado que permita satisfacer las necesidades del proceso. Adicionalmente, se plantea el diseño de los sistemas de control de acceso y detección de incendio, necesarios para garantizar la seguridad del personal y del proceso en general.

## **1.2. Objetivo General.**

Diseñar un sistema de control para la operación de un grupo de estufas de secado de hojas vegetales.

## **1.3. Objetivos Específicos.**

- a) Realizar el levantamiento de información de las características generales del proceso involucrado, así como las características técnicas de los equipos presentes.
- b) Realizar el diagnóstico de los equipos que se encuentran deshabilitados, identificar las fallas y proponer una solución técnica y económica acorde a las características de dichos equipos y las necesidades del proceso.
- c) Identificar las variables de control del proceso necesarias para proponer una estrategia de control que permita al usuario programar el tiempo de operación de una estufa seleccionada según el tipo de muestra, así como la temperatura de secado, con posibilidades de almacenar en una memoria parámetros pre-configurables para muestras ya conocidas.
- d) Seleccionar los equipos, actuadores, sensores e instrumentos necesarios para el control propuesto, considerando sus características técnicas y costos.
- e) Seleccionar un programa de supervisión y control que permita conocer el estado del sistema y el control de alguna o todas sus variables a distancia, analizando los aspectos técnicos y económicos de dicha solución.
- f) Proponer el uso de un sistema de seguridad y control de acceso al área de secado en donde se encuentra el grupo de estufas y los elementos de control, tomando en cuenta los costos y aspectos técnicos de dicho sistema.

- g) Proponer el uso de un sistema de detección de incendio adecuado para el proceso bajo estudio, tomando en cuenta los costos y aspectos técnicos de dicho sistema.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Manejo del herbario y preparación de especímenes vegetales.**

Las colecciones vegetales son esenciales para la investigación taxonómica. Éstas circunscriben a las especies y documentan su variabilidad, constituyen las fuentes primarias para los estudios florísticos, y sirven como testigos de referencia para las investigaciones experimentales. Los materiales vegetales deben ser seleccionados, preparados y preservados con mucho cuidado, ya que los especímenes de herbario se convierten en un registro permanente, el cual será examinado por los investigadores en botánica.

La preparación de las muestras herbarias comienza en el campo, donde las muestras recogidas por los recolectores son colocadas, tan pronto como sea posible, en prensas de campo constituidas por dos planchas de madera de triplay de 3/8 de espesor, cortadas en secciones de 12 x 18 pulgadas, y sujetadas mediante correas. Entre las planchas se colocan papeles secantes que absorberán la humedad de los especímenes frescos, y *ventiladores corrugados* u hojas de cartón corrugado que proporcionarán el espacio necesario para que el aire pase a través de la prensa y retire el vapor de agua. Las muestras botánicas se colocan en papel periódico desde su recolección hasta el momento en que son montadas. La colocación y el arreglo de los especímenes sobre las hojas de papel periódico son de gran importancia y requiere una cuidadosa atención en los detalles; la apariencia final del espécimen depende de cómo se preñe y se seque.

Cada espécimen debe ser arreglado en forma que se vea más o menos natural y muestre los detalles botánicos esenciales. Además, debe evitarse la superposición de las hojas u otras partes de la planta, ya que esto hace más lento el secado y reduce la calidad del espécimen, y nunca deben amontonarse diferentes especímenes vegetales en una misma hoja de papel; sólo debe presentarse una colecta en cada hoja. También debe eliminarse toda la tierra o basura de las partes subterráneas de la planta antes de ser presentada.

Al finalizar el día de recolección o a la mañana siguiente, los especímenes deben transferirse, cada uno en su propia hoja de periódico, a una prensa de secado de características similares a la prensa de campo. A fin de obtener mejores resultados, los especímenes deben secarse tan rápido como sea posible. Para un mayor detalle de la construcción de la prensa de campo y la prensa de secado véase la Tabla 1.

Tabla 1. Organización de la prensa de campo y de la prensa de secado.

| <b>Prensa de campo</b>  | <b>Prensa de secado</b>   |
|---|---|
| Prensa de madera (Triplay)  | Prensa de madera (Triplay)  |
| Cartón corrugado  | Cartón corrugado  |
| Papel secante   | Papel secante   |
| Diez especímenes, cada uno contenido en una hoja de papel periódico                   | Un espécimen contenido en papel periódico                                     |
| Papel secante   | Papel secante   |
| Cartón corrugado  | Cartón corrugado  |
| Papel secante   | Papel secante   |
| Diez especímenes, cada uno contenido en una hoja de papel periódico                   | Un espécimen contenido en papel periódico                                     |
| Papel secante   | Papel secante   |
| Cartón corrugado  | Cartón corrugado  |
| (Repetir secuencia hasta tener un máximo de 10 grupos de 10 hojas de papel periódico) | (Repetir secuencia hasta que la prensa alcance un máximo de 3 pies de altura) |
| Prensa de madera (Triplay)  | Prensa de madera (Triplay)  |

En regiones áridas, basta con colocar la prensa de secado sobre la canastilla de equipaje del vehículo de transporte con las corrugaciones de las hojas de cartón orientadas de manera que conduzcan aire seco a través de la prensa; sin embargo, en regiones húmedas se debe utilizar una secadora. Existen múltiples formas y construcciones de secadoras, dependiendo de su capacidad y modo de funcionamiento, siendo las secadoras eléctricas una de las más comúnmente utilizadas. Cualquiera sea el tipo de secadora utilizada, resulta importante mantener control sobre la temperatura de secado, ya que si es muy elevada podría afectar la calidad de las muestras pudiendo llegar a quemarlas y hacerlas inutilizables, o por el contrario, una temperatura baja ocasionaría que el proceso de secado fuese demasiado lento.

## **2.2. Medición de temperatura en procesos industriales. Fundamentos y principios.**

### **2.2.1. Generalidades**

La temperatura es una de las variables más comunes de medición en los procesos industriales, y una de las más importantes no sólo por su alta influencia en la calidad del producto final, sino en la seguridad de las instalaciones en donde se realiza el proceso, los equipos involucrados y el personal que allí trabaja. Existen diferentes métodos de medición de temperatura, y es la aplicación la que definirá la precisión y la velocidad de captación de la medida, así como la forma de comunicación y la distancia entre el elemento de captación y el equipo de recepción, indicación, registrador o controlador, según sea el caso.

### 2.2.2. Termopares.

Los termopares, también conocidos como termocuplas, son sensores de temperatura formados por la unión de dos metales diferentes, los cuales forman un circuito y permiten la circulación de una corriente eléctrica cuando sus uniones se mantienen a diferente temperatura. A la unión que tiene contacto con el elemento a medir se le conoce como *unión caliente*, mientras que a la unión de referencia se le conoce como *unión fría*.

El efecto que se produce en los termopares fue descubierto por Thomas Johann Seebeck en 1821, y obedece a dos efectos termoeléctricos combinados: el Efecto Peltier y el Efecto Thomson. El Efecto Peltier es aquél que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente eléctrica circula a través de dicha unión, mientras que el Efecto Thomson es aquél que provoca la liberación o absorción de calor cuando una corriente eléctrica circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas. La combinación de estos efectos es lo que produce la circulación de corriente eléctrica al cerrar el circuito del termopar. No obstante, esta corriente puede calentar el termopar y afectar la precisión en la medida de temperatura, por lo que su valor debe ser mínimo al momento de realizar la medición.

Diversos estudios acerca de los termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

- a) *Ley del circuito homogéneo.* Esta ley establece que en un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- b) *Ley de los metales intermedios.* Establece que si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura  $A$  a otro punto de soldadura  $B$ , entonces la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es equivalente a colocar en contacto directo los puntos  $A$  y  $B$ .
- c) *Ley de las temperaturas sucesivas.* De acuerdo a esta ley, la fuerza electromotriz generada por un termopar cuyas uniones  $A$  y  $C$  estén sometidas a una temperatura  $T_1$  y  $T_3$  respectivamente, es la suma algebraica de la fuerza electromotriz de un termopar cuyas uniones  $A'$  y  $B'$  estén sometidas a las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  respectivamente, y la fuerza electromotriz del mismo termopar con sus uniones  $B'$  y  $C'$  sometidas a las temperaturas  $T_2$  y  $T_3$  respectivamente.

Dado que existe una corriente eléctrica que circula a través del circuito cerrado del termopar, debe existir una fuerza electromotriz que la genera. Esta fuerza electromotriz es una pequeña tensión continua desarrollada en el termopar y es proporcional a la diferencia de temperaturas entre la unión de medida y la unión de referencia. Los alambres que conforman el termopar deben ser tales que la fuerza electromotriz desarrollada sea relativamente alta, y que mantenga una relación con la temperatura medida lo más lineal posible. Además, se busca que posean una buena resistencia ante la corrosión, la oxidación, la reducción y a la cristalización de acuerdo a la aplicación. También se busca que el circuito del termopar sea de baja resistencia eléctrica.

Los termopares se clasifican según los metales que lo componen, de acuerdo al tipo de aplicación y rangos de temperatura en que van a ser sometidos. Entre los termopares más comunes se tienen los siguientes:

- *Termopar tipo E*: constituido por la unión de cromel - constantán, puede usarse en vacío, atmósfera inerte o medianamente oxidante o reductora. Este termopar posee la fuerza electromotriz más alta por variación de temperatura y puede usarse para temperaturas entre  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- *Termopar tipo T*: constituido por la unión de cobre – constantán, tiene una elevada resistencia a la corrosión por humedad atmosférica o condensación y puede utilizarse en atmósferas oxidantes o reductoras. Se recomienda para medidas de temperatura entre  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- *Termopar tipo J*: constituido por la unión de hierro – constantán, es adecuado en atmósferas con escaso oxígeno libre. La oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- *Termopar tipo K*: constituido por la unión de cromel – alumel, se recomienda en atmósferas oxidantes y a temperaturas de trabajo entre  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que esté protegido con un tubo de protección.
- *Termopares tipo R, S y B*: constituidos por uniones de platino y rodio, se emplean en atmósferas oxidantes y temperaturas de trabajo de hasta  $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Si la atmósfera es reductora, el termopar debe protegerse con un tubo cerámico estanco.

### 2.2.3. Termómetros de resistencia (RTD)

Las RTD son sondas de temperatura que varían su resistencia eléctrica en función de la temperatura a la que es sometido el elemento de detección. Este elemento consiste usualmente en un arrollado de hilo muy fino de un material conductor adecuado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento de vidrio o cerámico. El material conductor se caracteriza por su *coeficiente de temperatura de resistencia*, el cual expresa, a una temperatura específica, la variación de la resistencia del conductor en función de la temperatura.

Usualmente, la relación entre la temperatura y el valor de la resistencia de la sonda es una función lineal y puede representarse por la siguiente expresión:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

Donde:

- $R_T$  = Resistencia a la temperatura T. [ $\Omega$ ]
- $R_0$  = Resistencia a 0 °C. [ $\Omega$ ]
- T = Temperatura de medida. [°C]
- $\alpha$  = Coeficiente de temperatura del material conductor. [°C<sup>-1</sup>] (0,003850 °C<sup>-1</sup> entre 0 °C y 100 °C según estándar IPTS-68)

Si la relación entre la resistencia de la sonda y la temperatura no es lineal, la ecuación general queda de la siguiente forma:

$$\begin{cases} R_T = R_0[1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + C(T - 100)T^3] & -200 \text{ }^\circ\text{C} < T < 0 \text{ }^\circ\text{C} \\ R_T = R_0[1 + A \cdot T + B \cdot T^2] & 0 \text{ }^\circ\text{C} \leq T < 850 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases}$$

Donde:

- $A = 3,90802 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  (Según estándar IPTS-68)
- $B = -5,802 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$  (Según estándar IPTS-68)
- $C = -4,27350 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-4}$  (Según estándar IPTS-68)

Los materiales que conforman el conductor de la sonda deben poseer un coeficiente de temperatura y resistividad elevados para conseguir un instrumento muy sensible a las variaciones de la temperatura medida. Además, se busca que la relación entre la variación de resistencia y temperatura sea lo más lineal posible. En la Figura 1 se muestran las variaciones de resistencia relativa en función de la temperatura de los metales más comúnmente utilizados en la construcción de RTD.

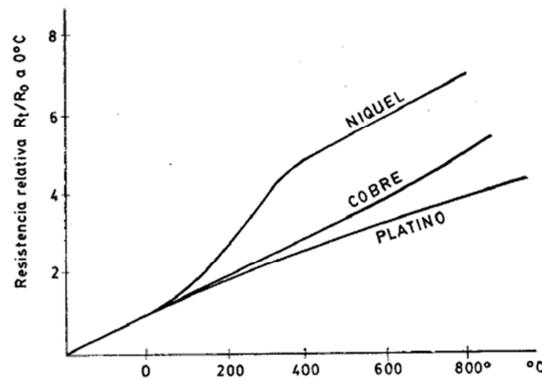


Figura 1. Curvas de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura.

Fuente: Creus Sole, Antonio. Instrumentación Industrial, Séptima edición, España: Marcombo S. A., 2005. Fig. 6.9, página 229.

Desde el punto de vista de precisión, linealidad y estabilidad, el platino resulta ser el material más adecuado en la elaboración de sondas de temperatura por resistencia; sin embargo, tienen un costo elevado respecto al níquel o al cobre. Las sondas fabricadas con platino suelen clasificarse como Pt100, Pt500 y Pt1000, de acuerdo al valor de su resistencia a 0°C (100 Ω, 500 Ω y 1000 Ω respectivamente). El níquel, a pesar de ser más barato que el platino y mayor resistividad, lo que indica un mayor rango de variación en función de la temperatura, presenta poca linealidad en la relación de resistencia y temperatura, como también una variación relativa en su coeficiente de temperatura de resistencia según el lote fabricado. El cobre como material conductor tiene una variación de resistencia uniforme de acuerdo a la temperatura, es estable y menos costoso que el platino; no obstante, posee baja resistividad y por tanto, ofrece un rango de medición bajo respecto al resto de los materiales.

La variación de resistencia de las sondas es usualmente medida con un puente de Wheatstone, dispuesto en montajes que pueden ser de dos, tres o cuatro hilos.

## **2.3. Automatización de procesos industriales. Elementos de control y transmisión de datos.**

### **2.3.1. Generalidades.**

El control de los primeros procesos industriales estaba basado en la intuición y experiencia de los operadores del proceso, quienes tomaban lectura de las variables y ejercían las acciones de control adecuadas. Esta acción humana directa sobre el control tenía gran influencia en las características finales del producto terminado, las cuales no eran siempre las más óptimas. Por otro lado, el factor humano también afectaba de manera importante la seguridad de los procesos, su confiabilidad y eficiencia.

Con el fin de mejorar la calidad de los productos, la seguridad del proceso y de los operadores, así como su eficiencia en términos de uso de materia, tiempo y energía, nacen los sistemas de control automáticos que actúan sobre las variables del proceso y disminuyen la interacción humana sobre éste. Estos controles automáticos están constituidos básicamente por los sensores de campo, que miden las variables de control, el controlador encargado de recibir las señales de los sensores de campo, compararlas con los puntos de consigna o de referencia, y los actuadores a través de los cuales el controlador puede ejercer acción sobre el proceso según las variables medidas.

Los primeros sistemas de control automáticos estaban basados en elementos neumáticos y eléctricos. Sin embargo, la evolución de los sistemas electrónicos y digitales ha permitido mejorar la confiabilidad de estos sistemas y ahora pueden encontrarse en casi la totalidad de los procesos industriales que existen en la actualidad.

### **2.3.2. Relé.**

El relé es un dispositivo electromecánico utilizado para energizar o interrumpir el paso de corriente de un circuito eléctrico. Los relés cuentan con un circuito magnético abierto que gobierna el comportamiento de los contactos principales, el cual es controlado por una bobina de control a la que se aplica una tensión eléctrica para hacer circular un flujo magnético que cierra el circuito y conmuta el estado inicial de los contactos principales. Existen diferentes tipos de relé, entre los cuales encontramos los siguientes:

- *Relé interruptor*: es un dispositivo utilizado para la conexión y desconexión de tableros de control y todos los circuitos que estos controlan.
- *Relé conmutador*: a diferencia de otros tipos de relé, cuenta con un contacto móvil, conocido como polo, y contactos fijos que permiten la conmutación entre dos o más circuitos.
- *Relé programable*: son relés diseñados con circuitos electrónicos dotados con entradas, bien sean digitales y analógicas, y salidas digitales o de relé, capaces de realizar operaciones de cálculo sencillas mediante programación. Los relés programables modernos cuentan con características de control como alarmas, comunicación y la mayoría integra una interfaz hombre – máquina (HMI) para realizar ajustes en los parámetros de control y en la programación del relé.

### **2.3.3. Contactor.**

El principio de funcionamiento de un contactor es básicamente el mismo que el de los relés, pero se diferencian de estos en que sus contactos principales pueden manejar mayores potencias. Suelen contar con contactos auxiliares que permiten realizar el control en la conmutación de circuitos que contengan más de un contactor.

### **2.3.4. Controlador Lógico Programable (PLC).**

Los PLC son dispositivos compuestos por circuitos integrados capaces de realizar el procesamiento, cálculo y almacenamiento de datos. Se trata de computadores industriales robustos que pueden seguir un algoritmo complejo, realizar secuencias, manipular datos, digitalizar y escalar señales analógicas, entre otros.

Estos equipos hacen uso de estándares y protocolos de comunicación para recibir y transmitir señales, comunicarse con otros equipos, controladores e interfaces, y transmitir información hasta las salas de control en donde se encuentran los operadores de proceso. También cuentan con gestión de alarmas que alertan al operador acerca del estado del proceso, así como interfaces HMI, integradas o externas, para interactuar con la programación del PLC y los parámetros de control.

La programación de los PLC se realiza mediante un software de control, usando lenguajes tales como el de contactos o escalera, lenguaje estructurado, bloques funcionales, diagramas, entre otros; cada uno especificado en la norma internacional IEC 61131-3.

### **2.3.5. Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).**

Los sistemas SCADA están basados en computadores que, mediante una interfaz, permiten supervisar y controlar a distancia una instalación o proceso. Aunque su principal función es la de supervisar y almacenar información, estos sistemas permiten controlar alguna o todas las variables de los elementos que se encuentran en campo, además de generar alarmas y mantener un histórico de los estados del proceso.

Estos sistemas son, por lo general, usados en procesos de control distribuido en donde los dispositivos de campo ejercen el control sobre el proceso, mientras que el SCADA brinda al operador la posibilidad de conocer en tiempo real el estado del proceso y de sus variables. Aunque pudieran ajustarse algunos parámetros de control, no es la filosofía de estos sistemas que el operador controle en su totalidad las variables del proceso.

Actualmente, es común encontrar en la industria sistemas SCADA web, los cuales permiten acceder al proceso de control desde un dispositivo con conexión a internet. Estos sistemas ofrecen como ventaja al operador el acceso al sistema de control, recepción de notificaciones de alarmas o supervisión vía web, aún cuando éste no se encuentre en la planta.

### **2.3.6. Transmisión de señales analógicas.**

En la industria existen dos tipos de transmisión de señales analógicas: transmisión de 4-20 mA y transmisión de 0-10 V. Esta transmisión se realiza a través de un par trenzado que va desde el elemento sensor hasta el controlador, y cada elemento debe tener un camino propio de comunicación.

La comunicación analógica por sí misma tiene grandes limitaciones en lo que se refiere a transmisión a grandes distancias, así como en la cantidad de conductores utilizados en casos donde el proceso contiene grandes cantidades de elementos, por lo que se han desarrollado distintos protocolos de comunicación que permiten adaptar estas señales y enviarlas a través de un solo canal de comunicación. Estos protocolos son conocidos como buses de campo industriales.

### **2.3.7. Buses de campo y protocolos de comunicación industriales.**

Los buses de campo son redes de comunicación que permiten la interconexión de todos los dispositivos de campo, sistemas SCADA, interfaces HMI, salas de control y cualquier otro dispositivo dentro del proceso mediante señales digitales. Se trata de redes industriales que permiten no sólo el envío de los valores de las variables del proceso, sino de los estados de los equipos, alarmas e información general del estado del proceso.

Los buses de campo también permiten utilizar un mismo cable conductor, lo que brinda flexibilidad de control, bajo costo y simplicidad en la puesta en servicio. Los buses de campo también permiten una extensión mayor que las comunicaciones analógicas convencionales en la transmisión de datos, aumentando su versatilidad y eficiencia en los sistemas de control modernos.

En los sistemas existe una jerarquía de automatización que define una serie de niveles de control que va desde los elementos primarios que se encuentran en campo, sensores, actuadores, elementos controladores, interfaces hasta los computadores y visualizadores en el nivel de gestión. La Figura 2 muestra lo que se conoce como pirámide de automatización, la cual muestra gráficamente esta jerarquía en los buses de campo.

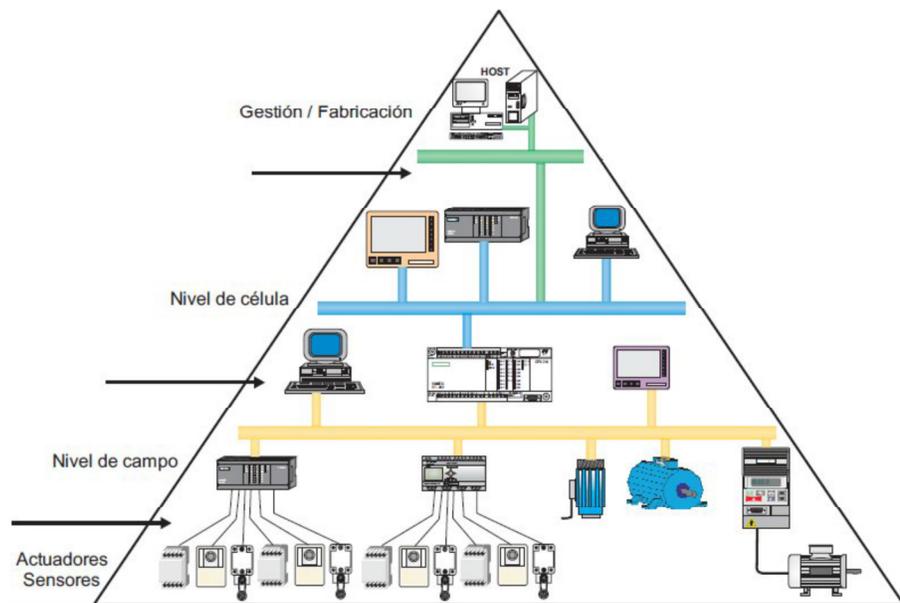


Figura 2. Pirámide de automatización.

Fuente: “Jerarquía de la automatización industrial”  
<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/ace.jerarquia.aut.pdf> [Consulta: febrero 2014]

El nivel más bajo, donde se encuentran los sensores y actuadores, es donde se adquieren los valores de las variables de control y se hace acción directa sobre el sistema a través de los actuadores; en este nivel los equipos están en contacto directo con el proceso. El nivel de campo se encuentran los equipos que reúnen y generan toda la información del proceso de control, mientras que en el nivel de célula se procesan las tareas de automatización. Finalmente, el nivel de gestión se encarga de planificar y administrar las políticas de producción total por las que se regirán los sistemas en los niveles inferiores.

Para describir la arquitectura de los buses de campo también se puede utilizar el modelo OSI (*Open System Interconnection*). En este modelo sólo son necesarios el nivel físico, el nivel de enlace de datos y el nivel de aplicación. El modelo se describe en la Figura 3.



Figura 3. Modelo OSI.

Fuente: "Modelo OSI"  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_OSI](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI) [Consulta: febrero 2014]

### 2.3.7.1. Red EtherNet/IP

EtherNet/IP es un estándar de red abierta que usa como capa de aplicación el protocolo CIP™ (*Common Industrial Protocol*). Esta capa común, así como interfaces de hardware y software abiertos, permiten una conexión universal en los sistemas de control desde los niveles de campo hasta los niveles de gestión del bus de campo; en otras palabras, se trata de una interfaz que permite la interconexión de sistemas y dispositivos a un protocolo común sin que éstos deban estar ligados a un protocolo propietario según el fabricante de los dispositivos y sistemas de la red. EtherNet/IP es una implementación del protocolo CIP en redes Ethernet y TCP/IP, descritos en el estándar IEEE 802.3.

CIP presenta una comunicación basada en un modelo mediante objetos predefinidos, los cuales facilitan el intercambio de datos entre diferentes dispositivos y fabricantes. Este protocolo define el intercambio de datos de entradas y salidas utilizando mensajería I/O (*Implicit Messaging*), así como el intercambio de información general para configuración, diagnóstico y administración de los dispositivos utilizando mensajería explícita (*Explicit Messaging*).

Los buses de campo basados en EtherNet/IP ofrecen velocidades de comunicación de 10 Mbit/s y 100 Mbit/s, y el número de equipos y dispositivos que pueden conectarse a la red está limitado por la cantidad de direcciones IP disponibles en la red.

### 2.3.7.2. Red DeviceNet.

Similar al protocolo EtherNet/IP, es un estándar de red abierta que usa como capa de aplicación el protocolo CIP. DeviceNet fue originalmente desarrollado por la compañía Allen-Bradley, ahora firma de Rockwell Automation. DeviceNet es una implementación del protocolo CIP sobre un bus de campo CAN (*Controller Area Network*).

Las redes basadas en buses DeviceNet son capaces de soportar hasta 64 nodos, a los cuales se conectan cada uno de los equipos, y una velocidad de comunicación de 125, 250 o 500 kBaud. Estos buses permiten una distancia máxima de hasta 500 m y es necesaria una fuente de corriente continua de 24 V para su funcionamiento. También permiten una arquitectura Maestro/Esclavo, predefinida en los parámetros de comunicación del bus.

## **2.4. Sistemas de detección automática de incendios.**

### **2.4.1. Generalidades.**

Los sistemas de detección de incendio son sistemas cuya función es identificar la presencia de un fuego hostil en un lapso de tiempo suficiente para tomar una acción contraria y efectiva, entre las cuales se tiene la evacuación de las personas amenazadas por la condición de emergencia y/o la extinción del incendio. Estos sistemas están compuestos por los detectores de incendio, dispuestos a lo largo de la instalación, los cuales generan una señal de alarma al detectar una condición de amenaza de incendio y la transmiten hasta un tablero central de control que activa los difusores de alarma de incendio para indicar una condición de emergencia, pudiendo

también transmitir señales de alarma a otros sistemas, tales como sistemas fijos de extinción, sistemas auxiliares, entre otros. El tablero de control también es capaz de emitir señales visuales y audibles en caso de falla o avería de alguno de los elementos que componen el sistema de detección de incendio. Adicionalmente, se cuenta con estaciones manuales de alarma que permiten a cualquier individuo que se encuentre en la instalación enviar una señal de alarma al tablero central de control si ha visto alguna condición de incendio.

Existen diversos métodos de detección de incendios, los cuales responden a los cambios ambientales que detectan para identificar su presencia. Los elementos más comunes que son detectados por estos dispositivos son el calor, el humo y la radiación luminosa. El tipo de detector a utilizar dependerá de la instalación y los materiales combustibles que allí se encuentran, lo cual determina qué elementos del fuego aparecerán primero bajo una condición de incendio.

#### **2.4.2. Detectores de humo por ionización.**

Los detectores de humo por ionización consisten en dispositivos que en su interior contienen una cámara con dos placas eléctricamente cargadas y una fuente radioactiva, típicamente Americium 241. En condiciones normales, esta fuente radioactiva emite partículas que chocan con las moléculas del aire desplazando a sus electrones. Las moléculas que pierden electrones quedan positivamente cargadas y son atraídas hacia la placa negativamente cargada, mientras que las moléculas que ganan electrones quedan negativamente cargadas y son atraídas hacia la placa positivamente cargada. Dado que se crea la misma cantidad de iones negativos y positivos, se induce una pequeña corriente eléctrica que es medida a través de un circuito electrónico conectado en los terminales de ambas placas.

En presencia de humo, las partículas de combustión, que son mucho más grandes que las moléculas de aire ionizadas, entran a la cámara de ionización y se combinan con ellas, reduciendo el número total de partículas ionizadas y dando como resultado una reducción de la corriente eléctrica. Esta reducción de corriente es detectada por el circuito electrónico, el cual genera una señal de alarma cuando esta reducción alcanza un valor predeterminado en el dispositivo.

Este tipo de detectores son altamente sensibles a los cambios de humedad ambiental y presión atmosférica, los cuales pueden afectar la corriente de la cámara de ionización y crear un efecto similar al de las partículas de combustión. Para compensar este efecto, los detectores de humo por ionización que comúnmente se encuentran en el mercado incluyen una segunda cámara de ionización. La primera de ellas es una cámara sensible al aire externo al dispositivo, afectada por los cambios ambientales y por las partículas de combustión, mientras que la segunda, parcialmente sellada, sólo es sensible a los cambios ambientales y funciona como una cámara de referencia.

## **CAPÍTULO III**

### **EQUIPOS DE SECADO DE MUESTRAS. DESCRIPCIÓN, DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN**

#### **3.1. Generalidades del proceso de secado de muestras.**

El secado de las hojas vegetales es un proceso de vital importancia en la recolección de muestras botánicas. Éste consiste en la remoción de la humedad de las muestras recolectadas en campo antes de ser almacenadas para evitar la oxidación del material, aparición de hongos y otros efectos que pudieran afectar su calidad y hacerlas inutilizables para el estudio o la colección botánica.

Con la finalidad de acelerar este proceso, el Herbario Nacional de Venezuela cuenta actualmente con tres estufas para realizar el secado de las muestras herbarias, previo almacenamiento. De forma experimental, el personal del herbario a determinado que la temperatura de secado de las muestras debe ser de aproximadamente 70 °C, lo que garantiza que la humedad de la muestra sea removida en el menor tiempo posible sin que ésta sea dañada por la acción del calor. El tiempo de secado varía en función del tipo del tamaño y el grado de humedad que contenga la muestra sometida al proceso de secado, pudiendo variar entre 12 y 72 horas de acuerdo a cada espécimen recolectado.

## 3.2. Estufa N°. 1. Descripción y diagnóstico.

### 3.2.1. Descripción.

Se trata de una estufa de aproximadamente  $300.000 \text{ cm}^3$  de capacidad, con alimentación eléctrica monofásica de  $120 \text{ V @ } 60 \text{ Hz}$  y potencia aproximada de  $560 \text{ W}$ . Tal como muestra la Figura 4, la estufa hace uso de ventilación natural para extraer la humedad de las muestras, por lo que las mismas se encuentran descubiertas.



Figura 4. Estufa N°. 1.

Las muestras son colocadas en la columna de secado y son presionadas usando una plancha metálica conectada a la base de la estufa mediante dos resortes. El calor necesario para el secado es generado por dos resistencias eléctricas, mostradas en la Figura 5, que operan a  $120 \text{ V @ } 60 \text{ Hz}$ , instaladas en la base. El control de tiempo se realiza a través de un temporizador conectado a las resistencias que las mantiene energizadas durante el tiempo ajustado por el operador. Por tratarse de un volumen no encerrado, con ventilación natural y resistencias de baja potencia,

no existe control de temperatura. Este equipo es alimentado a través de cualquier toma de uso general disponible en la sala de secado.

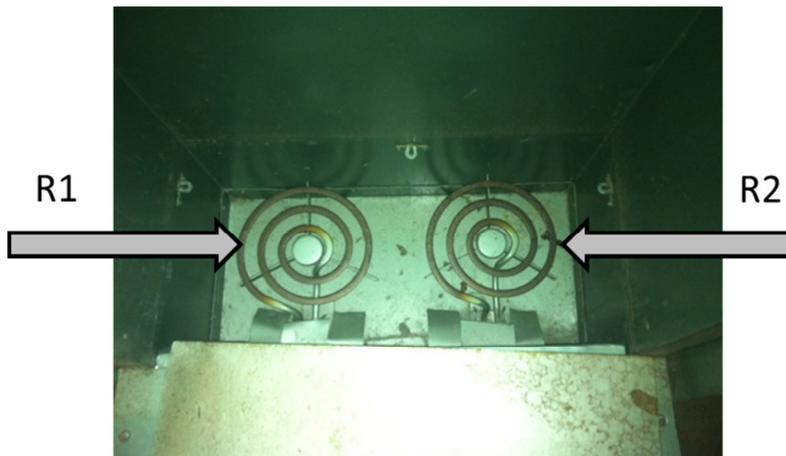


Figura 5. Resistencias eléctricas de la Estufa N°. 1.

### 3.2.2. Diagnóstico.

La estufa presenta fallas en el temporizador que controla el tiempo de conexión de las resistencias eléctricas, las cuales deben estar encendidas durante todo el proceso de secado, lo que impide su correcto funcionamiento. El equipo fue alterado por personal del herbario, ocasionando fallas en las conexiones de las resistencias eléctricas, fallas en los indicadores luminosos y el cese de funcionamiento de la estufa.

Las resistencias eléctricas fueron desmontadas del equipo y trasladadas a laboratorio en donde se realizaron las pruebas respectivas para comprobar su funcionamiento, así como las pruebas de aislamiento eléctrico para detectar posibles fallas en su operación.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de operación de las resistencias eléctricas de la estufa, en la que se aplicó tensión nominal a cada una de ellas para registrar su consumo de corriente eléctrica y verificar su función de calentamiento. Esta prueba fue realizada en laboratorio a una temperatura ambiente aproximada de 25 °C y durante un tiempo de 10 minutos para garantizar que las resistencias alcanzaran su temperatura nominal de operación.

Tabla 2. Pruebas de operación de las resistencias de la Estufa N°. 1.

|                       | <b>Tensión de alimentación [V]</b> | <b>Corriente de operación [A]</b> |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Resistencia R1</b> | 125 ± 1                            | 2,25 ± 0,05                       |
| <b>Resistencia R2</b> | 125 ± 1                            | 2,30 ± 0,05                       |

*Instrumentos de medición: Amperímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2765. Voltímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2758.*

En la Tabla 3 se muestran las pruebas de aislamiento eléctrico realizadas a cada resistencia. Esta prueba fue realizada en laboratorio siguiendo los procedimientos descritos en el estándar NETA ATS-2007, Table 100.1 [1], a una temperatura ambiente aproximada de 25 °C.

Tabla 3. Pruebas de aislamiento eléctrico de las resistencias de la Estufa N°. 1.

|                       | <b>Resistencia de aislamiento [MΩ]</b> | <b>Resistencia de aislamiento mínima recomendada [MΩ] [1]</b> |
|-----------------------|--|---|
| <b>Resistencia R1</b> | 150±50                                 | 25  |
| <b>Resistencia R2</b> | 100±50                                 | 25  |

*Instrumentos de medición: Medidor de aislamiento Megger, Cat. No. 7679.4-1.*

Se concluye que las resistencias son aptas para ser reinstaladas en la estufa.

### 3.3. Estufa N°. 2. Descripción y diagnóstico.

#### 3.3.1. Descripción.

Se trata de una estufa de aproximadamente  $690.000 \text{ cm}^3$  de capacidad, con alimentación eléctrica monofásica de  $120/208 \text{ V @ } 60 \text{ Hz}$  y potencia aproximada de  $4,5 \text{ kW}$ . El equipo posee un gabinete cerrado donde son depositadas las muestras durante el proceso de secado.



Figura 6. Estufa N°. 2.

La estufa cuenta con cuatro resistencias eléctricas, mostradas en la Figura 7, de  $208 \text{ V @ } 60 \text{ Hz}$  para generar calor, dispuestas en la base de la estufa. A fin de extraer la humedad de las muestras y mantener la temperatura uniforme en todo el interior, dispone de un ventilador centrífugo accionado por un motor eléctrico de  $1550 \text{ rpm}$  que opera a  $115 \text{ V @ } 60 \text{ Hz}$ , con un consumo de corriente de  $1,05 \text{ A}$ .

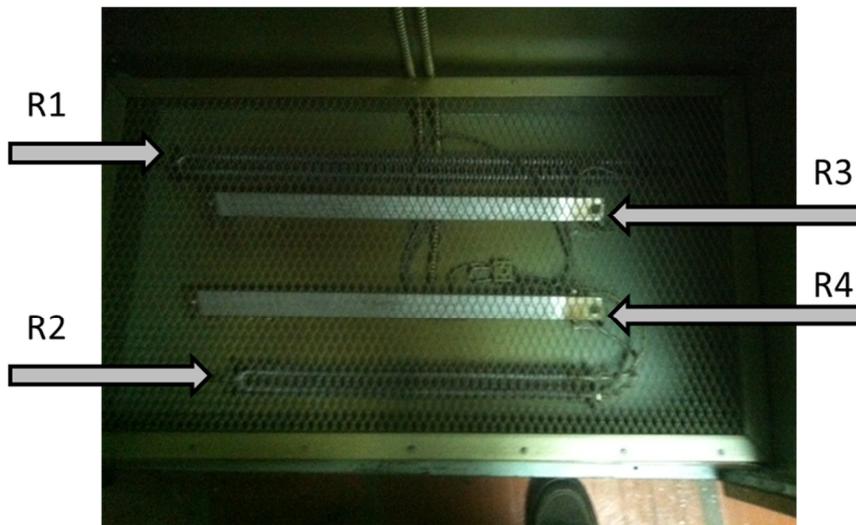


Figura 7. Resistencias Eléctricas de la Estufa N°. 2.

El control de temperatura se realiza a través de un potenciómetro, ajustado manualmente de acuerdo a la lectura de un termómetro de vidrio instalado en el equipo. Adicionalmente, se dispone de un selector para establecer el número de resistencias que serán energizadas durante el proceso de secado. En la Figura 8 se observa el detalle de estos elementos de control.



Figura 8. Detalle de los elementos de control de la Estufa N°. 2.

El equipo no dispone de control de tiempo de secado.

### **3.3.2. Diagnóstico.**

La estufa se encuentra fuera de servicio debido a que presenta cortocircuitos en su conexión interna, los cuales provocan el disparo de una protección de montaje superficial tipo breaker conectada al equipo. El cortocircuito se debe a la presencia de sulfato en los contactos internos y en la clavija de conexión de la estufa, producido por la exposición al agua de lluvia. El ventilador centrífugo también presenta fallas debido al desgaste de los cojinetes del motor eléctrico, lo que impide el arranque del mismo.

Las resistencias eléctricas fueron desmontadas del equipo y trasladadas a laboratorio en donde se realizaron las pruebas respectivas para comprobar su funcionamiento, así como las pruebas de aislamiento eléctrico para detectar posibles fallas en su operación.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de operación de las resistencias eléctricas de la estufa, en la que se aplicó tensión nominal a cada una de ellas para registrar su consumo de corriente eléctrica y verificar su función de calentamiento. Esta prueba se realizó en laboratorio a una temperatura ambiente aproximada de 25 °C y durante un tiempo de 10 minutos para garantizar que las resistencias alcanzaran su temperatura nominal de operación.

Tabla 4. Pruebas de operación de las resistencias de la Estufa N°. 2.

|                       | <b>Tensión de alimentación [V]</b> | <b>Corriente de operación [A]</b> |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Resistencia R1</b> | 212±2                              | 6,0± 0,1                          |
| <b>Resistencia R2</b> | 212±2                              | 6,1± 0,1                          |
| <b>Resistencia R3</b> | 212 ± 2                            | 4,1 ± 0,1                         |
| <b>Resistencia R4</b> | 212 ± 2                            | 4,2 ± 0,1                         |

*Instrumentos de medición: Amperímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2765. Voltímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2758.*

En la Tabla 5 se muestran las pruebas de aislamiento eléctrico realizadas a cada resistencia. Esta prueba fue realizada en laboratorio siguiendo los procedimientos descritos en el estándar NETA ATS-2007, Table 100.1 [1], a una temperatura ambiente aproximada de 25 °C.

Tabla 5. Pruebas de aislamiento eléctrico de las resistencias de la Estufa N°. 2.

|                       | <b>Resistencia de aislamiento [MΩ]</b> | <b>Resistencia de aislamiento mínima recomendada [MΩ] [2]</b> |
|-----------------------|--|---|
| <b>Resistencia R1</b> | 40±10                                  | 25  |
| <b>Resistencia R2</b> | 70±10                                  | 25  |
| <b>Resistencia R3</b> | 8 ± 2                                  | 25  |
| <b>Resistencia R4</b> | 10 ± 2                                 | 25  |

*Instrumentos de medición: Medidor de aislamiento Megger, Cat. No. 7679.4-1.*

Se concluye que las resistencias *R1* y *R2* son aptas para ser reinstaladas en la estufa. Las resistencias *R3* y *R4* no cumplen con las recomendaciones de resistencia mínimas de aislamiento, por lo que se recomienda el reemplazo de las mismas.

### 3.4. Estufa N°. 3. Descripción y diagnóstico.

#### 3.4.1. Descripción.

Se trata de una estufa de aproximadamente 1,792 m<sup>3</sup> de capacidad, con alimentación eléctrica trifásica de 120/208 V @ 60 Hz y potencia aproximada de 7.500 VA. El equipo posee un gabinete cerrado donde son depositadas las muestras durante el proceso de secado.



Figura 9. Estufa N°. 3.

La estufa cuenta con un arreglo de resistencias distribuidas alrededor del gabinete de secado para generar calor. El equipo posee un sistema de control de tipo “*todo-nada*”, ajustando la temperatura de consigna y el sistema energiza o desconecta las resistencias mediante un contactor. El valor de la temperatura de la estufa es tomado por sensores de temperatura colocados en la parte interna del equipo, y mediante un circuito electrónico se compara con el valor de consigna y se

envía la señal de apertura o cierre al contactor. El control del tiempo de secado se realiza mediante un relé temporizador conectado al circuito electrónico de control. En las Figuras 10.1 y 10.2 se observa el detalle del tablero de control de la estufa y del relé temporizador respectivamente.



Figura 10.1. Tablero de control de la Estufa N°3.



Figura 10.2. Relé temporizador de la Estufa N° 3.

A fin de extraer la humedad de las muestras y mantener la temperatura uniforme en todo el interior, dispone de un ventilador acoplado en la parte superior de la estufa, accionado por un motor eléctrico trifásico.

### **3.4.2. Diagnóstico.**

El relé temporizador de la estufa se encuentra averiado, por lo que el control de tiempo se realiza de forma manual por un operador. Tanto las resistencias eléctricas, el ventilador y los elementos de control de temperatura se encuentran operando de forma satisfactoria. La estufa se encuentra en operación.

La Tabla 6 muestra las mediciones realizadas sobre la estufa para verificar sus condiciones de funcionamiento.

Tabla 6. Prueba de funcionamiento de la Estufa N°. 3.

| Fase     | Tensión de alimentación [V] |                | Corriente de operación de la estufa [A] | Corriente de operación del grupo de resistencias R1 [A] | Corriente de operación del grupo de resistencias R2 [A] | Corriente de operación del motor eléctrico [A] |
|----------|-----------------------------|----------------|---|---|---|--|
| <b>a</b> | Vab                         | 203,7<br>± 0,1 | 20,5 ± 0,1                              | 9,2 ± 0,1   | 8,8 ± 0,1   | 3,0 ± 0,1                                      |
| <b>b</b> | Vbc                         | 204,8<br>±0,1  | 20,7 ± 0,1                              | 9,1 ± 0,1   | 8,8 ± 0,1   | 2,7 ± 0,1                                      |
| <b>c</b> | Vca                         | 206,4<br>± 0,1 | 20,4 ± 0,1                              | 9,0 ± 0,1   | 8,5 ± 0,1   | 3,0 ± 0,1                                      |

*Instrumentos de medición: Multímetro FLUKE, Mod. 335, S/N 8220 279.*

### 3.5. Reparaciones.

El cableado de la Estufa N°. 1 fue reconstruido, deshabilitando el temporizador y conectando las resistencias eléctricas directamente a la red a través de un interruptor doble convencional para iluminación (instalado en el equipo previo al diagnóstico) para el control de encendido y apagado de la estufa. El equipo se encuentra en funcionamiento manual.

El motor de la Estufa N°. 2 fue desmontado y llevado a laboratorio para su revisión y reparación. Luego de las labores generales de mantenimiento y reemplazo de los cojinetes desgastados, se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar la operación del motor a tensión nominal. En la Tabla 7 se muestran las mediciones de esta prueba.

Tabla 7. Prueba de funcionamiento del ventilador de la Estufa N°. 2.

| Tensión de alimentación [V] | Corriente de operación [A] |
|-----------------------------|----------------------------|
| $122 \pm 2$                 | $0,92 \pm 0,02$            |

*Instrumentos de medición: Amperímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2765. Voltímetro YOCOGAWA AC, mod. 2013, S/N 77AE2758.*

Realizadas todas las pruebas pertinentes, se rearmó la estufa sustituyendo las conexiones y clavijas en mal estado, así como la protección superficial conectada al equipo. La estufa se encuentra en operación.

Tomando en consideración el proyecto de modernización de los sistemas de control de todas las estufas, se decide mantener la operación actual de la Estufa N° 3 hasta la ejecución del proyecto del sistema de control.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA DE CONTROL**

El Herbario Nacional de Venezuela requiere de un sistema de control para la operación de un grupo de estufas destinadas al secado de muestras botánicas. Este sistema debe ser capaz de controlar las estufas para calentar las muestras a una temperatura fijada por el operador y dentro del tiempo establecido. Además, se requiere que el sistema sea capaz de comunicarse a un equipo remoto a fin de monitorear el estado de los equipos y el control de algunas o todas las variables del proceso según se crea conveniente.

#### **4.1. Propuesta.**

Debido a las exigencias de comunicación que debe poseer el sistema de control, se requiere de un controlador inteligente con capacidad de transmitir información del sistema, estado de los equipos, valor de las variables de control y notificaciones a dispositivos locales y remotos. Por ello, se descarta la opción de reparar los equipos de control ya instalados, ya que estos no poseen ningunas de las funciones antes descritas. También se descarta el uso de un sistema de control basados en lógica por contactores, relés, temporizadores o cualquier otro dispositivo no inteligente que no posea capacidad de comunicación y envío de datos con elementos remotos.

Por la sencillez en las funciones del controlador, así como el número limitado de entradas y salidas requeridas, se propone el uso de un relé programable capaz de realizar funciones lógicas y cálculos simples, los cuales cuentan con módulos de comunicación hacia computadores remotos y permiten el uso de interfaces HMI para el control del sistema. Aunque otros dispositivos comerciales, como los PLC, poseen características de control incluso mucho más avanzadas, el

relé programable ofrece una solución práctica y económica en el control del sistema bajo estudio.

Las variables de control importantes para el control del proceso son el tiempo de secado y la temperatura de secado de las muestras. El dispositivo controlador se encargará de recibir el valor de temperatura de las Estufas N°. 2 y 3 para realizar una comparación con el valor de consigna, introducido por el operador. De acuerdo al resultado de esta comparación, si el valor de temperatura está por encima o por debajo del valor de consigna, el controlador activará o desactivará los contactos que alimentan las resistencias eléctricas de la estufa. El controlador también deberá activar o desactivar la operación del motor eléctrico que acciona los ventiladores de las estufas, los cuales deberán ser energizados durante todo el proceso de secado. Cada motor de ventilación deberá poseer una protección térmica en cumplimiento con lo establecido en la sección 430.32 del Código Eléctrico Nacional FONODORMA 200:2009 [2]. El tiempo de secado será introducido por el operador al controlador, el cual contará con temporizadores dentro de su lógica de programación.

Por las características de construcción y funcionamiento de la Estufa N°. 1, no existe control de temperatura ni de ventilación en este dispositivo. Sólo se llevará el control de tiempo de secado una vez iniciado el proceso.

Para tomar el valor de la temperatura de secado de las Estufas N° 2 y 3, se podrán utilizar termocuplas tipo J, las cuales tienen un bajo costo respecto a otros tipos de termocuplas y tienen un rango de trabajo que va desde 0 °C a 550 °C, o bien sondas tipo RTD Pt100 con un rango de medición de -220 °C a 850 °C, siendo la temperatura de operación típica 70 °C. La elección del uso de termocuplas o RTD dependerá de la elección del controlador. El control de las resistencias y motores eléctricos se hará mediante contactores, dimensionados de acuerdo a las características de la carga.

Las Figuras 11.1, 11.2 y 11.3 muestran un esquema general de conexión entre los equipos de proceso y el dispositivo controlador.

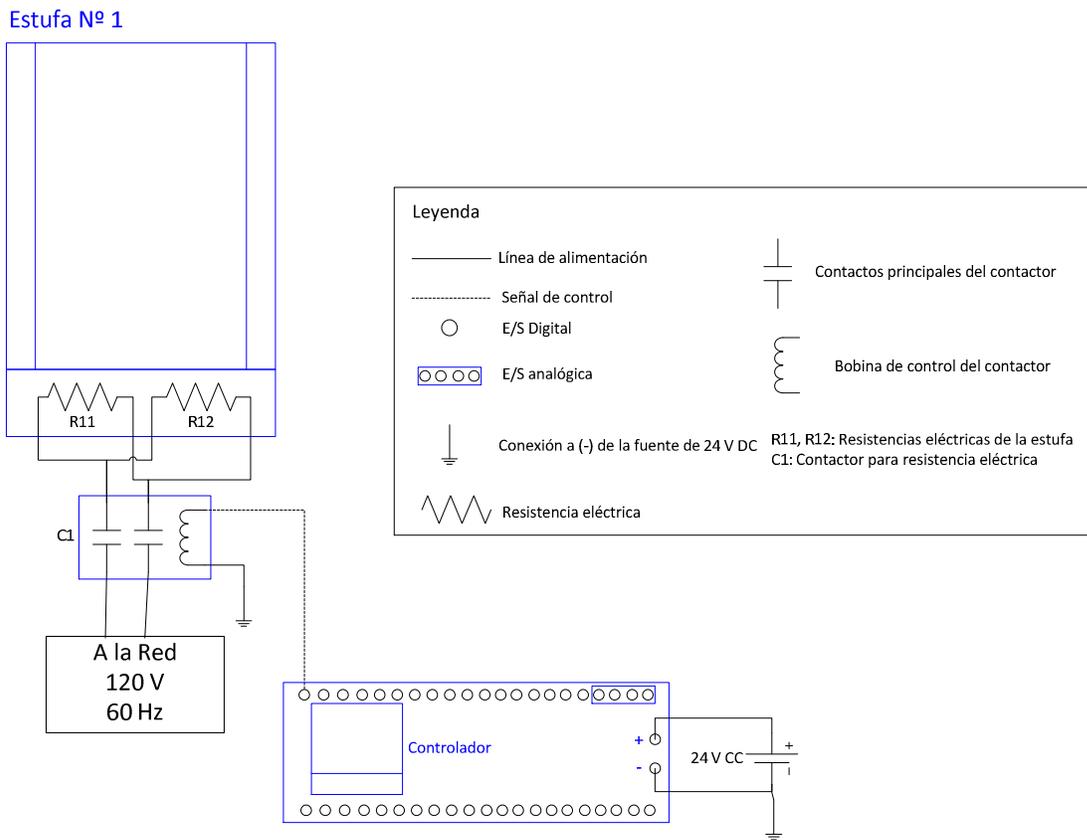


Figura 11.1. Esquema general de conexión de la Estufa Nº. 1.

### Estufa Nº 2

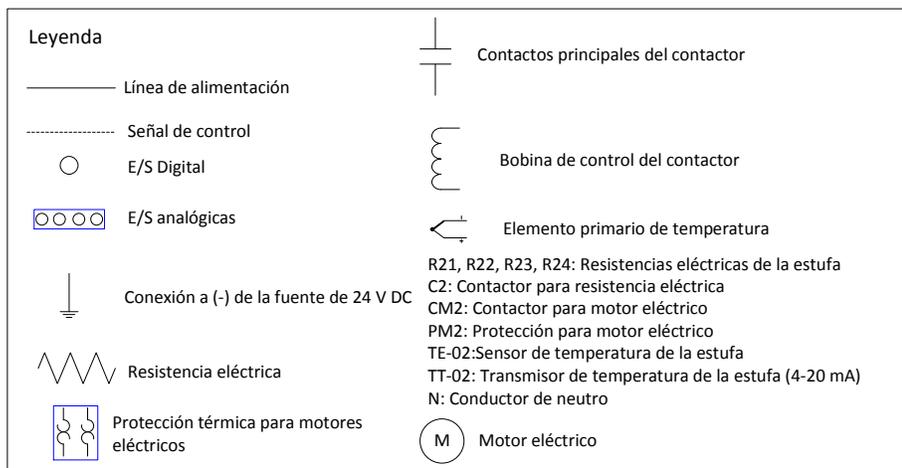
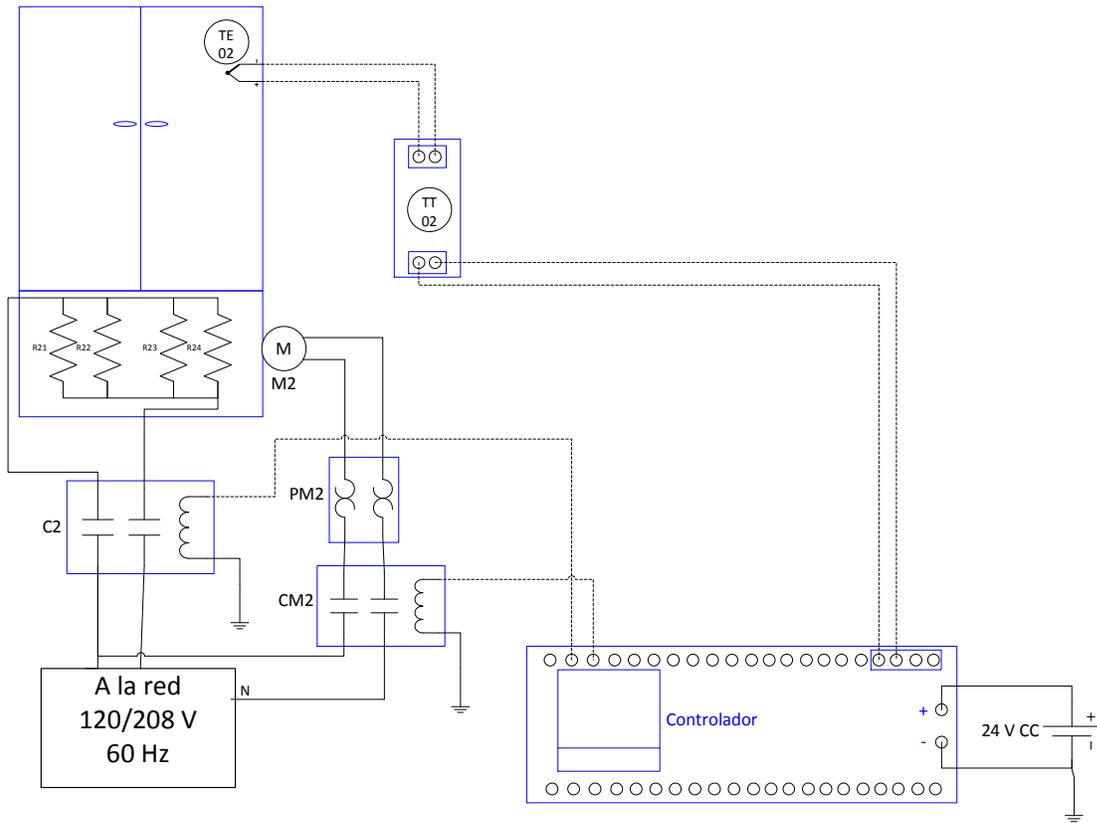


Figura 11.2. Esquema general de conexión de la Estufa Nº 2.

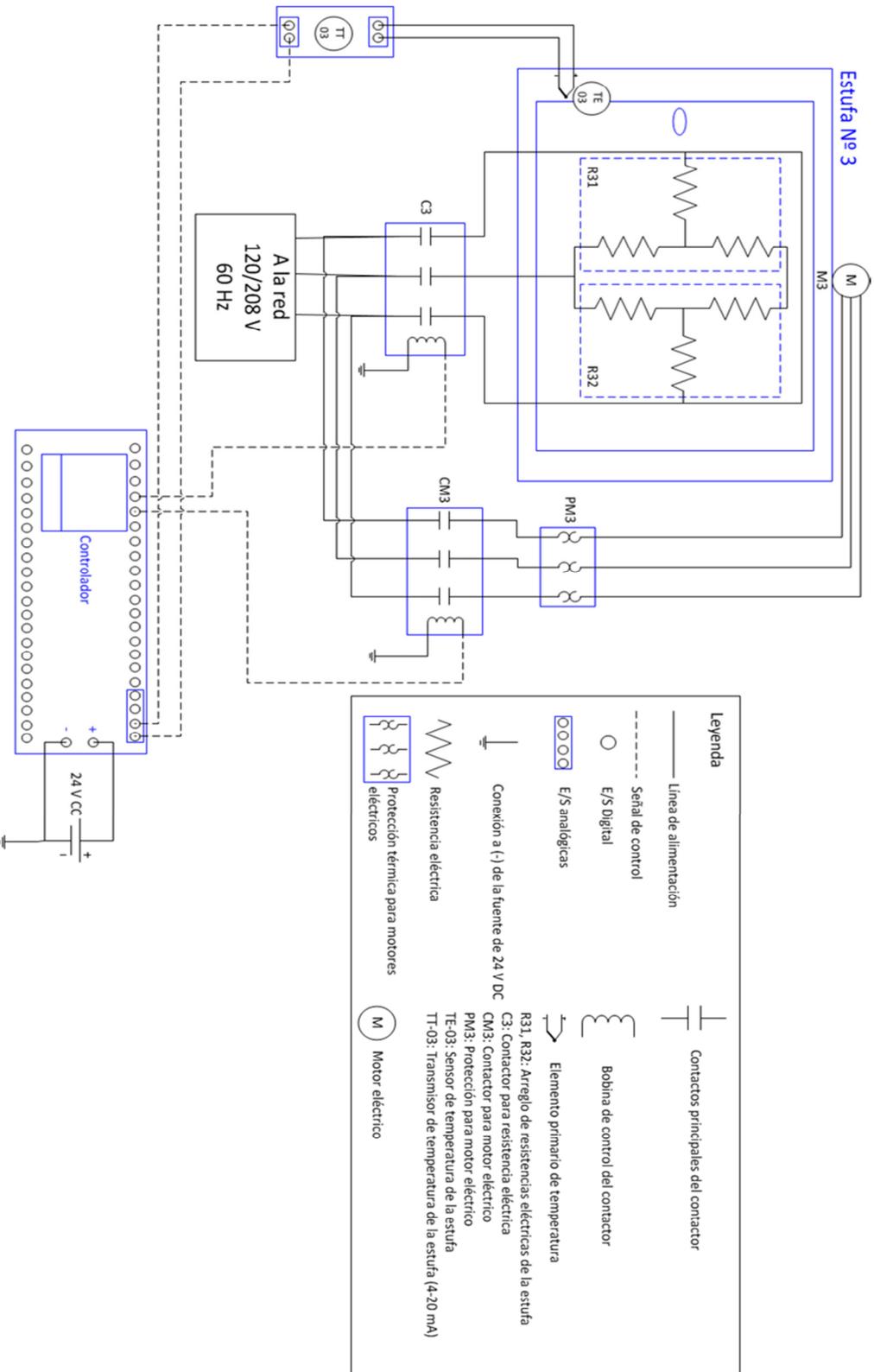


Figura 11.3. Esquema general de conexión de la Estufa No. 3.

El sistema de control contará con un tablero de control ubicado en la sala de secado que contendrá al controlador y todos los elementos de control asociados al sistema. El panel frontal de este tablero contendrá la interfaz HMI con la que el operador podrá acceder a los parámetros del proceso y modificarlos de ser necesario. Adicionalmente, se contempla la instalación de seis pulsadores: tres pulsadores de arranque y tres pulsadores de parada, además de tres indicadores luminosos para mostrar el estado de operación de los equipos. Estos indicadores se encenderán de acuerdo a qué estufas se encuentren realizando el proceso de secado. En la Figura 12 se muestra el esquema general de conexión de los elementos dispuestos en el panel frontal del panel de control.

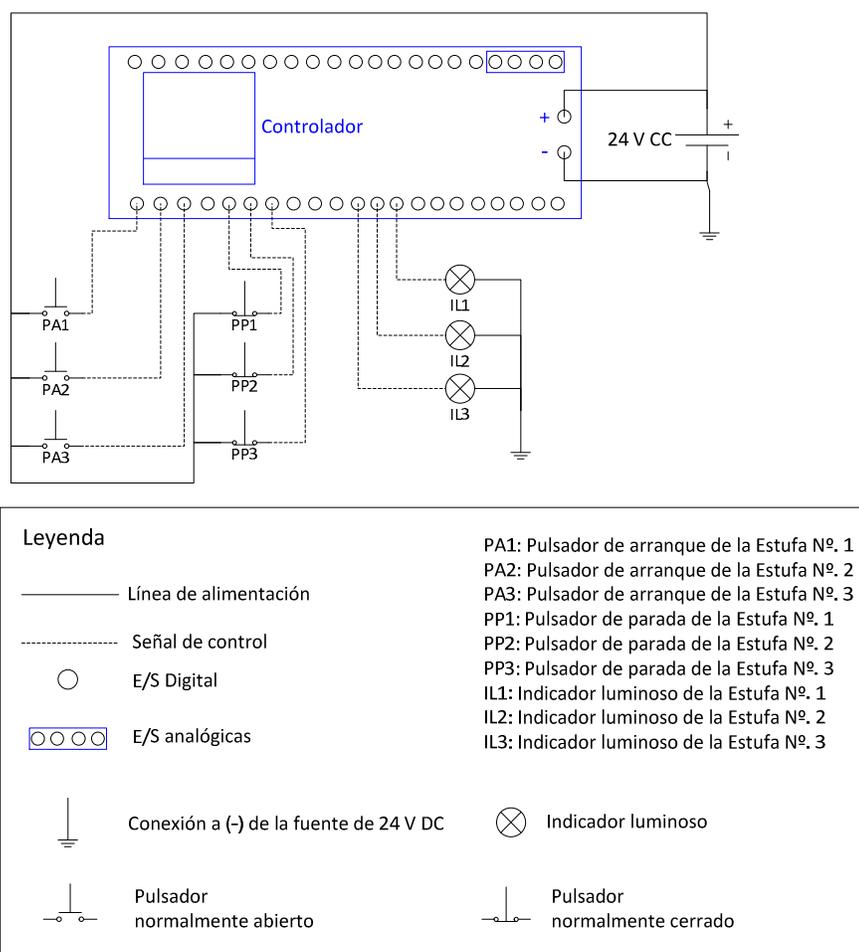


Figura 12. Esquema general de conexión del panel frontal de control.

A fin de seleccionar el controlador indicado para el proceso, se muestra en la Tabla 8.1 y 8.2 la lista de dispositivos e instrumentos, así como la lista de señales del sistema de control respectivamente.

Tabla 8.1. Lista de dispositivos e instrumentos del sistema de control.

| <b>Etiqueta</b> | <b>Tipo de equipo o instrumento</b> | <b>Características técnicas</b>   |
|-----------------|-------------------------------------|---|
| C1              | Contactador                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría: AC-1.</li> <li>• Número de polos = 2.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 120 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de servicio nominal mínima = 5,75 A.</li> <li>• Tensión de bobina de control = 24 V CC.</li> <li>• Clase de servicio: Permanente.</li> </ul> |
| C2              | Contactador                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría: AC-1.</li> <li>• Número de polos = 2.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 208 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de servicio nominal mínima = 25,75 A</li> <li>• Tensión de bobina de control = 24 V CC.</li> <li>• Clase de servicio: Permanente.</li> </ul> |
| CM2             | Contactador                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría: AC-3.</li> <li>• Número de polos = 2.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 120 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de servicio nominal mínima = 1,313 A</li> <li>• Tensión de bobina de control = 24 V CC.</li> <li>• Clase de servicio: Permanente.</li> </ul> |
| PM2             | Protección térmica para motor       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de polos = 2.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 120 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de sobrecarga = 1,05 A x 1,25</li> </ul>   |

Tabla 8.1. Lista de dispositivos e instrumentos del sistema de control. (Continuación)

| Etiqueta | Tipo de equipo o instrumento   | Características técnicas   |   |
|----------|--------------------------------|--|---|
|          |                                | Termopar   | RTD   |
| TE-02    | Elemento sensor de temperatura | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo J.</li> <li>• Temperatura de operación = 70 °C.</li> <li>• Debe incluir cable de extensión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTD Pt100.</li> <li>• Temperatura de operación = 70 °C.</li> <li>• 3 hilos.</li> </ul> |
| TT-02    | Transmisor de temperatura      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida estándar de 4-20 mA.</li> </ul>  |   |
| C3       | Contactor                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría: AC-1.</li> <li>• Número de polos = 3.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 208 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de servicio nominal mínima = 20,70 A.</li> <li>• Tensión de bobina de control = 24 V CC.</li> <li>• Clase de servicio: Permanente.</li> </ul> |   |
| CMB      | Contactor                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría: AC-3.</li> <li>• Número de polos = 3.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 208 V @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de servicio nominal mínima = 3,75 A</li> <li>• Tensión de bobina de control = 24 V CC.</li> <li>• Clase de servicio: Permanente.</li> </ul>   |   |
| PM3      | Protección térmica para motor  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de polos = 3.</li> <li>• Tensión de servicio nominal = 208 @ 60 Hz.</li> <li>• Corriente de sobrecarga = 3,75 A x 1,25</li> </ul>  |   |
| TE-03    | Elemento sensor de temperatura | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo J.</li> <li>• Temperatura de operación = 70 °C.</li> <li>• Debe incluir cable de extensión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RTD Pt100.</li> <li>• Temperatura de operación = 70 °C.</li> <li>• 3 hilos.</li> </ul> |
| TT-03    | Transmisor de temperatura      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida estándar de 4-20 mA.</li> </ul>  |   |

Tabla 8.1. Lista de dispositivos e instrumentos del sistema de control. (Continuación)

| <b>Etiqueta</b> | <b>Origen</b> | <b>Tipo de equipo o instrumento</b> | <b>Características técnicas</b>  |
|-----------------|---------------|-------------------------------------|--|
| PA1; PA2; PA3   |               | Pulsador de arranque                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalmente abierto.</li> <li>• Tensión de servicio = 24 V CC.</li> </ul> |
| PP1; PP2; PP3   |               | Pulsador de parada                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalmente cerrado.</li> <li>• Tensión de servicio = 24 V CC.</li> </ul> |
| IL1; IL2; IL3   |               | Indicador luminoso                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Color verde.</li> <li>• Tensión de servicio = 24 V CC.</li> </ul>         |

Tabla 8.2. Lista de señales del sistema de control.

| <b>Etiqueta</b> | <b>Origen</b> | <b>Tipo de señal</b> | <b>Función</b>  |
|-----------------|---------------|----------------------|---|
| D-C1            | Controlador   | Digital 24 V CC      | Apertura y cierre del contactor C1.                     |
| D-C2            | Controlador   | Digital 24 V CC      | Apertura y cierre del contactor C2.                     |
| D-CM2           | Controlador   | Digital 24 V CC      | Apertura y cierre del contactor CM2.                    |
| A-TT-02         | TT-02         | Analógica 4-20 mA    | Transmisión del valor de temperatura de la Estufa N° 2. |
| D-C3            | Controlador   | Digital 24 V CC      | Apertura y cierre del contactor C3.                     |
| D-CM3           | Controlador   | Digital 24 V CC      | Apertura y cierre del contactor CM3.                    |
| A-TT-03         | TT-03         | Analógica 4-20 mA    | Transmisión del valor de temperatura de la Estufa N° 3. |
| D-PA1           | PA1           | Digital 24 V CC      | Arranque de la Estufa N° 1.                             |
| D-PA2           | PA2           | Digital 24 V CC      | Arranque de la Estufa N° 2.                             |
| D-PA3           | PA3           | Digital 24 V CC      | Arranque de la Estufa N° 3.                             |
| D-PP1           | PP1           | Digital 24 V CC      | Parada de la Estufa N° 1.                               |
| D-PP2           | PP2           | Digital 24 V CC      | Parada de la Estufa N° 2.                               |
| D-PP3           | PP3           | Digital 24 V CC      | Parada de la Estufa N° 3.                               |
| D-IL1           | Controlador   | Digital 24 V CC      | Estado de la Estufa N° 1.                               |
| D-IL2           | Controlador   | Digital 24 V CC      | Estado de la Estufa N° 2.                               |
| D-IL3           | Controlador   | Digital 24 V CC      | Estado de la Estufa N° 3.                               |

De la lista de señales se obtiene que el controlador debe cumplir con las siguientes características:

- Capacidad de 8 salidas digitales.
- Capacidad de 6 entradas digitales.
- Capacidad de 2 entradas analógicas.

La Figura 13 muestra un diagrama lógico general del funcionamiento del sistema de control propuesto.

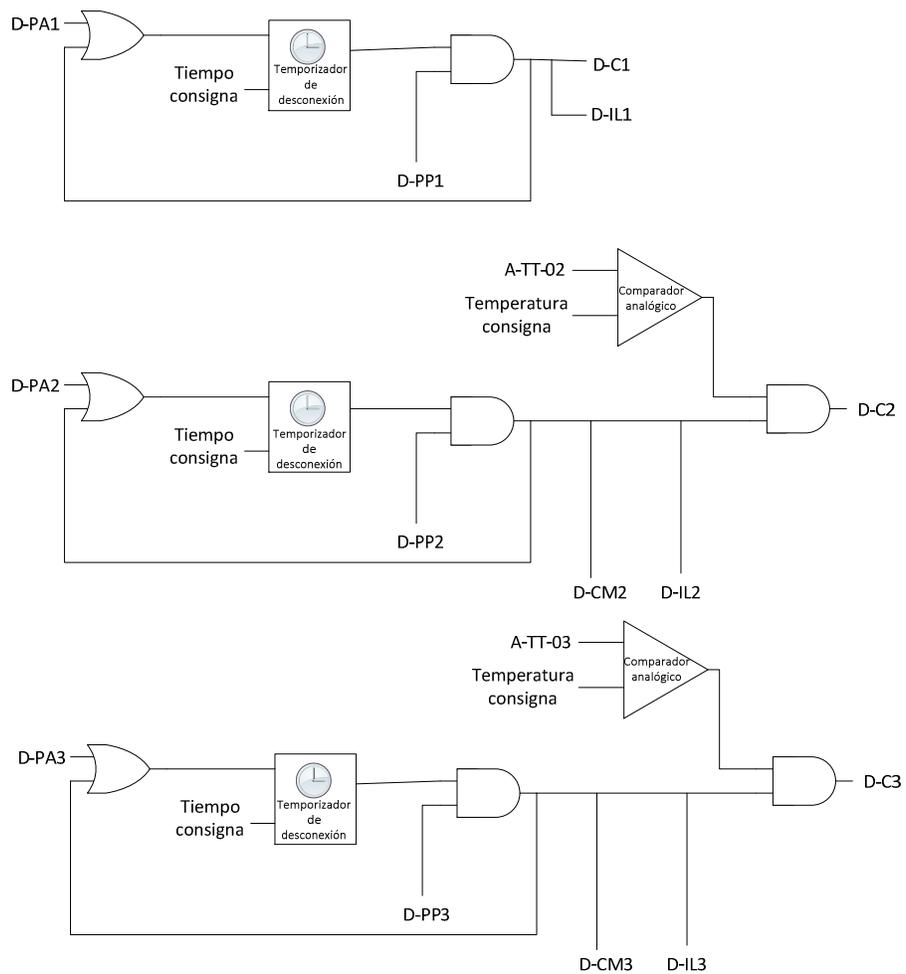


Figura 13. Diagrama lógico de funcionamiento del sistema de control propuesto.

## **4.2. Selección del controlador.**

Para la selección del controlador se estudiarán tres marcas comerciales que ofrecen productos de automatización a través de relés programables, de acuerdo a las características técnicas especificadas para el sistema de control.

### **4.2.1. Zelio Logic, Schneider Electric.**

La empresa Schneider Electric ofrece la línea Zelio Logic de relés programables, entre los que se encuentra el modelo SR3-B262BD, un relé programable modular que cuenta con 16 entradas digitales, de las cuales 4 pueden ser configuradas como entradas analógicas, y 10 salidas digitales.

El relé cuenta con el módulo de comunicación EtherNet SR3-NET01BD para la conexión del equipo a una red EtherNet existente. El módulo RMT-J60B permite el acondicionamiento de señales provenientes de termopares tipo J a señales analógicas de 4-20 mA estándar. También es posible incorporar una interface para comunicación GSM mediante el módulo de interface SR2-COM01 y el módulo GSM SR2-MOD02. El equipo cuenta con una pantalla HMI incorporada por lo que no requiere una adicional. Tanto el controlador como sus módulos requieren de una alimentación de 24 V CC, por lo que se incorpora una fuente de tensión continua de 30 W, modelo ABL-8MEM24012.

El software Zelio Soft 2 ofrece con una interfaz de configuración para el controlador, bien sea por diagramas de bloques funcionales o programación en escalera. Además, cuenta con simulación de los programas desarrollados en este software y una interfaz de supervisión y control que permite ver el estado de las entradas y salidas del relé.

#### **4.2.2. LOGO! Modular, Siemens.**

La empresa Siemens ofrece la línea LOGO! Modular de relés programables, entre los que se encuentra el modelo 24-RCE, un relé programable modular que cuenta con 8 entradas digitales, de las cuales 4 pueden ser configuradas como entradas analógicas, y 4 salidas digitales. Mediante el módulo de expansión DM8-24 es posible aumentar el número de entradas digitales a 4 adicionales y el número de salidas digitales a 4 adicionales.

El relé integra en un solo dispositivo una interfaz de comunicación EtherNet, por lo que no requiere módulos adicionales. El módulo AM2-RTD permite el acondicionamiento de señales provenientes de sondas RTD a señales analógicas de 0-10 V estándar. El equipo cuenta con una pantalla HMI incorporada por lo que no requiere una adicional. Tanto el controlador como sus módulos requieren de una alimentación de 24 V CC, por lo que se incorpora una fuente de tensión continua de 31,2 W, modelo LOGO! POWER 24 V/1,3 A.

El software LOGO! Soft Comfort ofrece con una interfaz de configuración para el controlador, bien sea por diagramas de bloques funcionales o programación en escalera. Además, cuenta con simulación de los programas desarrollados en este software y una interfaz de supervisión y control que permite ver el estado de las entradas y salidas del relé.

### **4.2.3. Pico Controller, Rockwell Automation.**

La empresa Rockwell Automation ofrece la línea Pico Controller de relés programables, entre los que se encuentra el modelo 1760-L20BB-EX, un relé programable modular que cuenta con 12 entradas digitales, de las cuales 2 pueden ser configuradas como entradas analógicas, y 8 salidas digitales.

El relé cuenta con el módulo de comunicación DeviceNet 1760-DNET para la conexión del equipo a una red DeviceNet existente. El módulo 931H-T1C1D-DC permite el acondicionamiento de señales provenientes de termopares tipo J a señales analógicas de 0-10 V estándar. El equipo cuenta con una pantalla HMI incorporada por lo que no requiere una adicional. Tanto el controlador como sus módulos requieren de una alimentación de 24 V CC, por lo que se incorpora una fuente de tensión continua de 30 W, modelo 1606-XLP30E.

El software PicoSoft Pro, ofrece con una interfaz de configuración para el controlador, bien sea por diagramas de bloques funcionales o programación en escalera. Además, cuenta con simulación de los programas desarrollados en este software y una interfaz de supervisión y control que permite ver el estado de las entradas y salidas del relé.

#### 4.2.4. Comparación y elección del controlador.

En la Tabla 9 se muestra una comparación entre los equipos y software estudiados por cada marca comercial con la finalidad de facilitar la elección del controlador más adecuado.

Tabla 9. Comparación de equipos y software por marca comercial.

| <b>Descripción</b>  | <b>Schneider Electric</b> | <b>Siemens</b>              | <b>Rockwell Automation</b> |
|---|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <b>Línea de producto</b>  | Zelio Logic               | LOGO!<br>Modular            | Pico Controller            |
| <b>Modelo del controlador</b>                                       | SR3-B262BD                | 24-RCE                      | 1760-L20BBB-EX             |
| <b>Número de entradas digitales (Configurables como analógicas)</b> | 16 (4)                    | 8 (4)                       | 12 (2)                     |
| <b>Número de salidas digitales</b>                                  | 10                        | 4                           | 8                          |
| <b>Módulo de expansión</b>  | No requiere               | DM8-24                      | No requiere                |
| <b>Número de entradas digitales adicionales</b>                     | N/A                       | 4                           | N/A                        |
| <b>Número de salidas digitales adicionales</b>                      | N/A                       | 4                           | N/A                        |
| <b>Módulo de comunicación</b>                                       | SR3-NET01BD               | Integrado                   | 1760-DNET                  |
| <b>Protocolo de comunicación</b>                                    | EtherNet                  | EtherNet                    | DeviceNet                  |
| <b>Módulo de comunicación GSM</b>                                   | SR2-COM01 &<br>SR2-MOD02  | N/A                         | N/A                        |
| <b>Módulo de acondicionamiento de señal (Número de entradas)</b>    | RMT-J60BD (1)             | AM2-RTD (2)                 | 931H-T1C1D-DC (1)          |
| <b>Tipo de detector</b>   | Termopar tipo J           | RTD Pt100                   | Termopar tipo J            |
| <b>Fuente de alimentación</b>                                       | ABL-8MEM24012             | LOGO!<br>POWER 24 V / 1,3 A | 1606-XLP30E                |
| <b>Software de configuración y supervisión</b>                      | Zelio Soft 2              | LOGO! Soft Comfort          | PicoSoft Pro               |
| <b>Licencia del software</b>  | Gratuita                  | Paga                        | Paga                       |

Para la selección del controlador adecuado para la instalación se considerarán tres aspectos: El costo del sistema de control, la conectividad y la representación del fabricante para la adquisición de equipos, soporte y repuestos.

#### 4.2.4.1. Costos.

El costo de adquisición de equipos e instalación del sistema de control de estufas es uno de los aspectos más importantes en la selección de los dispositivos de control. En cumplimiento con las especificaciones del cliente, quien requiere de un sistema de control económico, de fácil instalación, operación y mantenimiento, se decide utilizar la tecnología de relés programables para el control del proceso de secado de muestras.

Los fabricantes ofrecen distintos modelos de estos dispositivos y en un rango de precios similar. Las líneas Zelio Logic, LOGO! Modular y Pico Controller ofrecen productos de calidad, en cumplimiento con las especificaciones técnicas requeridas y con un costo que satisface las necesidades del cliente. Sin embargo, la línea LOGO! Modular de Siemens ofrece en un mismo equipo capacidades de comunicación que en otros modelos requiere un módulo adicional, lo cual reduce el espacio de instalación y, por tanto, los costos. También ofrece en un mismo módulo analógico dos puertos de entrada para la señal proveniente de los sensores de temperatura, lo que no ocurre con otros modelos que requieren de dos módulos separados.

Aunque su costo no es relevante respecto al precio total del sistema, la línea Zelio Logic cuenta con un software de configuración y control gratuito, disponible en su página Web, lo que no ocurre con otros productos en donde estos programas tienen un costo adicional.

Los modos de conexión de los equipos también influyen en gran medida en los costos de instalación del sistema. La línea Pico Controller de Rockwell Automation no ofrece conectividad con protocolo EtherNet como sí la ofrecen la línea Zelio Logic de Schneider Electric y la línea LOGO! Modular de Siemens. Esto hace que se requiera la instalación de una red con protocolo DeviceNet desde la instalación de secado hasta los computadores de monitoreo y supervisión, lo que aumenta los costos de instalación del sistema. Esto no ocurre con dispositivos con conexión EtherNet debido a que ésta ya existe en la instalación para prestar servicios de Internet.

#### 4.2.4.2. Conectividad.

La línea Zelio Logic de Schneider Electric ofrece la mayor conectividad de los tres dispositivos, ya que ofrece una conexión EtherNet que permite la supervisión y control del sistema desde cualquier dispositivo que esté conectado a la red y disponga del software de comunicación entre el controlador en campo y el computador. También ofrece conectividad mediante el módulo GSM para indicación de alarmas y estado del sistema mediante un dispositivo móvil.

Aunque la línea LOGO! Modular de Siemens también ofrece conectividad EtherNet hacia un computador, no cuenta con un módulo GSM para gestión desde un dispositivo móvil. Como se mencionó anteriormente, la línea Pico Controller de Rockwell Automation no ofrece conexión con protocolo EtherNet, lo que implica la instalación de una nueva red DeviceNet para el control del sistema. Esta red tiene más limitaciones en lo que a número de equipos interconectados se refiere, el cual puede alcanzar hasta 64 nodos, y requiere la instalación de una tarjeta que sirva de interfaz entre el computador y la red. Este controlador tampoco cuenta con un módulo de conexión GSM.

#### 4.2.4.3. Representación.

Tanto Siemens como Rockwell Automation tiene representantes en Venezuela, lo cual permite adquirir los equipos necesarios en moneda nacional, repuestos y realizar consultas para soporte técnico y servicio. La empresa Schneider Electric no tiene actualmente representación en el país, por lo que cualquier consulta para adquisición, servicio y soporte debe ser realizada a través de un proveedor internacional.

#### 4.2.4.4. Matriz de factibilidad.

Con el estudio de las características de todos los equipos, especificaciones técnicas y fabricantes, se muestra en la Tabla 10 una matriz de factibilidad que pondera cada ítem estudiado para seleccionar la opción más adecuada a las necesidades del cliente. Esta tabla asigna una escala de valores del 1 al 3 para evaluar cada ítem, que de acuerdo a su ponderación sumará al resultado final de cada opción.

Tabla 10. Matriz de factibilidad para elección del controlador.

| <b>Ítem</b>               | <b>Ponderación</b> | <b>Schneider Electric</b> | <b>Siemens</b> | <b>Rockwell Automation</b> |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|
| Costos                    | 40 %               | 2                         | 3              | 1                          |
| Conectividad              | 25 %               | 3                         | 2              | 1                          |
| Representación en el país | 35 %               | 1                         | 3              | 3                          |
| <b>Evaluación Total</b>   | -                  | <b>1,9</b>                | <b>2,75</b>    | <b>1,7</b>                 |

Como resultado de este análisis, se concluye que el controlador LOGO! Modular de Siemens representa la mejor opción, por lo que se recomienda para la instalación del sistema de control.

### **4.3. Selección del programa de supervisión y control.**

Anteriormente se mencionó que el software LOGO! Soft Comfort no sólo ofrece una interfaz de configuración para los relés programables LOGO! Modular de Siemens, sino que también posee capacidades de simulación de los programas cargados al controlador, supervisión de las variables actuales una vez instalado el equipo y el control de los parámetros del proceso. Entre las funciones más importantes con las que cuenta este software se tienen las siguientes:

- Funciones lógicas básicas: AND, NAND, OR, NOR OR y NOT.
- Función ON delay, OFF delay y ON/OFF delay.
- Funciones de enclavamiento.
- Generador de pulso.
- Temporizadores.
- Conmutadores por día, semana y año.
- Contadores de tiempo de operación.
- Comparadores analógicos.
- Amplificadores analógicos.
- Filtros analógicos.
- Funciones aritméticas.

La Figura 14 muestra un esquema general de las funcionalidades del programa y una vista de las pantallas de configuración y supervisión del sistema.

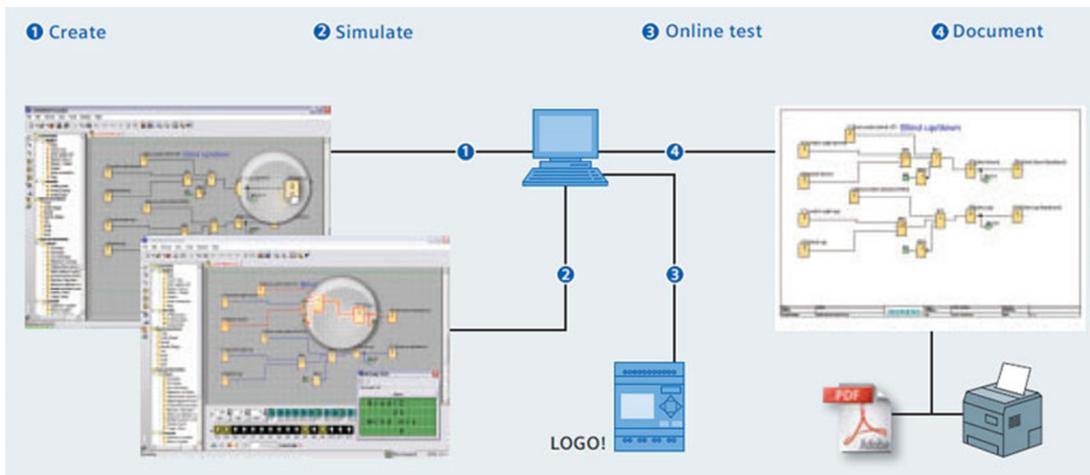


Figura 14. Funcionalidades del software LOGO! Soft Comfort.

Fuente: “<http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-software/>” [Consulta: mayo 2014]

Este software permite la comprobación en línea del estado del sistema, además de simulación de segmentos del programa de control, lo cual permite optimizarlos para integrarlos en la funcionalidad global más adelante. Este programa está disponible en tres sistemas operativos distintos, dejando un amplio margen de elección de acuerdo a las características del computador o PC.

Por otro lado, el software también incluye herramientas para la creación de documentación e históricos del sistema, así como tutorials dentro del programa que facilita su comprensión y permite un aprendizaje dinámico de las funciones de configuración y control.

Debido a que este software no representa costos adicionales en la implantación del sistema de control, ya que integra en un mismo paquete de software un programa de configuración, simulación, supervisión y control de las variables del proceso, además de permitir el diseño de la interfaz de control a la vez que se desarrolla la programación del controlador, haciendo innecesaria la configuración de programas de control adicionales, se recomienda el uso del software LOGO! Soft Comfort como programa de supervisión y control del proceso.

#### **4.4. Canalización e instalación del sistema.**

La sala de secado de muestras se encuentra dentro de una edificación en las instalaciones del Jardín Botánico de Caracas, donde también funcionan oficinas administrativas y depósitos de materiales. La sala cuenta con un espacio de 7 x 6,70 m<sup>2</sup>, en la que se encuentran los equipos del proceso y el tablero eléctrico principal de la edificación. En esta sala se instalará un tablero de control de no menos de 700 x 480 mm que contendrá al controlador, fuente de alimentación de 24 V CC, contactores, protecciones de motores y acondicionadores de señal analógica. Los pulsadores e indicadores luminosos se instalarán en el panel frontal del tablero de control. Debido a que el tablero podría estar sometido a un ambiente con partículas de polvo en el aire, además de la acción de agua de lluvia que pudiera ingresar a la instalación, se requiere un grado de protección NEMA 4 [6] a fin de proteger los equipos de control que se encuentran dentro de él. El tablero de control será instalado a 1,5 m del nivel del suelo para facilitar el acceso de los operadores al mismo.

Los conductores de alimentación que irán desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control y luego a cada equipo, así como sus tuberías, se dimensionarán de acuerdo a los cálculos de capacidad de corriente, caída de tensión y nivel de cortocircuito descritos en el Anexo N°. 1 de este documento.

La Estufa N°. 1 será alimentada por conductores calibre AWG 12 THW, canalizados a través de una tubería eléctrica metálica EMT de ½” hasta el tablero de control. Del tablero de control al equipo se canalizará a través de una tubería metálica flexible FMC de ½”.

La Estufa N°. 2 será alimentada por conductores calibre AWG 10 THW, canalizados a través de una tubería eléctrica metálica EMT de ¾” hasta el tablero de control. Del tablero de control al equipo se canalizará a través de una tubería metálica flexible FMC de ½”.

La Estufa N°. 3 será alimentada por conductores calibre AWG 10 THW, canalizados a través de una tubería eléctrica metálica EMT de ¾” hasta el tablero de control. Del tablero de control al equipo se canalizará a través de una tubería metálica flexible FMC de ½”.

Adicionalmente, se instalará una tubería metálica flexible en las Estufas N°. 2 y 3 para la canalización de un multi-conductor de tres hilos AWG 24, apantallado, que conducirá la señal eléctrica de los detectores de temperatura (RTD) hasta la caja de control.

La asignación de colores para conductores eléctricos se regirá de acuerdo a la Tabla 11, en cumplimiento de las especificaciones contenidas en las normas NEMA WC-57-2004 [4] y ANSI/ICEA S-73-532 [5].

Tabla 11. Asignación de colores para conductores eléctricos.

| <b>Tipo de conductor</b>              | <b>Color</b> |
|---------------------------------------|--------------|
| <b>Conductor de fase</b>              | Negro        |
| <b>Conductor de neutro</b>            | Blanco       |
| <b>Conductor de tierra</b>            | Verde        |
| <b>Señal de control</b>               | Negro        |
| <b>Retorno de la señal de control</b> | Blanco       |

La Figura 15.1 muestra el plano de canalización para las estufas y el sistema de control; también en la Figura 15.2 se detallan la disposición actual de los circuitos con las protecciones dentro del tablero eléctrico a los que pertenecen cada uno de los equipos. La Figura 15.3 muestra una distribución recomendada para la instalación de los elementos del sistema de control en el tablero de control. En La Tabla 12 se especifica la lista de materiales requeridos para la instalación de los elementos de canalización del sistema y del tablero de control.

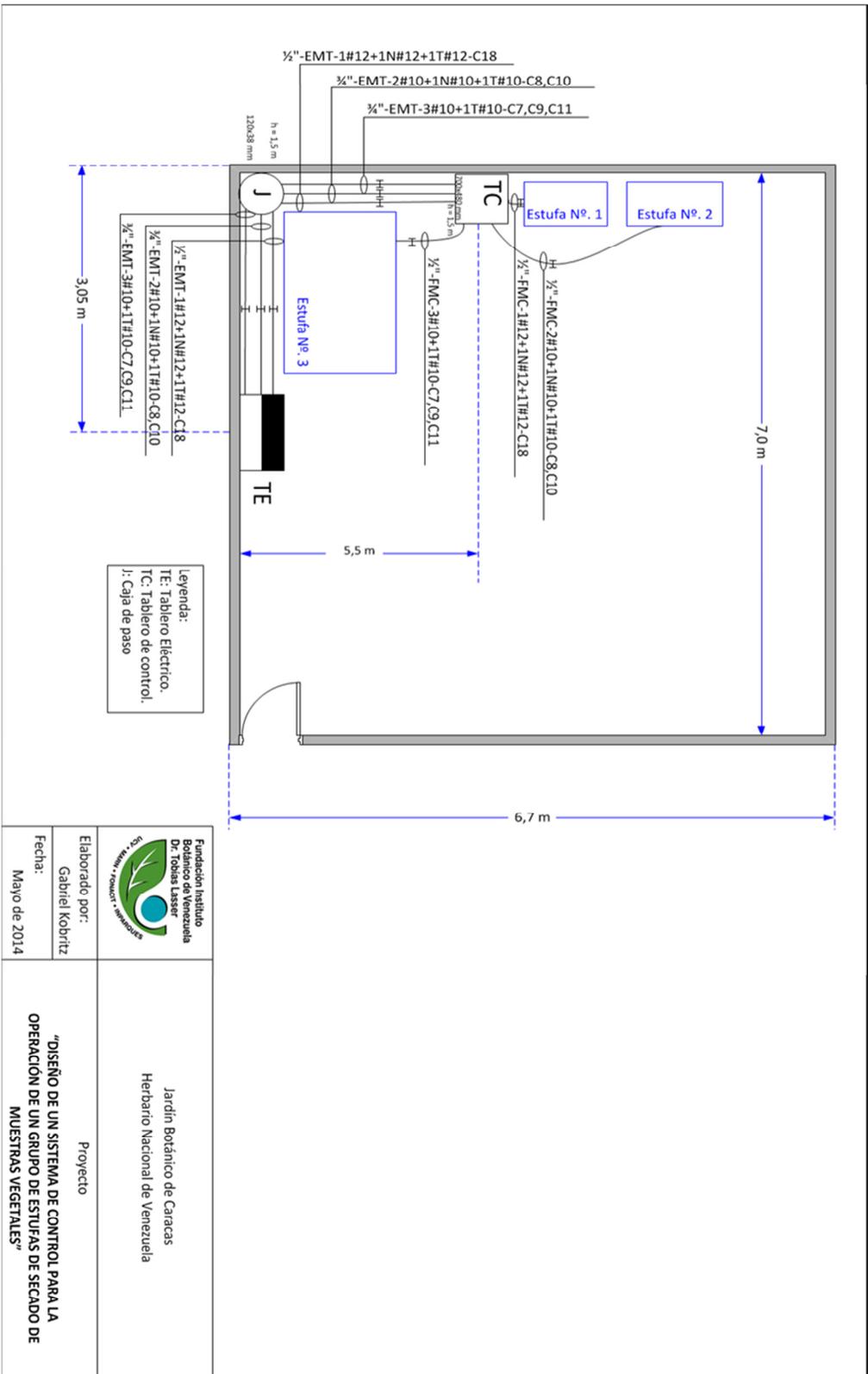


Figura 15.1. Plano de canalización del sistema de control

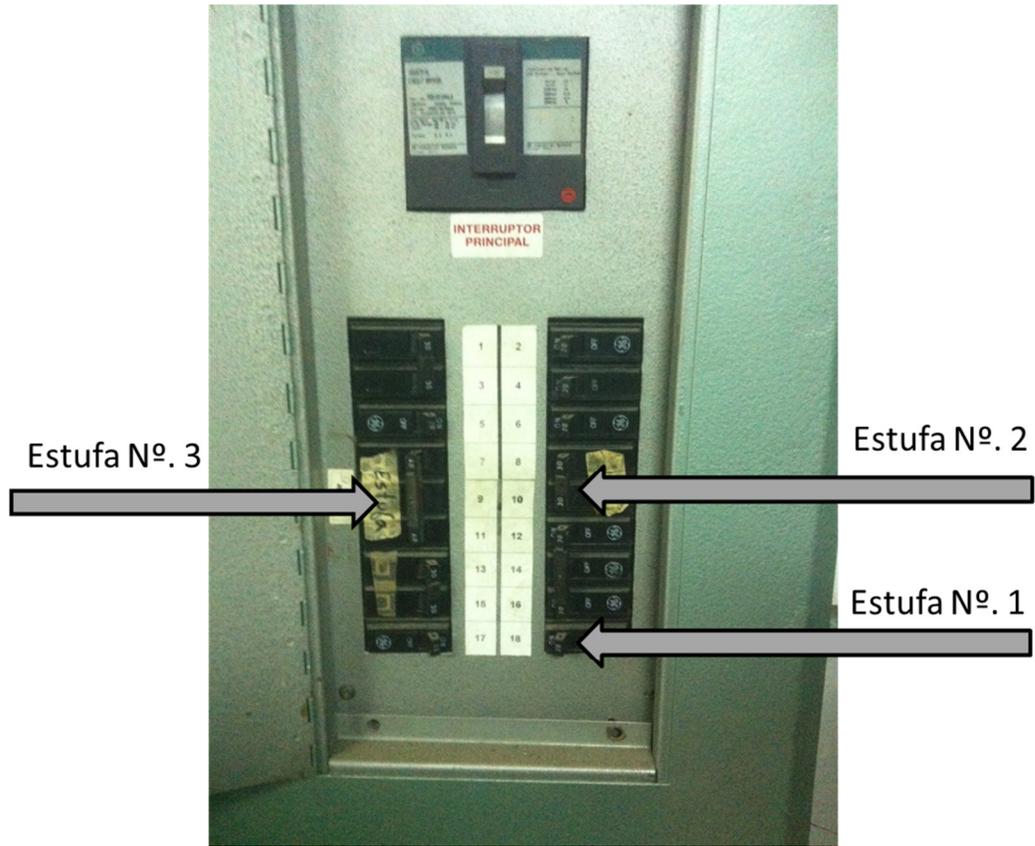


Figura 15.2. Disposición actual de circuitos en tablero eléctrico para conexión de los equipos.

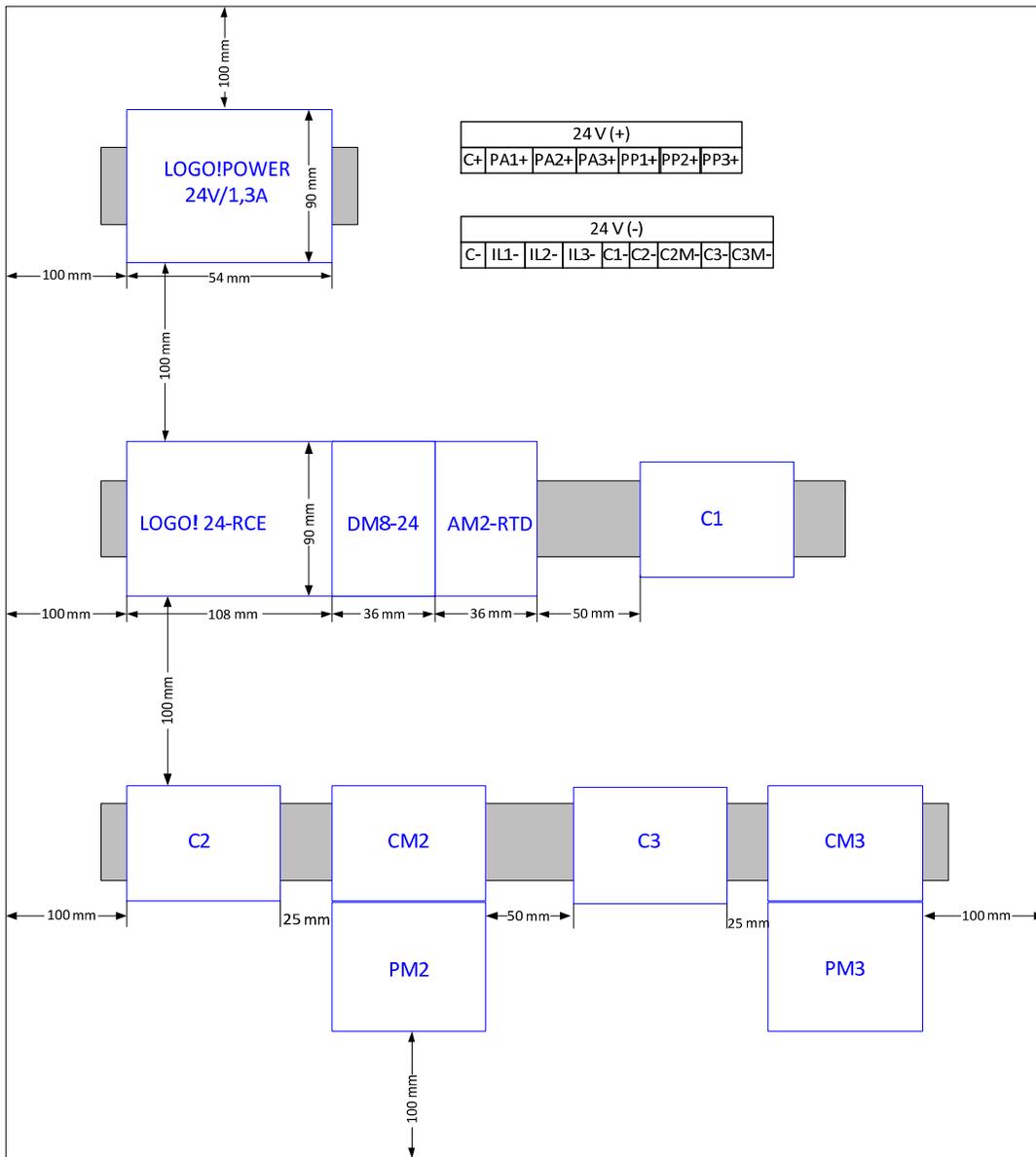


Figura 15.3. Distribución recomendada en caja de control.

Tabla 12. Lista de materiales para canalización del sistema de control.

| <b>Material</b>                                      | <b>Cantidad</b> |
|--|-----------------|
| <b>Tubería EMT ½"</b>                                | 11 m            |
| <b>Tubería EMT ¾"</b>                                | 22 m            |
| <b>Tubería FMC ½"</b>                                | 9 m             |
| <b>Anillo para conduit ½"</b>                        | 4               |
| <b>Anclaje para conduit ½"</b>                       | 8               |
| <b>Terminal para conduit ½"</b>                      | 10              |
| <b>Anillo para conduit ¾"</b>                        | 8               |
| <b>Anclaje para conduit ¾"</b>                       | 16              |
| <b>Terminal para conduit ¾"</b>                      | 8               |
| <b>Caja de paso 120x38 mm</b>                        | 1               |
| <b>Conductor AWG 12 THW Negro</b>                    | 14 m            |
| <b>Conductor AWG 12 THW Blanco</b>                   | 14 m            |
| <b>Conductor AWG 12 THW Verde</b>                    | 14 m            |
| <b>Conductor AWG 10 THW Negro</b>                    | 70 m            |
| <b>Conductor AWG 10 THW Blanco</b>                   | 14 m            |
| <b>Conductor AWG 10 THW Verde</b>                    | 28 m            |
| <b>Conductor AWG 14 THW Negro</b>                    | 3 m             |
| <b>Conductor AWG 14 THW Blanco</b>                   | 3 m             |
| <b>Multi-conductor AWG 24, apantallado, para RTD</b> | 6 m             |
| <b>Caja de control, NEMA 4, 700 x 480 mm</b>         | 1               |
| <b>Riel DIN 35 mm</b>                                | 1 m             |
| <b>Regleta de 6mm, 7 bornes</b>                      | 1               |
| <b>Regleta de 6mm, 9 bornes</b>                      | 1               |

## **CAPÍTULO V**

### **SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIO Y CONTROL DE ACCESO**

#### **5.1. Propuesta de un sistema de detección de incendio.**

En cumplimiento con las normas venezolanas vigentes, las cuales dan carácter obligatorio a la existencia de sistemas de detección y alarma de incendio en edificaciones, se propone la instalación de un sistema de detección para la protección del personal que labora en el herbario donde se realizan los procesos de secado de muestras.

Por las características de la instalación y de los materiales presentes (muestras botánicas, telas, plásticos, etc.), uno de los primeros cambios ambientales que surgen ante una condición de conato de incendio es la presencia de humo de combustión. Por ello, se propone la instalación de un sistema basado en detectores de humo por ionización, los cuales tienen un bajo costo respecto a otros sistemas (como los sistemas basados en detectores de humo fotoeléctricos) y ofrecen facilidades de instalación y mantenimiento. Estos detectores deberán ser ubicados de acuerdo a la norma COVENIN 1443-79 [9], la cual establece el área máxima que puede cubrir cada detector según la altura de montaje. La Tabla 13 muestra las áreas permisibles de protección por cada detector. El sistema de detección también contará con un tablero central de detección y alarma de incendio, estaciones manuales de alarma y difusores de alarma de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 1377-79 [8].

Tabla 13. Áreas permisibles de protección para detectores de humo por ionización.

| <b>Altura de instalación del detector [m]</b> | <b>Área a cubrir por el detector [m<sup>2</sup>]</b> |
|---|--|
| 0 – 2,5                                       | 40 – 60  |
| 2,5 – 3,5                                     | 45 – 70  |
| 3,5 – 5,0                                     | 65 – 90  |
| 5,0 – 7,5                                     | 90 – 110   |
| 7,5 – 10,0                                    | 110 – 120  |
| 10,0 – 15,0                                   | 130  |
| 15,0 – 20,0                                   | 140  |

El tablero central de detección y alarma deberá contar con señalizaciones de alarma y avería, de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 1041-99 [11], y deberá ser instalado en un lugar de fácil acceso al operador. Las estaciones manuales de alarma serán ubicadas en cada salida de la edificación a 1,2 m del suelo, de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 758-89 [10].

El sistema de detección y alarma de incendio deberá contar con capacidad de al menos siete detectores de humo por ionización, dos estaciones manuales y dos difusores de alarma general. El tablero para control de incendios Z2, de Sovica Electronics, ofrece la posibilidad de instalación de hasta 25 detectores iónicos modelos 1800-S fabricados por esta empresa ó 10 detectores iónicos fabricados por otras marcas comerciales, distribuidos en hasta 2 zonas de detección; además, ofrece la posibilidad de instalación de hasta 2 difusores de alarma de 10 W cada uno, por lo que se recomienda la instalación de este sistema o similar.

La Figura 16.1 muestra el diagrama de conexiones para el sistema de detección y alarma de incendio. La Figura 16.2 muestra el plano de canalizaciones de este sistema.

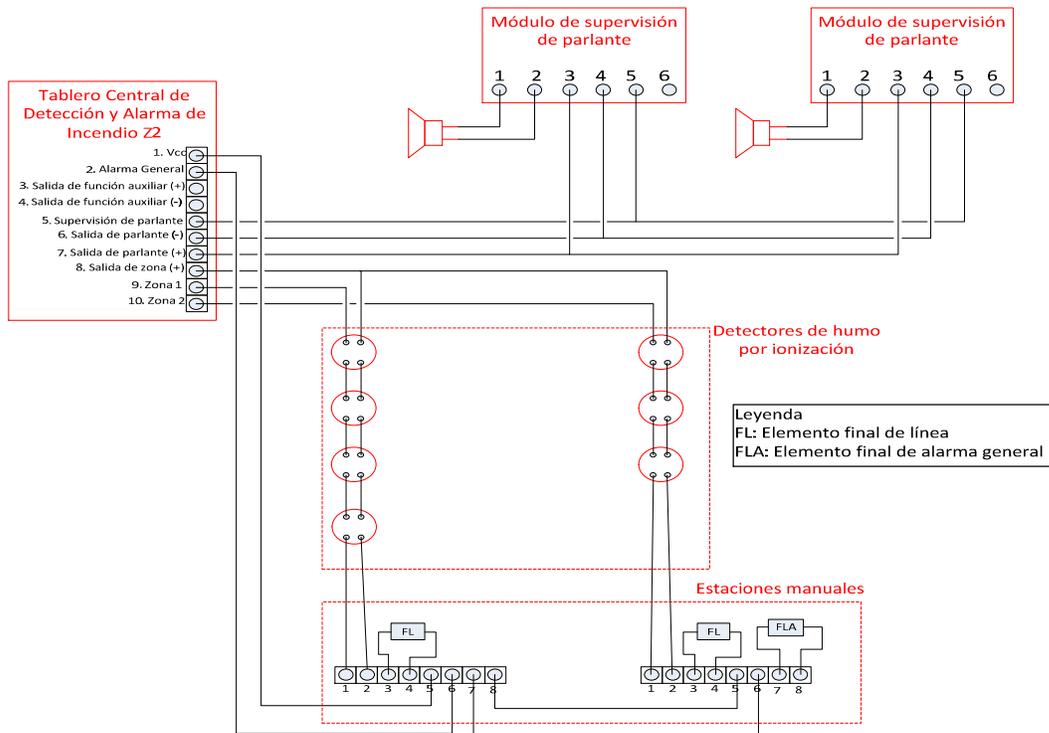


Figura 16.1. Diagrama de conexiones del sistema de detección y alarma de incendio.

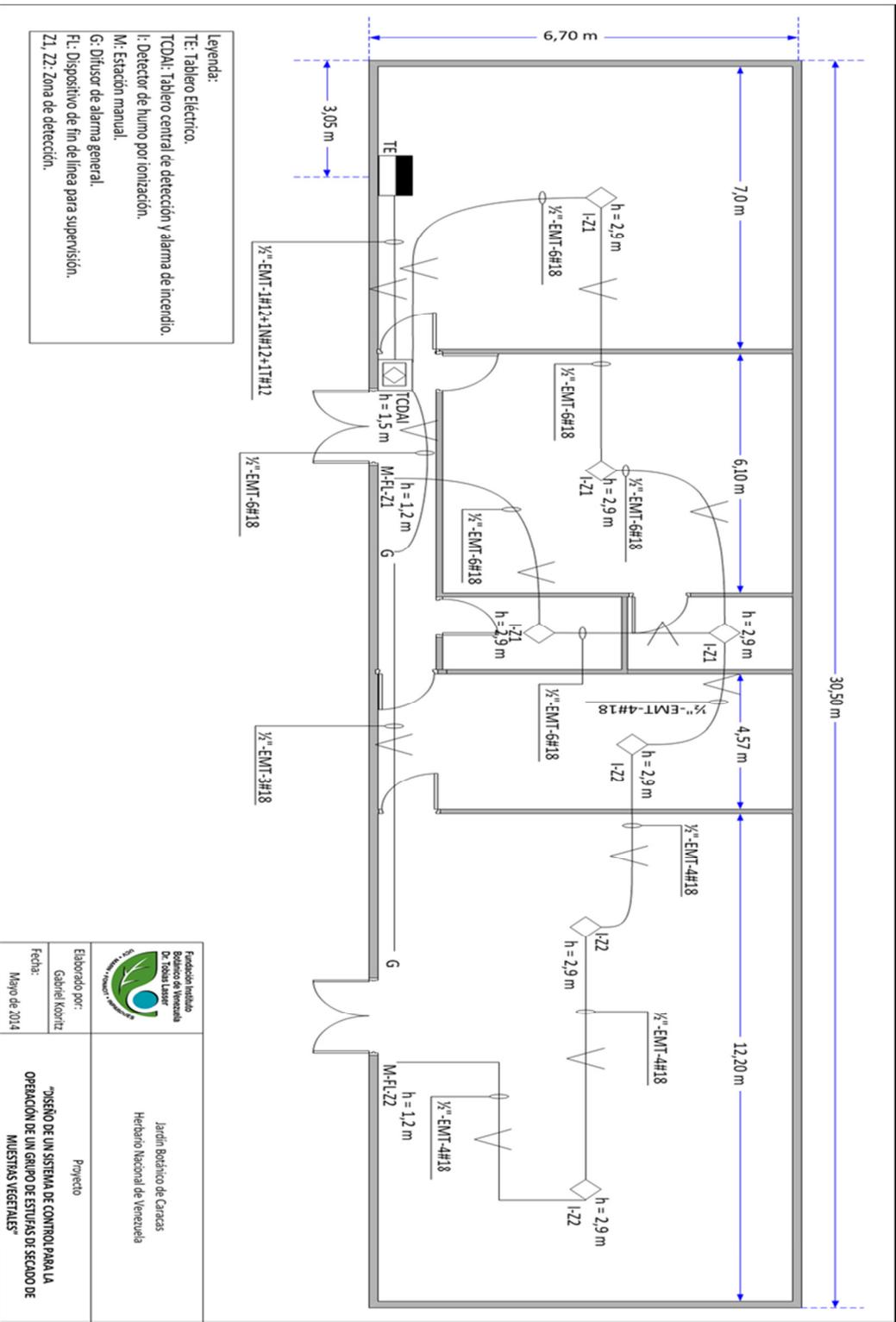


Figura 16.2. Plano de canalización del sistema de detección de incendio

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Rodolfo Soto</p> | <p>Elaborado por:<br/>Gabriel Kowitz</p> | <p>Proyecto</p> <p>Jardín Botánico de Caracas</p> <p>Herbario Nacional de Venezuela</p> |
|   | <p>Fecha:<br/>Mayo de 2014</p>           |   |

En la Tabla 13 se especifica la lista de materiales para la instalación y canalización del sistema de detección y alarma de incendio.

Tabla 14. Lista de materiales para canalización del sistema de detección y alarma de incendio.

| <b>Material</b>  | <b>Cantidad</b> |
|--|-----------------|
| <b>Tubería EMT ½"</b>  | 78 m            |
| <b>Anillo para conduit ½"</b>  | 26              |
| <b>Terminal para conduit ½"</b>  | 24              |
| <b>Cajetín rectangular 4" x 2"</b>                                     | 9               |
| <b>Cajetín octogonal 4" x 1 ½"</b>                                     | 2               |
| <b>Conductor AWG 16 TFNN</b>   | 468 m           |
| <b>Central de detección y alarma de incendio Sovica Electronics Z2</b> | 1               |
| <b>Detector de humo por ionización Sovica Electronics 1800-S</b>       | 7               |
| <b>Estación Manual Sovica Electronics EM-3</b>                         | 2               |
| <b>Difusor de sonido Sovica Electronics D10-PR</b>                     | 2               |
| <b>Supervisor de altavoz Sovica Electronics SAN</b>                    | 1               |
| <b>Supervisor de altavoz final Sovica Electronics SAF</b>              | 1               |

## 5.2. Propuesta de un sistema de control de acceso.

A fin de tener un control de acceso a la sala de secado de muestras botánicas e impedir la manipulación de los equipos por personal no autorizado, se propone la instalación de un sistema de control de acceso a esta área. Este sistema contará con un lector de llave de proximidad, llave de contacto, teclado numérico para ingresar contraseña o combinación de éstos para permitir el acceso del personal, y un controlador al que se enviará la señal proveniente del elemento lector y que permitirá el acceso a través de una cerradura magnética instalada en la puerta de acceso a la sala. El sistema podrá contar con una interfaz de comunicación TCP/IP para permitir la conexión del controlador a la red EtherNet existente y que servirá para llevar, desde cualquier computador, un registro de acceso del personal que ingresa a la sala. La Figura 17 muestra un diagrama de bloques general de los elementos que conformarán el sistema de control de acceso.

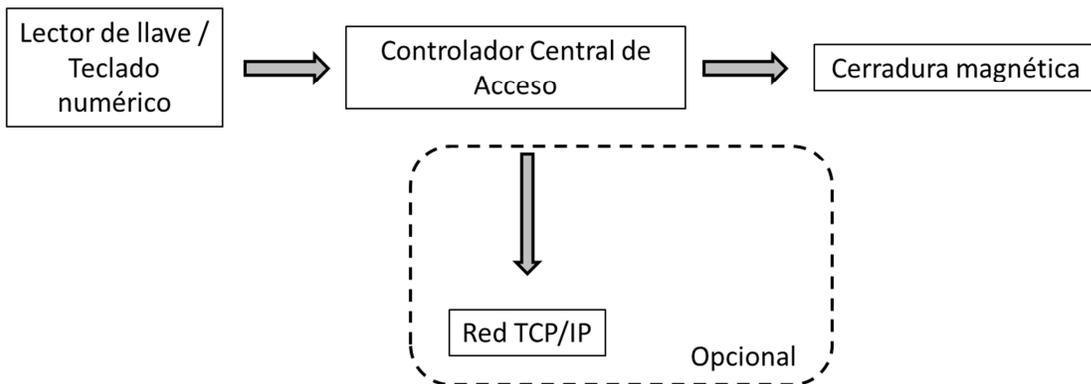


Figura 17. Diagrama de bloques general del sistema de control de acceso.

En la Tabla 14 se muestra una comparativa de las características técnicas de dos de los sistemas de control de acceso más reconocidos en el mercado, a fin de seleccionar el controlador de acceso más adecuado a las necesidades de la instalación.

Tabla 15. Comparativa para sistemas de control de acceso.

| <b>Descripción</b>                     | <b>Sovica Electronics</b> | <b>Rosslare Enterprises Ltd.</b> |
|--|---------------------------|----------------------------------|
| <b>Controlador de acceso</b>           | CAM-4020                  | AC-215-L                         |
| <b>Función de control de acceso</b>    | 1 puerta, dos lectoras    | 1 puerta, 2 lectoras o teclado   |
| <b>Capacidad de usuarios</b>           | 4000                      | 5000                             |
| <b>Alimentación</b>                    | Sí                        | Sí                               |
| <b>Fuente de alimentación auxiliar</b> | 12 V CC                   | 12 V CC                          |
| <b>Módulo de comunicación</b>          | N/A                       | MD-N32                           |

Es notorio que el controlador AC-215-L posee características técnicas que superan al modelo CAM-4020, dado que cuenta con un módulo de comunicación que permite la conexión del sistema a una red TCP/IP para supervisión y registro del personal que ingresa a la sala de secado; sin embargo, el costo de estos sistemas puede llegar a ser de cinco a diez veces mayor en comparación con otros equipos que no disponen de estas características.

Considerando que el registro y supervisión del acceso a la sala de secado no corresponde una característica imprescindible para el sistema, se recomienda la instalación del controlador CAM-4020 o similar. El método de ingreso con este controlador puede realizarse a través de llave electrónica o de proximidad modelo PROX-KEY50 ó PROX-KEY-100, mediante la lectora PROX-PK-410. La programación de estas llaves se realiza mediante el módulo PG-4010 de programación y la interface MI-4010 para interconexión entre un computador y el módulo de programación (opcional).

## **Conclusiones**

La Estufa N°.1 para el secado de muestras botánicas, propiedad del Herbario Nacional de Venezuela se encontraba fuera de servicio debido a una falla en el dispositivo de control de tiempo de secado; adicionalmente, se evidenció manipulación del cableado interno del equipo lo que trajo como consecuencia la desincorporación del mismo. El cableado de la estufa fue reinstalado, rehabilitando el equipo para ser operado de forma manual mediante interruptores.

La Estufa N°.2 para el secado de muestras botánicas, propiedad del Herbario Nacional de Venezuela se encontraba fuera de servicio debido al desgaste de los cojinetes del motor que acciona el ventilador centrífugo del equipo y a cortocircuitos en el cableado interno de la estufa por presencia de sulfato en sus contactos y clavija de conexión. Los cojinetes del motor fueron reemplazados y se realizó la limpieza general de los contactos internos de la estufa, con lo que el equipo fue rehabilitado y se encuentra en funcionamiento.

La Estufa N°. 3 presenta fallas en el dispositivo de control de tiempo, por lo que éste debe realizarse en forma manual por los operadores. Dado que esta estufa no presenta alguna otra falla que ocasione su desincorporación no se realizaron modificaciones a la misma.

Satisfaciendo las necesidades de control del proceso, y por su bajo costo respecto a otros sistemas, se diseña un sistema de control de tipo “*todo-nada*” basado en relés programables, siendo el LOGO! Modular de Siemens la opción más adecuada para la implantación de este sistema. Se propone la instalación de detectores de temperatura RTD Pt100 para el control de temperatura interna en las Estufas N°. 2 y N°. 3, mientras que el control de tiempo se realizará dentro de la lógica del relé programable.

Se propuso el programa LOGO! Soft Comfort como software de supervisión y control debido a que integra en un solo programa una interfaz de configuración de los equipos de control y una interfaz de supervisión y control de las variables del proceso, lo que elimina la necesidad de adquirir programas adicionales para estas funciones y facilita su implementación.

Para dar cumplimiento a las normas y decretos nacionales vigentes, se propuso el uso de un sistema de detección y alarma de incendio para proteger y salvaguardar la vida de las personas que realizan en las instalaciones del herbario. Este sistema está basado en la detección de humo por ionización, y cuenta con siete detectores distribuidos en dos zonas a través de toda la instalación, además de estaciones manuales de alarma y difusores de alarma en cada una de las salidas de la edificación. Se recomendó la adquisición de los sistemas de detección que ofrece la empresa Sovica Electronics por su bajo costo y facilidad de instalación.

Se propuso un sistema de control de acceso para garantizar la seguridad de los equipos y el acceso sólo al personal autorizado por el herbario. Se evaluaron diferentes soluciones que existen en el mercado, así como las características técnicas y económicas de cada una de ellas, y se recomendó la instalación de los sistemas que ofrece la empresa Sovica Electronics por su bajo costo y facilidad de instalación.

## **Recomendaciones**

Se recomienda la sustitución de las resistencias de la Estufa N°. 2 que no cumplen con los valores aceptables de aislamiento según el estándar NETA ATS-2007, ya que ello evidencia un mal funcionamiento de las mismas y pudiera ocasionar fallas en todo el funcionamiento de la estufa.

Se recomienda que, una vez instalado el sistema de control, se realicen pruebas de funcionamiento a fin de determinar la temperatura adecuada para el secado de las muestras y el tiempo estimado de secado para cada tipo y evitar el daño de material herbario debido a una mala selección de los parámetros de control.

Se recomienda la impermeabilización de la sala donde se encuentran los equipos de secado debido a que estos pudieran sufrir daños por la acción del agua producto de las lluvias. Aunque los elementos de control se encuentran protegidos por una caja de control, certificada para soportar condiciones de lluvia y partículas de polvo, no así las estufas de secado, por lo que se pudieran generar averías e inhabilitar los equipos.

Adicional al sistema de detección y alarma de incendio se recomienda la instalación de un sistema de extinción fijo de incendio y la instalación de extintores portátiles alrededor de toda la edificación, con la finalidad de proporcionar mayor seguridad al personal y equipos que se encuentran en el herbario.

Se recomienda la interconexión entre el sistema de detección y alarma de incendio y el sistema de control de acceso a la sala de secado para que, en caso de alarma de incendio, el controlador de acceso esté en capacidad de liberar la cerradura magnética y permitir la salida por emergencia del personal que pudiese encontrarse dentro de la sala. Esto puede realizarse haciendo uso de los contactos auxiliares que dispone el tablero central de detección y alarma de incendio.

## Referencias bibliográficas

- [1].International Electrical Testing Association Inc. *Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Distribution and Systems*. NETA ATS-2007.
- [2].CODELECTRA. *Código Eléctrico Nacional*. FONDONORMA 200:2009.
- [3].FONDONORMA. *Tensiones normalizadas del servicio eléctrico*. FONDONORMA 159:2008.
- [4].National Electrical Manufacturers Association. *Standard for Control, Thermocouple Extension and Instrumentation Cables*. NEMA WC 57-2004.
- [5].American National Standards Institute. *Standard for Control, Thermocouple Extension and Instrumentation Cables*. ANSI/ICEA S-73-532.
- [6].National Electrical Manufacturers Association. *Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)*. NEMA 250-2008.
- [7].Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas en inmuebles (1<sup>ra</sup> Revisión)*. COVENIN 398:1984.
- [8].Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Sistema Automático de detección de incendios. Componentes*. COVENIN 1377-79.
- [9].Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Detectores de humo por ionización*. COVENIN 1443-79.
- [10].Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Estación Manual de Alarma (1<sup>ra</sup> Revisión)*. COVENIN 758-89.
- [11].Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Tablero Central de Detección y Alarma de Incendio (2<sup>da</sup> Revisión)*. COVENIN 1041-1999.
- [12].Gómez, Carlos. *Manual de instalación de sistemas de detección de incendios*, Caracas: Sovica Electronics.

## **Bibliografía**

- Jones, Samuel B. Jr. Sistemática Vegetal, 2<sup>a</sup>. Edición, México: Editorial McGraw-Hill. 1987.
- Bridson, Diane. Forman, Leonard. The Herbarium Handbook, Revised Edition 1992, Great Britain: Whitstable Litho Printers Ltd. 1992.
- Tanenbaum, Andrew S. Sistemas Operativos Distribuidos: Prentice Hall, 1999.
- Creus Sole, Antonio. Instrumentación Industrial, Séptima Edición, España: Marcombo S. A., 2005.
- Dorf, Richard C. Sistemas automáticos de Control: Addison-Wesley Iberoamericana.
- IXXAT Inc. Products and Services for Industry and Automobile, USA.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1. Cálculo para dimensionamiento de los conductores y tuberías.**

### **A.1.1. Estufa N° 1.**

#### **A.1.1.1. Capacidad de corriente.**

Capacidad de la Estufa

120 V, 1 fase.

560 W

Cálculo de corriente consumida.

$$I_{Est.1} = \frac{560}{120} = 4,667 A$$

Capacidad del conductor AWG 12 THW según Tablas 210.24 y 310.16 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

$$I_{AWG12} = 20 A$$

Se selecciona por capacidad de corriente un conductor AWG 12 THW.

### A.1.1.2. Caída de tensión

Se establece una caída de tensión máxima de 2% desde el tablero de eléctrico hasta el equipo, asumiendo una caída máxima de 3% de la acometida y en cumplimiento con lo establecido en la norma COVENIN 159:2008.

Se considera que la Estufa tiene un factor de potencia aproximadamente unitario. Los valores de impedancia de la línea se tomaron de la Tabla 9 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

Cálculo de caída de tensión.

$$\Delta V\%_{Est.1} = \frac{(560 \cdot 10^{-3})(8,55 \cdot 10^{-3})}{5(120 \cdot 10^{-3})^2} [6,6 \cdot \cos(0^\circ) + 0,223 \cdot \sin(0^\circ)] = 0,4389\%$$

$$\Delta V\%_{Est.1} < 2\%$$

El conductor AWG 12 THW cumple con los criterios de caída de tensión.

### A.1.1.3. Nivel de cortocircuito.

Se calcula en nivel de cortocircuito, el cual no debe superar los 10 kA, corriente de cortocircuito típica que ofrecen las protecciones termo-magnéticas para este tipo de instalaciones. También se calcula el tiempo de respuesta máximo de la protección para garantizar que el conductor no se destruya por la acción de un cortocircuito.

Se considerará en este cálculo sólo la impedancia de la línea desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control, despreciando la impedancia del transformador y de la acometida. El error introducido por esta aproximación genera una corriente de cortocircuito mayor a la real, por lo que el cumplimiento de los criterios bajo esta condición es suficiente para garantizar la protección del conductor.

Cálculo de cortocircuito.

$$I_{ccEst.1} = \frac{120}{\sqrt{(6,6)^2 + (0,223)^2} (2 \cdot 8,55 \cdot 10^{-3})} = 1062,66 \text{ A}$$

$$I_{ccEst.1} < 10 \text{ kA}$$

Cálculo del tiempo de disparo de la protección termo-magnética.

$$t_{ccEst.1} = (0,0297) \frac{\log\left(\frac{250+234}{75+234}\right)}{\left(\frac{1062,66}{6530}\right)^2}$$

$$t_{cc_{Est.1}} = 0,2106 \text{ s}$$

El conductor AWG 12 THW cumple con los criterios de cortocircuito.

#### **A.1.1.4. Selección de la tubería.**

En cumplimiento con lo establecido en la Tabla C1 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009, se selecciona una tubería eléctrica metálica EMT de ½” desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control para canalizar los conductores eléctricos, la cual soporta hasta 4 conductores AWG 12 THW. Del tablero de control hasta el equipo se utilizará tubería metálica flexible FMC de ½”, la cual soporta hasta 5 conductores AWG 12 THW, en cumplimiento con la Tabla C3 de esta norma.

#### **A.1.2. Estufa N°. 2.**

##### **A.1.2.1. Capacidad de corriente.**

Capacidad de la Estufa

208 V, 2 fases.

4,5 kW

Cálculo de corriente consumida.

$$I_{Est.2} = \frac{4,5 \cdot 10^3}{208} = 21,63 A$$

Capacidad del conductor AWG 10 THW según Tablas 210.24 y 310.16 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

$$I_{AWG10} = 30 A$$

Se selecciona por capacidad de corriente un conductor AWG 10 THW.

#### **A.1.2.2. Caída de tensión**

Se establece una caída de tensión máxima de 2% desde el tablero de eléctrico hasta el equipo, asumiendo una caída máxima de 3% de la acometida y en cumplimiento con lo establecido en la norma COVENIN 159:2008.

Se considera que la Estufa tiene un factor de potencia aproximadamente unitario. Los valores de impedancia de la línea se tomaron de la Tabla 9 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

Cálculo de caída de tensión.

$$\Delta V\%_{Est.2} = \frac{(4,5)(8,55 \cdot 10^{-3})}{5(208 \cdot 10^{-3})^2} [3,9 \cdot \cos(0^\circ) + 0,207 \cdot \sin(0^\circ)] = 0,6937\%$$

$$\Delta V\%_{Est.2} < 2\%$$

El conductor AWG 10 THW cumple con los criterios de caída de tensión.

### **A.1.2.3. Nivel de cortocircuito.**

Se calcula en nivel de cortocircuito, el cual no debe superar los 10 kA, corriente de cortocircuito típica que ofrecen las protecciones termo-magnéticas para este tipo de instalaciones. También se calcula el tiempo de respuesta máximo de la protección para garantizar que el conductor no se destruya por la acción de un cortocircuito.

Se considerará en este cálculo sólo la impedancia de la línea desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control, despreciando la impedancia del transformador y de la acometida. El error introducido por esta aproximación genera una corriente de cortocircuito mayor a la real, por lo que el cumplimiento de los criterios bajo esta condición es suficiente para garantizar la protección del conductor.

Cálculo de cortocircuito.

$$I_{cc_{Est.2}} = \frac{208}{\sqrt{(3,9)^2 + (0,207)^2(2 \cdot 8,55 \cdot 10^{-3})}} = 3114,52 \text{ A}$$

$$I_{cc_{Est.2}} < 10 \text{ kA}$$

Cálculo del tiempo de disparo de la protección termo-magnética.

$$t_{cc_{Est.2}} = (0,0297) \frac{\log\left(\frac{250+234}{75+234}\right)}{\left(\frac{3114,52}{10380}\right)^2}$$

$$t_{cc_{Est.2}} = 0,0643 \text{ s}$$

El conductor AWG 10 THW cumple con los criterios de cortocircuito.

#### **A.1.2.4. Selección de la tubería.**

En cumplimiento con lo establecido en la Tabla C1 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009, se selecciona una tubería eléctrica metálica EMT de ¾" desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control para canalizar los conductores eléctricos, la cual soporta hasta 6 conductores AWG 10 THW. Del tablero de control hasta el equipo se utilizará tubería metálica flexible FMC de ½", la cual soporta hasta 4 conductores AWG 10 THW, en cumplimiento con la Tabla C3 de esta norma.

### **A.1.3. Estufa N° 3.**

#### **A.1.3.1. Capacidad de corriente.**

Capacidad de la Estufa

208 V, 3 fases.

7.500 VA

Cálculo de corriente consumida.

$$I_{Est.3} = \frac{7.500}{\sqrt{3}(208)} = 20,82 A$$

Capacidad del conductor AWG 10 THW según Tablas 210.24 y 310.16 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

$$I_{AWG10} = 30 A$$

Se selecciona por capacidad de corriente un conductor AWG 10 THW.

### A.1.3.2. Caída de tensión

Se establece una caída de tensión máxima de 2% desde el tablero de eléctrico hasta el equipo, asumiendo una caída máxima de 3% de la acometida y en cumplimiento con lo establecido en la norma COVENIN 159:2008.

Se considera que la Estufa tiene un factor de potencia aproximadamente unitario. Los valores de impedancia de la línea se tomaron de la Tabla 9 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009.

Cálculo de caída de tensión.

$$\Delta V\%_{Est.3} = \frac{(7,5)(8,55 \cdot 10^{-3})}{10(208 \cdot 10^{-3})^2} [3,9 \cdot \cos(0^\circ) + 0,207 \cdot \sin(0^\circ)] = 0,5780\%$$

$$\Delta V\%_{Est.3} < 2\%$$

El conductor AWG 10 THW cumple con los criterios de caída de tensión.

### A.1.3.3. Nivel de cortocircuito.

Se calcula en nivel de cortocircuito, el cual no debe superar los 10 kA, corriente de cortocircuito típica que ofrecen las protecciones termo-magnéticas para este tipo de instalaciones. También se calcula el tiempo de respuesta máximo de la protección para garantizar que el conductor no se destruya por la acción de un cortocircuito.

Se considerará en este cálculo sólo la impedancia de la línea desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control, despreciando la impedancia del transformador y de la acometida. El error introducido por esta aproximación genera una corriente de cortocircuito mayor a la real, por lo que el cumplimiento de los criterios bajo esta condición es suficiente para garantizar la protección del conductor.

Cálculo de cortocircuito.

$$I_{ccEst.3} = \frac{208}{\sqrt{3}[(3,9)^2 + (0,207)^2](2 \cdot 8,55 \cdot 10^{-3})} = 3596,34 \text{ A}$$

$$I_{ccEst.3} < 10 \text{ kA}$$

Cálculo del tiempo de disparo de la protección termo-magnética.

$$t_{ccEst.3} = (0,0297) \frac{\log\left(\frac{250+234}{75+234}\right)}{\left(\frac{3596,34}{10380}\right)^2}$$

$$t_{ccEst.3} = 0,0482 \text{ s}$$

El conductor AWG 10 THW cumple con los criterios de cortocircuito.

#### **A.1.3.4. Selección de la tubería.**

En cumplimiento con lo establecido en la Tabla C1 del Código Eléctrico Nacional, FONDONORMA 200:2009, se selecciona una tubería eléctrica metálica EMT de  $\frac{3}{4}$ " desde el tablero eléctrico hasta el tablero de control para canalizar los conductores eléctricos, la cual soporta hasta 6 conductores AWG 10 THW. Del tablero de control hasta el equipo se utilizará tubería metálica flexible FMC de  $\frac{1}{2}$ ", la cual soporta hasta 4 conductores AWG 10 THW, en cumplimiento con la Tabla C3 de esta norma.

**ANEXO 2. HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR LOGO!  
MODULE 12/24 RCE**

# SIEMENS

Product data sheet

6ED1052-1MD00-0BA7

LOGO!12/24RCE, LOGIC MOD., DISPL. PU/VO: 12/24V  
DC/RELAY,  
8 DI (4AI)/4 DO;  
MEM 400 BLOCKS EXPANDABLE, ETHERNET



|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Supply voltage</b>                 |   |
| 12 V DC                               | Yes   |
| 24 V DC                               | Yes   |
| permissible range, lower limit (DC)   | 10.8 V  |
| permissible range, upper limit (DC)   | 28.8 V  |
| <b>Time of day</b>                    |   |
| <b>Time switching clocks</b>          |   |
| Number                                | 333   |
| Power reserve                         | 480 h   |
| <b>Digital inputs</b>                 |   |
| Number of digital inputs              | 8 ; Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V) |
| <b>Digital outputs</b>                |   |
| Number of digital outputs             | 4 ; Relays  |
| Short-circuit protection              | No ; external fusing necessary                        |
| <b>Relay outputs</b>                  |   |
| <b>Switching capacity of contacts</b> |   |
| with inductive load, max.             | 3 A   |
| with resistive load, max.             | 10 A  |

|  |  |
|--|--|
| <b>EMC</b>   |  |
| Emission of radio interference acc. to EN 55 011                 |  |
| Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B) | Yes ; Radio interference suppression according to EN55011, Limit Value Class B |
| <b>Degree and class of protection</b>                            |  |
| IP20   | Yes  |
| <b>Standards, approvals, certificates</b>                        |  |
| CSA approval   | Yes  |
| UL approval  | Yes  |
| FM approval  | Yes  |
| Developed in accordance with IEC 61131                           | Yes  |
| according to VDE 0631  | Yes  |
| <b>Marine approval</b>   |  |
| Marine approval  | Yes  |
| <b>Ambient conditions</b>  |  |
| Operating temperature  |  |
| Min.   | 0 °C   |
| max.   | 55 °C  |
| <b>Dimensions</b>  |  |
| Width  | 107 mm   |
| Height   | 90 mm  |
| Depth  | 55 mm  |
| Status   | May 23, 2014   |

**ANEXO 3. HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN  
LOGO! DM8-24**



LOGO! DM8 24R EXPANSION MODULE,  
PUI/O: 24V/24V/RELAY, 2TE 4 DI/4 DO,  
AC/DC/NPN INPUT

| Supply voltage                      |            |
|-------------------------------------|------------|
| 24 V DC                             | Yes        |
| permissible range, lower limit (DC) | 20.4 V     |
| permissible range, upper limit (DC) | 28.8 V     |
| 24 V AC                             | Yes        |
| Digital inputs                      |            |
| Number of digital inputs            | 4          |
| Input voltage                       |            |
| Type of input voltage               | AC/DC      |
| Digital outputs                     |            |
| Number of digital outputs           | 4 ; Relays |
| Short-circuit protection            | No         |
| Output current                      |            |
| for signal "1" rated value          | 5 A        |
| Relay outputs                       |            |
| Switching capacity of contacts      |            |
| with inductive load, max.           | 3 A        |
| with resistive load, max.           | 5 A        |

|  |              |
|--|--------------|
| <b>EMC</b>   |              |
| <b>Emission of radio interference acc. to EN 55 011</b>          |              |
| Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B) | Yes          |
| <b>Degree and class of protection</b>                            |              |
| IP20   | Yes          |
| <b>Standards, approvals, certificates</b>                        |              |
| CSA approval   | Yes          |
| UL approval  | Yes          |
| FM approval  | Yes          |
| Developed in accordance with IEC 61131                           | Yes          |
| according to VDE 0831  | Yes          |
| <b>Marine approval</b>   |              |
| Marine approval  | Yes          |
| <b>Ambient conditions</b>  |              |
| <b>Operating temperature</b>                                     |              |
| Min.   | 0 °C         |
| max.   | 55 °C        |
| <b>Dimensions</b>  |              |
| Width  | 36 mm ; 2 DU |
| Height   | 90 mm        |
| Depth  | 55 mm        |
| Status   | May 9, 2014  |

**ANEXO 4. HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN  
LOGO! AM2-RTD**



LOGO! AM2 RTD EXPAN. MODULE,  
 PU: DC 12/24V, 2AI,  
 -50 ... +200 DEGR/C PT100/1000

| Supply voltage   |  |
|--|--|
| 12 V DC  | Yes ; 10.8 to 28.8 V DC  |
| 24 V DC  | Yes ; 10.8 to 28.8 V DC  |
| Analog Inputs  |  |
| Number of analog inputs  | 2 ; 2 or 3 wire connection   |
| Input ranges   |  |
| Resistance thermometer   | Yes ; For PT100/PT1000 sensors   |
| EMC  |  |
| Emission of radio interference acc. to EN 55 011                 |  |
| Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B) | Yes ; Radio interference suppression according to EN55011, Limit Value Class B |
| Degree and class of protection                                   |  |
| IP20   | Yes  |
| Standards, approvals, certificates                               |  |
| CSA approval   | Yes ; C22.2 Number 142   |
| UL approval  | Yes ; UL 508   |
| FM approval  | Yes ; FM-Standards No. 3611, 3600, 3810 Class I, Division 2, Group A, B, C, D  |
| Developed in accordance with IEC 61131                           | Yes ; EN 61131-2 (IEC 1131-2)  |

|                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Marine approval</b>       |                                       |
| <b>Marine approval</b>       | Yes ; ABS, BV, DNV, GL, LRS, Class NK |
| <b>Ambient conditions</b>    |                                       |
| <b>Operating temperature</b> |                                       |
| <b>Min.</b>                  | 0 °C                                  |
| <b>max.</b>                  | 55 °C                                 |
| <b>Dimensions</b>            |                                       |
| <b>Width</b>                 | 36 mm                                 |
| <b>Height</b>                | 90 mm                                 |
| <b>Depth</b>                 | 53 mm                                 |
| <b>Status</b>                | May 26, 2014                          |

**ANEXO 5. HOJA DE DATOS DE LA FUENTE DE  
ALIMENTACIÓN LOGO! POWER 24 V / 1,3 A**



LOGO!POWER 24 V/1.3 A STABILIZED POWER SUPPLY  
 INPUT: 100-240 V AC (110-300 V DC) OUTPUT: 24 V/1.3 A  
 DC

| Technical specifications                                    |   |
|---|---|
| Product   | LOGO!Power  |
| Power supply, type  | 24 V/1.3 A  |
| <b>Input</b>  |   |
| Input   | 1-phase AC or DC  |
| Rated voltage value $V_{in}$ rated                          | 100 ... 240 V   |
| Voltage range   | 85 ... 264 V  |
| Input voltage / at DC                                       | 110 ... 300 V   |
| Wide-range input  | Yes   |
| Overvoltage resistance                                      | 2.3 X $V_{in}$ rated, 1.3 ms  |
| Mains buffering at $I_{out}$ rated, min.                    | 40 ms   |
| Mains buffering   | at $V_{in} = 187$ V   |
| Rated line frequency  | 50 / 60 Hz  |
| Rated line range  | 47 ... 63 Hz  |
| Input current / at nominal level of the input voltage 120 V | 0.7 A   |
| Input current / at nominal level of the input voltage 230 V | 0.35 A  |
| Switch-on current limiting (+25 °C), max.                   | 25 A  |
| $I^2t$ , max.   | 0.8 A <sup>2</sup> s  |
| Built-in incoming fuse                                      | internal  |
| Protection in the mains power input (IEC 898)               | Recommended miniature circuit breaker: from 16 A characteristic B or from 10 A characteristic C |

| Output   |  |
|--|--|
| Output   | Controlled, isolated DC voltage        |
| Rated voltage $V_{out\ DC}$  | 24 V                                   |
| Total tolerance, static $\pm$  | 3 %                                    |
| Static mains compensation, approx.                                   | 0.1 %                                  |
| Static load balancing, approx.                                       | 1.5 %                                  |
| Residual ripple peak-peak, max.                                      | 200 mV                                 |
| Residual ripple peak-peak, typ.                                      | 10 mV                                  |
| Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)                           | 300 mV                                 |
| Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)                           | 20 mV                                  |
| Adjustment range   | 22.2 ... 26.4 V                        |
| Product feature / output voltage adjustable                          | Yes                                    |
| Output voltage setting   | via potentiometer                      |
| Status display   | Green LED for output voltage OK        |
| On/off behavior  | No overshoot of $V_{out}$ (soft start) |
| Startup delay, max.  | 0.5 s                                  |
| Voltage rise, typ.   | 15 ms                                  |
| Rated current value $I_{out\ rated}$                                 | 1.3 A                                  |
| Current range  | 0 ... 1.3 A                            |
| • Note   | +55 ... +70 °C: Derating 2%/K          |
| delivered active power / typ.  | 30 W                                   |
| Parallel switching for enhanced performance                          | Yes                                    |
| Numbers of parallel switchable units for enhanced performance        | 2                                      |
| Efficiency   |  |
| Efficiency at $V_{out\ rated}$ , $I_{out\ rated}$ , approx.          | 85 %                                   |
| Power loss at $V_{out\ rated}$ , $I_{out\ rated}$ , approx.          | 6 W                                    |
| Effective power loss / at idle / maximum                             | 2 W                                    |
| Closed-loop control  |  |
| Dynamic mains compensation ( $V_{in\ rated} \pm 15\%$ ), max.        | 0.2 %                                  |
| Dynamic load smoothing ( $I_{out: 10/90/10\%}$ ), $U_{out} \pm$ typ. | 1 %                                    |
| Load step setting time 10 to 90%, typ.                               | 1 ms                                   |
| Load step setting time 90 to 10%, typ.                               | 1 ms                                   |
| Protection and monitoring  |  |
| Output overvoltage protection  | Yes, according to EN 60950-1           |
| Current limitation, typ.   | 1.7 A                                  |
| Characteristic feature of the output / short-circuit protected       | Yes                                    |
| Short-circuit protection   | Constant current characteristic        |
| Enduring short circuit current / Effective level / maximum           | 2.4 A                                  |
| Overload/short-circuit indicator                                     | -                                      |

| Safety   |   |
|--|---|
| Primary/secondary isolation  | Yes   |
| Potential separation   | Safety extra-low output voltage U <sub>out</sub> acc. to EN 60950-1 and EN 50178  |
| Protection class   | Class II (without protective conductor)   |
| CE mark  | Yes   |
| UL/CSA approval  | Yes   |
| UL/cUL (CSA) approval  | cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259; cURus-Recognized (UL 60950, CSA C22.2 No. 60950), File E151273, NEC class 2 (acc. to UL 1310) |
| Explosion protection   | ATEX (EX) II 3G Ex nA IIC T3; cCSAus (CSA C22.2 No. 213-M1987, ANSI/ISA-12.12.01-2007) Class I, Div. 2, Group ABCD, T4                                  |
| FM approval  | Class I, Div. 2, Group ABCD, T4   |
| CB approval  | Yes   |
| Marine approval  | GL, ABS, BV, DNV, LR3   |
| Degree of protection (EN 60529)                                      | IP20  |
| EMC  |   |
| Emitted interference   | EN 55022 Class B  |
| Supply harmonics limitation  | not applicable  |
| Noise Immunity   | EN 61000-6-2  |
| Operating data   |   |
| Ambient temperature / In operation                                   | -20 ... +70 °C  |
| * Note   | with natural convection   |
| Ambient temperature / on transport                                   | -40 ... +85 °C  |
| Ambient temperature / In storage                                     | -40 ... +85 °C  |
| Humidity class according to EN 60721                                 | Climate class 3K3, no condensation  |
| Mechanics  |   |
| Connection technology  | screw-type terminals  |
| Connections / Supply input   | L, N: 1 screw terminal each for 0.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup> single-core/finely stranded   |
| Connections / Output   | +, - 2 screw terminals each for 0.5 ... 2.5 mm <sup>2</sup>   |
| Connections / Auxiliary  | -   |
| Width / of the housing   | 54 mm   |
| Height / of the housing  | 90 mm   |
| Depth / of the housing   | 52.6 mm   |
| Installation width   | 54 mm   |
| Mounting height  | 130 mm  |
| Weight, approx.  | 0.17 kg   |
| Product feature / of the housing / housing for side-by-side mounting | Yes   |
| Mounting type / wall mounting  | No  |
| Type of mounting / standard rail mounting                            | Yes   |

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Mounting type / 07-300 rail mounting | No  |
| Installation                         | Snaps onto DIN rail EN 60715 35x7.5/15  |
| Other information                    | Specifications at rated input voltage and ambient temperature +25 °C (unless otherwise specified) |
| <b>letzte Änderung:</b>              | May 23, 2014  |