

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**“REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
BOMBEO DE AGUA POTABLE DE CEDES DON BOSCO”**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: LUIS ANTONIO CHACÓN SANDOVAL

TUTOR: ING. GILBERT MORA JIMÉNEZ

SEDE ARANJUEZ

San José, agosto, 2022

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| Dedicatoria | 26 |
| Agradecimientos..... | 27 |
| Resumen ejecutivo..... | 28 |
| CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN | 29 |
| Planteamiento del problema..... | 29 |
| Objetivos..... | 30 |
| Objetivo general..... | 30 |
| Objetivos específicos | 30 |
| Justificación | 31 |
| Antecedentes..... | 32 |
| Internacionales | 32 |
| Antecedente #1 | 32 |
| Antecedente #2..... | 32 |
| Antecedente #3..... | 33 |
| Antecedente #4..... | 34 |
| Antecedente #5..... | 34 |
| Antecedente #6..... | 35 |
| Nacionales..... | 35 |
| Antecedente #1 | 35 |
| Antecedente #2..... | 36 |
| Antecedente #3..... | 36 |
| Antecedente #4..... | 37 |
| Antecedente #5..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Antecedente #6..... | 38 |
| Proyecciones | 38 |
| Limitaciones..... | 39 |
| CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO | 40 |
| Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones..... | 40 |
| Artículos de la Norma Importantes para este proyecto..... | 40 |
| Bombeo para agua potable..... | 43 |
| Generalidades..... | 43 |
| Arranques de motores | 44 |
| Arranque directo o a plena tensión..... | 45 |
| Arranque a tensión reducida..... | 45 |
| Circuitos de potencia y control | 45 |
| PLC | 54 |
| ¿Qué significan las siglas PLC?..... | 54 |
| ¿Cómo regula el proceso? | 55 |
| ¿De dónde recibe el PLC la información sobre el proceso? | 55 |
| ¿Dónde está la diferencia entre el abierto y el cerrado?..... | 56 |
| ¿Qué se entiende como señal de entrada/salida del PLC? | 57 |
| ¿Cómo se ejecuta el programa en el PLC?..... | 58 |
| ¿Cómo se ven las uniones en un programa en el PLC? | 59 |
| ¿Cómo crear y almacenar un programa en el PLC?..... | 63 |
| Normas eléctricas..... | 65 |
| Normas UL..... | 65 |
| Normas aplicables de principio a fin de un proyecto..... | 66 |

| | |
|---|-----|
| Código Eléctrico Nacional | 69 |
| Artículos importantes de la Norma para este proyecto | 70 |
| Redes de computadoras | 77 |
| El modelo OSI..... | 79 |
| El modelo TCP/IP | 81 |
| IoT..... | 81 |
| ¿Qué es el Internet de las cosas? | 81 |
| Una breve historia del IoT..... | 82 |
| ¿Cómo funciona realmente el Internet de las cosas? | 82 |
| Las implicaciones del IoT para la seguridad y la privacidad..... | 83 |
| Paneles fotovoltaicos | 83 |
| ¿Qué es la energía fotovoltaica? | 83 |
| Tecnología..... | 83 |
| Aspectos básicos de la radiación solar | 84 |
| Radiación directa, radiación difusa, radiación global | 86 |
| Características de un sistema fotovoltaico conectado a red..... | 87 |
| Diseño de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red..... | 90 |
| CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO | 104 |
| Enfoque cuantitativo | 104 |
| Fuentes de información..... | 106 |
| Unidades de análisis..... | 107 |
| Propuesta para el desarrollo del método | 109 |
| Recolección y análisis de datos..... | 109 |
| CAPÍTULO IV - ANÁLISIS DE DATOS..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| Dotación mínima diaria | 111 |
| Cálculo del volumen del tanque elevado | 113 |
| Volumen total instalado | 115 |
| Caudal máximo probable | 115 |
| Caudal entregado por las bombas instaladas..... | 116 |
| Caudal entregado por la paja de agua | 119 |
| Lógica de programación | 122 |
| Pasos para programar | 124 |
| Selección de elementos para el tablero | 134 |
| Contactor y guardamotor..... | 136 |
| Selector, luces piloto, botones pulsadores..... | 138 |
| Relé miniatura | 139 |
| Relé de control de nivel de líquido y sonda de medición (electrodos) | 139 |
| Sensor de inmersión analógico..... | 140 |
| Fuente de alimentación de 24V DC | 140 |
| <i>Breaker</i> para circuito de control C60N 6A | 140 |
| <i>Breaker</i> automático principal..... | 141 |
| Fusible de cartucho | 143 |
| Calibre de conductores..... | 143 |
| Lista de materiales para panel de control..... | 145 |
| Diseño fotovoltaico..... | 147 |
| Cálculo de consumo energético del sistema de bombeo..... | 147 |
| Cálculo de Horas Solares Pico (HSP) | 149 |
| Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaicos | 151 |

| | |
|--|-----|
| Cálculo de la inversión..... | 155 |
| CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 161 |
| Conclusiones..... | 161 |
| Recomendaciones | 163 |
| CAPÍTULO VI - PROPUESTA..... | 164 |
| Descripción | 164 |
| Objetivos..... | 165 |
| Glosario..... | 165 |
| Propuesta..... | 166 |
| Referencias | 167 |
| Anexos..... | 173 |
| Anexo A. Tabla 4.1 DOTACIONES MÍNIMAS DIARIAS | 173 |
| Anexo B. TABLA 6.1 DIÁMETROS, PRESIONES Y CAUDALES MÍNIMOS REQUERIDOS EN LOS PUNTOS DE ALIMENTACIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS | 174 |
| Anexo C. TABLA 6.4 ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA (L/s) A PARTIR DE LAS UNIDADES DE ACCESORIOS..... | 175 |
| Anexo D. TABLA 6.5 CAUDAL PROBABLE COMO FUNCIÓN DE LAS UNIDADES DE ACCESORIO (u. a.)..... | 176 |
| Anexo E. FIGURA 6.4 GRÁFICOS DE DEMANDA..... | 177 |
| Anexo F. DATOS TÉCNICOS MÓDULOS LOGO! | 178 |
| Anexo F.1. Datos técnicos generales de los módulos base LOGO!..... | 178 |
| Anexo F.2. DATOS TÉCNICOS DEL MÓDULO BASE LOGO! 12/24RCE Y DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES LOGO! DM8 12/24R..... | 181 |

| | |
|---|-----|
| Anexo F.3. DATOS TÉCNICOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS LOGO! AM2..... | 183 |
| Anexo G. FICHAS TÉCNICAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS | 185 |
| Anexo G.1. Ficha técnica Protector Automático Principal | 185 |
| Anexo G.2. Ficha técnica Protector Automático para Control | 187 |
| Anexo G.3. Ficha técnica de guardamotor GV2ME21 | 189 |
| Anexo G.4. Ficha técnica Contactor para bomba | 191 |
| Anexo G.5. Ficha técnica de relé miniatura 120V, 2 polos. | 194 |
| Anexo G.6. Ficha técnica de base para relé miniatura 120V, 2 polos. | 196 |
| Anexo G.7. Ficha técnica de Relé Controlador de nivel de líquido..... | 197 |
| Anexo G.8. Ficha técnica de sonda de medición de nivel | 199 |
| Anexo G.9. Ficha técnica de Luz piloto 24V blanco, verde y rojo..... | 200 |
| Anexo G.10. Ficha técnica de Selector iluminado 24V amarillo..... | 202 |
| Anexo G.11. Ficha técnica de botón iluminado 24V verde y azul. | 205 |
| Anexo G.12. Datos técnicos del Sensor de inmersión. | 208 |
| Anexo G.13. Ficha técnica de la Fuente de 24V DC. | 209 |
| Anexo G.14. Ficha técnica de portafusibles..... | 212 |
| Anexo G.15. Ficha técnica de fusibles 2A para relés. | 214 |
| Anexo H.1 Tabla 110.28 del NEC Selección del envoltorio | 215 |
| Anexo H.2 Tabla 310.15(B) del NEC Ampacidad permisible en conductores | 216 |
| Anexo H.3 Tabla 430.10(B) del NEC Curvatura de cableado en los envoltorios ... | 217 |
| Anexo H.4 Tabla 430.72(B) del NEC Valor nominal de protección para control.... | 217 |
| Anexo H.5 Tabla 430.250 del NEC Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna | 218 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Botón pulsador | 50 |
| Figura 2 Funcionamiento interno del pulsador..... | 51 |
| Figura 3 Simbología del pulsador..... | 51 |
| Figura 4 Código de colores de los pulsadores | 52 |
| Figura 5 Interruptor o conmutador | 52 |
| Figura 6 Diferencia entre interruptor y conmutador..... | 53 |
| Figura 7 Relé | 53 |
| Figura 8 Simbología de relé | 53 |
| Figura 9 Código de colores para las luces piloto..... | 54 |
| Figura 10 Esquema de comunicación del PLC..... | 55 |
| Figura 11 Regulación de salidas en el PLC..... | 55 |
| Figura 12 Funcionamiento de entradas en el PLC..... | 56 |
| Figura 13 Funcionamiento de un contacto abierto | 56 |
| Figura 14 Funcionamiento de un contacto cerrado | 56 |
| Figura 15 Bytes de entradas y salidas en el PLC..... | 57 |
| Figura 16 Ciclo del PLC..... | 59 |
| Figura 17 Función AND o UND representada con contactos | 60 |
| Figura 18 Conexión al PLC UND | 61 |
| Figura 19 Función UND o AND en la programación del PLC | 61 |
| Figura 20 Función OR o ODER representada con contactos | 62 |
| Figura 21 Conexión al PLC ODER..... | 62 |
| Figura 22 Función ODER u OR en la programación del PLC | 63 |
| Figura 23 Función NOT en la programación de PLC | 63 |
| Figura 24 Ejemplo de diagrama de conexión de LOGO!..... | 64 |
| Figura 25 Ejemplo determinar el SCCR de cada circuito ramal | 68 |
| Figura 26Ejemplo determinar el SCCR del cuadro de control..... | 69 |
| Figura 27 Internet de las cosas | 82 |
| Figura 28 Componentes de un sistema fotovoltaico..... | 88 |
| Figura 29 Símbolo eléctrico de un panel fotovoltaico..... | 92 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 30 | Conexión de paneles fotovoltaicos en serie | 94 |
| Figura 31 | Conexión de paneles fotovoltaicos en paralelo..... | 95 |
| Figura 32 | Conexión de paneles fotovoltaicos en forma mixta..... | 96 |
| Figura 33 | Diagrama unifilar del sistema de bombeo de CEDES Don Bosco | 111 |
| Figura 34 | Recorte de plano del tanque elevado..... | 113 |
| Figura 35 | Recorte de plano de una sección del tanque elevado | 114 |
| Figura 36 | Placa de bomba 1 instalada en CEDES Don Bosco..... | 116 |
| Figura 37 | Curva de la bomba instalada en CEDES don Bosco..... | 117 |
| Figura 38 | Lectura de la presión en el sistema de almacenamiento en CEDES Don Bosco | 118 |
| Figura 39 | Boceto del sistema de agua potable en CEDES Don Bosco..... | 125 |
| Figura 40 | Marcado de entradas y salidas en el proyecto..... | 126 |
| Figura 41 | Sinopsis del LOGO! de Siemens | 127 |
| Figura 42 | Lista de Entradas y Salidas LOGO! | 128 |
| Figura 43 | Circuito de potencia Bombas de Agua Potable..... | 131 |
| Figura 44 | Circuito de Control del Sistema de agua potable en CEDES Don Bosco..... | 132 |
| Figura 45 | Diagrama de flujo del sistema de bombeo | 133 |
| Figura 46 | Recorte de la tabla 1 para seleccionar guardamotores | 137 |
| Figura 47 | Recorte de la tabla 2 para seleccionar contactores magnéticos | 137 |
| Figura 48 | Entrada del catálogo para botoneras de la línea XB5 de SE..... | 139 |
| Figura 49 | Herramienta para seleccionar Breaker de caja moldeada | 142 |
| Figura 50 | Placa de características motor eléctrico de la bomba 1..... | 143 |
| Figura 51 | Disposición del tablero de control del sistema de bombeo de agua para CEDES Don Bosco..... | 145 |
| Figura 52 | Imagen de la herramienta Power de la NASA | 150 |
| Figura 53 | Propuesta de sistemas autónomos - híbridos..... | 152 |
| Figura 54 | Datos Eléctricos del panel solar HiKu6 de la marca Canadian Solar | 153 |
| Figura 55 | Extracto de la programación en bloques del LOGO!..... | 166 |

Dedicatoria

Esta tesis quiero dedicarla a mi amada madre, por haberme apoyado cada segundo de mi vida y por haber creído en mí, enseñándome que todo se obtiene con esfuerzo y que este tiene su recompensa, este triunfo primeramente es para ti.

También la dedico con mucho amor a mis hijos y a mi esposa, que estuvieron dispuestos a sacrificar nuestro valioso tiempo, con el fin de lograr este objetivo tan importante planteado en mi vida desde hace muchos años y que con gran orgullo gracias a todo este esfuerzo, presento satisfecho.

Para finalizar, quiero dedicar mi esfuerzo y servir de testimonio de apoyo para las personas, demostrando que si se puede lograr, pero siempre es importante creerlo y dar lo mejor de sí, si yo pude, cualquier persona es capaz, soy extraordinario, porque yo lo creo. Para quien sea útil mi información y mis procedimientos.

Agradecimientos

Primero que todo, agradezco a DIOS, por haberme dado todo lo que tengo, en especial mi gran familia que ha sido de apoyo importante en mi vida, por mis capacidades, pero también, por lo que no me ha dado, ya que me ha ayudado a crecer como persona.

Agradezco a mis amados padres, porque siempre han estado a mi lado en los momentos difíciles y han demostrado estar orgullosos de mí, luchando por mi bienestar. Querida mamá, gracias por el empujón que siempre me has dado, sin duda hoy agradezco a Dios que me permita tenerte a mi lado y puedas verme triunfar como tanto lo habíamos deseado.

Agradezco a mis hijos y esposa por estar a mi lado confiando en mí, porque me vieron sufrir, aun así, siempre creyeron en mí y me veían como ingeniero sin serlo, en estos momentos puedo decirles, gracias por ese apoyo SOY INGENIERO. A la familia de mi esposa que ha sido mi segunda familia y ha mostrado siempre su alegría y apoyo en mis triunfos y derrotas.

Agradezco con gran aprecio a mi tutor, Ing. Gilbert Mora Jiménez, mi lector de tesis, Ing. Billy Retana y al director de carrera Ing. David Badilla Meza, ya que todas las veces que me corrigieron durante este trabajo, fueron de mucha utilidad para aprender más sobre los diferentes temas aquí tratados y que me ayudarán a desempeñarme de la mejor manera en mi carrera profesional. También a todos mis profesores de la Universidad, en especial, a los más exigentes, porque lograron sacar lo mejor de mí, por mencionar algunos: Lic. Annia Marín, Ing. Adolfo Arias Echandi, Ing. Giovanni Arce Murillo, Ing. José Romero, Ing. Dennis Sánchez e Ing. Carlos Calderón.

Para finalizar, agradezco a CEDES Don Bosco por apoyarme en esta recta final, por creer en mi trabajo que con mucho orgullo espero sea de utilidad para la Institución, por haberme formado en mi juventud, dándome herramientas de gran utilidad tanto para el trabajo, como para la vida y que abrió sus puertas para recibirme nuevamente para retribuir lo que aprendí.

Resumen ejecutivo

El campus de CEDES Don Bosco (Centro de Educación Salesiana Don Bosco) en Concepción Arriba de Alajuelita es una institución con aproximadamente 2200 personas entre estudiantes y colaboradores que conviven y la consideran como su segunda casa, por lo que es de vital importancia el bienestar de cada uno de ellos y velar por abastecer sus servicios esenciales. Para este trabajo se ha encontrado un problema que requiere de mucha atención y pronta solución para cumplir con lo mencionado anteriormente, desde hace unos años se ha dado el desabastecimiento de agua potable, un recurso indispensable para el ser humano, para sus necesidades básicas como el aseo personal, lavado de alimentos, limpieza de áreas y bebida.

Este problema puede deberse a muchos factores, como: poco caudal en el ingreso de la toma de agua potable, falta de un control automático para el sistema de bombeo de agua potable interno, fugas en las tuberías, falta de cultura de los estudiantes al no utilizar correctamente este recurso, falta de energía eléctrica para alimentar la bomba de agua, entre otros.

El eje central de esta tesis es abordar los factores que puedan mejorarse desde el punto de vista de Ingeniería Electromecánica, iniciando con un panel de control adecuado que logre automatizar el funcionamiento de la bomba de agua, evitando al máximo las pérdidas y faltantes del agua potable por su uso manual. Por otra parte, es importante recalcular el volumen de agua necesario requerido por la Institución y que cumpla al menos con los requerimientos mínimos para una institución educativa.

Además de estos factores, se busca una posible solución con paneles fotovoltaicos para respaldar la alimentación de la bomba de agua, en caso de no contar con fluido eléctrico en la red de la zona.

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

El campus de CEDES Don Bosco cuenta con un desabastecimiento de uno de los recursos más vitales para la vida humana, el agua potable, por lo que es necesaria una solución temprana a este problema, con mayor razón, en la época actual, como la pandemia por COVID-19, justo en estos momentos es necesario el constante lavado de manos, a esto se le debe sumar, las disposiciones del Ministerio de Educación Pública y del Ministerio de Salud, que han tomado la decisión de retomar las clases del estudiantado a un 100% presencial, con el mayor interés de fortalecer la educación costarricense, que ya de por sí, ha sufrido bastante por diferentes situaciones.

Esto lleva a incrementar la población en la Institución, por ende, mayor consumo de este recurso tan importante, lo cual implica, mayor probabilidad de agotar el agua potable en sus tanques y no cumplir con las medidas sanitarias requeridas. Las causas de desabastecimiento pueden ser varias, entre ellas, cortes de energía eléctrica, tanto repentinos como los programados para obras de mantenimiento; fugas de agua en la red de tuberías interna de la Institución; no encender el sistema de bombeo, ya sea por olvido o porque no hay acceso particular al cuarto de bombeo.

Por todo lo anterior es necesario plantear el siguiente problema: ¿Cómo rediseñar el sistema de bombeo de agua potable y la implementación de un panel de control eléctrico automatizado para la mejora del abastecimiento en CEDES Don Bosco, brindando así un servicio constante dentro del campus y beneficiando a toda la población que convive en este?

Objetivos

Objetivo general

Rediseñar el sistema de bombeo de agua potable por medio de una evaluación previa de lo instalado comparado con lo requerido en la actualidad y la propuesta de implementación de un panel de control eléctrico automatizado para la mejora del abastecimiento en CEDES Don Bosco, brindando así un servicio constante dentro del campus y beneficiando a toda la población que convive en este.

Objetivos específicos

- Evaluar la capacidad instalada de la red de agua potable en la Institución, a través de un levantamiento en campo con los datos reales del sitio para compararlos con los requerimientos mínimos que dicta la normativa vigente en el país.
- Establecer los parámetros y necesidades a satisfacer por la programación de un relé inteligente con base en un análisis de los requerimientos de la normativa actual y las disposiciones de la Institución para la automatización de su sistema de bombeo.
- Seleccionar los elementos más idóneos para todo el sistema mediante fichas técnicas, criterios de diseño y/o recursos existentes en la Institución, que cumplan con las características necesarias, tanto de funcionamiento como de seguridad humana y de presupuesto estimado para el diseño de la solución electromecánica que manejará el sistema de bombeo.
- Evaluar las condiciones actuales y de ser necesario, hacer el rediseño de la alimentación eléctrica para el sistema de bombeo, tanto para un estudio con paneles fotovoltaicos como fuente de energía principal y el uso de la red eléctrica como respaldo para garantizar la continuidad del servicio en la Institución.
- Realizar un estudio costo-beneficio de la implementación de este proyecto, tomando en cuenta la realización de presupuesto para el cálculo de la inversión propuesta.

Justificación

Este proyecto busca la manera óptima para abastecer de agua potable a la institución de CEDES Don Bosco, beneficiando a toda su población, desde los estudiantes más pequeños en el centro infantil, hasta los mayores del colegio y todos sus colaboradores. Actualmente existe un sistema de agua potable, pero ha mostrado algunos problemas, como:

- Poco abastecimiento, en especial en época seca y con toda la población de la Institución. Son aproximadamente 2200 personas dentro del campus.
- Al apagar el sistema de bombeo después de dos horas, no hay agua potable en el sistema, existiendo un tanque de almacenamiento en alto, aproximadamente de 120 m³ y uno que almacena el agua proveniente del AyA aproximadamente de 340 m³. Por lo tanto, es necesario descartar que exista un mal diseño en el dimensionamiento de los tanques actuales instalados.
- En caso de una falla, como un corte repentino de corriente, al ser un control eléctrico manual, si no se encuentra el encargado, ningún otro empleado puede solucionarla, quedándose sin abastecimiento de agua potable por horas.
- Si hay cortes externos de energía eléctrica, por mantenimientos en la zona, no hay abastecimiento de agua.

Con la investigación que se realizará se busca:

- La automatización del sistema por medio de un relé inteligente o PLC (Controlador Lógico Programable) que pueda leer datos y controlar variables clave para su funcionamiento, así como poder manipular el sistema de bombeo de agua potable desde cualquier dispositivo con acceso a la red, siempre y cuando se cuente con las credenciales de administrador.
- Encontrar una solución para disminuir la afectación de abastecimiento por problemas externos y ajenos al mismo sistema de bombeo.

Antecedentes

Internacionales

Antecedente #1

INSTITUCIÓN: Universidad César Vallejo. Perú.

TÍTULO: Diseño de Sistema Fotovoltaico para Dotar de Energía Eléctrica al Sistema de Bombeo del Fundo La Quebrada, Centro Poblado El Papayo del Distrito de Motupe.

AUTORES: Anyelo Hernan Chiscul Esquives, Marck Antony Manayay Flores, Geraldine Monteza Rinza, Jorge Joel Relúz Pisfil.

AÑO: 2020

Los autores buscan en esta tesis una solución para abastecer de energía eléctrica el sistema de bombeo para una zona en Perú que cuenta con más de cuatro hectáreas de terreno para el cultivo de maíz. Esta zona se encuentra a más de un kilómetro de distancia de la red eléctrica de media tensión y para poder abastecerla de electricidad se requiere de una alta inversión en la instalación del cableado, siendo así, una solución complicada; como medida alternativa, se utilizan generadores alquilados de combustible en las épocas secas para regar y aprovechar el cultivo, de igual manera, elevando los costos de producción. Se concluye con una evaluación económica que opta por la instalación de un sistema fotovoltaico que retornará la inversión en siete años, por medio del VAN y el TIR, logrando una mejor rentabilidad de la empresa.

Antecedente #2

INSTITUCIÓN: Universidad César Vallejo. Perú.

TÍTULO: Evaluación del Sistema de Agua Potable para Mejorar el Abastecimiento de Agua Anexo Tulturi - Distrito de Moya - Huancavelica-2019.

AUTOR: Br. Wilder Chancasanampa Nieto.

AÑO: 2019

El autor en este trabajo busca mejorar el abastecimiento y calidad del agua, para lo cual, se realizaron pruebas hidráulicas de presión en la línea de aducción y conducción para determinar la resistencia a la presión y la hermeticidad de las tuberías, además, pruebas de estanqueidad y hermeticidad al reservorio que sirve de almacenamiento de agua. Se concluye que el agua que se extrae del manantial está contaminada, que la cantidad de agua que se extrae es suficiente para dotar la necesidad de la población; sin embargo, la estructura de captación se encuentra en mal estado y presenta filtración de agua, perdiendo así, este recurso en el reservorio. Además, la prueba hidráulica de presión en la línea de conducción y aducción muestra cómo el sistema no se encuentra hermético, evidenciando fugas no visibles de agua. Estas pérdidas de agua en las tuberías y reservorio hacen que el abastecimiento sea deficiente, en poca cantidad y a baja presión.

Antecedente #3

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional Del Altiplano. Perú.

TÍTULO: Diseño e Implementación de un Controlador Automático para un Sistema de Bombeo Fotovoltaico en la Región Puno.

AUTORES: Edwin Alfredo Diaz Ñaupá, Sixto Humberto Palli Machaca.

AÑO: 2021

El objetivo general, para los autores de esta tesis, es implementar un control automático para un sistema de bombeo de agua hacia un reservorio que luego se distribuye por gravedad, la alimentación eléctrica de este sistema de bombeo será por medio de paneles solares. Se concluye que el control de la bomba es necesario con un variador de frecuencia para mejorar las capacidades de diagnóstico y de red, mejorando el rendimiento y la productividad. El uso de paneles solares beneficia al ser una energía limpia y silenciosa, además, que requiere poco mantenimiento. La implementación de un control PID es para lograr un comportamiento aceptable del sistema, por medio de eficiencia energética y así, asegurar la calidad del sistema.

Antecedente #4

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.

TÍTULO: Sistema de Control Basado en IoT para Monitorear el Sistema de Bombeo de Agua de Hogares en Chiclayo.

AUTORES: Gilberto Fernando Ríos Llúncor, Yover Carranza Díaz.

AÑO: 2018

El objetivo para los autores de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de control automático basado en IoT para monitorear el sistema de bombeo de agua, disminuir el desperdicio y disminuir las fallas. Se concluye en la implementación de un sistema para controlar y monitorear el sistema de bombeo de agua, se utiliza un sensor de nivel para la medición del consumo de agua, además de un software de control y monitoreo, usando IoT con servicios gratuitos de publicación en la nube que pueden ser observados y controlados desde cualquier parte del mundo.

Antecedente #5

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey. México.

TÍTULO: Ahorro Energético Mediante un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Interconectado a la Red en una Empresa Agrícola.

AUTORES: Andrea Alvarado Vallejo, Irving Rodríguez Bautista.

AÑO: 2020

Los autores proponen en este proyecto el uso de paneles solares fotovoltaicos interconectados a la red para cubrir un porcentaje de la energía consumida, de tal forma, que se busca mantener la alimentación de la bomba por la red eléctrica y por estos paneles, buscando así, el ahorro energético y la reducción de las emisiones. Como conclusiones del proyecto, logran superar el objetivo de ahorrar un 30% y se logra un ahorro de 34,3%; una de las recomendaciones es seguir un plan de medición y verificación de los datos reales producidos por el panel fotovoltaico.

Antecedente #6

INSTITUCIÓN: Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.

TÍTULO: Optimización del Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo Eléctrico.

AUTOR: José Andrés Pazmiño Pérez.

AÑO: 2021

El autor de esta tesis busca la optimización de la bomba eléctrica para el abastecimiento de agua potable, así como su control por medio de IoT, se plantea la mejora de colocar un tanque de almacenamiento de agua, para que en caso de tener fallas o variaciones en la red de agua, no afecte a la población. Como conclusiones de este trabajo, se menciona que en las primeras pruebas hubo falta de presión en la red de agua potable, pero al existir el tanque, esta no afectó y no hubo problemas de abastecimiento.

Nacionales**Antecedente #1**

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico de Costa Rica

TÍTULO: Balance Energético CEDES Don Bosco.

AUTOR: Pablo Andrés Azofeifa López.

AÑO: 2018

El autor plantea para este proyecto, el objetivo de desarrollar un balance energético en la institución de CEDES Don Bosco, tanto en la parte eléctrica como en la hídrica, para poder obtener indicadores comparativos y así, tener un control eficiente de los gastos mensuales de la Institución; otro objetivo es obtener la certificación de Bandera Azul Ecológica, para lo cual se hacen necesarios, la conservación y el ahorro energético de esta. Se concluye el proyecto con resultados exitosos, ya que se logró obtener resultados, tanto de la parte eléctrica como también en la huella hídrica para usarlos como parámetros y concientizar a los colaboradores y estudiantes sobre el impacto que esto genera. Además, esta información podrá ser evaluada para optar por programas como el de la Bandera Azul Ecológica.

Antecedente #2

INSTITUCIÓN: Universidad Internacional de las Américas.

TÍTULO: Diseño Eléctrico de un Sistema con Paneles Solares e Iluminación “LED” para el Gimnasio del CEDES Don Bosco.

AUTOR: Deyber Padilla Guevara.

AÑO: 2019

El autor de este proyecto propone utilizar la energía renovable de las celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del gimnasio de la Institución, su objetivo es diseñar el sistema eléctrico con paneles solares e iluminación LED para el gimnasio de CEDES Don Bosco, con el fin de reducir el impacto de la huella de carbono y mantener la Bandera Azul Ecológica en la Institución. Se concluye con el logro de la captación de datos de radiación de la zona, gracias a la aplicación POWER, se logró obtener el cálculo de diez paneles para una potencia generada de 2,7 KW/h.

Antecedente #3

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

TÍTULO: Sistema de Control y Monitoreo Hídrico, Basado en LoRaWAN™, para el Acueducto Principal de la Asociación Administradora del Acueducto Rural de Playa Sámara de Nicoya.

AUTOR: Sergio Solórzano Alfaro.

AÑO: 2021

Se quiere en esta tesis, dar una solución para el control automático de la ASADA Rural de Playa Sámara de Nicoya, el autor plantea el objetivo de desarrollar un sistema de control y monitoreo en tiempo real para la operación del sistema de bombeo y lograr tener un conteo del agua asociada a la operación del acueducto principal. Se desea realizarlo con base en LoRaWAN™. Se concluye con la fabricación de tres dispositivos que tienen la capacidad de comunicarse y observar datos en tiempo real por medio de IoT Adafruit IO, además, se utilizan medidores ultrasónicos con módulos de comunicación, los cuales permiten la interpretación de mediciones de

volumen y caudal hídrico. Además, la implementación de este sistema es rentable en comparación con las pérdidas financieras asociadas a la operación de este acueducto.

Antecedente #4

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

TÍTULO: Sistema de Bombeo Solar en un Pozo con Detección Automática de la Calidad del Agua para la Comunidad de Los Ángeles, La Cureña.

AUTOR: Adriana Chavarría Campos.

AÑO: 2018

La autora busca en este trabajo la manera de extraer agua de un pozo, por medio de una bomba sumergible, la cual será alimentada por un panel solar, además, se busca la forma de medir que el agua extraída sea potable por medio de diferentes sensores y que en caso de existir alguna medición fuera del rango de potabilización permitido en Costa Rica, pueda enviar mensajes al encargado. Como conclusiones se logra solventar la demanda eléctrica de este sistema de bombeo, utilizando 14 módulos fotovoltaicos de 325W cada módulo y cinco baterías de 120Ah que darían la autonomía de un día; para la transmisión de datos se utilizó un Arduino Mega con el módulo SIM900 y se verificó que este funcionara en caso de alguna alteración en los parámetros de potabilización.

Antecedente #5

INSTITUCIÓN: Universidad Técnica Nacional.

TÍTULO: Creación del Sistema SCADA Considerando la Interfaz Hombre Máquina y la Reprogramación de los Controladores de los Principales Procesos de Manufactura en la Planta Alimentos Prosalud en un Lapso de 8 Meses

AUTOR: Ángel Salas Fallas, Steven González Rodríguez

AÑO: 2020

El objetivo general de esta tesis para los autores fue desarrollar un sistema SCADA que tuviera la capacidad de monitorear variables de las áreas de producción y facilidades, mediante los

PLC que manejan variables y estas se utilizan en conjunto de interfaces gráficas, utilizando Wonderware Intouch de Schneider Electric y de esta manera, los datos puedan ser vistos y controlados desde cualquier parte del mundo con acceso a Internet. Como conclusiones, se tuvo que reprogramar algunos PLC, ya que no se podían utilizar en el proyecto por su antigüedad, una vez realizados estos cambios, se logró extraer las variables requeridas para este proyecto y también, la visualización de distintos parámetros.

Antecedente #6

INSTITUCIÓN: Instituto Costarricense de Electricidad.

TÍTULO: Estudio del potencial solar en Costa Rica

AUTORES: M.Sc. Jaime Wright Gilmore

AÑO: 2006

Este antecedente es un informe en el cual el autor busca valorar la investigación de la radiación solar en el país para determinar su potencial como recurso energético. Cabe destacar que el interés de este informe no es solo para generar con energía solar, sino que sea funcional para otros estudios como la agricultura o la irrigación meteorológica, entre otros. Este antecedente se hace muy importante para esta tesis, ya que tiene conceptos y definiciones muy importantes para el entendimiento de la energía solar, además, para tener parámetros de radiación iniciales en zonas cercanas a CEDES Don Bosco y ver la factibilidad preliminar del proyecto antes de realizar cálculos. Como detalle importante se destaca, que, a pesar de que este informe tiene varios años, cuenta con teoría que no cambia con el pasar del tiempo, y además, se hacen proyecciones del potencial fotovoltaico para la generación de energía eléctrica y esta tiende a aumentar con el pasar del tiempo, lo cual hace favorable esta propuesta.

Proyecciones

- Se espera demostrar que los recursos para el abastecimiento de agua potable instalados en la Institución superen los requerimientos mínimos que indica la normativa del país, para asegurar el recurso hídrico a toda la población que lo utiliza dentro del campus.

- Se darán a conocer herramientas modernas y actuales que ayudarán en el diseño eléctrico y la elección de los dispositivos necesarios para cumplir los requerimientos de la Institución para la automatización del sistema de bombeo.
- Una vez establecido el costo de la inversión inicial, servirá como insumo para generar un presupuesto del costo de la implementación del proyecto y así, la Institución pueda tomar la decisión de ponerlo en marcha, basándose en el beneficio que generará a la comunidad de CEDES Don Bosco.

Limitaciones

1. El sistema electromecánico de bombeo es existente y no posee un plano detallado constructivo, por lo tanto, cualquier modificación necesaria, por ejemplo, en la parte mecánica de agua potable como agregar una electroválvula o similar, no se tomará en cuenta dentro de los alcances de este trabajo, debido a que se debe hacer muchas tareas de prueba y error.
2. El tanque elevado está ubicado en un lugar de difícil acceso y rodeado de maleza, por lo tanto, conectar equipos con acceso a la red no es factible o prudente por efectos de inseguridad.
3. Actualmente existen algunos archivos de los manuales del sistema de agua potable y la información técnica de los equipos instalados, pero no hay manuales de las bombas y el acceso a los datos de placa de una de estas es casi nulo, ya que es sumergible y el acceso al tanque no se permite para evitar la contaminación cruzada del agua potable.
4. La Institución no cuenta con un monto para la actualización del sistema en estudio, en caso de optar por la implementación, se hará a mediano plazo, porque se debe asignar un presupuesto extraordinario.

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones

El Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) ha establecido diferentes códigos y normas técnicas con el fin de establecer requisitos básicos que ayuden a garantizar la calidad de las obras y con mayor importancia la salud y seguridad de las personas. Estas razones, hacen necesaria la creación del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. La versión más actualizada vigente es la de 2017, es por esto por lo que se utilizará esta y sus artículos como base para los diferentes requerimientos del proyecto.

Artículos de la Norma Importantes para este proyecto

1. OBJETIVOS Y ALCANCES

Artículo 1-1

El presente Código tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos para proteger la salud pública, la seguridad, el bienestar general en las edificaciones destinadas para uso, ocupación o habitación humana y que se construyan en el territorio de la República de Costa Rica.

Artículo 1-2

El presente Código deberá cumplirse durante las etapas de diseño, construcción, instalación, reparación, readecuación, reemplazo, relocalización, adición o remodelación de las edificaciones.

3. NORMAS GENERALES

Artículo 3-1

Toda edificación destinada a uso u ocupación humana debe estar provista de un sistema de abastecimiento de agua potable. Este sistema no debe afectar en ningún momento el grado de pureza del agua destinada al consumo humano y debe garantizar su suministro (caudal y presión suficiente) en todos los puntos de consumo para su adecuado funcionamiento, según lo establecido en este Código.

Artículo 3-3

Cuando el abastecimiento público no se encuentre en condiciones de prestar servicio adecuado, ya sea por calidad, cantidad o continuidad, se permitirán sistemas de suministro alterno,

siempre que la fuente de agua y su potabilización cumplan con los requisitos establecidos en este Código, así como los requerimientos establecidos por las autoridades sanitarias y administrativas correspondientes. Se debe prestar atención a la cantidad de minerales presentes en el agua que suministra el sistema alterno, ya que el agua desmineralizada o con contenido bajo de minerales es corrosiva, así como perjudicial para la salud humana y de los animales.

4. DOTACIONES DE AGUA POTABLE

Artículo 4-1

Las dotaciones mínimas de agua para uso doméstico, comercial, industrial, riego de jardín y otros fines se calcularán de acuerdo con lo establecido en la tabla 4.1. (Anexo A. Tabla 4.1 DOTACIONES MÍNIMAS DIARIAS)

6. SISTEMAS DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE

Artículo 6.3.1-1

La presión mínima en los nodos del sistema de distribución deberá permitir el funcionamiento adecuado de las piezas sanitarias correspondientes. La tabla 6.1 (Anexo B. TABLA 6.1 DIÁMETROS, PRESIONES Y CAUDALES MÍNIMOS REQUERIDOS EN LOS PUNTOS DE ALIMENTACIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS) indica las presiones mínimas recomendadas para la operación de varios aparatos sanitarios. En ningún caso la presión a la entrada de las piezas sanitarias será menor de dos metros de columna de agua (2 mca). Si la presión máxima en los puntos de alimentación de las piezas sanitarias es mayor a cuarenta metros columna de agua (40 mca), el sistema deberá dividirse en zonas de presión, o instalar válvulas reductoras de presión.

Artículo 6.3.3-2

El caudal máximo probable en un ramal de alimentación es función de la suma de las unidades de accesorio de todos los aparatos servidos suplidos por dicho ramal. La relación entre el total de las unidades de accesorio y el caudal máximo probable está descrita formalmente por las ecuaciones de la tabla 6.4 (Anexo C. TABLA 6.4 ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA (L/s) A PARTIR DE LAS UNIDADES DE ACCESORIOS), pero pueden encontrarse según la tabla 6.5 (Anexo D. TABLA 6.5 CAUDAL PROBABLE COMO FUNCIÓN DE LAS UNIDADES DE ACCESORIO (u. a.)) o con el gráfico de la figura 6.4.

Artículo 6.3.3-2

Para la estimación del caudal en cualquier tubería de abastecimiento de agua en una edificación, se debe sumar al caudal de los accesorios toda carga de cualesquiera otros sistemas, tales como los aspersores del sistema contra incendios (caso residencial), requerimientos del sistema de aire acondicionado, generadores de agua caliente o vapor, sistemas de irrigación, entre otros.

Artículo 6.5.1-2

Cuando fuera necesario emplear una combinación de tanque de captación, bomba de elevación y tanque elevado, en el caso de los lugares donde se presenten problemas, como presión insuficiente del acueducto público o interrupciones continuas en el abastecimiento, la capacidad de los tanques dependerá de la jornada de bombeo, de la capacidad de las bombas y del patrón de consumo de la edificación. Si no se dispone de estos datos, es recomendable que la capacidad del tanque de captación sea al menos del 75% del consumo total diario y la del tanque elevado no menor a la mitad de dicho consumo.

Artículo 6.5.1-6 Control de nivel.

El control de los niveles de agua en los tanques se hará por medio de dispositivos automáticos de control de nivel cuya función será:

- a. Detener el flujo de entrada al tanque, cuando el nivel de líquido en el tanque elevado ascienda hasta el nivel máximo previsto.
- b. Arrancar la bomba, cuando el nivel de agua en el tanque elevado descienda hasta la mitad de su altura.
- c. Detener la bomba, cuando el nivel de agua en el tanque elevado ascienda hasta el nivel máximo previsto.
- d. Detener la bomba, cuando el nivel del agua en el tanque de captación descienda hasta 15 cm por encima de la canastilla de succión.

Artículo 6.6.1-1

La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse con base en las curvas características de los mismos, su región de operación de preferencia y su región aceptable de funcionamiento, así como con las condiciones de funcionamiento del sistema de distribución, determinando en forma correcta los puntos de operación que corresponden con los diferentes regímenes de funcionamiento

considerados. La potencia del motor deberá estar de acuerdo con los requerimientos de potencia hidráulica del sistema.

Artículo 6.6.1-2

Para el bombeo de agua en los edificios se recomienda, en general, la utilización de bombas centrífugas.

Artículo 6.6.2-3

La potencia de la bomba podrá calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta}$$

Donde,

P= potencia absorbida por la bomba (KW)

H= presión desarrollada por la bomba (mca)

Q= caudal que suministrará la bomba (L/s)

ρ = densidad del agua (Kg/m³)

g= aceleración de la gravedad (m/s²)

η = eficiencia de la bomba (%)

Artículo 6.6.2-4

Los motores eléctricos que accionen bombas deberán tener una potencia nominal del 130% de la absorbida por la bomba, si son trifásicos, y del 150% si son monofásicos. En caso de que se disponga de datos técnicos precisos, podrá calcularse la potencia requerida, tomando en cuenta tales características. Estos datos deberán entenderse como una guía y no como una exigencia.

CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICACIONES (Edición 2017), Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos [CFIA], artículos citados. 7 de febrero de 2017 (Costa Rica).

Bombeo para agua potable

Generalidades

Se puede encontrar en la actualidad, motores de todo tamaño en cualquier lugar y realizando diferentes tipos de aplicaciones, desde los más pequeños para uso general en el hogar hasta los más grandes utilizados principalmente en la industria. En aplicaciones para el movimiento de líquidos

se utilizan motores a los que se les ha denominado con el nombre de electrobomba o motobomba, dependiendo del tipo de motor.

A los motores se les clasifica primordialmente en dos grandes grupos, dependiendo del principio de funcionamiento, teniendo así al grupo que utiliza electricidad y al de motores que utilizan combustible fósil para su funcionamiento, definiendo su diferencia en la transformación de energía, pero ambos con el mismo objetivo: crear movimiento.

El presente trabajo se enfocará en las electrobomba o bombas eléctricas. Según Çengel (2006), una bomba es una máquina hidráulica que impulsa líquidos, el objetivo de tener esta máquina es añadir energía a un fluido, originando una presión y no necesariamente un aumento de velocidad cuando este pasa por la bomba. En el mercado se puede encontrar diferentes tipos, cada uno diseñado para aplicaciones específicas. Generalmente se denominan de la siguiente manera:

Electrobombas centrífugas.

Son aquellas que pueden encontrarse de tipo vertical u horizontal, y que, en conjunto con sensores de nivel, evitan que funcionen en vacío, debido a posibles daños de este. En el mercado, además de su clasificación por aplicación, se les puede encontrar por alimentación eléctrica, tales como monofásica y trifásica, que por lo general, pueden llegar hasta 1,1 y 22kW de potencia, respectivamente.

Electrobombas sumergibles.

Se puede encontrar de este tipo para aplicaciones, generalmente de drenaje y residuos, y otras para pozos profundos. Este tipo de electrobombas, por lo general, tiene incorporado consigo un sensor de nivel tipo flotador que se lo debe conectar en serie para que realice su correcto funcionamiento y evite que la electrobomba funcione en vacío y así, evitar daños en la misma.

Arranques de motores

Existen diferentes tipos para el accionamiento de motores eléctricos, ya que dependiendo de la aplicación y del tipo de motor, se deben realizar configuraciones de conexión eléctrica diferentes, lo cual permita que el motor al salir de su estado de reposo y entrar en movimiento, no genere daños o sobrecarga en el circuito interior del motor, por lo que se puede encontrar:

Arranque directo o a plena tensión

Generalmente se utiliza esta configuración en motores monofásicos y para los que su carga, previamente estudiada, no sobrecargue al dispositivo inductivo, siendo el más simple y que no necesita de circuitería externa, más que la de su conexión a la línea de alimentación, el mismo que es accionado por su respectivo circuito de control (Lladonosa, 1996).

Arranque a tensión reducida

Dentro de este tipo de arranque se puede encontrar diferentes configuraciones que se indicarán a continuación:

- Estrella – triángulo
- Por resistencias estáticas
- Por autotransformador.

Siendo “estrella - triángulo” el método más común encontrado hasta la actualidad y que se encuentra en la mayoría de los paneles de control en la industria, debido a su fiabilidad, eficiencia y eficacia durante el arranque de motores trifásicos.

Con el tiempo, la utilización de contactores eléctricos para realizar dicha conexión va siendo reemplazada por arrancadores suaves o variadores de frecuencia, los cuales realizan la misma función, pero con menor cantidad de elementos eléctricos, además de la facilidad que brinda su instalación.

El método por resistencias estáticas y por autotransformador no se detallarán en este documento, dado que no son utilizados en la actualidad y su implementación requiere mayor instalación con respecto a los demás.

Circuitos de potencia y control

Es necesario considerar para dimensionar y seleccionar componentes de instalaciones, los datos de la red y las clases de servicio para las cuales los componentes se han previsto. Los principales datos de las redes eléctricas son: la tensión nominal, la frecuencia nominal y su comportamiento en caso de cortocircuito.

Hay que diferenciar entre los circuitos principales para el abastecimiento de energía (circuitos de potencia) y los circuitos auxiliares para control y aviso. Estos se detallan a continuación.

Circuitos de potencia

Es aquel circuito por el cual circula la intensidad que consume el motor, estos circuitos son muy fáciles de identificar porque están formados por:

- Interruptor de cuchilla o *breaker*.
- Contactos principales o de potencia de los contactores.
- Protecciones (térmica, magnética).
- A la hora de graficar las líneas se hace con rayas gruesas debido a que el cable que se usa a la hora de instalar es muy grueso, debido a la alta intensidad que circula en el circuito.

Circuitos de control o mando

En él se encuentran todos los dispositivos requeridos para accionar el circuito de potencia. Un circuito de mando puede estar formado por:

- a) Bobina del contactor
- b) Pulsadores
- c) Contactos auxiliares
- d) Señalizaciones
- e) Equipo automático

Las líneas se hacen con trazos finos debido a que los conductores que se utilizan son delgados; por la poca intensidad que circula por este circuito.

Recomendaciones para la elaboración de esquemas eléctricos.

- a) Los circuitos deben dibujarse desenergizados, es decir, que todos sus componentes deben representarse en estado de reposo, por ejemplo, el interruptor principal normalmente abierto.
- b) Nunca deben mezclarse diferentes clases de simbología, ya que deben ajustarse a un solo sistema de normas.

- c) Los circuitos de potencia y de mando deben identificarse fácilmente. Deben realizarse con trazos gruesos (potencia) y delgados (mando).
- d) Todo contacto o aparato representado en un circuito debe identificarse para así, reconocer fácilmente a qué elemento pertenece.
- e) Cualquier modificación y cambio que se desee realizar en estos conceptos se indican como una notación al pie del circuito.

Elementos de protección

La carga admisible y la vida útil de los medios de servicio eléctricos se aprovechan hasta el máximo por razones de índole económica. Como consecuencia directa, disminuye el margen de seguridad contra las influencias perjudiciales del sobrecalentamiento debido a sobrecargas, especialmente las provocadas por las corrientes de cortocircuito. El fallo de los aparatos puede perturbar gravemente el proceso de producción impuesto por complicadas tecnologías o dar lugar a averías cuya eliminación supone costos considerables.

A la vista de lo expuesto, la protección contra sobreintensidades en las instalaciones de baja tensión es de suma importancia. Será preciso, pues, que esta protección se adapte cuidadosamente a las características de los respectivos aparatos y a las condiciones propias del servicio. Deberá asegurar un servicio sin perturbaciones y al mismo tiempo, intervenir, llegando el caso, antes que el calentamiento inadmisibles disminuya la vida útil calculada de los medios de servicio o bien, provoque daños irreparables. Además, con la mayor rapidez posible deberá separarse de la fuente de energía el dispositivo averiado y desconectarse de la red, con el fin de eliminar, en el tiempo y en el espacio, las repercusiones de la avería.

Como los aparatos de maniobra de baja tensión no están diseñados para conectar o conducir intensidades de cortocircuito, debe disponerse del adecuado dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Para ello, se debe conocer qué efecto pueden tener las intensidades de cortocircuito en los aparatos de maniobra de baja tensión y qué alcance de protección es posible obtener a través de los diferentes aparatos de protección contra cortocircuito como fusibles e interruptores automáticos. A continuación, se detallan algunos de los elementos de protección que se puede encontrar en el mercado.

Fusibles

Este es el medio más utilizado, por su bajo costo, para desconectar intensidades de cortocircuito, limitando tanto los esfuerzos mecánicos como también el efecto térmico. Las características técnicas más importantes que debe considerarse a la hora de seleccionar los fusibles son:

- Tensión nominal de trabajo.
- Intensidad nominal.
- Curvas características del tiempo de fusión en función de la intensidad.
- Alteraciones que presenta la curva característica en función de la temperatura ambiental.
- Pérdida de capacidad.
- Selectiva, es decir, en caso de cortocircuito o sobrecarga, desconecte solamente el fusible más próximo al fallo de la red.
- Capacidad de ruptura/ limitaciones de corte en kiloamperios (KA). El fusible debe soportar, con absoluta seguridad, todas las intensidades de corriente, desde la más pequeña hasta la nominal de ruptura. En tales casos, las elevadas corrientes de cortocircuito son limitadas simultáneamente y en alto grado, debido a los cortos tiempos de ruptura.
- Dimensiones estables/ incombustibilidad. Los fusibles deben ser estables en su forma y resistentes al fuego.

Para la selección de fusibles se recomienda recurrir a los catálogos de los fabricantes para encontrar una solución económica y técnicamente satisfactoria. El fusible debe:

- Proteger el relé contra sobrecargas.
- Desconectar las sobreintensidades que el contactor no esté en capacidad de interrumpir.
- Proteger el contactor en caso de cortocircuito.

Relés térmicos

El contactor se utiliza para conectar y controlar el motor. La protección de sobrecarga del motor, de las líneas de alimentación y del contactor, es función del relé térmico o relé contra sobrecarga; sin embargo, este no tiene la capacidad de interrumpir rápidamente la conexión del motor en caso de un cortocircuito, por lo que se debe utilizar en compañía de los fusibles o de algún interruptor magnetotérmico. Tanto la curva del relé térmico como la del fusible deben permitir el arranque del motor.

Relés electromagnéticos (guardamotores)

Tiene como función principal proteger los motores contra sobrecargas térmicas. Reaccionan rápidamente si se sobrepasa de la temperatura límite del motor. Van provistos de disparadores ajustables de sobre intensidad, técnicamente retardados y que pueden graduarse exactamente a la intensidad nominal o de servicio del motor.

Estos dispositivos tienen la capacidad de desconectar el motor de la red eléctrica, tanto por alguna sobrecarga como en caso de un cortocircuito. Por lo que puede sustituir al relé térmico y al interruptor magnetotérmico.

Interruptores magnetotérmicos

Los interruptores de potencia tienen como función primordial la protección contra cortocircuitos. Ellos también pueden proteger contra sobrecargas, corrientes de defecto y contra subtensión. Para poder cumplir con la función de protección prevista, los interruptores deben de equiparse con disparadores o con relés. Los disparadores forman parte del interruptor y actúan directamente sobre el mecanismo de su apertura; mientras que los relés, los termistores, actúan eléctricamente a través del disparador de mínima tensión o del disparador por corriente de trabajo, y el relé actúa sobre el mecanismo del interruptor.

Contactores

Son dispositivos que permiten al igual que los interruptores conectar y desconectar un circuito. Se utilizan principalmente para el control de motores. Dentro de las normas generales que deben de tomarse en cuenta para la selección de contactores, se hayan las siguientes:

- a) En la elección de un contactor destinado al arranque de un motor hay que tener en cuenta, además de la tensión e intensidad nominal, a qué voltaje va a trabajar.
- b) Clase de servicio a la que va a estar sometido, es decir, el número de maniobras por hora y las condiciones en que se han de realizar.
- c) Los contactores se construyen en diferentes formas y tamaños según las condiciones del ambiente en que se necesiten, pero su principio de funcionamiento es el mismo; estos aparatos son frágiles y costosos.
- d) Consultar catálogos, instrucciones, etc.

Con respecto a los elementos que comúnmente se encuentran en los diagramas de control, se extrae de la información que presenta García (2019), lo siguiente:

Pulsadores

Los pulsadores son elementos de control de accionamiento manual, como su propio nombre indica, se accionan al pulsarlos y sirven para activar relés, contactores, lámparas, etc. Su estructura interna no contiene enclavamientos, es decir, el pulsador dejará de actuar en el momento que se deje de hacer presión sobre él, retornando a su posición original gracias a un resorte.



Figura 1 Botón pulsador

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

La simbología es intuitiva y existen dos configuraciones simples posibles: normalmente abierto (NO por sus siglas en inglés) por lo que el circuito está abierto en estado de reposo y normalmente cerrado (NC) el circuito está cerrado en estado de reposo en el pulsador.

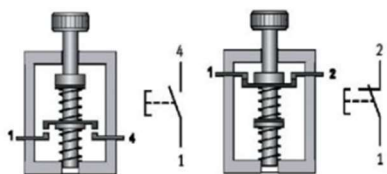


Figura 2 Funcionamiento interno del pulsador

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

Los números que acompañan a los pulsadores en los bornes o conexiones aportan la siguiente información:

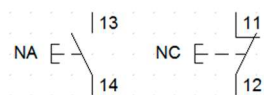


Figura 3 Simbología del pulsador

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

En la posición de las decenas, se indica el orden del contacto en el pulsador (1, 2, 3, etc.) y en la posición de las unidades, si el pulsador es NC: 1 y 2 o NO: 3 y 4. Pueden ser de diferentes colores, pero su uso es estandarizado; a continuación se muestra el código de colores:








| Color | Significado | Explicación | Ejemplos de aplicación |
|--|-------------------------------------|---|--|
| ROJO  | Emergencia | Accionar en el caso de condiciones peligrosas o de emergencia. | Parada de emergencia. Iniciación de la función de emergencia. |
| AMARILLO  | Anomalia | Accionar en caso de condiciones anormales. | Intervención para suprimir condiciones anormales. Intervención para restablecer un ciclo automático interrumpido. |
| AZUL  | Obligatorio | Accionar en caso de condiciones que requieran una acción obligatoria. | Función de rearme. |
| VERDE  | Normal | Accionar para iniciar las condiciones normales. | Puesta en marcha/Puesta en tensión. |
| BLANCO  | Sin significado específico asignado | Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia (véase nota). | Puesta en marcha/Puesta en tensión (preferente). Parada/ Puesta fuera de tensión. |
| GRIS  | | | Puesta en marcha/Puesta en tensión. Parada/ Puesta fuera de tensión. |
| NEGRO  | | | Puesta en marcha/Puesta en tensión. Parada/ Puesta fuera de tensión (preferente). |
| Nota. Cuando se utilizan medidas de codificación suplementarias (por ejemplo, forma, posición, símbolo) para la identificación de los órganos de accionamiento de los pulsadores, entonces el mismo color BLANCO, GRIS o NEGRO se puede utilizar para varias funciones (por ejemplo, BLANCO para Puesta en marcha/Puesta en tensión y para Parada/ Puesta fuera de tensión). | | | |

Figura 4 Código de colores de los pulsadores

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

Interruptores y conmutadores

Los interruptores y conmutadores son elementos de control de acción manual y la diferencia con los pulsadores es sencilla; mientras que los pulsadores dejan de ejercer su función sobre el circuito cuando no se actúa sobre ellos, los interruptores mantienen su posición cuando se accionan.



Figura 5 Interruptor o conmutador

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

Existen también diferencias entre interruptor y conmutador: el interruptor abre o cierra un mismo circuito, el conmutador abre un circuito y cierra otro simultáneamente. En la siguiente imagen se aprecia la diferencia de una manera más visual.

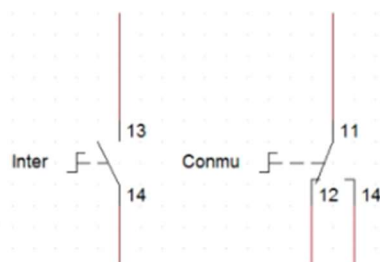


Figura 6 Diferencia entre interruptor y conmutador

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

Relés

Los relés son interruptores, la diferencia entre este dispositivo y un interruptor común es su accionamiento. Como se había visto en el punto anterior, el accionamiento de un interruptor es manual, mientras que el accionamiento del relé se realiza por medio de un electroimán.



Figura 7 Relé

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

El funcionamiento es simple, se hace pasar una corriente por la bobina, esta se excita y genera un campo electromagnético que con ayuda de un mecanismo desplaza los contactos eléctricos y se abre el circuito en los NC (31-32 y 41-42) y se cierra en los NO (13-14 y 23-24).



Figura 8 Simbología de relé

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

Lámparas de señalización

Estos elementos se añaden en los paneles eléctricos para indicar al usuario el funcionamiento de determinados sistemas. En función del color de la lámpara indica el comportamiento del sistema.

| COLOR | | FUNCION | EJEMPLO DE UTILIZACION |
|---------------------|---|--|--|
| ROJO |  | Condiciones anormales que precisan de una acción inmediata del operario (Ver nota 1 y 2) | Orden de parar la máquina inmediatamente (p.e., en caso de una sobrecarga). o Indicación de una parada de la máquina provocada por un aparato de protección (p.e. por sobrecarga, por exceso de recorrido, etc.). |
| AMARILLO (AMBAR) |  | Atención o advertencia (Ver nota 1) | Alguna magnitud (corriente, temperatura) se aproxima al valor límite permitido. o Máquina en ciclo automático. |
| VERDE |  | Máquina dispuesta | Máquina dispuesta para funcionar: todas las funciones auxiliares en marcha, unidades en posición de partida y presión hidráulica o tensión de salida de un grupo motor-generator en los límites especificados, etc. Fin del ciclo y máquina lista para volver a ser puesta en marcha. |
| BLANCO (CLARO) |  | Circuito en tensión Condiciones normales | Interruptor principal en posición CERRADO (Ver nota 2). Elección de la velocidad o del sentido de giro. Los órganos auxiliares no relacionados con el ciclo de trabajo están funcionando. |
| AZUL |  | Cualquier significado no previsto por los colores anteriores | Selector en posición "Ajuste". Una unidad adelantada de su posición de partida. Avance lento de un carro o una unidad. |

Figura 9 Código de colores para las luces piloto

FUENTE ELECTRICIDAD(II). ELEMENTOS DE CONTROL Y MANIOBRA. (2019)

PLC

¿Qué significan las siglas PLC?

PLC es la abreviatura en inglés de *Program Logic Control*. Describe el control de un aparato en un proceso, por ejemplo, una impresora para imprimir los periódicos, un equipo de llenado para trasegar el cemento o una prensa para prensar materiales, entre otros. Este suceso corresponde a las aplicaciones de un programa, en el que el programa está guardado en la memoria del PLC.



Figura 10 Esquema de comunicación del PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿Cómo regula el proceso?

El PLC controla el proceso debido a que determinados actuadores de las salidas caracterizan conexiones del PLC con un control de tensión, por ejemplo: 24 V. Por eso se puede conectar y desconectar motores, abrir y cerrar válvulas o encender y apagar lámparas.

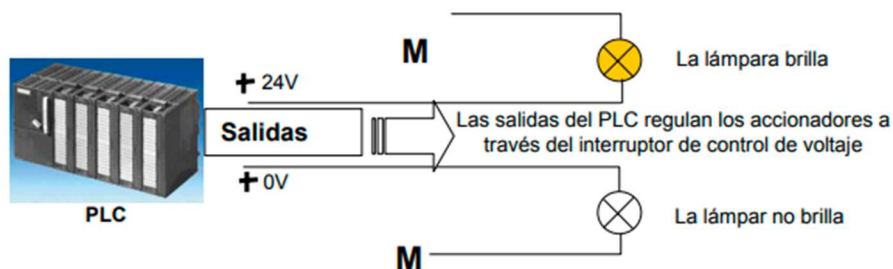


Figura 11 Regulación de salidas en el PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿De dónde recibe el PLC la información sobre el proceso?

Las informaciones sobre el proceso que recibe el PLC provienen de los llamados generadores de señal, las cuales son alterados por las entradas del PLC. Estos generadores de señal pueden ser sensores, los que reconocen si un objeto está en una determinada posición o también simples interruptores o pulsadores, que pueden estar abiertos o cerrados.

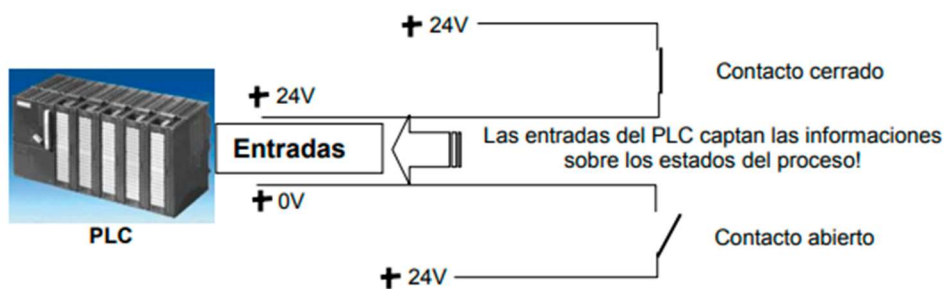


Figura 12 Funcionamiento de entradas en el PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿Dónde está la diferencia entre el abierto y el cerrado?

En los generadores de señal existe una diferencia entre el abierto y el cerrado. Aquí se muestra un contacto cerrado, es decir, se cierra exactamente cuando está ocupado.

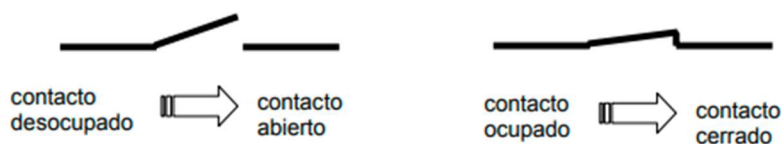


Figura 13 Funcionamiento de un contacto abierto

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Aquí se muestra un contacto cerrado, es decir, se cierra automáticamente cuando no está ocupado.



Figura 14 Funcionamiento de un contacto cerrado

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿Qué se entiende como señal de entrada/salida del PLC?

La declaración de una determinada entrada o salida dentro del programa se denomina direccionamiento. Las entradas y salidas de los PLC están comprendidas, en general, en ocho grupos de entradas y salidas digitales. Estas ocho unidades se denominan byte. Cada uno de estos grupos contiene un número llamado dirección de byte.

Para tratar una entrada o una salida dentro de un byte, se ha de descomponer cada byte en ocho bits individuales. Estos se numeran del bit 0 al bit 7. Así se guarda la dirección del Bit. El PLC que se describe a continuación tiene las entradas byte 0 y 1, así como las salidas byte 4 y 5.

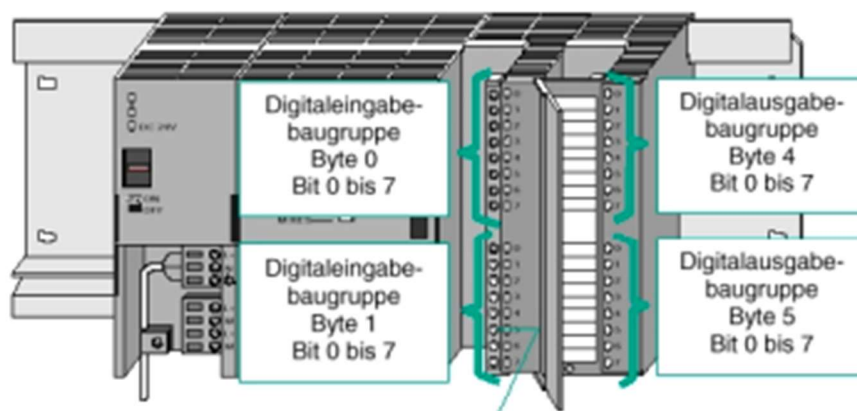
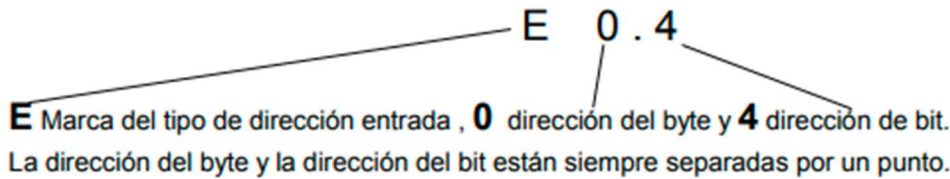


Figura 15 Bytes de entradas y salidas en el PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Para el ejemplo, al cual le corresponde la quinta entrada, se da la siguiente dirección:

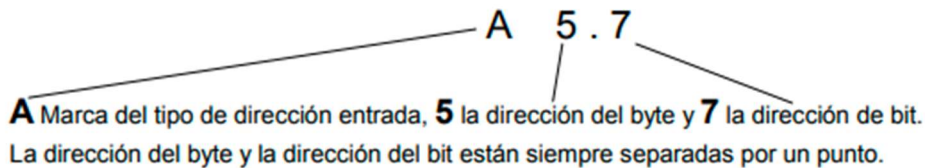


Nota: Para la selección de la quinta entrada se selecciona la dirección de Bit 4, ya que se empieza a contar con 0.

Ejemplo 1 Direccionamiento de una entrada

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Para el ejemplo, al cual le corresponde la salida más baja [sic], se da la siguiente dirección:



Nota: Para la selección de la salida más baja, se selecciona la dirección de Bit 7, ya que se empieza a contar con 0.

Ejemplo 2 Direccionamiento de una salida

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿Cómo se ejecuta el programa en el PLC?

La ejecución del programa en un PLC realiza el siguiente procedimiento cíclicamente:

1. Después de que el PLC sea conectado, el procesador pregunta, si las entradas de tensión son activas o no. El estado de las entradas se guarda en la imagen del proceso de las entradas (PAE). Además, se guarda para las entradas de tensión la información 1 o "High" y para las entradas sin tensión la información 0 o "Low".
2. Este procesador empieza a ejecutarse después de guardar el programa en la memoria de programa. Este contiene una lista de uniones e instrucciones lógicas, las cuales se irán ejecutando sucesivamente. Para esto se necesitan la información de las entradas que se han almacenado en el PAE y los resultados lógicos se escriben en una determinada imagen del proceso de las salidas (PAA). También sobre otras áreas de memoria como marcas,

temporizadores y contadores se extrae información durante la ejecución del programa, eventualmente desde el procesador.

3. En el tercer paso, después de la ejecución del programa de usuario de estado se transfieren las PAA a las salidas y este se conecta o se desconecta. A continuación, se ejecuta de nuevo el punto 1.

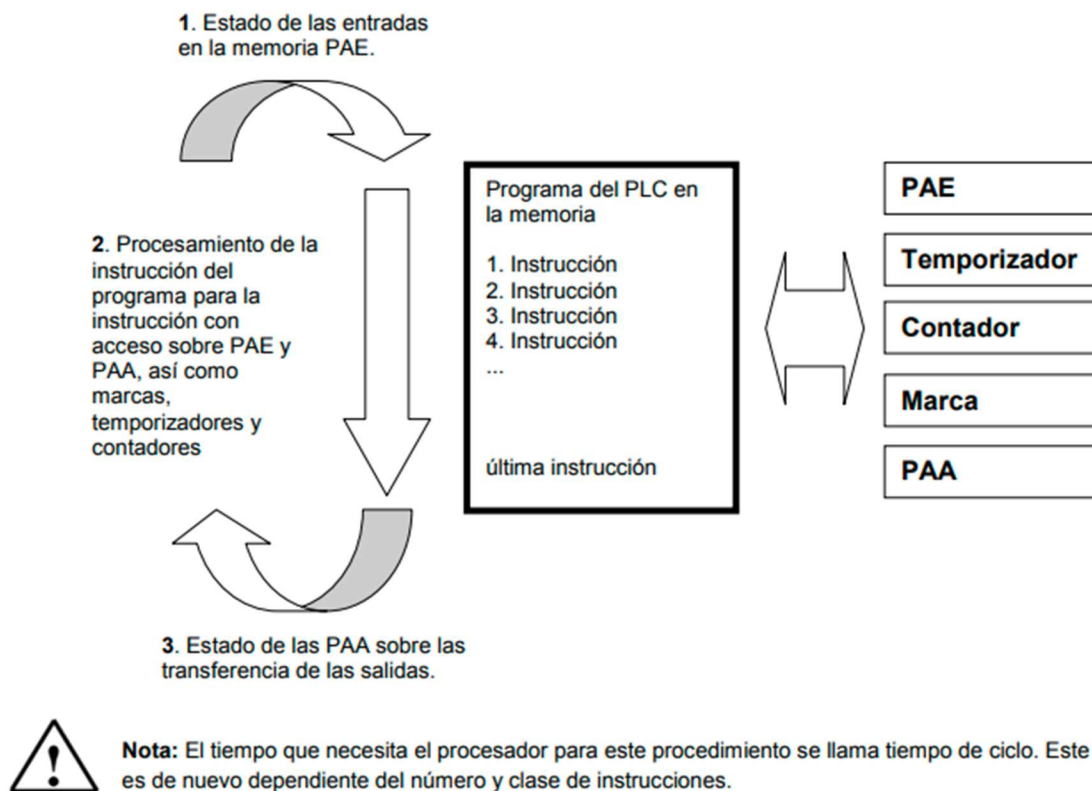


Figura 16 Ciclo del PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

¿Cómo se ven las uniones en un programa en el PLC?

Las uniones lógicas se utilizan también para poder determinar las condiciones para la conmutación de una salida. En el programa del PLC se puede utilizar estas uniones para elaborar un esquema de contactos con el lenguaje (KOP), un diagrama de funciones (FUP) o una lista de instrucciones (AWL).

Por razones de claridad se limitará a los diagramas de funciones FUP. Existe un gran número de diferentes uniones lógicas que se puede utilizar como aplicación en los programas PLC.

La unión UND así como ODER y la NEGATION de una entrada se utilizan con frecuencia y por ello se deben aclarar ahora con base en un ejemplo (Dziallas y otros, 2001, pp. 14-18).

Unión UND

Ejemplo de una unión UND: una lámpara debe brillar si los dos interruptores se cierran simultáneamente.

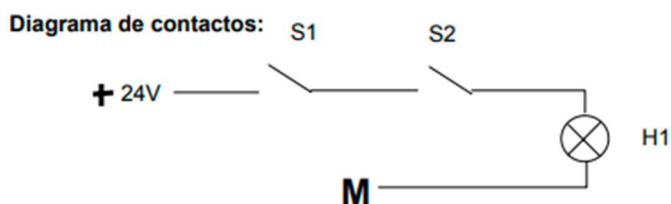


Figura 17 Función AND o UND representada con contactos

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Aclaración: la lámpara sólo brillará si ambos interruptores están cerrados. Por lo tanto, si el interruptor S1 und S2 están cerrados, brilla la lámpara H1.

Cableado del PLC

Se han de cerrar naturalmente ambos interruptores con las entradas del PLC para transportar esta lógica a un programa PLC, Aquí se asigna S1 a la entrada E 0.0 y S2 a la entrada E 0.1. Además, se ha de cerrar la salida con la lámpara H1 p. e. A 4.0.

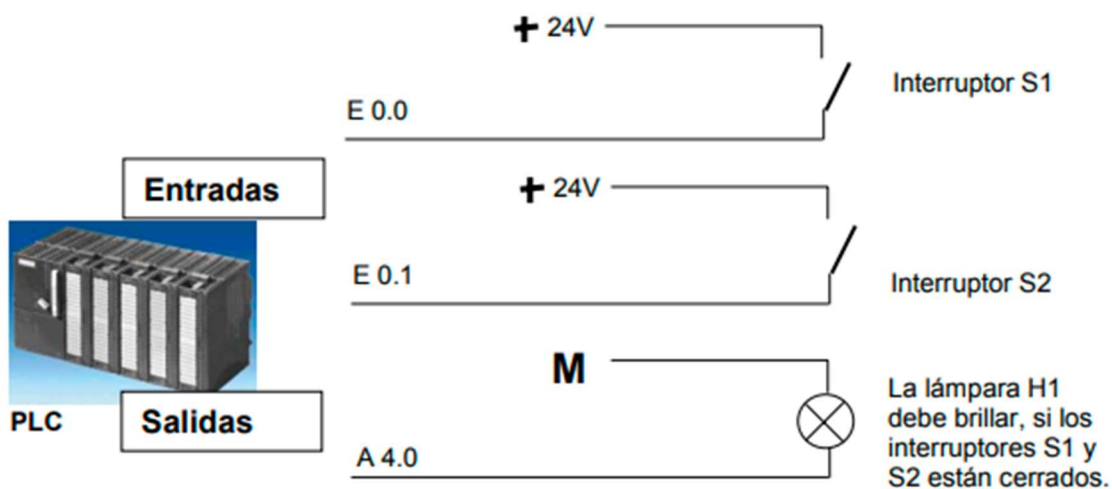


Figura 18 Conexión al PLC UND

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Unión UND en FUP

La unión UND se programa en el diagrama de funciones FUP a través de la representación gráfica y su forma es la siguiente:

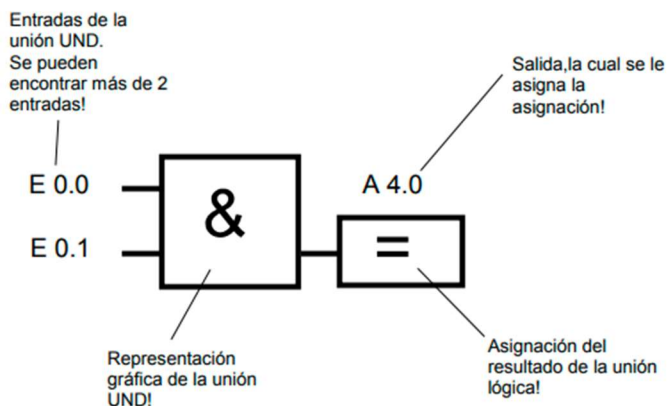


Figura 19 Función UND o AND en la programación del PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Unión ODER

Ejemplo de una unión ODER

Una lámpara debe brillar si uno o los dos interruptores está cerrado.

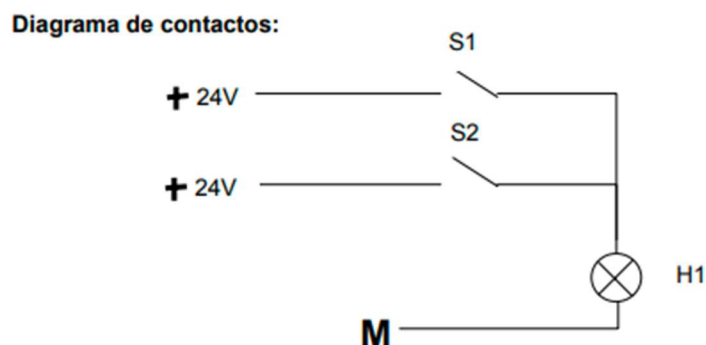


Figura 20 Función OR o ODER representada con contactos

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Aclaración: la lámpara sólo brillará si uno de los dos interruptores está cerrado. Por lo tanto, si el interruptor S1 oder S2 está cerrado, brilla la lámpara H1.

Cableado del PLC: para transportar esta lógica en un programa PLC se han de cerrar naturalmente ambos interruptores con las entradas del PLC. Aquí se asigna S1 a la entrada E 0.0 y S2 a la entrada E 0.1. Además, se ha de cerrar la salida con la lámpara H1 p. e. A 4.0.

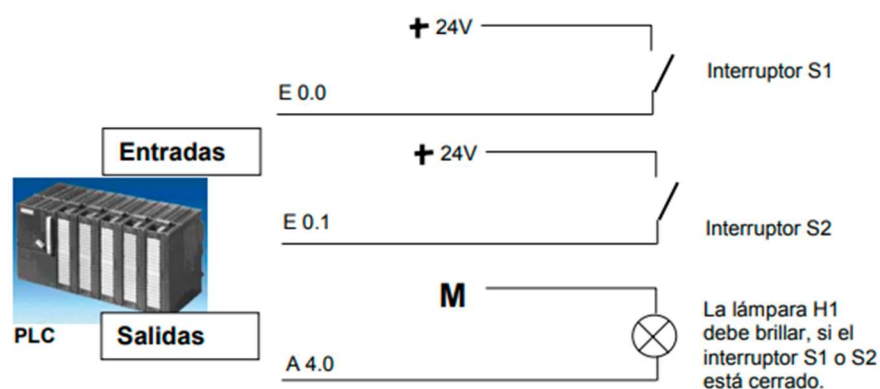


Figura 21 Conexión al PLC ODER

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Unión ODER en FUP

Se programa la unión ODER en el diagrama de funciones FUP a través de la representación gráfica y su forma es la siguiente:

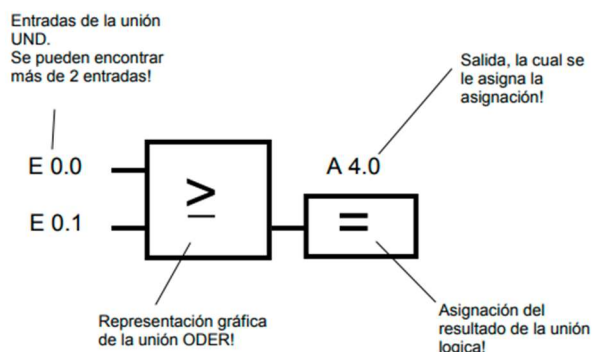
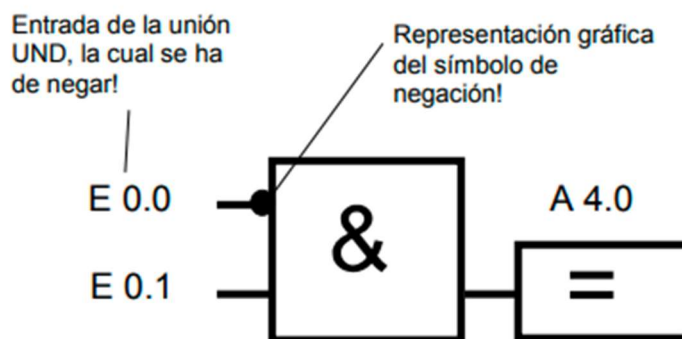


Figura 22 Función ODER u OR en la programación del PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001)

Negación

Es necesario preguntar repetidamente en las uniones lógicas, si un contacto cerrado no está ocupado o si un contacto abierto está ocupado y por eso no se aplica ninguna tensión a la correspondiente entrada. Esto se produce a través de la programación de una negación en la entrada de la unión UND, así como en la entrada de la unión ODER. En el diagrama de funciones FUP se programa la negación de una entrada con la unión UND a través de la representación de siguiente símbolo:



La salida A 4.0 será activa, si la E 0.0 no es activa y la E 0.1 es activa.

Figura 23 Función NOT en la programación de PLC

FUENTE MÓDULO A3, STARTUP' PLC- PROGRAMACIÓN CON STEP 7 (2001) (Dziallas y otros, 2001, pp.18-21)

¿Cómo crear y almacenar un programa en el PLC?

Es necesario conocer las características del PLC que se desea programar, como:

- **Marca:** ya que cada proveedor utiliza un programa para la computadora propio de ellos mismos, por lo que no existe en la actualidad, un programa único que sirva para la parametrización de PLC de las diferentes marcas.
- **Modelo:** conocer el modelo del PLC y los accesorios o módulos que se desea adicionar para la aplicación a programar, debido a que, en la misma marca pueden existir diferentes programas para la computadora que no son compatibles para algunos PLC, por ejemplo, en la marca *SIEMENS*, existen los programas para computadora: “*TIA Portal*” para la programación de PLC de la línea *S7*, y “*LOGO! Soft Comfort*” para la programación de PLC de la línea *LOGO!*. En la tesis se abordará este último, debido a su existencia en el lugar de desarrollo.
- **Conexión de entradas y salidas:** es necesario tener claro cuáles entradas y salidas están conectadas al PLC y en qué direccionamiento se encuentran, ya que, a la hora de programar el PLC debe indicarse cuál entrada se quiere revisar para conocer su estado, de la misma manera, indicar la salida correctamente para encenderla o apagarla en nuestra aplicación.

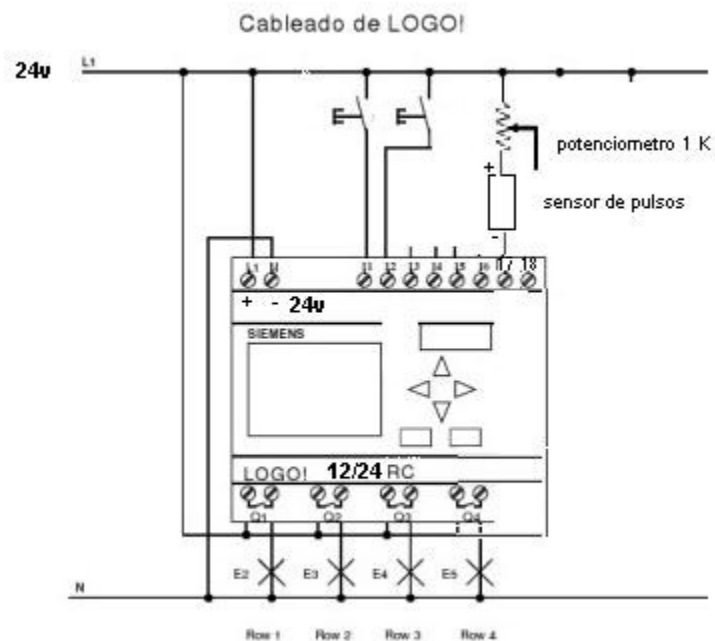


Figura 24 Ejemplo de diagrama de conexión de LOGO!

FUENTE SIEMENSLOGO.COM

Una vez que se conozcan estas características, se utiliza el programa de la computadora indicado y acorde con el PLC; se realiza el programa del PLC y se transfiere a este según la conexión que soporte, por ejemplo: Modbus TCP/IP, Modbus RTU, DeviceNet, Profibus o Profinet, entre otros.

Para este proyecto es necesario tener conocimiento en redes de comunicación, para lo que se hace necesario el estudio de estas a profundidad para lograr la conexión de los dispositivos tales como el PLC, los sensores y la comunicación de dispositivos externos para el control del sistema de agua potable. Este tema se desarrollará más adelante.

Normas eléctricas

Se establecen normas eléctricas que es necesario acatar para garantizar la seguridad de la vida humana y otros seres vivos, pero también de los equipos e infraestructura, entre otros. Estas normas son estándares que se deben respetar en las instalaciones y diseños eléctricos, entre las más importantes están las de UL y las IEC. No se deben mezclar para evitar confusión en la selección de dispositivos o si se desea optar por una certificación de la instalación, que puede ser útil en las inspecciones que se realizan en algunos países, en caso de no adquirir esta certificación, las autoridades no permiten la operación de estos equipos. Como las normas eléctricas son amplias, en este proyecto se opta por el uso de las normas UL y el uso del NEC.

Normas UL

Schneider Electric (2015), con base en las normas del Código Eléctrico Nacional (2014), las normas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (2012) y las normas de seguridad UL 508A (2013), muestra una guía técnica para facilitar la aprobación de un cuadro de control conforme a la normativa UL, este es el principal organismo certificador en los Estados Unidos (EE. UU.). Desarrolla normas para productos, soluciones funcionales y reglas de instalación. Cuenta con laboratorios que certifican los productos que envían los fabricantes que quieren exportar a este país y también, certifican que los productos fabricados a nivel local cumplan con las normas aplicables. En la industria de EE. UU., las normas de UL desempeñan la misma función que las normas de IEC en Europa. Se están realizando actualmente esfuerzos de armonización.

Normas aplicables de principio a fin de un proyecto

1. Diseño del cuadro de control y normas UL

Se definen dos tipos de circuitos de potencia según la norma UL 508A (caps. 2 y 6):

- Los circuitos de alimentación: destinados exclusivamente a suministrar energía.
- Circuitos de ramal: conectados a una carga, con o sin funciones de control.

Las funciones obligatorias que deben cumplir los circuitos de alimentación son las siguientes:

- Desconexión de los circuitos.
- Protección de los circuitos de ramal contra sobreintensidades y cortocircuitos. Estas funciones las puede proporcionar un dispositivo individual, como un interruptor automático.

Los límites de los circuitos de ramal comienzan en el lado descendente del último dispositivo protector contra cortocircuitos, aunque antes de estos existan más elementos del mismo tipo. Por lo tanto, los elementos antes de este último conforman el circuito de alimentación.

Los interruptores automáticos en circuitos de alimentación deben cumplir con la certificación UL 489, mientras que los interruptores manuales con UL 98 y los fusibles de los interruptores manuales con la UL 248, esto para cualquier función dentro del cuadro de control.

2. Diseño del circuito y normas UL

La norma UL 508A distingue los circuitos en función de sus aplicaciones previstas para lo que se estipulan las funciones de protección y control de cada uno. Para el caso de un alimentador de motor, se puede usar varias combinaciones de componentes para garantizar las funciones; no obstante, se recomiendan seis, denominadas A, B, C, D, E y F. Para esto, los productos utilizados deben cumplir con un estándar de referencia. A continuación, se detallan las funciones:

- **Desconexión:** deben desconectar todos los conductores del circuito de su suministro de energía eléctrica sin tomar en cuenta el de tierra. Para esta función se aprueba el uso de interruptores manuales, interruptores en caja moldeada, interruptores automáticos de disparo instantáneo (magnético) o de tipo inverso (magnetotérmico)

y controladores de motor combinados autoprotegidos que cumplan con la normativa UL 508 (tipo E).

- **Protección de cables contra sobrecargas y cortocircuitos:** esta función la puede proporcionar el mismo dispositivo de las funciones de desconexión. Están aprobados los fusibles que estén aprobados para la protección del motor y los interruptores automáticos que cumplen con las normativas UL 489 y UL 508.
- **Control de motores:** se recomienda seleccionar un producto adecuado para proporcionar un medio de desconexión del motor según la normativa UL 508. Los dispositivos aprobados son contactor, un controlador de motor de combinación manual autoprotegido, cualquier tipo de controlador de circuito de potencia como un variador de frecuencia o arrancador suave.
- **Protección del motor contra sobrecargas:** si el motor cuenta con sistema de autoprotegido por su diseño, no se aplican requisitos específicos. Si no, los dispositivos aprobados para esta función son el relé térmico u otro similar.
- **Dimensionamiento de la protección de entrada para un cuadro de control:** protección con un interruptor automático como parte del circuito de alimentación, para el cual, la corriente máxima será la corriente de protección de la carga más grande, más la suma total de las corrientes máximas del resto de cargas.

3. *Selección de productos para cuadros de control UL*

Elegir los componentes de un catálogo que cumplan con los puntos anteriores, entre interruptores manuales, interruptores manuales o automáticos de caja moldeada, fusibles, portafusibles, interruptores automáticos, arrancadores de motor tanto para circuitos de ramal como para circuitos de alimentación. Todos los cuadros de control que contienen circuitos de potencia deben tener una placa de características, esta debe verse claramente con la puerta abierta e indicar lo siguiente:

- Cualquier característica específica concerniente a sus funciones.
- Las características principales, en particular la intensidad de cortocircuito asignada (SCCR por sus siglas en inglés), ya que es fundamental en las especificaciones técnicas al contribuir en la fiabilidad general del cuadro, si los cálculos de diseño

no tienen en cuenta los efectos electrodinámicos de los cortocircuitos, estos pueden dar lugar a deformaciones, destrucción de los conectores e incluso, la explosión de algunos componentes.

Para el cálculo del SCCR se realizan tres fases, las cuales se presentan a continuación:

1. Identificar el SCCR de cada componente de protección, control, elemento y bloque de distribución en el sistema. Utilizar los datos del fabricante si están disponibles o los valores estándar. Si el componente no cuenta con certificación UL, este no debe utilizarse en el gabinete.
2. Determinar el SCCR de cada circuito de ramal, como norma general se debe utilizar el valor de SCCR más bajo entre los componentes, bloques de distribución, peinetas, dispositivos protectores, entre otros; que componen el circuito de ramal.

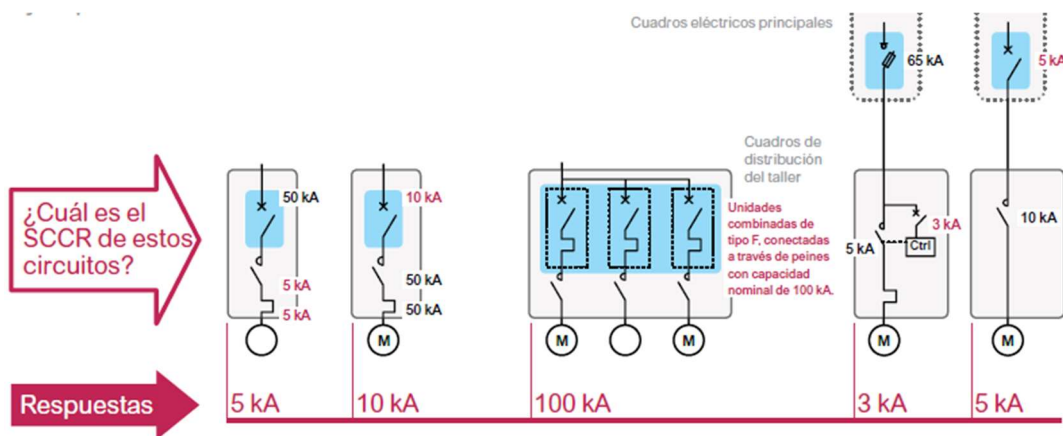


Figura 25 Ejemplo determinar el SCCR de cada circuito ramal

FUENTE GUÍA TÉCNICA CUADRO DE CONTROL

3. Determinar el SCCR del cuadro de control, se obtiene utilizando el valor de SCCR más bajo en cada uno de los circuitos de ramal.

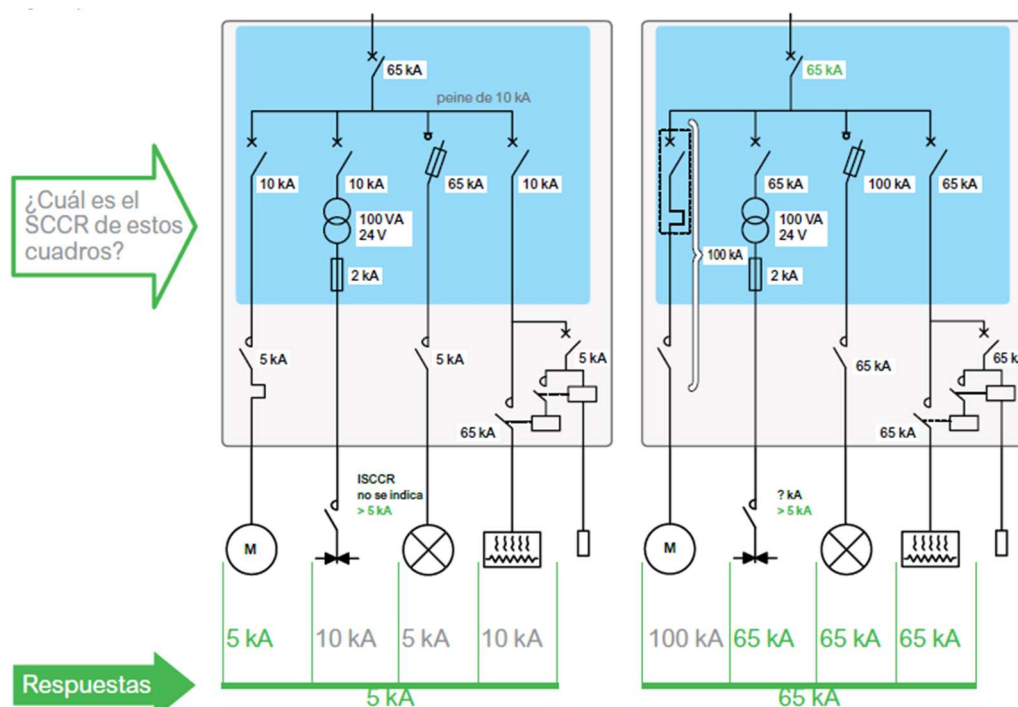


Figura 26 Ejemplo determinar el SCCR del cuadro de control

FUENTE GUÍA TÉCNICA CUADRO DE CONTROL

Código Eléctrico Nacional

Costa Rica, para establecer estándares internacionales que cumplan con las condiciones para realizar instalaciones eléctricas seguras y que garanticen el uso de productos de calidad en estas, exige de cumplimiento obligatorio la normativa del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, aprobado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), así lo exige el decreto N.º 36979-MEIC con sus reformas, del cual se extrae lo siguiente:

Artículo 1º- Oficialícese como “Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad”, la norma NFPA-70, en su última versión actualizada en español emitida por la NFPA, con la excepción del artículo 90 y de aquellos artículos que se encuentran afectados en este Reglamento.

Las versiones que a futuro emita la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de la norma NFPA-70 en su versión en español, entrarán en vigor y surtirán efectos jurídicos en Costa Rica, en el momento que el Ministerio de Economía Industria y Comercio realice la comunicación oficial de la adopción de la nueva versión, a través del Diario Oficial La Gaceta, sin perjuicio de informarlo por otros medios electrónicos a las partes interesadas. (Así reformado por el artículo 1° del Decreto Ejecutivo No. 41505 del 29 de octubre del 2018). (párr. 7-8)

En la actualidad no hay una comunicación oficial por parte del ministro de Economía, Industria y Comercio, a través del Diario Oficial La Gaceta, de que haya entrado en vigor la versión 2020 en español que es la más actualizada y se encuentra en la página oficial de la NFPA-70, por lo que se utiliza la última vigente en el país de 2014 como referencia para este proyecto.

Se colocan los artículos, secciones y tablas utilizadas para este trabajo, así como el anexo correspondiente de las tablas mencionadas, en caso de haber sido utilizadas para el proyecto. A continuación se detallan estos:

Artículos importantes de la Norma para este proyecto

1. GENERALIDADES

Artículo 110 Requisitos para instalaciones eléctricas

110.26 Espacios alrededor del equipo eléctrico.

Se debe proporcionar y mantener espacio de acceso y de trabajo alrededor de todo el equipo eléctrico, para permitir el funcionamiento y mantenimiento fácil y seguro de dicho equipo.

(F) Envoltentes o cuartos de equipo eléctrico con cerraduras.

Los envoltentes o cuartos de equipo eléctrico que albergan aparatos eléctricos que se controlan por medio de cerradura(s) se consideran accesibles para el personal calificado.

110.28 Tipos de envoltentes.

Los envoltentes (diferentes de cercas o muros circundantes) de tableros de distribución, equipos de tableros de distribución, paneles de distribución, paneles de control industrial, centros de control de motores, medidores enchufables, interruptores con envoltente, interruptores de transferencia, tomacorrientes, ruptores de circuitos, sistemas de accionamiento de velocidad

ajustable, interruptores de arranque, equipos de distribución de energía eléctrica portátiles, cajas de terminación, transformadores de uso general, controladores de bombas contra incendios, motores de bombas contra incendios y controladores de motores, con una tensión nominal no mayor de 600 volts y previstos para tales lugares, deben estar marcados con el número de tipo de envolvente, como se muestra en la Tabla 110.28 (Anexo H.1 Tabla 110.28 del NEC Selección del envolvente).

La Tabla 110.28 se debe utilizar para seleccionar los envolventes para uso en lugares específicos diferentes de los lugares (clasificados como) peligrosos. Los envolventes no están previstos para proteger contra condiciones tales como condensación, formación de hielo, corrosión o contaminación que se puedan presentar dentro del envolvente o que puedan penetrar a través del Conduit o de las aberturas sin sellar.

Artículo 430 Motores, circuitos de motores y controladores

430.1 Alcance.

Este artículo trata sobre los motores, los conductores de los alimentadores y circuitos ramales de los motores y de su protección, sobre la protección contra sobrecargas de los motores, sobre los circuitos de control de los motores, de los controladores de los motores y de los centros de control de motores.

Nota Informativa N.º 1: Los requisitos de instalación de los centros de control de motores se tratan en la sección 110.26(F). Los equipos de refrigeración y de aire acondicionado se tratan en el Artículo 440.

430.6 Determinación de la ampacidad y del valor nominal de los motores.

El calibre de los conductores que alimentan los equipos de los que trata el Artículo 430 se debe seleccionar de las tablas de ampacidad permisible de acuerdo con la sección 310.15(B) (Anexo H.2 Tabla 310.15(B) del NEC Ampacidad permisible en conductores) o se debe calcular de acuerdo con la sección 310.15(C). Cuando se use cordón flexible, el calibre del conductor se debe seleccionar de acuerdo con la sección 400.5. La ampacidad exigida y el valor nominal de los motores se deben determinar cómo se especifica en las secciones 430.6(A), (B) y (C).

(A) Motores para aplicaciones generales. En motores para aplicaciones generales, los valores nominales de corriente se deben determinar con base en (A)(1) y (A)(2).

(1) Valores de las tablas. Para los motores diferentes a los construidos para bajas velocidades (menos de 1200 revoluciones por minuto) o altos pares y para motores de velocidades múltiples, los valores presentados en Tabla 430.247, Tabla 430.248, Tabla 430.249 y Tabla 430.250 (Anexo H.5 Tabla 430.250 del NEC Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna), se deben usar para determinar la ampacidad de los conductores o el valor nominal en amperes de los interruptores, la protección del circuito ramal contra cortocircuitos y fallas a tierra, en lugar del valor real de corriente nominal marcada en la placa de características del motor. Cuando un motor esté marcado en amperes y no en caballos de fuerza, se debe asumir que su potencia en caballos de fuerza es la correspondiente a los valores dados en Tabla 430.247, Tabla 430.248, Tabla 430.249 y Tabla 430.250 (Anexo H.5 Tabla 430.250 del NEC Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna), interpolando si fuera necesario. Los motores construidos para bajas velocidades (menos de 1200 revoluciones por minuto) o altos pares pueden tener corriente de plena carga más alta y en los motores de velocidades múltiples la corriente de plena carga variará con la velocidad, en cuyo caso se debe usar los valores nominales de corriente de la placa de características.

Excepción N.º 1: los motores de velocidades múltiples deben cumplir lo establecido en las secciones 430.22(A) y 430.52.

Excepción N.º 2: para los equipos que utilicen un motor con polos sombreados o con condensador permanente dividido para ventilador o soplador, marcado con el tipo de motor, se debe tomar la corriente de plena carga de dicho motor, marcada en la placa de características del equipo con el que se utiliza el motor del ventilador o soplador, en lugar del valor nominal en caballos de fuerza, para determinar la ampacidad o el valor nominal del medio de desconexión, los conductores del circuito ramal, el controlador, la protección del circuito ramal contra cortocircuitos y fallas a tierra y la protección separada contra sobrecargas. Este valor marcado en la placa de características de los equipos no debe ser inferior al de la corriente marcada en la placa de características del motor del ventilador o soplador.

Excepción N.º 3: en un electrodoméstico listado operado por motor, marcado tanto con los caballos de fuerza como con su corriente de plena carga, la corriente de plena carga del motor, marcada en la placa de características del electrodoméstico, se debe usar en lugar del valor nominal en caballos de fuerza de la placa de características del electrodoméstico, para determinar la ampacidad o el valor nominal del medio de desconexión, los conductores del circuito ramal, el controlador, el dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuitos y fallas a tierra y de la protección separado contra sobrecargas.

(2) Valores de la placa de características. La protección independiente contra sobrecargas de un motor se debe basar en el valor nominal de corriente de la placa de características del motor.

430.9 Terminales.

(A) Marcas. Los terminales de los motores y controladores deben estar adecuadamente marcados o coloreados cuando sea necesario para indicar las conexiones adecuadas.

(B) Conductores. Los controladores de los motores y los terminales de los dispositivos del circuito de control se deben conectar con conductores de cobre, excepto si están identificados para su uso con un conductor diferente.

(C) Requisitos de par de apriete. Los dispositivos de los circuitos de control con terminales de presión tipo tornillo que se utilicen con conductores de cobre del 14 AWG o menores, deben apretarse a un mínimo de 0.8 Nm (7 libras pulgada), excepto si están identificados para otro valor de par de apriete.

430.10 Espacio para el cableado en los envolventes.

(A) Generalidades. Los envolventes para los controladores y los medios de desconexión de motores no se deben utilizar como cajas de conexiones, canales auxiliares o canalizaciones para los conductores que se alimentan a través de o que se deriven hacia otros aparatos, a menos que se utilicen diseños que proporcionen el espacio adecuado para ese uso.

(B) Espacio de curvatura del cableado en envolventes. El espacio mínimo de curvatura del cableado dentro de los envolventes para los controladores de motores debe cumplir lo establecido en la tabla 430.10(B) (Anexo H.3 Tabla 430.10(B) del NEC Curvatura de cableado en los envolventes) donde se mide en línea recta desde el extremo de la lengüeta o conector del

alambre (en la dirección en que el alambre sale del terminal) hasta la pared o barrera. Cuando se utilice otra terminación alternativa del alambre en lugar de la suministrada por el fabricante del controlador, debe ser de un tipo identificado por el fabricante para su uso con el controlador y no debe reducir el espacio mínimo de curvatura de los alambres.

430.21 Generalidades

Se especifica en la Parte II, la ampacidad de los conductores capaces de conducir la corriente del motor sin sobrecalentarse en las condiciones especificadas. Las disposiciones de la Parte II no se deben aplicar a circuitos de motores de más de 1000 volts nominales.

Las disposiciones de los Artículos 250, 300 y 310 no se deben aplicar a los conductores que formen parte integral de equipos, tales como motores, controladores de motores, centros de control de motores u otros equipos de control ensamblados en fábrica.

430.22 Motor único

Los conductores que alimenten un solo motor que se use en una aplicación de servicio continuo, deben tener una ampacidad no menor del 125 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga del motor, como se determina en la sección 430.6(A)(1) o no menor que la especificada en la sección 430.22(A) hasta (G) (No aplica ninguna de estas últimas para este trabajo).

430.24 Varios motores o un(os) motor(es) y otra(s) carga(s)

Los conductores que alimentan varios motores o un(os) motor(es) y otra(s) carga(s) deben tener una ampacidad no inferior a la suma de cada uno de los siguientes:

(1) 125 por ciento de la corriente nominal de plena carga del motor con el valor nominal más alto, tal como se determina en la sección 430.6(A).

(2) La suma de las corrientes nominales de plena carga de todos los otros motores del grupo, tal como se determina en la sección 430.6(A).

(3) 100 por ciento de las cargas no continuas que no son motores.

(4) 125 por ciento de las cargas continuas que no son motores.

430.71 Generalidades

La Parte VI contiene las modificaciones a los requisitos generales que se aplican a las condiciones particulares de los circuitos de control de motores.

430.72 Protección contra sobrecorriente.

(A) Generalidades. Un circuito de control de motores derivado del lado de la carga de un dispositivo o dispositivos de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito ramal de motores y que funcione para controlar el motor o motores conectados a ese circuito ramal, debe estar protegido contra sobrecorriente de acuerdo con la sección 430.72. Dicho circuito de control conectado en derivación no se debe considerar como un circuito ramal y debe permitirse que esté protegido, ya sea por un(os) dispositivo(s) de protección contra sobrecorriente del circuito ramal o por dispositivos complementarios. Un circuito de control de motores distinto del conectado en derivación debe estar protegido contra sobrecorriente de acuerdo con la sección 725.43 o con las Notas de las Tabla 11(A) y Tabla 11(B) del Capítulo 9, según sea aplicable.

(B) Protección de los conductores. La protección contra sobrecorriente de los conductores se debe suministrar como se especifica en las secciones 430.72(B)(1) o (B)(2).

Excepción N.º 1: cuando la apertura del circuito de control pudiera crear una situación de peligro, como, por ejemplo, el circuito de control de una bomba contra incendios y similares, los conductores de los circuitos de control requerirán solamente protección contra cortocircuitos y fallas a tierra y debe permitirse que estén protegidos por el(los) dispositivo (s) de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra de los circuitos ramales.

Excepción N.º 2: debe permitirse que los conductores alimentados por el lado secundario de un transformador monofásico con secundario de sólo dos hilos (una sola tensión) estén protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del lado primario (alimentación) del transformador, siempre que esa protección no exceda el valor determinado al multiplicar el valor nominal máximo adecuado del dispositivo de protección contra sobrecorriente para el conductor del secundario, según la Tabla 430.72(B) (Anexo H.4 Tabla 430.72(B) del NEC Valor nominal de protección para control), por la relación de transformación de tensión del secundario al primario. Los conductores del secundario del transformador (distintos de los bifilares) no se debe considerar protegidos por la protección contra sobrecorriente del primario.

(1) Protección independiente contra sobrecorriente. Cuando el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito ramal del motor no brinda protección de acuerdo con la sección 430.72(B)(2), se debe suministrar una protección separada contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente no debe exceder los valores especificados en la columna A de la Tabla 430.72(B).

(2) Dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal. Debe permitirse que los conductores estén protegidos por el dispositivo de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra del circuito ramal del motor y se exigirá solamente protección contra cortocircuitos y fallas a tierra. Cuando los conductores no se extienden más allá del envolvente del equipo de control del motor, el valor nominal del(los) dispositivo(s) de protección no debe(n) exceder el valor especificado en la columna B de la Tabla 430.72(B). Cuando los conductores se extienden más allá del envolvente del equipo de control del motor, el valor nominal del (los) dispositivo(s) de protección no debe(n) exceder el valor especificado en la columna C de la Tabla 430.72(B).

430.82 Diseño del controlador.

(A) Arranque y parada. Cada controlador debe tener la capacidad de arrancar y parar el motor que controla y de interrumpir la corriente de rotor bloqueado del motor.

Artículo 725 Circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada

725.43 Protección contra sobrecorriente de los circuitos Clase 1.

La protección contra sobrecorriente para conductores del 14 AWG y mayores se debe proporcionar de acuerdo con la ampacidad de dichos conductores, sin aplicar los factores de corrección y ajuste de la ampacidad de la sección 310.15 al cálculo de la ampacidad. La protección contra sobrecorriente no debe ser mayor de siete amperes para los conductores del 18 AWG ni de diez amperes para los del 16 AWG.

Excepción: cuando otros artículos de este Código exijan o permitan otra protección contra sobrecorriente.

Nota informativa: por ejemplo, véanse las secciones 430.72 con respecto a los motores, 610.53 para grúas y elevadores y 517.74(B) y 660.9 para equipos de rayos X.

National Electric Code (Edición 2014), National Fire Protection Association [NFPA], adoptado por Costa Rica, artículos citados. 1 de agosto de 2013 (Chicago).

Redes de computadoras

Se puede resumir y extraer de Tanenbaum y Wetherall (2012), lo siguiente: según la sociedad ha venido evolucionando, ha encontrado en la tecnología, una manera de crecer aún más rápido, específicamente en cómo se maneja la información, para nadie es un secreto, que el mantener información individualizada y en secreto, no es tan efectivo como compartirla y mejor aún retroalimentarla con un equipo de trabajo. Con esto, lo que se puede afirmar es que el ser humano ha visto la necesidad de poder compartir información entre personas, para intereses investigativos, laborales o entretenimiento, entre otros. Con esta afirmación se hace necesaria la comunicación entre varios dispositivos y se busca cada vez más, que esta información pueda ver cambios en tiempo real, es así, que se necesitará conocer más sobre las redes.

El viejo modelo de una sola computadora para atender todas las necesidades computacionales de la organización se ha reemplazado por uno en el que un gran número de computadoras separadas, pero interconectadas, realizan el trabajo. A estos sistemas se les conoce como redes de computadoras. Los usos de estas redes pueden ser de diferentes índoles como:

1. **Aplicación de negocios:** si bien es cierto, en una empresa existen diferentes áreas de trabajo, por ejemplo, contabilidad, administración, ventas, recepción, proveeduría, producción, etc. y en cada una de estas, hay varios empleados, es necesario que estén conectados entre sí. Si un vendedor concreta un negocio, las demás áreas necesitan tener esta información a disposición, para poder ejecutar una orden de trabajo y finalizar su producción para concluir con la venta. Ahí radica la importancia de las redes, pero no necesariamente están en un mismo lugar físico, sino que por medio de una VPN (red privada virtual, por sus siglas en inglés), se puede comunicar dispositivos a otras partes del mundo. Otro uso es con respecto a las llamadas dentro de la misma empresa, por medio de la tecnología de telefonía IP (protocolo de Internet) o VoIP (Voz sobre IP). El *e-commerce* (comercio electrónico) consiste en realizar negocios electrónicamente, lo cual está muy de moda, más en estos tiempos de pandemia por COVID-19.

2. **Aplicaciones domésticas:** actualmente todas las personas hacen uso de la red en nuestras casas, ya sea para ver algún vídeo, canal o foto, para entretenimiento, para comprar en línea, y ahora por la época, está muy utilizada para recibir clases virtuales y trabajar.
3. **Usuarios móviles:** los usuarios móviles no necesariamente son dispositivos inalámbricos, sino más bien, equipos que se pueden mover y conectar a una red. Esto ha sido un avance tecnológico enorme, porque ha brindado la oportunidad de hacer uso de muchas tareas o rutinas en diversos ambientes.
4. **Cuestiones sociales:** si bien es cierto, mediante la red, se puede interactuar con otras personas en aplicaciones como Facebook, Twitter o Zoom, entre otros; aunque para muchos es ventajoso porque pueden comunicarse con familiares y amigos a largas distancias, también puede ser perjudicial dado que no existe un control sobre lo que se publica, esto puede crear disconformidad en algunas personas porque no toleran algunas de esas publicaciones. A parte de eso, el uso de *cookies* (fichero de datos que una página web envía a la computadora), hace que las personas sean vulnerables, debido a que se puede acceder a información propia, como los gustos mediante las páginas que se visitan, lo cual, los hace vulnerables a los *hackers*.

Para efectos de hardware (conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático) de red, es importante conocer la tecnología de transmisión de paquetes en la red, como el punto a punto (de un dispositivo a otro directamente) y difusión (enviar un mensaje a todos los dispositivos y lo reciba el indicado). El otro punto importante para conocer es la escala, que puede ser red personal, local, metropolitana o de área amplia. La conexión de varias redes se llama Interred.

- **Red personal (PAN):** conexiones entre dispositivos personales, en otras palabras, una computadora con sus dispositivos, por ejemplo, un mouse por Bluetooth.
- **Red local (LAN):** conexiones entre dispositivos dentro de un mismo hogar o empresa, conectados entre sí por un AP (punto de acceso), enrutador inalámbrico o estación base, utilizan los estándares IEEE 802.3 (Ethernet, conexiones por cable) y el IEEE 802.11 (*wifi*, conexiones inalámbricas). Un ejemplo, el *router* de la casa, que conecta la computadora

con la impresora conectada a la red y no directamente a la computadora, dando acceso a todos los miembros del hogar.

- **Red metropolitana (MAN):** son conexiones de varias redes LAN en una ciudad, el ejemplo más común son los proveedores de cable e Internet, que proveen de su misma red a toda una ciudad. Pero no solo esa red, sino también la estandarizada IEEE 802.16, conocida como WiMAX.
- **Red de área amplia (WAN):** tiene la capacidad de conectar redes en un país, un ejemplo claro es una empresa que tiene oficinas en diferentes partes del país y al utilizar una VPN, puede conectar los equipos entre estas oficinas.
- **Interredes:** es la conexión de varias redes WAN, por lo tanto, conecta diferentes redes, de los diferentes proveedores de los servicios de Internet. A estas interredes, también se le conoce con el nombre de Internet, utilizan una puerta de enlace (*gateway*) que opera en la jerarquía de protocolos.

Por otro lado, es importante saber que las redes deben respetar las jerarquías de protocolos, para esto se utilizan diferentes capas o niveles, llamadas arquitectura de la red; para poder comunicar elementos del mismo tipo o nivel, se llama protocolo. Al conjunto de protocolos por su respectiva capa se le conoce como pila de protocolos.

El beneficio de formar una interred es lograr conectar computadoras entre distintas redes, no es conveniente usar una puerta de enlace de una capa demasiado baja, ya que no se podría realizar conexiones entre distintos tipos de redes. Existen dos arquitecturas de redes importantes, el modelo de referencia OSI y el modelo TCP/IP.

El modelo OSI

El modelo OSI tiene siete capas. Los principios que se aplicaron para llegar a ellas se pueden resumir de la siguiente manera:

- Se debe crear una capa en donde se requiera un nivel diferente de abstracción.
- Cada capa debe realizar una función bien definida.
- La función de cada capa se debe elegir teniendo en cuenta la definición de protocolos estandarizados internacionalmente.

- Es necesario elegir los límites de las capas de modo que se minimice el flujo de información a través de las interfaces.
- La cantidad de capas debe ser suficiente como para no tener que agrupar funciones distintas en la misma capa; además, debe ser lo bastante pequeña como para que la arquitectura no se vuelva inmanejable.

Las siete capas del modelo OSI son:

1. **Capa física:** se relaciona con la transmisión de bits puros a través de un canal de transmisión. Trata de asegurar que la información que envíe sea la misma que reciba.
2. **Capa de enlace de datos:** transforma un medio de transmisión puro en una línea que esté libre de errores de transmisión. Enmascara los errores reales, de manera que la capa de red no los vea.
3. **Capa de red:** controla la operación de la subred y determina cómo se encaminan los paquetes desde el origen hasta el destino.
4. **Capa de transporte:** su función básica es aceptar datos de la capa superior, dividirlos en unidades más pequeñas, si es necesario, pasar estos datos a la capa de red y asegurar que todas las piezas lleguen correctamente al otro extremo. Además, todo esto se debe realizar con eficiencia y de una manera que aisle las capas superiores de los inevitables cambios en la tecnología de hardware que se dan con el transcurso del tiempo. Es una conexión de extremo a extremo.
5. **Capa de sesión:** permite a los usuarios en distintas máquinas establecer sesiones entre ellos. Las sesiones ofrecen varios servicios, incluyendo el control del diálogo, el manejo de claves y la sincronización.
6. **Capa de presentación:** se enfoca en la sintaxis y la semántica de la información transmitida. Maneja estructuras codificadas de datos abstractos y permite definir e intercambiar estructuras de datos de mayor nivel.
7. **Capa de aplicación:** contiene una variedad de protocolos que los usuarios necesitan con frecuencia. Un protocolo de aplicación muy utilizado es HTTP.

El modelo TCP/IP

Se puede decir que es la evolución de ARPANET (red de investigación patrocinada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos). Estas son sus capas:

1. **Capa de enlace:** capa sin conexión que opera a través de distintas redes. En realidad, no es una capa en el sentido común del término, sino una interfaz entre los *hosts* y los enlaces de transmisión.
2. **Capa de interred:** es el eje que mantiene unida a toda la arquitectura. Su trabajo es permitir que los *hosts* inyecten paquetes en cualquier red y que viajen de manera independiente hacia el destino.
3. **Capa de transporte:** está diseñada para permitir que las entidades pares, en los nodos de origen y de destino, lleven a cabo una conversación, al igual que en la capa de transporte de OSI.
4. **Capa de aplicación:** contiene todos los protocolos de alto nivel. Entre los primeros protocolos están el de terminal virtual (TELNET), transferencia de archivos (FTP) y correo electrónico (SMTP).

Otro término que se hace importante conocer para la ejecución de este proyecto es IoT (Internet de las cosas), ya que se requiere la conexión de los componentes del sistema de agua potable a la red para lograr acceder a los datos y el control del sistema desde cualquier dispositivo con Internet.

IoT

¿Qué es el Internet de las cosas?

Latto (2019) aporta que es cualquier dispositivo que se puede encender o apagar, y capaz de conectarse a Internet, así puede convertirse en una parte de IoT. La mayoría de estos dispositivos permiten monitorear diferentes condiciones por medio de sensores, pueden comunicarse entre ellos y compartir información en la nube (servidor o servidores conectados a Internet para almacenar información) sin interacción humana, por ejemplo, si una cámara detecta movimiento, puede enviar una notificación al celular del propietario.



Figura 27 Internet de las cosas

FUENTE INTERNET DE LAS COSAS (2019)

Una breve historia del IoT

Latto (2019) escribe lo siguiente:

La Internet de las cosas nació en 1982 con el primer dispositivo conectado de la historia: una máquina expendedora. Esta máquina inteligente empleaba sus capacidades para controlar las existencias e informar (los inventores podían conectarse para comprobar de forma remota si quedaban botellas de su refresco favorito, e incluso si estaban frías). Aunque la máquina expendedora inteligente no llegó a triunfar, sí predijo el uso a gran escala del IoT industrial, con fábricas que emplean sensores conectados para supervisar todos los aspectos de la cadena de suministro y los procesos de envío.

El nombre del invento, «Internet de las cosas», lo acuñó en 1999 el pionero de la tecnología Kevin Ashton. Ese mismo año, el profesor del MIT Neil Gershenfeld escribió Cuando las cosas empiecen a pensar, que ayudó a explicar y predecir el concepto del IoT, aunque sin utilizar todavía ese nombre. (párr. 6-7)

¿Cómo funciona realmente el Internet de las cosas?

Latto (2019) menciona también, que la mayoría de los dispositivos IoT utilizan un *router* (enrutador que permite la conexión de redes, inalámbricas o por cable) para conectarse, ya sea a la red o a la nube y de esta manera, compartir información y controlar ciertas funciones para lo que se hayan diseñado, por ejemplo, en el ámbito comercial se puede supervisar la producción de las máquinas y a su vez, realizar algún ajuste desde otro dispositivo para mejorar el rendimiento.

Las implicaciones del IoT para la seguridad y la privacidad

Nuevamente Latto (2019) menciona que los dispositivos IoT pueden mejorar la calidad de vida, pero también pueden suponer una amenaza. A la hora de evaluar la seguridad de los dispositivos, el conjunto es tan fuerte como el más débil de los eslabones. Basta un dispositivo IoT no seguro para que los *hackers* accedan a toda la red en la que este se encuentre conectado. Lamentablemente cualquier dispositivo capaz de conectarse es susceptible al *malware* (programa maligno) y cuantos más dispositivos se utilicen, mayor es el riesgo.

El IoT también resulta problemático en cuanto a la privacidad, dado que se puede obtener muchos datos de nuestros dispositivos, por ejemplo, tiempos de estadía en la casa, salud de las personas, hábitos de alimentación, conversaciones y gustos, entre otros.

Paneles fotovoltaicos

¿Qué es la energía fotovoltaica?

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En ellos la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, actualmente constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados (La Asociación de Empresas de Energías Renovables [APPA], s. f., párr. 1-3).

Tecnología

El efecto fotovoltaico se basa en la capacidad de los electrones de un material para excitarse y promocionar a un nivel energético superior. La diferencia entre los niveles, denominada *gap*,

puede salvarse en determinados materiales denominados semiconductores mediante los fotones que componen la radiación solar.

Hasta época muy reciente, el desarrollo de esta tecnología estaba basado casi exclusivamente en la obtención de materiales que permitieran una mejor eficiencia en la conversión de la energía solar en eléctrica. Actualmente los últimos desarrollos pasan por las células multiunión, que apilan células con distinto *gap* o la concentración que enfoca la radiación solar hacia una zona específica, de forma que la cantidad de material semiconductor sea menor.

Se trata de una tecnología que depende mucho de la investigación, principalmente en los materiales utilizados, por lo que en el futuro se prevé un aumento del rendimiento de las placas y, por lo tanto, una reducción de los costes. Según los estudios realizados por APPA, antes de 2015 la generación autóctona de energía eléctrica mediante fotovoltaica será más económica que su adquisición en la red eléctrica (APPA, s. f., párr. 1-3).

Aspectos básicos de la radiación solar

Es necesario entender los conceptos que presenta Wright (2006), para entender el funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos.

La radiación solar

El Sol es una esfera de 1 400 000 km de diámetro, que irradia [sic] irradia alrededor de él una gran cantidad de energía debido a reacciones nucleares en cadena. Una parte de esta energía llega a la superficie de la Tierra en forma de ondas electromagnéticas “llamada radiación de onda corta”. Esta radiación solar de onda corta esta [sic] está constituida por la superposición de ondas, cuyas “longitudes” están comprendidas principalmente entre 0.25 y 4.0 μm . (Nota: 1 micrómetro (μm) = 1×10^{-6} metros).

La constante solar

La constante solar (I_{SC}) es la energía del Sol por unidad de tiempo recibida por unidad de área en la superficie perpendicular a la radiación, en el borde de la atmósfera y cuyo valor es:

$$I_{\text{SC}} = (1367 \pm 7) \text{ W/m}^2$$

Este valor de la constante solar es parcialmente absorbida y redistribuida luego de pasar por la atmósfera terrestre, alcanzando en la superficie de la Tierra, valores máximos que raramente superan 1 kW/m^2 en días despejados.

La determinación de la constante solar es de importancia fundamental en la determinación de las irregularidades de la atenuación de la radiación solar en la atmósfera. Dado un valor conocido de la constante solar, es posible hallar el valor del flujo radiante en la superficie de la Tierra.

El máximo de radiación se encuentra en una longitud de onda de alrededor de los $0.48 \mu\text{m}$. A la radiación proveniente de esta zona del espectro solar se le llama en general radiación de “onda corta”, mientras que a la que se produce en el suelo o en la atmósfera, pero en el rango de $5 \mu\text{m}$ a $100 \mu\text{m}$, se la [sic] le denomina de “onda larga”.

Factores que afectan la radiación que llega a la superficie de la tierra.

La radiación que esta [sic] está disponible en la superficie terrestre por unidad de área y de tiempo, esta [sic] está controlada por los siguientes factores.

- A. Latitud del lugar.
- B. Tipo de superficie.
- C. Cantidad de cielo cubierto de nubes.
- D. Contenido de vapor de agua y de aerosoles de la atmósfera.
- E. Día del año (posición de la órbita terrestre).

La cantidad de cielo cubierto de nubes es acaso el factor más importante debido al alto coeficiente de reflectividad de estas; así, una nube de unos centenares de metros de espesor es capaz de reflejar más del 70% de la radiación solar incidente. Aunque en el país no se cuenta con suficientes observaciones de nubosidad, esta deficiencia puede ser compensada en varios sitios por las mediciones de la cantidad de horas de brillo solar.

Papel de la atmósfera

La atmósfera atenúa una parte de la energía que proviene del Sol: por absorción, por difusión y por reflexión.

Cuanto más bajo está el Sol sobre el horizonte, mayor es la capa de aire que deben atravesar los rayos y menor es la energía que llega al suelo. Cuando el ángulo que forma el plano horizontal con los rayos solares llega a ser inferior a 15°, esta energía es muy pequeña. El espesor de aire que deben atravesar absorbe toda su energía.

Las diversas acciones de la atmósfera eliminan una parte de la energía solar, sobre todo en el dominio del ultravioleta y del infrarrojo. A nivel del suelo, la composición de la radiación solar es la siguiente:

| Longitud de onda (μm) | % sobre la energía total | Naturaleza de la radiación |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0,25 a 0,4 | 1 a 3% | Ultravioleta |
| 0,4 a 0,75 | 40 a 42% | Visible |
| 0,75 a 2,5 | 55 a 59% | Infrarrojo |

(Wright, 2006, pp. 3-5)

Radiación directa, radiación difusa, radiación global

Wright (2006), en el estudio del potencial solar en Costa Rica, escribe lo siguiente:

La radiación solar global recibida en cualquier localidad tiene una componente directa y una componente difusa. La radiación que incide sobre una superficie directamente del Sol, sin sufrir cambios de dirección, se conoce como radiación directa, mientras que aquella que llega después de ser reflejada o incluso la radiación infrarroja emitida por las moléculas después de sufrir un calentamiento por efecto de absorción de radiación solar, se conoce como radiación difusa. La radiación directa es la única componente susceptible de concentrarse utilizando colectores concentradores; sin embargo, la radiación difusa permite también importantes ganancias de energía, aún con cielo cubierto de nubes, utilizando colectores planos. Tenemos, por lo tanto, que la radiación solar a ras de tierra estará formada por una componente directa, pues llega hasta nosotros sin sufrir desviaciones, y otra difusa, que se difunde por todo el hemisferio celeste, aparentando que es éste quien la irradia. La suma de estas dos componentes en un plano horizontal se denomina “radiación global”. La componente difusa puede variar desde un 20% sobre el global en un día claro, a un 100% en un día nublado. Si no existiese aire, evidentemente toda la radiación sería directa y si mirásemos el cielo, hacia un lugar diferente al ocupado por el Sol, nuestro ojo no percibiría

radiación alguna (el cielo se observaría de color negro). Tampoco podríamos [sic], por ejemplo, leer un libro con luz natural, a no ser que el propio libro estuviese expuesto directamente a la luz del Sol. Las nubes difunden la radiación solar más fuertemente que el aire seco, por lo que en un día nublado toda la radiación que podemos obtener será radiación difusa. En un típico día despejado la radiación directa es varias veces superior a la difusa.

De acuerdo a [sic] con lo anterior, resulta evidentemente que la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra tendrá una distribución espectral distinta a la existente fuera de la atmósfera debida, no sola [sic] solo a la absorción y reflexión, sino también a otros factores (altitud del lugar, zona geográfica, etc.). Así, la curva de la distribución espectral dentro de la atmósfera está situada por debajo de la curva correspondiente a la radiación encima de la atmósfera (Wright 2003). Además, si bien se produce una absorción de energía para todas las longitudes de onda, nos encontramos que para ciertas longitudes las pérdidas son mayores. Esto es debido a un fenómeno de absorción selectiva de estas longitudes de onda por algunos factores atmosféricos. Tenemos [sic], por ejemplo, que las radiaciones de muy pequeña longitud de onda son absorbidas por el ozono mientras que las radiaciones de la zona del infrarrojo son amortiguadas por la presencia en la atmósfera de vapor de agua, anhídrido carbónico y otras partículas atómicas. (pág.7-8)

Características de un sistema fotovoltaico conectado a red

Las principales componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red son: el arreglo fotovoltaico, que es el elemento encargado de transformar la radiación del sol en electricidad y un elemento acondicionador de la potencia producida, un inversor de corriente continua a corriente alterna, cuya función es adecuar la energía generada por el arreglo a las características eléctricas que la red a la cual se conectará demanda.

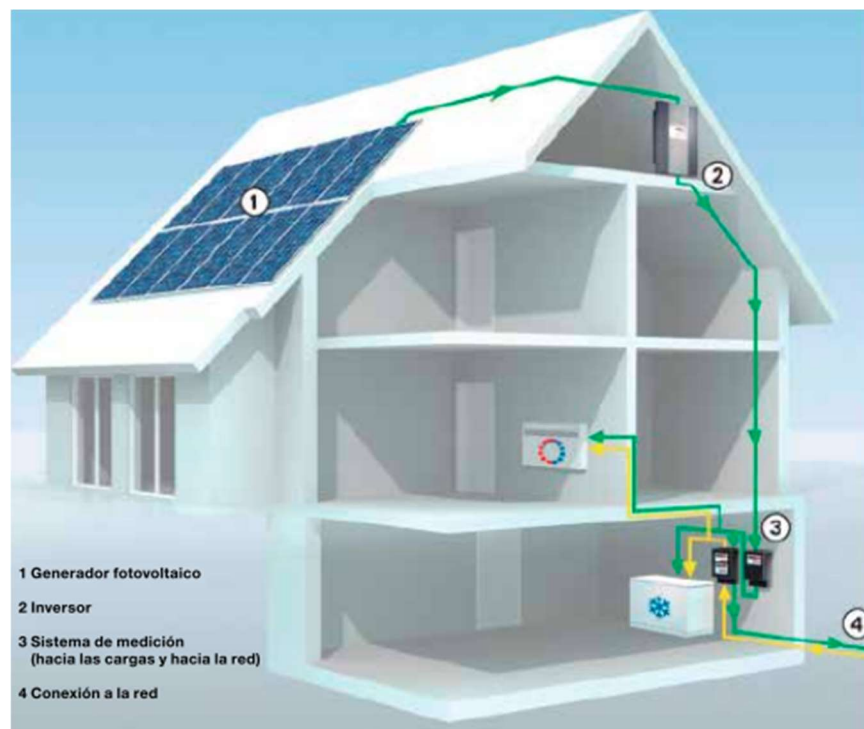


Figura 28 Componentes de un sistema fotovoltaico

FUENTE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS (2013)

Un arreglo fotovoltaico está constituido por un determinado número de módulos o paneles solares fotovoltaicos. El número de unidades dependerá de la potencia nominal requerida en el arreglo y de la potencia pico de los módulos seleccionados. El voltaje de salida del arreglo, que corresponde al voltaje de operación del inversor, se obtiene mediante la conexión en serie de un número determinado de paneles solares fotovoltaicos y la potencia, a través de la conexión paralelo de dichas series. La potencia nominal de los módulos o paneles solares fotovoltaicos está normalmente entre los 200 y 450 Wp. El material comúnmente usado en la fabricación de los módulos o paneles fotovoltaicos es el silicio; la eficiencia típica de estos módulos en condiciones estándar de irradiancia y temperatura (i.e., 1,000W/m², 25°C, AM1.5) se encuentra entre 14 y 22% para silicio monocristalino y silicio policristalino; y entre 5 y 7 % para los de silicio amorfo.

El acondicionamiento de la potencia eléctrica generada por el arreglo fotovoltaico, indispensable para la conexión de este a la red eléctrica convencional, se realiza mediante uno o varios inversores de tipo conexión de red, que convierte la corriente directa producida por el

generador fotovoltaico a corriente alterna, en fase y a la frecuencia de la red para una conexión segura y confiable al sistema interconectado. La eficiencia de los inversores es generalmente mayor a 90% cuando estos operan arriba del 10% de su potencia nominal.

Para extraer siempre la máxima potencia disponible en el arreglo fotovoltaico, el inversor incorpora entre sus funciones uno o varios elementos de control que sigue permanentemente el punto de máxima potencia del arreglo (MPPT, por sus siglas en inglés) mediante un ajuste continuo de la impedancia de la carga.

En relación con los aspectos de seguridad y de calidad de la energía producida, las compañías suministradoras del servicio eléctrico requieren de los fabricantes y usuarios de estos equipos, el cumplimiento de normas y disposiciones aplicables que garanticen que la instalación y operación del inversor y del sistema fotovoltaico en su conjunto, sea segura y no afecte adversamente la calidad de la energía (Renovaenergía S. A., s. f., párr. 5-9).

Características eléctricas de los paneles solares (2016) establece que se pueden encontrar usualmente en la ficha eléctrica del panel. Estos son parámetros que clasifican el panel eléctricamente:

- Intensidad de cortocircuito (I_{cc} o I_{sc}): es aquella que se produce a tensión 0 voltios, por lo que puede ser medida directamente en bornes mediante un amperímetro. Su valor variará en función de las condiciones atmosféricas de medida.
- Tensión de circuito abierto (V_{ca} o V_{oc}): es la tensión máxima del panel, se puede medir al no tener ninguna carga conectada, directamente con un voltímetro, su valor variará en función de las condiciones atmosféricas.
- Potencia máxima (P_{max}), medida en vatios pico (W_p): es la potencia máxima que puede suministrar el panel, es el punto donde el producto de intensidad y tensión es máximo, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp}): es la corriente producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándares de medida.
- Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mp}): es la tensión producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándares de medida.

- Eficiencia (%): este parámetro define la eficiencia de conversión (η), es la cantidad de potencia de radiación incidente sobre el panel que puede convertirse en potencia eléctrica.
- Rendimiento o eficiencia (W_p / W_r): donde W_r es la potencia de radiación incidente sobre el panel solar.
- Tolerancia (%): en el proceso de fabricación no todos los paneles solares son idénticos, presentan una pequeña dispersión. En general, los fabricantes garantizan que la potencia del módulo está dentro de una banda; 63%, 65, 0+3%. También lo ideal es buscar paneles con tolerancias sólo positivas, así el fabricante garantiza cómo mínimo, la potencia declarada del panel en la ficha de características.
- TONC (°C), temperatura nominal de operación de la célula: es la temperatura que alcanzan las células cuando se le somete a una irradiancia de 800W/m^2 , temperatura ambiente de 20°C , una velocidad del viento de 1 m/s y una distribución espectral AM 1,5.

Diseño de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red

Los datos de radiación solar utilizados para el cálculo de la energía que generará la instalación solar fotovoltaica conectada red se obtendrán del programa informático Power de la NASA. El cual genera un fichero en el que se especifican los valores mensuales de radiación horizontal, inclinada y temperatura ambiente, entre otros. Partiendo de los valores de radiación inclinada y temperatura ambiente se genera otra columna con los datos de temperatura del módulo o panel solar fotovoltaico, para cada valor de irradiancia y temperatura y, con estos, utilizando la ecuación simplificada, se calcula los valores de potencia del módulo para cada dato de los valores horarios. A partir de los datos horarios se pueden obtener los mensuales o globales. La expresión de la ecuación simplificada es la siguiente:

$$P_m = P_{m,ref} * \frac{G}{G_{ref}} * [1 + \gamma * (T_c - T_{c,ref})]$$

Donde:

- P_m es la potencia máxima del generador en las condiciones deseadas de irradiancia G y temperatura de la célula T_c .
- $P_{m,ref}$ es la potencia máxima del generador en las condiciones de referencia (condiciones estándar de medida u otras condiciones en las que se conozca la potencia).

- G_{ref} es la irradiancia en las condiciones de referencia.
- $T_{c,ref}$ es la temperatura de la célula en las condiciones de referencia.
- γ es el coeficiente de variación del punto de máxima potencia con la temperatura.

Mientras que la temperatura de la célula a partir de la temperatura ambiente se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$T_c = T_a + \frac{TONC - 20}{800} * G$$

Donde:

- T_c es la temperatura de célula.
- T_a es la temperatura ambiente.
- TONC es la Temperatura de Operación Nominal del módulo fotovoltaico.
- G es la irradiación.

Se debe considerar las siguientes pérdidas en la instalación:

- Pérdidas angulares.
- Cableado: estas pérdidas suelen ser muy pequeñas si el cableado está correctamente dimensionado.
- *Mismatch*: estas pérdidas suelen asumirse en un 3%.
- No seguimiento del PMP
- Diferencias con la P_n : el rango puede oscilar entre el $+ - 3\%$ al $+ - 10\%$. Considérese que las diferencias de P_n van a estar por debajo de la suministrada, considerando así un 3% de pérdidas.
- Suciedad: este valor suele oscilar entre 2-7%.

Así, se determina la energía producida por la instalación teniendo en cuenta las anteriores pérdidas. La productividad final o *Final Yield* YF se define como la energía anual producida por el sistema en un cierto periodo por unidad de potencia instalada, expresada en kWh/kWp (párr.10-18).

Dimensionamiento de los paneles solares

Conociendo la cantidad de horas solares pico (HSP), se es capaz de calcular cuánta energía es capaz de generar un panel fotovoltaico en el plazo de un día. En el artículo de Lorenzo (2015) se determina lo siguiente:

Para calcular la energía generada por un panel solar durante un día (E_{panel}), se debe usar la siguiente ecuación:

$$E_{\text{panel}} = I_{\text{panel}} * V_{\text{panel}} * \text{HSP} * 0.9 \text{ [Whd]}$$

Siendo, I_{panel} y V_{panel} la corriente y tensión máximas del panel, HSP las horas pico de sol (cantidad de horas en las que el panel está generando energía de forma aceptable) y 0,9 es el coeficiente de rendimiento del panel (alrededor de 85-90% al descontar ya las pérdidas). La energía resultante estaría expresada en Whd (watts hora por día).

Esa sería la energía generada por un solo módulo solar, pero si se desea saber cuánta energía va a generar un conjunto de paneles fotovoltaicos con varias placas solares, simplemente habría que aplicar la fórmula siguiente:

$$E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} * V_{\text{generador-fotovoltaico}} * \text{HSP} * 0.9$$

La corriente eléctrica, en este caso, sería la máxima resultante de la asociación de los módulos fotovoltaicos conectados en paralelo de cada rama (*string*) y el voltaje sería el resultante de la suma de tensiones de cada rama (*string*) conectados en serie. El símbolo eléctrico que se suele utilizar para representar gráficamente un panel fotovoltaico se muestra en la Figura 29 (párr.5-9).

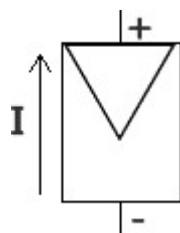


Figura 29 Símbolo eléctrico de un panel fotovoltaico

FUENTE SUNFIELDS EUROPE (2015)

De acuerdo con Lorenzo (2015), en las fórmulas que propone en su artículo, se adecuan con las siguientes letras para su entendimiento y se utilizan para realizar los siguientes cálculos:

Número de paneles

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{0.9 * W_p * HSP}$$

Donde:

- **E** = Consumo energético por día, expresado en Watts por hora al día (Wh/día)
- **W_p** = Potencia pico del panel en condiciones estándares de medida STC (condiciones de prueba estándar por sus siglas en inglés), en Watts (W)
- **HSP** = Horas solares pico, se obtienen a partir de la irradiación en la zona donde se ubicarán los módulos fotovoltaicos dividida entre 1000 W/m²
- **0.9** = Coeficiente de rendimiento del panel que contempla un 10% de pérdidas.

Conexión paneles solares: en paralelo, en serie, y conexión en serie y paralelo

Basándose en lo que explica Lorenzo (2015), en la mayoría de los proyectos fotovoltaicos y dependiendo de la potencia de la instalación será necesario asociar varias placas en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente deseados.

Existen tres tipos de conexiones para los módulos fotovoltaicos:

Conexión de módulos fotovoltaicos en serie: para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con los paneles que sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.

La tensión generada será igual a la suma de cada una de las tensiones de cada panel que compone la rama (*string*), teniendo claro que siempre se debe conectar paneles de las mismas características. En la Figura 30 se puede observar el diagrama de conexión en serie de tres paneles, cada uno tiene un voltaje de 37,45V y una corriente eléctrica de 9,98A.

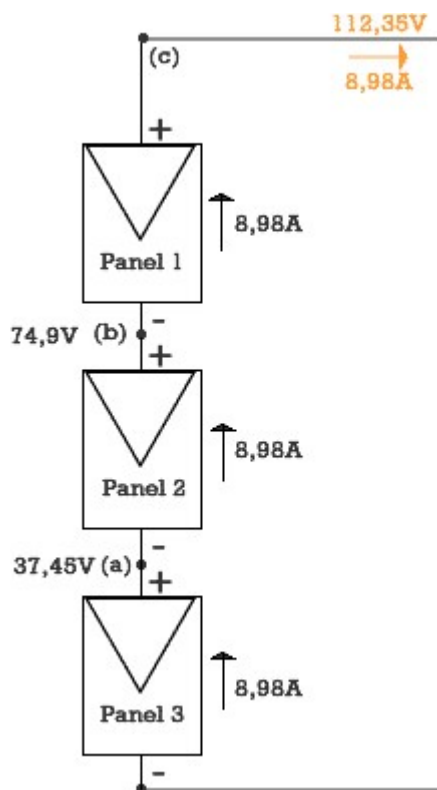


Figura 30 Conexión de paneles fotovoltaicos en serie

FUENTE SUNFIELDS EUROPE (2015)

Como se indica en color naranja, a la salida de la rama (c), la tensión resultante es la suma de cada una de las tensiones de cada panel que componen la rama en serie (112,35V) y la corriente será la misma que la de uno de los paneles (8,98A).

Si se daña un panel en este tipo de conexión y no se logra encontrar el mismo modelo en el mercado, sino que el más similar, se cuenta con las siguientes características: 31,40V de tensión y 9,33A de corriente máximas. Sucede que, al conectar este módulo en serie con los demás paneles ya instalados, toda la rama (*string*) se pondrá a trabajar a la corriente de menor magnitud. En este caso, con una corriente (9,33A) mayor que los módulos ya instalados (8,98A), no sufrirá modificaciones la instalación.

En caso de tener una corriente inferior en el módulo nuevo en comparación con los ya instalados, esto afecta todo el *string* y se produce una caída de producción, por lo tanto, no es recomendable usar módulos de sustitución con corrientes inferiores a las de los módulos instalados.

Conexión de placas solares en paralelo: se conectan todos los polos positivos de los módulos y por aparte, todos los polos negativos. Con esto se consigue aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel), pero se mantiene la misma tensión que la de un panel que compone la rama. En otras palabras, si se conectan los paneles en paralelo a la salida de la rama, se obtiene la suma de las corrientes de cada “subrama” y la tensión de salida de cada “subrama”. Ver Figura 31.

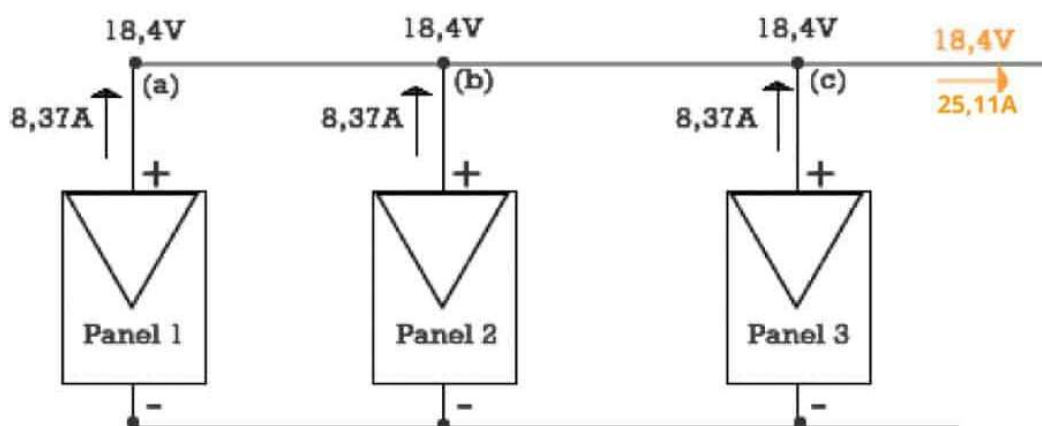


Figura 31 Conexión de paneles fotovoltaicos en paralelo

FUENTE SUNFIELDS EUROPE (2015)

Como se observa en el esquema, en color naranja se obtienen los valores de salida del sistema de generación fotovoltaico, en el que la tensión de salida es 18,4V (ya que los paneles están conectados en paralelo) y la corriente 25,11A (pues al estar en paralelo se suma la corriente de cada rama a, b y c).

Conexión mixta de placas solares: es la última opción de configuración, en este caso es donde se encuentran ramas con paneles conectados en serie y a su vez, conectadas en paralelo. Esta configuración se usa cuando se debe lograr corrientes y tensiones de salida muy determinadas.

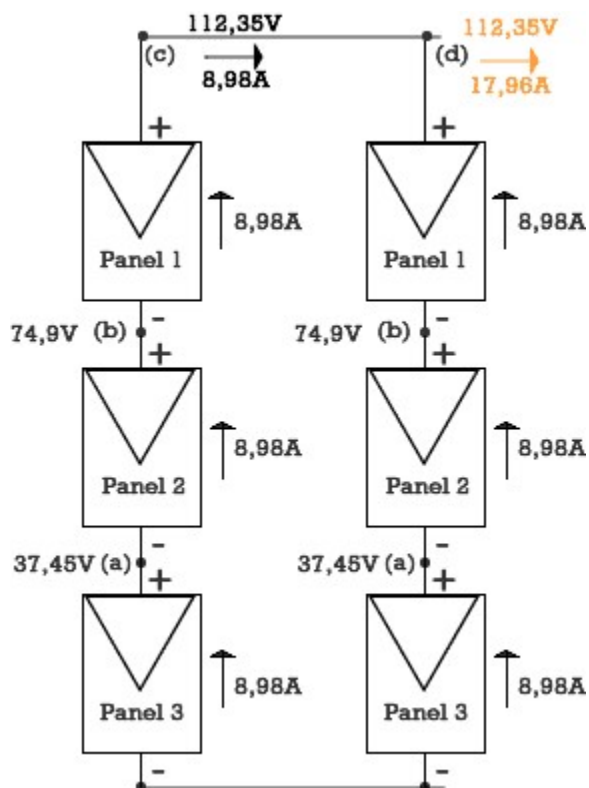


Figura 32 Conexión de paneles fotovoltaicos en forma mixta

FUENTE SUNFIELDS EUROPE (2015)

Como se observa en la Figura 32, en el punto (c) de la primera rama (*string*) se tiene la suma de tensiones de los paneles y la corriente unitaria, en el punto (d), que es la salida del sistema, se tendrá la misma tensión de salida de cada una de las ramas, pero como corriente de salida será la suma de la corriente de salida de cada una de las ramas, al encontrarse conectadas en paralelo.

De esta forma y gracias a esta conexión se aumenta tanto el voltaje como la intensidad, la cual posteriormente el regulador MPPT adaptará a las características de las baterías, dado que la energía que entra y sale del regulador es la misma, pero la tensión y la corriente son diferentes de un lado y el otro. Con ello se consigue aumentar la tensión del panel solar y aumentar la producción solar. En este caso el regulador es capaz de trabajar siempre en el punto de máxima potencia del panel sin tener ningún tipo de pérdida.

Para el cálculo de la cantidad de paneles que se deben conectar en serie (N_{SERIE}) se utiliza el voltaje de la batería (V_{BAT}) y el voltaje del módulo fotovoltaico en condiciones STC ($V_{MOD, MPP}$), como se observa en la siguiente fórmula:

$$N_{SERIE} = \frac{V_{BAT}}{V_{MOD, MPP}}$$

Con la cantidad de paneles en serie (N_{SERIE}) y la cantidad total de estos (N_T), se puede determinar la cantidad de *strings* que se conectan en paralelo ($N_{PARALELO}$)

$$N_{PARALELO} = \frac{N_T}{N_{SERIE}}$$

¿Es necesario el uso de baterías en un sistema de bombeo solar?

Concordando con Lorenzo (2015), se puede extraer lo siguiente: lo cierto es que no, aunque puede usarse baterías solares, no es lo más recomendable, pues encarecen enormemente el sistema. Simplemente, si se necesita bombear agua en horas nocturnas, la solución es incorporar un depósito elevado de agua para almacenarla y poder utilizarla en momentos sin sol. Al final, las baterías son para almacenar energía, en este caso, en lugar de almacenar energía eléctrica, se almacena el agua en un tanque elevado, para estar disponible mientras no haya energía solar.

Cálculo del regulador/controlador de carga:

Se puede destacar lo que escribe Lorenzo (2015) en su artículo sobre los cálculos del regulador y el inversor fotovoltaico: para el cálculo del regulador se debe calcular la máxima corriente que debe soportar el regulador, tanto en la entrada como en su salida.

Para calcular la corriente de entrada en el regulador se multiplica la corriente de cortocircuito de un módulo, por el número de las ramas en paralelo (la corriente de cada rama en paralelo será aproximadamente la misma), esto se detalla en la siguiente ecuación:

$$I_{entrada} = 1,25 * I_{MOD, SC} * N_p$$

Siendo,

- ($I_{MOD, SC}$) la corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Se usa la corriente de cortocircuito para el cálculo de la corriente de entrada al regulador, porque será la máxima corriente que podría ser generada por el módulo fotovoltaico y así, evitar pérdidas de rendimiento.
- (N_p) número de ramas en paralelo.
- 1,25 es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador.

Para el cálculo de la corriente de salida se debe tomar en cuenta las potencias de las cargas DC y las cargas AC, por lo que se puede calcular de la siguiente manera:

$$I_{salida} = \frac{1,25 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

Siendo,

- (P_{DC}) potencia de las cargas en corriente continua.
- (P_{AC}) potencia de las cargas en corriente alterna.
- (η_{inv}) rendimiento del inversor, en torno a 90-95%.

Cálculo del inversor fotovoltaico

Por último, para el cálculo de la potencia del inversor fotovoltaico (P_{inv}), únicamente se calcula la suma de las potencias de las cargas de alterna (P_{AC}) y se aplica un margen de seguridad. El cálculo se muestra a continuación:

$$P_{inv} = 1,2 * \sum P_{AC}$$

Los motores utilizados para el bombeo tienen picos de arranque, lo que supone que para su arranque van a demandar mayor potencia que la nominal, en ocasiones hasta cuatro o cinco veces más de la potencia nominal prevista. Es por esta razón que, para evitar problemas y deficiencias en el correcto funcionamiento de la instalación, es recomendable hacer un sobredimensionamiento que contemple los picos de arranque:

$$P_{inv} = 1,2 * \sum (P_{motores AC} * 4 + P_{AC \text{ que no son motores}})$$

Por último, para seleccionar el inversor, en el mercado se encuentran estos de onda senoidal pura (PWM) y de onda senoidal modificada (MSW). No confundir con los de red, como es el caso de Fronius inversores o similares. La recomendación es utilizar, siempre que sea posible, los de onda senoidal pura, aunque son algo más caros, evitarán más de un problema que podrían ocasionar los de onda modificada con el uso de motores.

De acuerdo con Alonso (2015) en lugar de un inversor también se pueden utilizar microinversores para el diseño fotovoltaico.

¿Qué es un microinversor y cómo funciona?

Un microinversor es un inversor de tamaño reducido (del tamaño de una libreta), diseñado para conectarse individualmente a cada panel solar. Esta es una de las primeras diferencias con los inversores solares de cadena tradicionales, los cuales normalmente se montan en una pared a cierta distancia de los paneles solares y se conectan mediante un cable de corriente continua CC.

En los sistemas de inversores solares de cadena, la electricidad, en corriente continua, que procede de los paneles, se convierte en corriente alterna en el inversor; sin embargo, cuando usamos microinversores, como cada panel solar está equipado con un microinversor, funciona de forma independiente del resto del conjunto solar y la energía de CC se convierte en el tejado en CA de forma instantánea. Algunos paneles solares ya vienen con microinversores incorporados; estos se conocen como módulos solares AC y los analizaremos con más detalle más adelante.

Es muy importante destacar que la mayoría de las ventajas de los microinversores sólo se aplican si los microinversores que instalamos son de alta calidad. Existen marcas en el mercado que comentaremos más adelante y cuya tasa de fallo es ínfima y suponen una inversión segura y duradera.

Ventajas de los microinversores

SunFields Europe indica que:

La principal ventaja de los microinversores es que cada panel se supervisa de forma independiente y se ajusta para obtener la máxima generación de energía.

Debido a diversos factores, como la sombra, la suciedad y el desajuste, los paneles solares pueden producir cantidades variables de energía. En una instalación de cadena normal, los paneles

se conectan en serie y un solo panel de bajo rendimiento, sombreado o sucio puede disminuir significativamente la producción de energía de toda la cadena.

En cambio, con los microinversores esto no sucede y mejora el rendimiento y la generación de energía en situaciones adversas como:

- Los árboles, los edificios, los postes, los cables, las antenas o las estructuras de los tejados que pueden generar sombra.
- Suciedad acumulada por el polvo, la nieve, los excrementos de aves o los pájaros.
- Variaciones eléctricas de los paneles debido a las tolerancias de fabricación.
- Defectos de los paneles, como las microfisuras, los puntos calientes y la penetración del agua.
- Diferencias de temperaturas entre los paneles durante el día.
- Degradación del panel - Con el tiempo, los paneles se degradan pero esta degradación no tiene por que [sic] ser igual para todos los paneles.
- Elimina la Degradación Potencialmente Inducida (PID).
- Diseños de tejado complejos donde los paneles que se tienen que colocar en una variedad de orientaciones y ángulos.
- Las áreas de los tejados en las que sólo caben pocos paneles, muy frecuente en viviendas con tejados pequeños.
- No hay puntos singulares de fallo.
- Las tensiones de las cadenas no son una limitación.
- Se pueden añadir fácilmente paneles diferentes o más nuevos con el paso del tiempo.

Es decir, los microinversores pueden aumentar en gran medida el rendimiento de un sistema fotovoltaico residencial al permitir que todos los paneles funcionen a su punto de máxima potencia de modo individual sin verse influidos por el rendimiento de otros paneles.

La capacidad de poder ubicar los paneles en muchas partes de los complejos diseños de tejados con diferentes orientaciones y ángulos de inclinación es otra ventaja de los microinversores.

Los microinversores, a diferencia de los inversores de cadena, no se ven limitados por la colocación de los paneles, que suele limitarse a dos o tres orientaciones. Los inversores de cadena

suelen tener sólo dos entradas de cadena (MPPT), lo que limita su capacidad para funcionar con sólo dos grupos de paneles.

Además, las cadenas deben tener suficiente potencia para hacer funcionar el inversor, lo que implica que cada cadena debe tener al menos cuatro paneles. Cualquiera de estas limitaciones no se aplican a los sistemas de microinversores.

¿Qué microinversores son los recomendados?

Como indicábamos anteriormente, todas las ventajas que tienen los microinversores frente a los inversores de cadena son válidas, siempre y cuando se utilicen microinversores de alta calidad.

Respecto de las marcas que existen en la actualidad, el que es reconocido como el mejor microinversor del mercado, es el fabricado por la marca americana Enphase. Enphase Energy está considerada desde hace tiempo como el principal productor de microinversores del mundo, debido a que se creó en 2006.

Enphase, con sede en Estados Unidos, lanzó el primer microinversor, el M175, en 2008, pero las ventas no despegaron realmente hasta que se lanzó la siguiente generación, el M190, en 2009. Desde entonces, Enphase ha sido el líder del sector en tecnología de microinversores, con una gran cuota de mercado en Estados Unidos.

Los microinversores IQ7A e IQ7+ son la séptima generación de microinversores, forman parte de la familia de microinversores Enphase Energy. Es precisamente el IQ7A el que incorporan los módulos solares AC como los SunPower Maxeon 5 AC y los SunPower Performance P3 AC.

Monitorización a nivel de sistema y de panel

Los microinversores, a diferencia de los inversores de cadena, permiten una mejor monitorización del sistema, porque cada panel puede ser supervisado por separado. Otros “optimizadores de CC” montados en el panel, como los de Tigo o SolarEdge, pueden proporcionar también una supervisión y optimización a nivel de panel individual, pero presentan los problemas típicos de los inversores de cadena.

Además, el instalador puede acceder a distancia al sistema para supervisar todos los dispositivos panel por panel y recibir una notificación cuando algún panel tenga un rendimiento inferior, lo que evita el tiempo de inactividad del sistema y ayuda a las reclamaciones de garantía.

En el caso de Enphase Energy, incluye el centro de supervisión Envoy, el cual permite la configuración, la puesta en marcha y la supervisión remota. También supervisan todos los sistemas registrados en todo el mundo desde su sede en Estados Unidos, lo que proporciona información vital para controlar las condiciones de los fallos y mejorar sus productos.

Fiabilidad

Muchos microinversores, como los de Enphase, tienen una garantía de 25 años, que es mucho más larga que la típica garantía de diez años de los inversores de cadena. Como es lógico, esto sólo ocurre con microinversores de alta calidad, como los fabricados por Enphase, el cual ha demostrado ser uno de los fabricantes de inversores más fiables del mundo. (SunFields Europe, párr. 3-21)

Seguridad de CA frente a CC

Como se sabe, un sistema fotovoltaico convencional que utilice inversores en cadena genera la electricidad en corriente continua desde los paneles solares colocados en el tejado hasta el inversor y este transforma la corriente de CC en electricidad alterna.

Cuando se utilizan microinversores, si uno de los paneles solares se avería, este no se convierte en un peligroso “punto caliente”. Esto sí puede ocurrir en los sistemas con inversores de cadena, debido a la mayor tensión y corriente, y puede provocar problemas de quemaduras en el panel e incluso incendios.

Además de esto, usar microinversores, sobre todo en viviendas, es importante porque cuando un cable que conduce corriente continua se daña, la tensión de la electricidad de CC es más probable que induzca un arco, lo que puede provocar un calentamiento y un posible incendio. Al usar microinversores no hay cables de corriente continua desde el tejado a la vivienda, por lo que ese riesgo desaparece.

Módulos solares con salida en alterna de serie

Los instaladores se benefician enormemente con la rapidez con la que pueden instalar los módulos de CA. Con un panel solar con inversor integrado, los instaladores sólo tienen que colocar los paneles en el tejado y conectarlos, porque los microinversores ya vienen instalados de fábrica.

Como el microinversor está incorporado al panel, hay menos puntos de fallo y el microinversor suele estar optimizado para el panel al que se acopla. Esto es más fiable y requiere menos manipulación, lo que puede ahorrar a los consumidores dinero en la instalación (SunFields Europe, párr. 23-28).

CAPÍTULO III - MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican que los enfoques “constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación” (p. 2). Un enfoque de investigación es una forma de marcar una ruta a seguir para alcanzar un objetivo, ayuda a tener claridad sobre qué se debe investigar a profundidad para aproximarse a la investigación que se realiza. Se proponen tres tipos de enfoques de investigación:

- Enfoque cuantitativo (CT)
- Enfoque cualitativo (CL)
- Enfoque mixto.

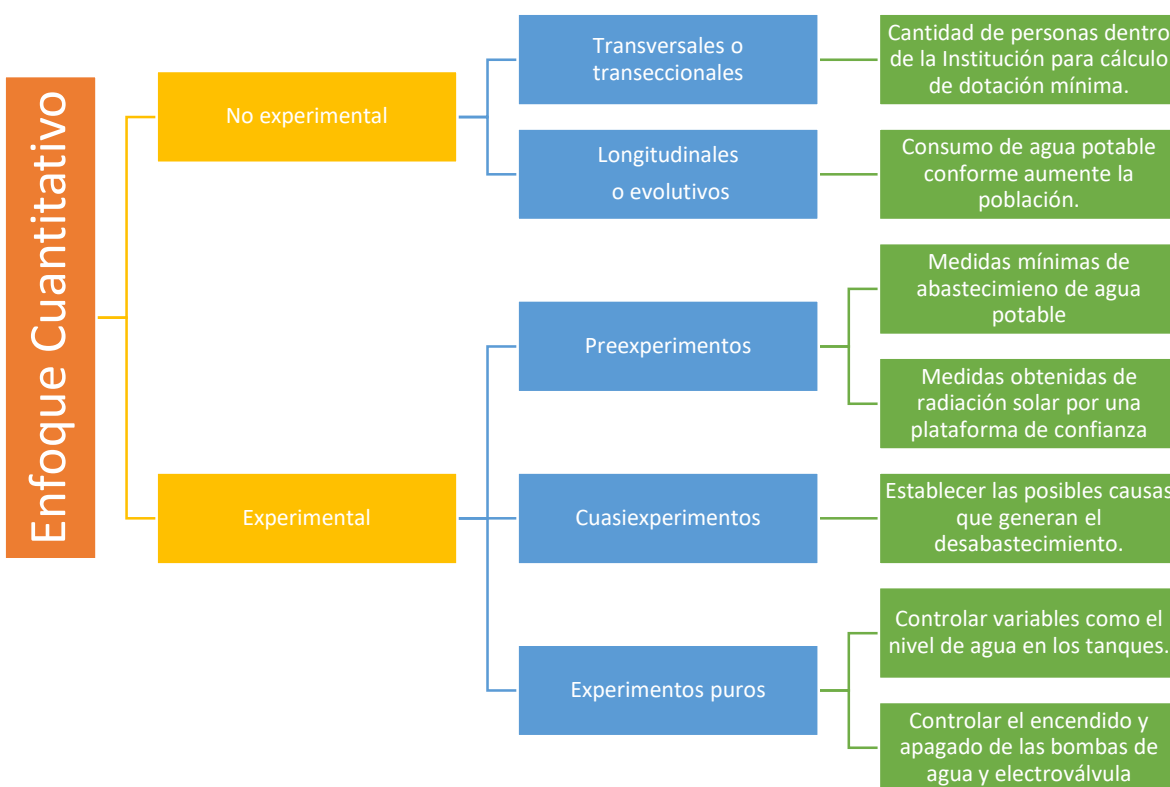
Por la naturaleza de este proyecto y teniendo claros los objetivos y la problemática que se desarrolla en este, se elige el tipo de enfoque cuantitativo, dado que se busca evaluar mediante datos obtenidos en campo y comprobar ciertas variables, y también, el diseño del sistema de agua potable existente.

Enfoque cuantitativo

Hernández et al. (2014) sostienen que se puede adaptar las características de un enfoque cuantitativo y fundamentar la elección de esta investigación.

- Inicia con una perspectiva teórica para comprobarla empíricamente: en este trabajo se inicia con datos teóricos y obtenidos en campo, con el fin de realizar cálculos para encontrar la dotación y caudal máximo de agua potable.
- Establece pautas de comportamiento o comprobación teórica: con base en los resultados obtenidos se realizará una comprobación con lo que establece la normativa vigente en el país para demostrar si esta cumple o no.
- La teórica guía el estudio: mediante la teoría se establecerán las mejoras para el sistema, por ejemplo, el diseño de un tablero para la automatización y el cálculo de los paneles solares necesarios para la generación energética requerida.

- Es secuencial y probatoria: conforme se van obteniendo datos en el proyecto, se puede ir tomando decisiones y así avanzar.
- Intenta generalizar resultados: al ser mediciones de diferentes tipos, se utilizan medidas universales que sean entendidas por cualquier profesional.
- Se fundamenta en medición: los datos que se desea obtener son medibles e incluso, importantes para la toma de decisiones en el proyecto.
- La pregunta de investigación versa de cuestiones específicas: el caso específico de esta investigación es sobre el abastecimiento de agua potable.
- Pretende confirmar y predecir los fenómenos, buscando regularidades y relaciones causales entre los elementos: se hacen hipótesis sobre las posibles causas del desabastecimiento y se confirman con las mediciones realizadas en los procesos.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Fuentes de información

Se encontrarán en la siguiente tabla, datos importantes sobre las fuentes de información requeridas para la obtención y entrega de datos, tanto preliminares como concluyentes del trabajo; estas muestras ayudan a tener con claridad las variables que se desea controlar, lo cual, beneficia este flujo de datos.

Tabla 1 Variables del proyecto

| Muestra | Unidad | Tipo de dato |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Población total | Personas | Probabilístico |
| Caudal | Litros/segundo (l/s) | Probabilístico |
| Piezas sanitarias | Unidades Accesorio (u. a.) | Probabilístico |
| Volumen | Metros cúbicos (m ³) | Probabilístico |
| Presión de agua | Metro columna de agua (mca) | Probabilístico |
| Consumo energético | Kilowatts hora (KW/h) | Probabilístico |
| Corriente eléctrica | Amperios (A) | Probabilístico |
| Corriente cortocircuito | Kiloamperios (KA) | Probabilístico |
| Voltaje | Voltios (V) | Probabilístico |
| Irradiación solar | Hora Solar Pico (HSP) | Probabilístico |
| Nivel de agua | Metros (m) | Probabilístico |
| Horarios de trabajo | Horas (H) | Probabilístico |
| Costo monetario | Colones (₡) | Probabilístico |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Unidades de análisis

Tabla 2 Definiciones según objetivo para enfoque cuantitativo

| Objetivo | Variable | Indicador | Definición Conceptual | Definición Operacional | Definición Instrumental |
|--|---------------------------------|--|---|---|---|
| Evaluar la capacidad instalada de la red de agua potable en la Institución a través de un levantamiento en campo con los datos reales del sitio para compararlos con los requerimientos mínimos que dicta la normativa vigente en el país. | Piezas sanitarias | u. a | Unidad empírica de caudal para cada pieza sanitaria de consumo de agua. | Se llevará a cabo una visita en campo para tabular la cantidad de piezas sanitarias con su respectiva unidad accesorio, con el fin de sacar un total. | -Lápiz de grafito -Hojas rayadas -Computadora -Excel 360 |
| | Caudal de diseño | l/s | Volumen de líquido o fluido que pasa por una sección de tubería o canal por unidad de tiempo. | Se determinará el caudal por medio de medidas en campo, con el cambio de niveles, el área del tanque y un cronómetro. | -Tubo PVC marcado en cm -Cinta métrica Stanley de 5m -Cronómetro de reloj Huawei GT |
| | Consumo diario | l/d | Caudal medido en una conexión por un día. | Se determinará con el caudal multiplicado por las horas del día. | -Excel 360 |
| | Volumen | m ³ | Cantidad de espacio que ocupa un objeto en tres dimensiones. | Obtención de datos por medio de planos constructivos y cálculos que reflejen el volumen total instalado de los tanques. | -Lápiz -Cuaderno -Calculadora Casio fx-991EX -Excel 360 -Planos en PDF |
| Seleccionar los elementos más idóneos de control eléctrico mediante fichas técnicas, conocimientos técnicos y/o recursos existentes en la Institución que cumplan con las características necesarias, tanto de funcionamiento como de presupuesto alcanzable para el diseño del circuito eléctrico y armado del mismo que manejará el sistema de bombeo. | Tensión | V | Es la fuerza con la que se mueven los electrones en circuito. | Se buscarán los componentes necesarios para el panel de control por medio de catálogos, fichas técnicas, características y/o existencias en la institución que se adecuen al diseño eléctrico y cumplan con las normas requeridas para su implementación. | -Catálogos de componentes de la marca Siemens y Schneider Electric. -Fichas técnicas -Excel 360 |
| | Corriente eléctrica | A | Flujo de electrones en un punto en un en un segundo. | | |
| | Corriente de cortocircuito (Ik) | KA | Corriente de cortocircuito ininterrumpida en los elementos de protección. | | |
| | Potencia eléctrica | W | Es la cantidad de energía eléctrica en un segundo utilizada por un aparato | | |
| Calibre de cables | AWG | Por sus siglas <i>American Wire Gauge</i> es una referencia de clasificación de medidas de cable relacionadas con su diámetro. | | | |

| Objetivo | Variable | Indicador | Definición Conceptual | Definición Operacional | Definición Instrumental |
|---|------------------------|-----------|---|--|--|
| Establecer la lógica de programación de un relé inteligente por medio de un análisis de los requerimientos actuales de la Institución para la automatización de su sistema de bombeo. | Niveles de llenado | m | Altura de agua en metros desde la base del tanque hasta donde se encuentra el líquido. | Recopilación de las condiciones requeridas según la normativa y solicitud de los encargados en la Institución, para el óptimo funcionamiento del sistema de bombeo. Se procederá luego con un diagrama de flujo que sirva de guía para su respectiva programación en un PLC. | -Aplicación de Microsoft Word para el celular -Aplicación web Lucidchart con licencia de docente. -Programa LOGO!Soft Comfort V8.3 -Programa LOGO!Web Editor V1.1.0 |
| | Horarios de trabajo | H | Horas ideales para la puesta en marcha de la bomba, para el aprovechamiento de la energía. | | |
| | Condiciones de trabajo | Lógica | Es el establecimiento de ciertas condiciones que al cumplirse determinan la puesta en marcha de los equipos. | | |
| Rediseñar la alimentación eléctrica del sistema de bombeo a través de paneles fotovoltaicos como respaldo para garantizar la continuidad del servicio en la Institución aun existiendo un corte energético. | Tensión | V | Es la fuerza con la que se mueven los electrones en circuito. | Cálculo del consumo energético del sistema de bombeo, para obtener la potencia y cantidad de paneles fotovoltaicos. | -Excel 360 |
| | Corriente eléctrica | A | Flujo de electrones en un punto en un en un segundo. | | |
| | Consumo energético | KW/h | Es la cantidad de energía que se utiliza para energizar un aparato eléctrico en un tiempo determinado. | | |
| | Irradiación | HSP | Es la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m ² . Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m ² o lo que es lo mismo, 1 kWh/m ² | Se utiliza la aplicación web Power de la NASA, en la que se elige el punto del que se desean obtener los datos y cuáles se buscan, en este caso para fines fotovoltaicos, estos se descargan y se utiliza Excel para el acomodo de los datos obtenidos de la aplicación. | -Aplicación web Power Data Access Viewer v2.0.0 - Excel 360 |
| Estimar el costo de la implementación de este proyecto mediante un análisis de cotizaciones y la construcción de un presupuesto para el cálculo de la inversión inicial. | Costo monetario | Colones | El costo es el valor de la implementación del proyecto. | Realizar un presupuesto que contemple la suma de todos los costos que requiere el proyecto sumando estos en una hoja de Excel para obtener un monto total. | -Cotizaciones de los productos -Cotización de la mano de obra -Excel 360 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Propuesta para el desarrollo del método

Es importante establecer para el siguiente trabajo, un orden o una ruta para su avance, por lo que se hace de vital importancia el siguiente diagrama de flujo, en el cual, se puede observar los pasos a seguir, desde el paso más importante en la parte arriba, que además, son fundamento para ir desarrollando los demás abajo.



Recolección y análisis de datos

Se inicia con la recopilación de artículos necesarios del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones Edición 2017, para revisar los requisitos mínimos de dotación de agua potable necesarios para la institución de CEDES Don Bosco, estos cálculos se llevarán a cabo en una hoja de Excel. Además de una visita en campo para realizar un levantamiento de las piezas sanitarias instaladas y los tanques construidos en la Institución para obtener datos actualizados, los cuales se irán agregando en el mismo archivo, con el fin de comparar con mayor facilidad los obtenidos con los mínimos requeridos.

Con respecto a la selección de los componentes para el panel de control, se utilizarán catálogos y manuales actuales de marcas reconocidas que cumplan con las normas UL como

Schneider Electric y Siemens, además de cubrir las necesidades requeridas para el diseño y propósito de este.

Para el diseño del plano eléctrico se empleará el software de Autodesk AutoCAD Electrical 2023, que cuenta con buenas herramientas para elaborar este tipo de trabajos, maneja catálogos actualizados de los fabricantes de componentes, es un trabajo de carácter profesional y manipulando correctamente el diseño se logra sacar un listado de componentes que servirá para solicitar su respectivo presupuesto.

La lógica de control se desarrollará en el software LOGO!Soft Comfort de Siemens para el controlador y LOGO!Web Editor V1.1.0 del mismo fabricante para el diseño de la interfaz gráfica, los cuales permiten la simulación del programa y cumplen los requerimientos del diseño de la automatización que se espera.

En el diseño del respaldo de energía solar necesaria para la alimentación del sistema de agua potable, se empleará como referencia la documentación de radiación obtenida en algunos antecedentes, además, se utilizará el software web de Power de la NASA, con el fin de calcular la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para este proyecto.

Para la elaboración del presupuesto de la inversión inicial, se utilizará una hoja de cálculo de Excel que tabula los costos y calcula el total necesario de la inversión que requiere hacer la Institución para la implementación de este proyecto. Luego se copiará a este documento.

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS DE DATOS

Dotación mínima diaria

Inicialmente en este capítulo se desarrolla un estudio para el cálculo de la dotación de agua potable necesaria para la institución de CEDES Don Bosco, con el fin de contrastarlo con lo instalado actualmente y lograr descartar que la causa del desabastecimiento se deba a un mal diseño, en caso contrario, se debe sugerir un nuevo diseño que contemple un nuevo tanque de almacenamiento.

Para entender de mejor manera el proyecto es importante mostrar un diagrama unifilar electromecánico del mismo, en el que se logre ubicar cada parte del sistema de bombeo completo, con el fin de comprender el funcionamiento y la ubicación de los elementos que lo componen, entre otros. Esta imagen es un diseño del arquitecto de la Institución, en el cual se implementó lo mecánico, pero no la parte eléctrica. A continuación, se presenta la imagen mencionada.

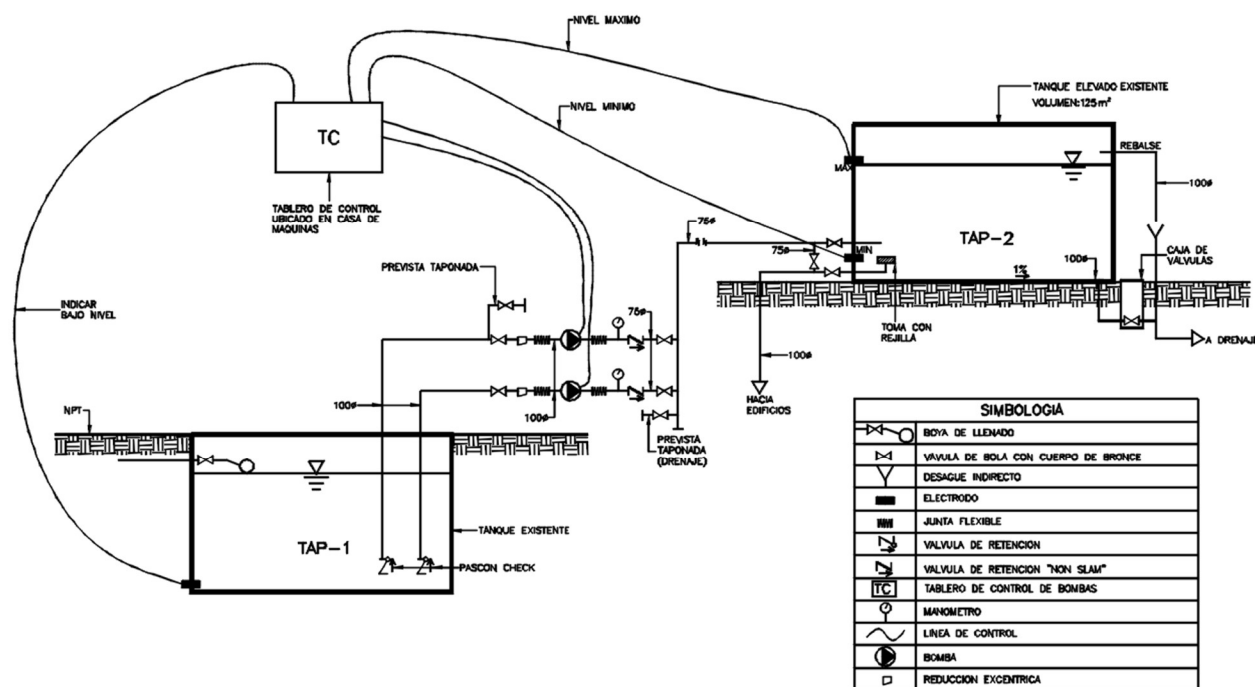


Figura 33 Diagrama unifilar del sistema de bombeo de CEDES Don Bosco

FUENTE PLANOS ASOCIACIÓN DE ORATORIOS SALESIANOS DON BOSCO (2006)

Para esto se debe aplicar el Artículo 4-1 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones Edición 2017 y el uso de la tabla del Apéndice A. Tabla 4.1 DOTACIONES MÍNIMAS DIARIAS, en esta se puede encontrar para el caso específico de CEDES Don Bosco, que la dotación mínima diaria es de 50 litros entre persona/ día, utilizando como referencia en clase de edificación “Escuelas” y “alumnado externo”. Pero esta Institución, además, cuenta con tres sodas que brindan servicio para la población, por lo que se debe tomar en consideración 50 litros entre metro cuadrado de área útil día para la dotación, basándose en la clase de edificación “Restaurantes, bares y similares” con la nota (4) y no el dato de 25 litros entre persona/ día, dado que no toda la población hace uso de este servicio en todo momento. Con esta información, los datos obtenidos en campo como las medidas de las sodas y la cantidad de población de la Institución, se realizan los cálculos de dotación mínima que se observan en la Tabla 3.

Tabla 3 - Cálculo de dotación mínima diaria en CEDES Don Bosco

| Cálculo según Anexo A. Tabla 4.1 DOTACIONES MÍNIMAS DIARIAS | | | | | | | | |
|---|-------------|-----|------------------------|-----------|--------------------------------------|--|-------------|---------|
| | Medidas (m) | | Área (m ²) | Población | Dotación | Subtotal (l/d) | Total (l/d) | |
| Escuelas alumnado externo | | | | - | 2200 | $50 \frac{l}{\text{persona} * \text{día}}$ | 110000 | 132 310 |
| Soda Liz | 21 | 7,6 | 159,6 | - | $50 \frac{l}{\text{m}^2 * \text{d}}$ | 7980 | | |
| Soda Karol | 22 | 7,3 | 160,6 | - | $50 \frac{l}{\text{m}^2 * \text{d}}$ | 8030 | | |
| Soda Don K | 18 | 7 | 126 | - | $50 \frac{l}{\text{m}^2 * \text{d}}$ | 6300 | | |

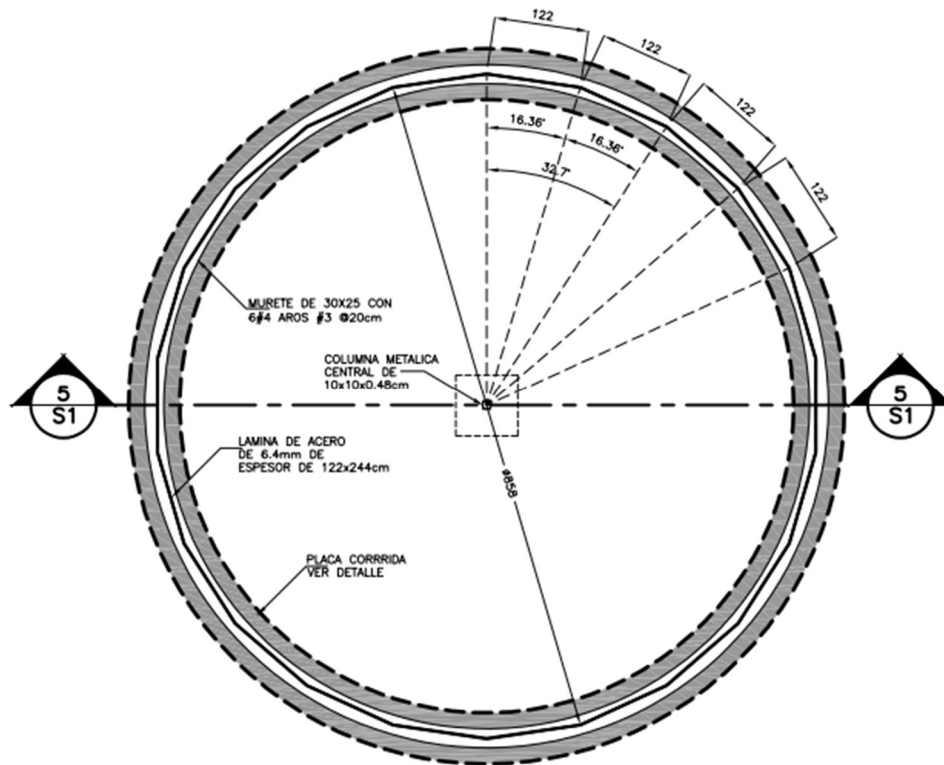
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se puede observar en la Tabla 3, al realizar los cálculos necesarios para encontrar la dotación mínima, se obtiene un total de 132 310 litros/día o su equivalente en metros cúbicos de 132,31 m³/día, con este dato se puede comparar si los tanques instalados tienen la capacidad para almacenar más de esta cantidad y de esta manera, asegurar el recurso de agua potable a la Institución, para esto es importante determinar los volúmenes de los tanques.

Para el tanque de captación se conoce el dato del volumen instalado según el manual de mantenimiento perteneciente a la Institución, en este se indica que el volumen es de 336 m³ o su equivalente a 336 000 litros; empero, se desconoce el dato del volumen del tanque elevado, por lo que se debe realizar los cálculos.

Cálculo del volumen del tanque elevado

Utilizando el plano del tanque elevado de referencia, visto en la Figura 34 Recorte de plano del tanque elevado, se determina su volumen.



FUENTE PLANOS ASOCIACIÓN DE ORATORIOS SALESIANOS DON BOSCO (2013)

Figura 34 Recorte de plano del tanque elevado

Primero se debe realizar el cálculo del área (A), pero no se puede utilizar el círculo para esto, porque es un polígono regular de 22 lados, las medidas están en centímetros, para los cálculos se utilizan en metros, procediendo de la siguiente manera:

$$A = \frac{\text{perímetro} * \text{apotema}}{2}$$

Donde el perímetro se calcula así:

$$\text{Perímetro} = \# \text{ de lados} * \text{longitud de un lado}$$

$$\text{Perímetro} = 22 \text{ lados} * 1,22 \text{ metros}$$

$$\text{Perímetro} = 26,84 \text{ metros}$$

La apotema es la línea que se forma del centro de cualquier lado del polígono con el centro de este último, en el plano no se proyecta la apotema, pero se puede calcular con la línea punteada que es el radio del polígono (línea verde) que va al vértice de uno de los lados y utilizando la mitad del ángulo de $16,36^\circ$ que corresponde a $8,18^\circ$; de esta manera, se forma un triángulo rectángulo y la apotema corresponde a uno de los catetos (color anaranjado) como se muestra en la Figura 35.

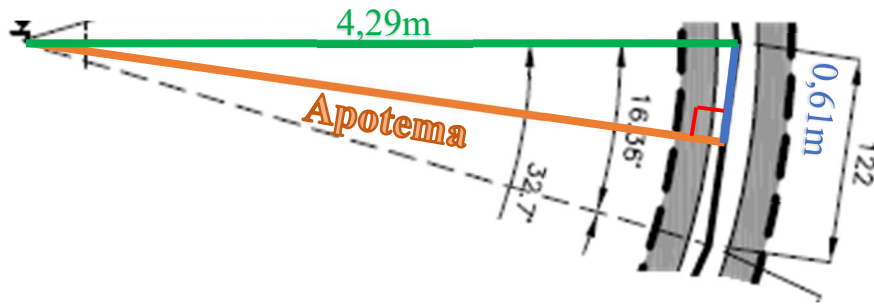


Figura 35 Recorte de plano de una sección del tanque elevado

FUENTE PLANOS ASOCIACIÓN DE ORATORIOS SALESIANOS DON BOSCO (2013)

Con la imagen del triángulo rectángulo se puede utilizar el teorema de Pitágoras, que dice que la hipotenusa elevada al cuadrado es igual a la suma de cada cateto elevado al cuadrado, solo que en este caso, despejando uno de los catetos para realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Apotema} = \sqrt{4,29m^2 - 0,61m^2}$$

$$\text{Apotema} = 4,246 \text{ m}$$

De esta manera, el área de la base del tanque elevado se calcula a continuación:

$$A = \frac{26,84m * 4,246m}{2}$$

$$A = 56,981m^2$$

Para el cálculo del volumen (V) son necesarios los datos del área y la altura del tanque, esta última es desde el piso hasta donde se ubicará el sensor de máxima altura, cercano a la tubería de rebalse. Por lo tanto, el volumen se obtiene mediante la siguiente operación matemática:

$$V = \text{Área (A)} * \text{altura (h)}$$

$$V = 56,981m^2 * 2,2m$$

$$V = 125,35m^3 * \frac{1000 \text{ litros}}{1 m^3}$$

$$V = 125\ 350 \text{ litros}$$

Volumen total instalado

Se suma con estos datos, la capacidad de los tanques instalados en la Institución y se obtiene el total de litros instalados:

$$V_{\text{Tanque de almacenamiento}} + V_{\text{Tanque elevado}} = V_{\text{Instalado}}$$

$$336\ 000 \text{ litros} + 125\ 350 \text{ litros} = 461\ 350 \text{ litros}$$

Como resultado se puede deducir que la Institución tiene una capacidad de almacenamiento de agua potable instalada aproximadamente tres veces mayor a la dotación mínima requerida. Ahora se comprobará otro dato más que es importante para el sistema instalado de agua potable.

Caudal máximo probable

Se utiliza como referencia el Artículo 6.3.3-2 del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones Edición 2017 para el cálculo del caudal instantáneo máximo probable de los ramales de la Institución, primero se suman todas sus unidades accesorio, realizando un conteo en campo de las piezas sanitarias instaladas y utilizando el Anexo B. TABLA 6.1 DIÁMETROS, PRESIONES Y CAUDALES MÍNIMOS REQUERIDOS EN LOS PUNTOS DE ALIMENTACIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS para el cálculo total de unidades accesorio, con este dato, se utiliza el anexo C. TABLA 6.4 ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA (L/s) A PARTIR DE LAS UNIDADES DE ACCESORIOS para calcular el caudal máximo probable en la tubería, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4 Cálculo de caudal máximo probable en CEDES Don Bosco

| Cálculo del total de u.a y caudal máximo probable Anexo D. Tabla 6.5 Caudal probable como función de las unidades accesorio (u.a.) | | | | | |
|--|----------|-----|---------------|-----------|---------------------------|
| Detalle | Cantidad | u.a | Sub total u.a | Total u.a | Q _{diseño} (l/s) |
| Inodoro con Tanque | 183 | 5 | 915 | 1686 | 18,371 |
| Lavatorio | 177 | 2 | 354 | | |
| Mingitorio ecológico | 36 | 0 | 0 | | |
| Mingitorio convencional | 20 | 3 | 60 | | |
| Pileta | 48 | 4 | 192 | | |
| Fregadero comercial de cocina | 5 | 4 | 20 | | |
| Fuente para beber | 17 | 1 | 17 | | |
| Ducha | 32 | 4 | 128 | | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Caudal entregado por las bombas instaladas

El sistema de bombeo instalado en la casa de máquinas que traslada el agua potable del tanque de captación hacia el tanque elevado cuenta con dos tipos diferentes de bombeo. Cada una de ellas se explica a continuación.

La bomba 1, es de succión y se encuentra en la parte superior del tanque de captación, el motor eléctrico se caracteriza por tener una potencia mecánica de 7,5 HP. Con los datos de placa de la bomba (Figura 36) se procede con la búsqueda del manual de fábrica y con este, extraer la curva correspondiente de caudal contra presión (Figura 37).

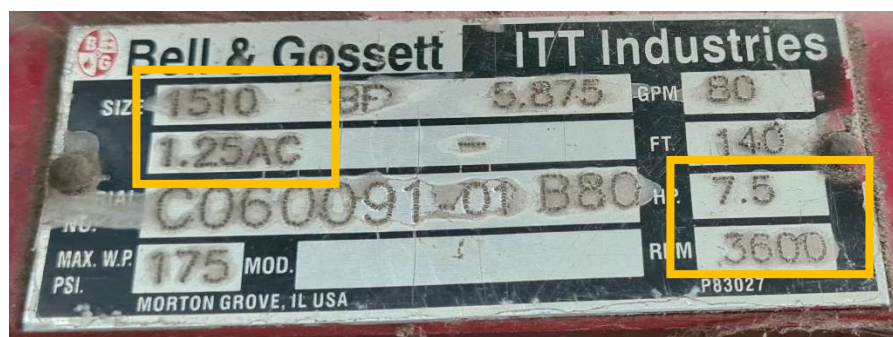


Figura 36 Placa de bomba 1 instalada en CEDES Don Bosco

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

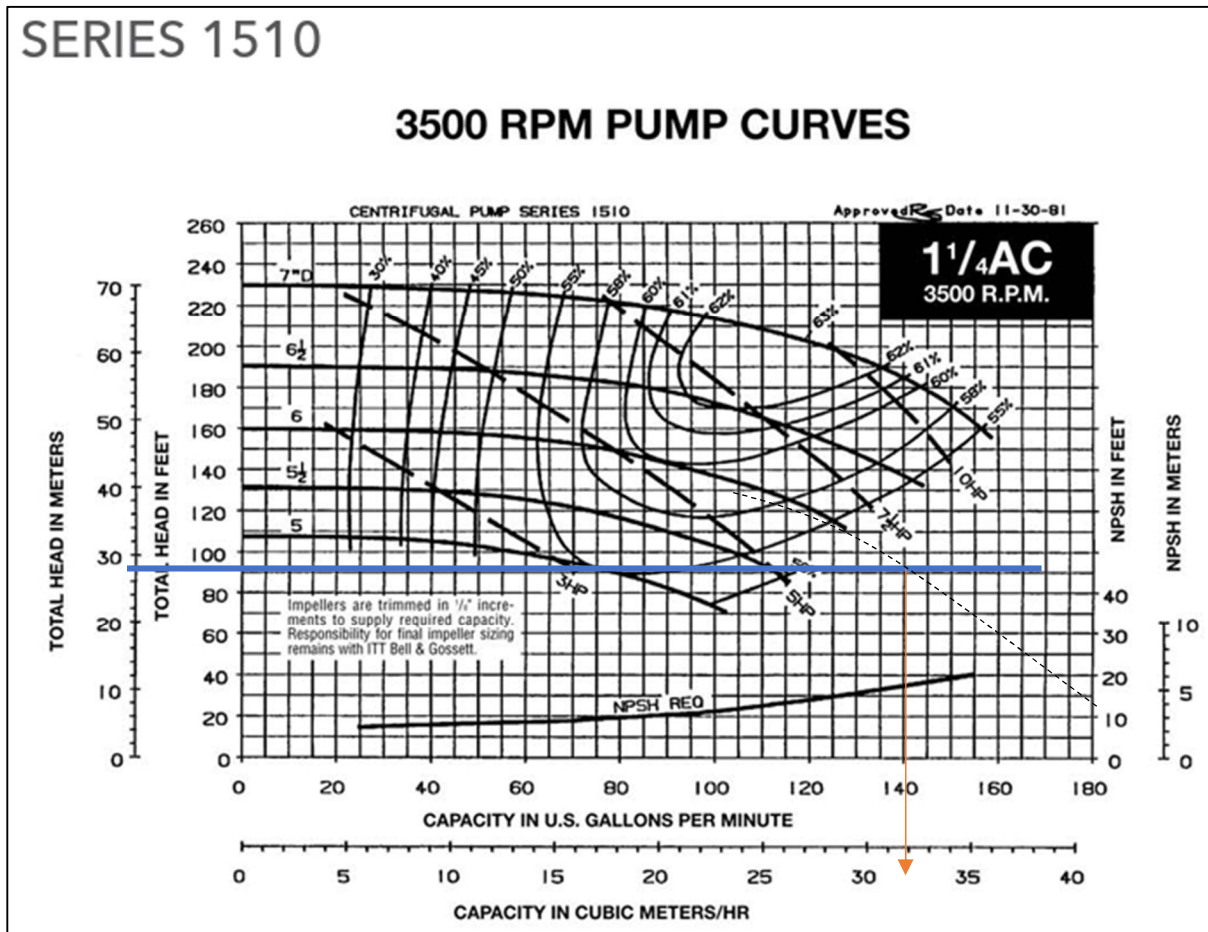


Figura 37 Curva de la bomba instalada en CEDES don Bosco

FUENTE SERIES 1510 BASE MOUNTED CENTRIFUGAL PUMP PERFORMANCE CURVES (1998)

Para encontrar el caudal de la bomba 1 es necesario colocar en marcha la bomba 2, debido a que actualmente la 1 está fuera de servicio, con la lectura de la presión en el manómetro (Figura 38) que entrega el sistema con dicha bomba, se determina que es equivalente a 44 PSI, este dato se convierte a metros columna de agua (mca), esto para poder utilizarlo en la gráfica y así, obtener el dato del caudal de la bomba, esta conversión se realiza de la siguiente manera:

$$P(mca) = P(PSI) * \frac{0,703089 \text{ mca}}{1 \text{ PSI}}$$

$$P(mca) = 44(PSI) * \frac{0,703089 \text{ mca}}{1 \text{ PSI}}$$

$$P(mca) = 30,935 \text{ mca}$$



Figura 38 Lectura de la presión en el sistema de almacenamiento en CEDES Don Bosco

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Con la presión (mca) obtenida se puede ubicar en el eje “y” (color azul) del gráfico de la Figura 37, en el punto que la línea de los 30,935 mca se interseca con la línea punteada negra proyectada (diámetro del rodete de la bomba equivalente a seis pulgadas según su manual), se encuentra el valor en el eje “x”, el cual es la equivalencia en capacidad de metros cúbicos para este punto, en este caso particular, el caudal es aproximadamente de 30,3 m³/h. Para mantener las unidades utilizadas en este documento, se realiza la conversión del caudal a litros entre segundo (l/s):

$$Q_{bomba} = 30,3 \frac{m^3}{h} * \frac{1000l}{1 m^3} * \frac{1h}{3600 s}$$

$$Q_{bomb} = 8,416 \frac{l}{s}$$

La bomba 2 es la única que trabaja actualmente, es una bomba sumergible que se encuentra dentro del tanque de captación, por lo que no se puede acceder a los datos de la placa; sin embargo, según el manual de mantenimiento, se indica que el motor eléctrico tiene una potencia mecánica de 7,5 HP, pero no así, el caudal, por lo que se procede con una prueba en campo para obtener este dato.

Se realiza una medición del nivel de agua en el tanque elevado con un tubo de PVC marcado, se cierra la válvula de bola en la salida del tanque para evitar que haya consumo de agua y por ende, salida de agua del tanque, se enciende la bomba por una hora consecutiva y luego de esa hora cronometrada, se revisa nuevamente el nivel del tanque, obteniendo un cambio de altura

equivalente a 36 cm. Con estos datos obtenidos anteriormente y el área calculada del tanque elevado, se logra obtener el volumen en una hora y se realiza la conversión, para obtener el caudal en l/s:

$$Q_{bomba} = 36cm * \frac{1m}{100cm} * 56,981m^2 * \frac{1000l}{1m^3} * \frac{1h}{3600s}$$

$$Q_{bomba2} = 5,698 \text{ l/s}$$

El sistema de bombeo tiene conectadas ambas bombas en paralelo, por lo que se determina el caudal total sumando el de ambas bombas; no obstante, se mantiene la presión. El cálculo del caudal máximo entregado por ambas bombas al mismo tiempo será el siguiente:

$$Q_{total \text{ bombeo}} = Q_{bomb} + Q_{bomba}$$

$$Q_{total \text{ bombeo}} = 8,416 \text{ l/s} + 5,698 \text{ l/s}$$

$$Q_{total \text{ bombeo}} = 14,114 \text{ l/s}$$

Este caudal corresponde al instantáneo máximo de abastecimiento al tanque elevado, el cual es menor al de los ramales; pero es importante destacar que este tanque funciona como reserva, por lo que no afecta que el caudal de las bombas sea menor.

Caudal entregado por la paja de agua

Se pueden descartar con los datos obtenidos anteriormente, algunas causas planteadas al inicio del estudio; sin embargo, es importante medir el caudal de entrada de agua (paja de agua) para analizar si puede ser causa o no del desabastecimiento. El método más sencillo que aprovecha un dispositivo instalado es la utilización del medidor de agua, este mide la cantidad de metros cúbicos consumidos en la Institución, con la lectura inicial y la final en este dispositivo y la toma del tiempo entre estas se puede determinar el caudal entregado por AyA, es importante aclarar que, para este proceso, el tanque de captación debe estar con un bajo nivel para asegurarse que haya consumo de agua constante durante el periodo de medición.

La medición se realiza de la siguiente manera: se cierra la llave de paso en la entrada del medidor, se toma el dato que este marca, con la ayuda de otra persona se abre la llave de paso y al mismo tiempo se inicia la cuenta en el cronómetro, en el proceso se revisa el nivel del tanque, se

enciende la bomba para evitar que el nivel de agua toque la boya y de esta manera, obtener un flujo constante sin alterar el caudal de entrada y que dependa solamente de la red. Segundos antes de cumplirse la hora de la primera muestra, se toma un video para poder captar el volumen en el momento justo de cumplirse el tiempo de la primera muestra, que además, marcará, el inicio de la segunda muestra. Después de tres horas y media se procede con la segunda muestra de la misma forma. Estas muestras se realizaron en horas de la mañana entre las 9:00 a. m. y la 1:30 p. m. No se logró hacer muestras nocturnas, porque el medidor de agua se encuentra lejos de la caseta de los guardas y esta es una zona peligrosa a esas horas.

Con los datos de la muestra se procede a tabularlos y realizar cálculos en una hoja de Excel, para obtener el caudal en la entrada y la dotación que se obtendría en un día. Estos datos se pueden observar en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 5 Cálculos de caudal y dotación para la entrada de agua

| Cálculos para la paja de agua en CEDES Don Bosco | | | |
|---|------------------------|------------------|------------------|
| | Muestra | 1 | 2 |
| Volumen calculado de entrada (m³) | Lectura Inicial | 78 806,9207 | 78 811,3291 |
| | Lectura Final | 78 811,3291 | 78 826,7389 |
| | Consumido | 4,4084 | 15,4098 |
| Tiempo entre lecturas (h) | | 1 | 3,5 |
| Caudal (l/s) | | 1,2246 | 1,2230 |
| Dotación diaria (l/d) | | 105 801,6 | 105 667,2 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se puede observar en la tabla anterior, los datos son muy cercanos a pesar de tener tiempos distintos de muestra, por lo que se pueden considerar aceptables para el análisis. Con respecto a la dotación de agua requerida para CEDES Don Bosco, según la normativa vigente, se requieren 132 310 litros diarios para abastecer la Institución con los datos obtenidos, proyectando la dotación que puede abastecer el AyA y su promedio es de 105 734,4 litros.

Esto deja en evidencia una causa probable del desabastecimiento en la Institución; sin embargo, se puede considerar, que el colegio trabaja cinco días a la semana y en caso de no tener

cortes en este servicio, se cuenta con esta dotación para siete días. Para realizar una comparación con esta consideración se puede analizar la siguiente tabla:

Tabla 6 Cálculo de dotación por semana en CEDES Don Bosco

| Volumen diario (l/d) | Días | Volumen Semanal (l/semana) |
|----------------------|------|----------------------------|
| 132 310 * 1,1 | 5 | 727 705 |
| 105734,4 | 7 | 740 141 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se puede observar en la tabla anterior, utilizando un 10% de factor de seguridad para la dotación del campus, la red de agua sí es capaz de abastecer a la Institución con la proyección semanal, surgiendo una nueva duda, por lo que es necesario calcular si CEDES Don Bosco cuenta con la capacidad para almacenar el sobrante de agua. Para esto se calculará la cantidad de días que tardará el caudal de entrada en llenar la capacidad de los tanques instalados con la siguiente operación:

$$\text{Días de reserva} = \frac{461\,350\text{ l}}{105\,734,4\text{ l/d}}$$

$$\text{Días de reserva} = 4,36\text{ días}$$

Como se puede observar, CEDES DON BOSCO tiene la capacidad de almacenar el sobrante de agua, pero es necesario, como último análisis, hacer un estudio semanal de flujo de agua para asegurar que en una semana se puede volver a cargar los tanques. Para esto se iniciará el lunes con la máxima capacidad de agua calculada, se supondrá que se gastará el máximo de agua según la dotación diaria, por lo tanto, se restará del volumen del tanque, se le sumará la entrada de agua suministrada por la paja de agua del AyA, el resultado será el nivel final del tanque en ese día; para el día siguiente se iniciará el nivel inicial del tanque con el volumen final del día anterior y se aplicarán los mismos cálculos cada día hasta finalizar la semana. Lo anterior se observa en la siguiente tabla de resumen:

Tabla 7 Flujo de agua semanal en CEDES Don Bosco

| Día de la semana | Nivel inicial de tanques (litros) | Dotación diaria utilizada (litros) | Dotación diaria suministrada (litros) | Nivel final de tanques (litros) |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Lunes | 461 350 | 132 310 | 105 734 | 434 774 |
| Martes | 434 774 | 132 310 | 105 734 | 408 198 |
| Miércoles | 408 198 | 132 310 | 105 734 | 381 622 |
| Jueves | 381 622 | 132 310 | 105 734 | 355 046 |
| Viernes | 355 046 | 132 310 | 105 734 | 328 470 |
| Sábado | 328 470 | 66 155 | 105 734 | 368 049 |
| Domingo | 368 049 | - | 105 734 | 473 783 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como podemos observar, de lunes a viernes se utilizó un gasto de la dotación mínima diaria, y el sábado como hay algunas actividades se utilizó la mitad; sin embargo, pocas veces sucede este último caso. El resultado final al domingo se finaliza con un número mayor a la capacidad de los tanques, lo que indica que se logra abastecer nuevamente el sistema de bombeo, para iniciar la siguiente semana.

Es importante resaltar que se hizo un estudio del historial de consumo de agua potable en la Institución, para sacar un promedio del gasto de agua diario basado en los cinco días de la semana que se labora, el resultado fue de 96 189 litros por día, mientras que el dato más crítico es de 107 760 litros diarios, esto no supera la dotación mínima calculada, por lo que se cumple con la diaria. Estos cálculos no se muestran para mantener la privacidad de la Institución.

Con esto se asegura que, mientras haya continuidad del servicio en cuestión y el sistema de agua potable de CEDES Don Bosco opere en óptimas condiciones, se contará con el abastecimiento requerido para el campus.

Lógica de programación

Lo primordial para la lógica de programación, es tener claras las necesidades de la Institución, del sistema de agua potable instalado y del mismo Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones Edición 2017, este último en su Artículo 6.5.1-6 (se puede encontrar

a detalle en el marco teórico), da cuatro condiciones esenciales que debe llevar el control de nivel del sistema, por lo que debe tomarse en cuenta para esta lógica de programación.

Tras algunas reuniones con el jefe de Mantenimiento, el gestor tecnológico y el administrador de la Institución, se logra recopilar información importante para este apartado, de la cual se puede sintetizar lo siguiente:

- La sala de máquinas cuenta con dos bombas eléctricas ubicadas en el tanque de captación, el panel eléctrico actual solo tiene los componentes para controlar una bomba, ya que la otra, tiene otro tablero que utiliza un temporizador horario para controlarla; esta última se encuentra fuera de servicio por daños en la tubería de entrada, tal y como se indicó anteriormente. Para el nuevo diseño se solicita que ambas bombas cuenten con un único panel de control.
- Optar por el funcionamiento de solo la bomba 1, solo la bomba 2 o alternar automáticamente entre bomba 1 y 2, en el último caso, se enciende una bomba hasta finalizar el ciclo de llenado y en el siguiente ciclo lo hará la otra.
- Disponer de tres modos de operación, los cuales se detallan a continuación:
 1. Modo MAN (manual): cada bomba puede funcionar independiente, por lo que ambas pueden estar encendidas al mismo tiempo, logrando mayor caudal, las únicas condiciones que detendrán este modo son: que el tanque de captación esté en un nivel bajo o el tanque elevado esté totalmente lleno. Si el sistema se encuentre en modo REMOTO, no funciona.
 2. Modo AUTO (automático): el sistema será controlado por la lógica del PLC; no obstante, en este modo se puede elegir si funciona con la bomba 1, con la bomba 2 o alternándolas. Este modo no funciona si el sistema se encuentra en modo REMOTO.
 3. Modo REMOTO: fuera de horarios laborales, al solo haber personas que no saben utilizar el sistema en la Institución o si los encargados se encuentran en alguna reunión de la que no pueden salir, será necesario que alguna persona capacitada deba estar en la sala de máquinas, si no puede acudir por diferentes situaciones provocará que el sistema no funcione, por lo tanto, no

se puede abastecer de agua potable a la Institución. Por lo anterior, este modo debe ser prioritario, deshabilitando los modos anteriores y permitiendo únicamente el control del sistema desde la nube.

- Contar con luces para indicar el funcionamiento de cada fase de alimentación, ya que las bombas son trifásicas. Actualmente, si existen fallos en un fusible de fase de la red eléctrica, la bomba se enciende y por falta de una fase, se disparan las protecciones. Por esta razón, al monitorear las tres fases se puede entrar en modo fallo sin encender las bombas y evitando este problema sin sobrecargarlas.
- Contar con luz de fallo, en caso de existir algún error en el sistema, por ejemplo, un guardamotor disparado.
- El tanque de captación cuenta con electrodos para el manejo de la bomba existente y estos deben mantenerse para evitar que esta encienda en caso de no contar con agua en este tanque.
- Como rutina de mantenimiento, se envía a un colaborador dos veces al día para la revisión del nivel de llenado de cada tanque, con el fin de tomar decisiones a tiempo, como solicitar camiones cisterna con agua potable para evitar problemas de abastecimiento en la Institución, empero, esto significa separar a uno o dos técnicos de sus funciones ordinarias. Por esta razón, en el diseño se incluirá la medición de los niveles de agua en cada tanque por medio de un sensor analógico.
- Como medida de seguridad, el sistema debe llevar electrodos en el tanque elevado, el nivel máximo para evitar el desperdicio de agua en caso de estar totalmente abastecido y el nivel medio para encender las bombas.

Para realizar la lógica del programa es necesario ejecutar antes una serie de pasos que ayudarán a entender mejor el proyecto que se está diseñando y de esta manera, concluirlo con éxito.

Pasos para programar

Es necesario para la programación de dispositivos de control, ser muy ordenado y conocer a profundidad lo que se desea realizar, cada parte, cada paso, cada fallo que pueda existir e incluso, condiciones que no tengan lógica. A continuación, se brinda una serie de pasos útiles para realizar de manera más eficaz la lógica de un programa, en este caso, para programar un PLC:

Paso 1. Realizar un boceto con todas las partes del proyecto que se desea automatizar.

Para este proyecto se puede observar un boceto del sistema de agua potable en la Figura 39, tomando en cuenta la información brindada por los encargados de la bomba, la cual es muy importante para agregar nuevos elementos y utilizar los recursos existentes en el campus.

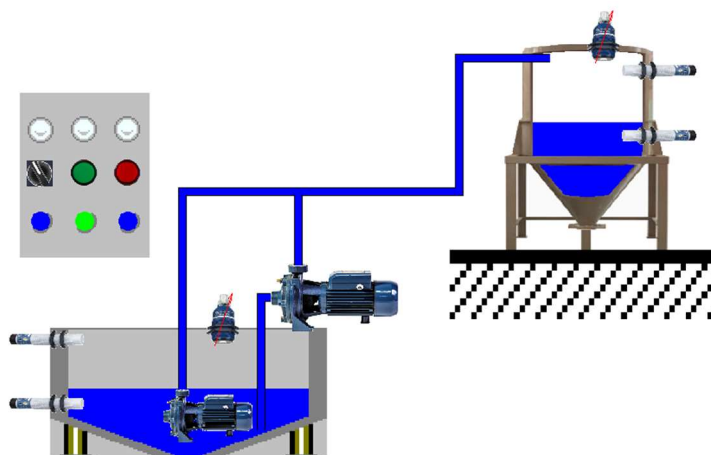


Figura 39 Boceto del sistema de agua potable en CEDES Don Bosco.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Paso 2. Identificar y clasificar todos los componentes en entradas o salidas, realizar el marcado de estos en el dibujo del paso anterior para tener certeza de haberlo identificado todo. Para el marcado de estos componentes se utilizan flechas de diferente color, las verdes son entradas y las rojas son salidas, como se puede observar en la Figura 40, además, se les coloca un número para llevar el control del total de entradas digitales (I), entradas analógicas (AI), salidas digitales (Q) y salidas analógicas (AQ); en este proyecto no se necesitan estas últimas. Algunos componentes están marcados como entrada y salida, esto se detallará más adelante en el paso 4 para su entendimiento.

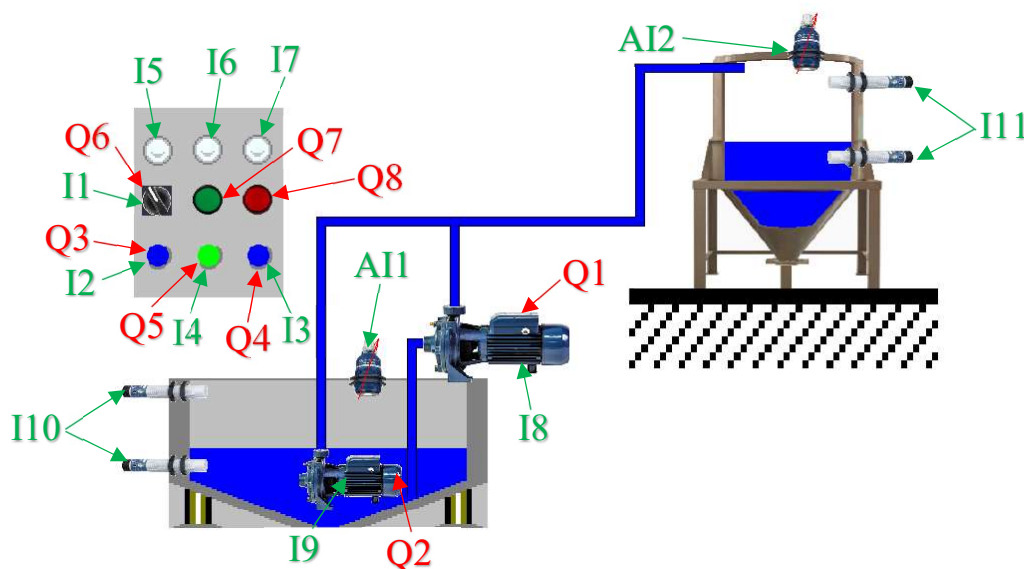


Figura 40 Marcado de entradas y salidas en el proyecto
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Paso 3. Una vez que se logra identificar y clasificar todos los componentes para el control del proyecto, se procede a ver el total de entradas y salidas, separando las analógicas de las digitales. Con este total, se elige un controlador que cumpla con los requerimientos básicos del diseño del proyecto a realizar, como:

- Voltaje de alimentación del controlador.
- Tipos de entradas, si son necesarias las digitales, las analógicas o ambas.
- Voltaje requerido de las entradas, si son digitales, un ejemplo es 0V apagado y 24V encendido o si se utilizan entradas analógicas, revisar si funcionan, por ejemplo, con rangos de voltaje de -10V a +10V o si funcionan con rangos de corriente eléctrica de 4 a 20mA. Esto también lo puede determinar el tipo de aplicación o sensor a utilizar, por lo que debe estar definido para la elección del dispositivo.
- Tipos de salidas requeridas en el proyecto, si son necesarias las digitales, las analógicas o ambas.
- Tipo de salida del controlador, algunas funcionan con transistores y otras con relés, la ventaja de las de relé es que se puede mezclar voltajes en las salidas si los contactos están separados entre sí; la ventaja de los de transistor es que su respuesta es mucho más rápida, porque no dependen del funcionamiento electromagnético y mecánico de un relé.

- Escalabilidad, se debe de tomar en cuenta que las aplicaciones pueden mejorarse y requerir más entradas y salidas, por eso es importante revisar que el controlador acepte módulos de expansión y que la capacidad de memoria sea mayor que el proyecto actual o que se diseñe con mayor cantidad de estos elementos.
- Conectividad, depende de las necesidades del proyecto, revisar el tipo de conexión del controlador con otros dispositivos o incluso a la nube, por ejemplo, por puerto serial o puerto ethernet.

Tomando en cuenta estos requerimientos, se decide utilizar un controlador de la marca: SIEMENS, modelo: LOGO!8, como principales características para esta elección se destacan el cumplimiento con la norma UL 508, la conectividad a la red de comunicación por medio del cable de ethernet, la facilidad para realizar una interfaz gráfica que puede utilizarse ingresando a la dirección de IP del controlador y se puede cumplir escalabilidad porque acepta módulos de expansión. Para encontrar las características de este dispositivo, se consulta en la página oficial de SIEMENS y el catálogo correspondiente, en la Figura 41 se observa una sinopsis del dispositivo elegido; sin embargo, para la elección del modelo final se utiliza el catálogo.

Sinopsis

- La variante base que ocupa poco espacio
- Interfaz para conectar módulos de ampliación; posible direccionar como máx. 24 entradas/20 salidas digitales y 8 entradas/8 salidas analógicas
- Todas las unidades base con servidor web integrado
- Ancho de caja 72 mm (4 módulos)
- Todas las unidades base con interfaz Ethernet para comunicación con LOGO! 8, LOGO! TDE, SIMATIC Controller, SIMATIC Panel y PC
- Uso de tarjetas micro SD estándar



Figura 41 Sinopsis del LOGO! de Siemens
FUENTE LOGO! MÓDULOS BÁSICOS CON DISPLAY, 2022

El dispositivo elegido que cumpla con el total de 11 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 8 salidas digitales es el LOGO! 12/24RCE (8 entradas digitales y 4 salidas digitales) en conjunto con los módulos de expansión LOGO! DM8 12/24R (4 entradas digitales y 4 salidas digitales) y el LOGO! AM2 (2 entradas analógicas de voltaje y corriente). Todos los anteriores se alimentan con 24V en corriente directa.

Paso 4. Con el controlador elegido y de ser necesarios los módulos adicionales, realizar una tabla de entradas y otra de salidas con su respectivo direccionamiento a estos dispositivos. Esta tabla también puede realizarse en el software del controlador para tener mayor orden en la programación del dispositivo. Para el caso del controlador elegido anteriormente, se requiere el uso del programa LOGO! Soft Comfort V8.3, en la Figura 42 se puede observar una imagen de la tabla de entradas y salidas configuradas en este programa.

| Bornes de entrada: | Nombre | Bornes de salida: | Nombre |
|--------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| I1 | I.Manual | Q1 | K.Bomba 1 |
| I2 | S.Bomba1 | Q2 | K.Bomba 2 |
| I3 | S.Bomba2 | Q3 | Luz Bomba 1 |
| I4 | Alternar bombas | Q4 | Luz Bomba 2 |
| I5 | Ok Fase 1 | Q5 | Luz alternar bombas |
| I6 | OK Fase 2 | Q6 | Luz Remoto |
| I7 | OK Fase 3 | Q7 | Luz PLC RUN |
| I8 | OK Q0.1 | Q8 | Luz Fallo |
| I9 | OK Q0.2 | | |
| I10 | OK Captación | | |
| I11 | OK Elevado | | |
| A11 | Sensor Nivel captación | | |
| A12 | Sensor Nivel Elevado | | |

Figura 42 Lista de Entradas y Salidas LOGO!
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

En el paso 2 se pudo observar que algunos elementos se marcaron como entrada y como salida, basándose en la imagen anterior y en el diseño propuesto se brinda su explicación y otras funciones para cada entrada y salida a continuación:

- I1 y Q6: la I1 es el selector iluminado para modo manual (selector apuntando al lado izquierdo contacto abierto o apagado) y automático (selector apuntando al lado derecho contacto cerrado o encendido), mientras que la Q6 es una luz ubicada en el mismo selector al ser tipo iluminado, al estar encendida indica que está deshabilitado por estar en modo REMOTO.
- I2 y Q3: la I2 es un botón azul iluminado para encender únicamente la bomba 1 en modo automático o para encender y apagar la bomba 1 en modo manual; la Q3 es la iluminación del botón e indica que esta bomba está habilitada.

- I3 y Q4: la I3 es otro botón azul iluminado que cumple con las funciones del caso anterior, pero para la bomba 2, mientras que la Q4 es la luz indicadora correspondiente del estado habilitado en dicha bomba.
- I4 y Q5: la I4 es un botón verde iluminado para alternar las bombas 1 y 2 en modo automático y la Q5 es un indicador luminoso en el mismo botón para informar que se encuentra en este funcionamiento, las luces de los otros botones se apagan en caso de activar esta manera de operación. Este botón no cumple ninguna función de entrada ni salida en el programa si se encuentra en modo manual.
- I5, I6 e I7: cada entrada de estas estará conectadas a un contacto de relé, que se activa siempre que haya voltaje entre la línea y el neutro de su bobina correspondiente, el funcionamiento principal de esta conexión es indicar el estado de cada fase en una entrada del PLC; la I5, I6 e I7 al estar encendidas indican que L1, L2 y L3, respetivamente, están funcionando de manera correcta. En el tablero es una luz piloto que también se conecta a otro contacto del mismo relé, por esta razón no es salida en el PLC.
- I8 y Q1: la entrada I8 corresponde al contacto del guardamotor de la bomba 1, al estar encendido indicará que existe un problema en el motor por este dispositivo, mientras que Q1 es la salida asignada para encender el contactor que permite el paso de energía eléctrica a la bomba 1.
- I9 y Q2: igual al punto anterior, pero para la bomba 2.
- I10: es el relé de estado de nivel que se conecta con los electrodos ubicados en el tanque de captación para indicar que cuenta con el agua suficiente para funcionar, ubicando el electrodo más bajo, en la parte más profunda del tanque, mientras que el segundo electrodo se deberá colocar a una distancia de 15 cm por encima de la toma de succión más alta, para evitar que entre aire en esta tubería y por ende, dañe una o ambas bombas.
- I11: es otro relé de estado de nivel de llenado conectado a los electrodos ubicados en el tanque elevado, con el fin de avisar que este tanque cuenta con agua suficiente para abastecer las necesidades de la institución. La ubicación del electrodo más bajo debe estar en la mitad de la altura de llenado del tanque, mientras que el segundo

electrodo se debe colocar en la altura máxima de llenado antes del rebalse, evitando así el desperdicio de agua en caso de encender la bomba con el tanque lleno y energizándola en el momento adecuado antes de que se vacíe por completo el tanque elevado.

- AI1: entrada analógica designada para el sensor de nivel del tanque de captación.
- AI2: entrada analógica designada para el sensor de nivel del tanque elevado.
- Q7: es una luz piloto color verde que se encarga de avisar que el PLC está en modo de funcionamiento o ejecución de la lógica del programa, siempre deberá estar encendida.
- Q8: es una luz piloto de color rojo que indicará si el sistema tiene alguna falla, por ejemplo, falta de una fase.

Paso 5. Teniendo claro el direccionamiento de cada entrada y cada salida, se procede con el diseño del esquema eléctrico, en el que se inicia ubicando los componentes de potencia (Figura 43) para tener claro lo que el PLC deberá controlar. En este caso, cada motor de bomba se acciona por medio de un contactor (K1 y K2), la bobina del contactor es accionada por el PLC y este último debe programarse correctamente para cumplir la tarea deseada. Una vez realizado el diseño del circuito de potencia, se continúa con el circuito de control (Figura 44) y es en este dónde se deberá realizar la conexión del controlador con todas sus entradas y salidas, esto beneficia a la hora de establecer la lógica de programación, debido a que se tiene un diseño funcional de todas las partes que componen el circuito y conocer el estado original de las cosas.

Para este proyecto se decide utilizar el programa de AutoCAD Electrical para el diseño del esquema eléctrico, ya que contiene símbolos normalizados y una base de datos con catálogos de diferentes marcas reconocidas, logrando simplificar el trabajo de la elección de componentes, cabe destacar, que los componentes se buscaron en un catálogo oficial y en el diseño solo se hizo referencia a la marca con el número de catálogo, para simplificar la lista de componentes que se puede obtener del mismo diseño realizado.

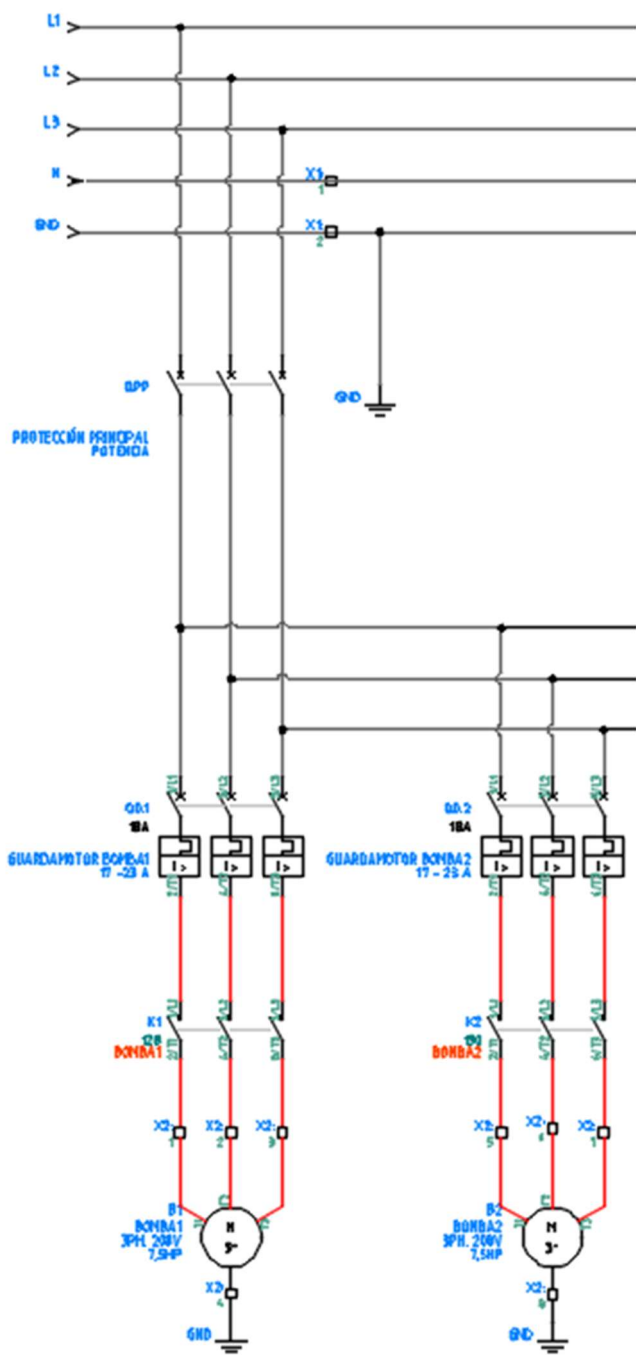


Figura 43 Circuito de potencia Bombas de Agua Potable

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

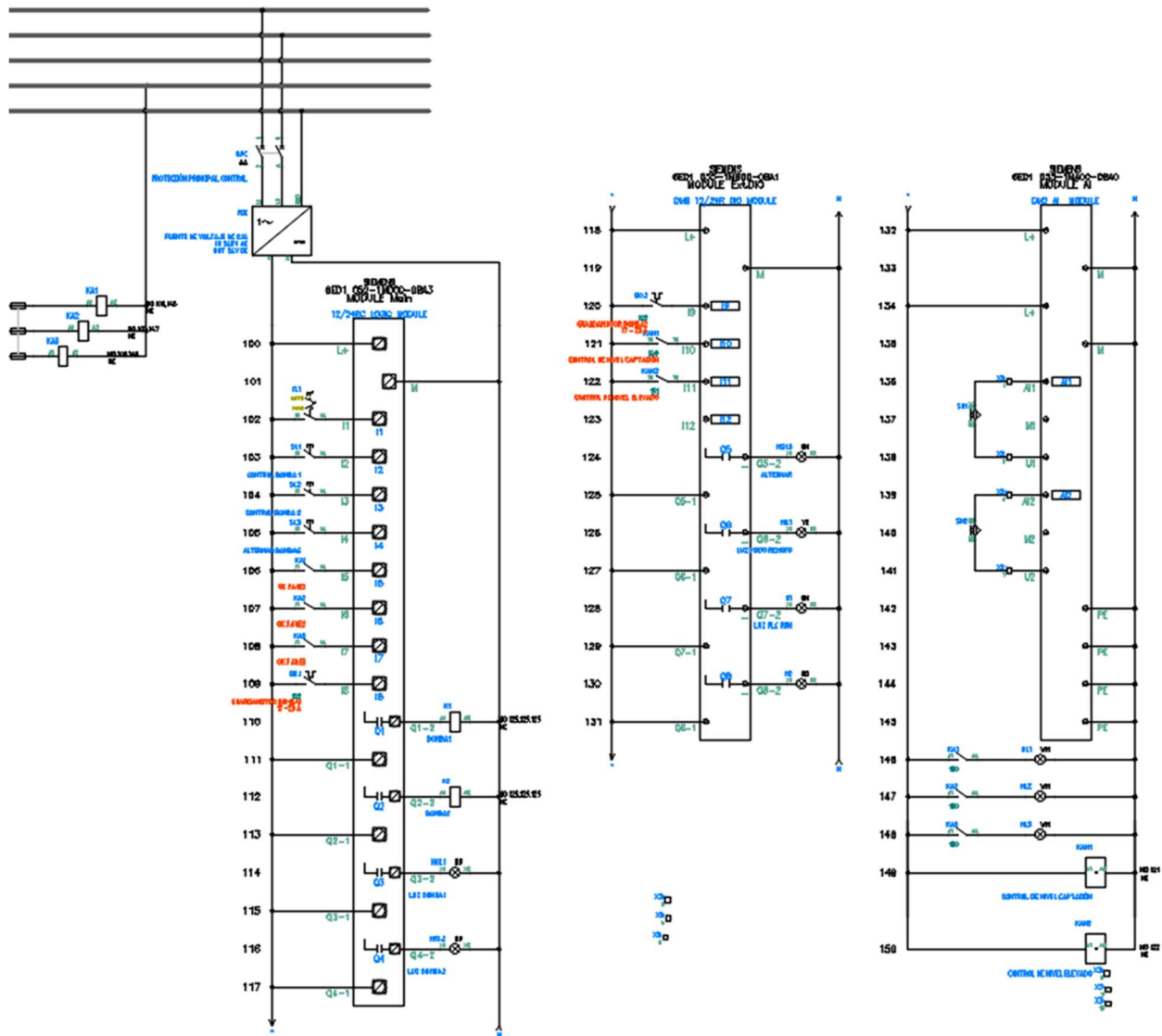


Figura 44 Circuito de Control del Sistema de agua potable en CEDES Don Bosco

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Paso 6. Con el esquema eléctrico estructurado, se procede a realizar la lógica de programación, para esto se puede realizar un diagrama Grafset, un diagrama de flujo o escribir la lógica con todos los pasos que pueda conllevar los requerimientos del proyecto para utilizarlos de apoyo en la programación. A continuación, se muestra el diagrama de flujo de este proyecto.

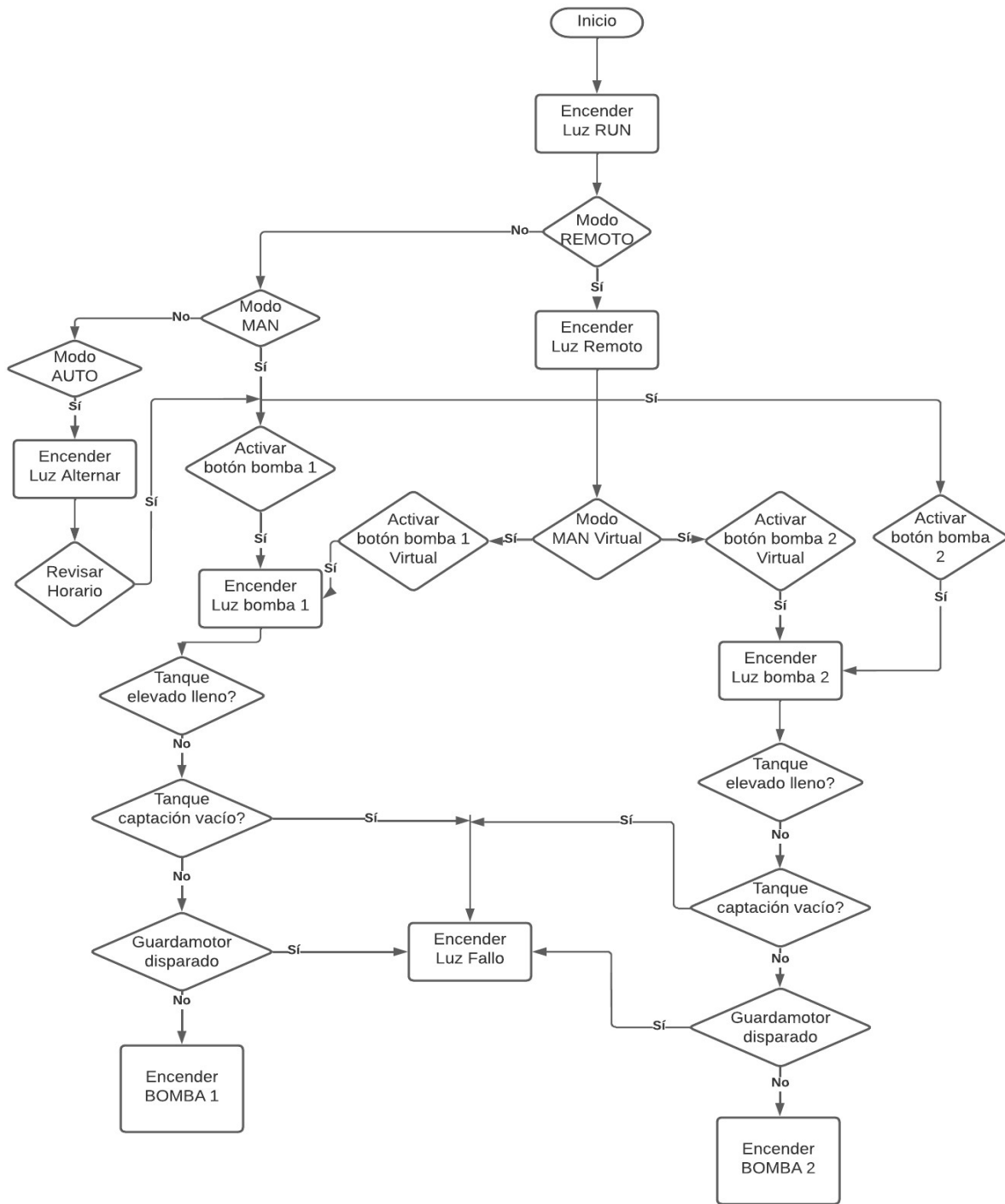


Figura 45 Diagrama de flujo del sistema de bombeo

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Selección de elementos para el tablero

Se debe tener claras las condiciones de la red eléctrica para la elección de los elementos del tablero, porque son fundamentales para conocer el dato de corriente eléctrica que requiere cada equipo y con esto, determinar los límites y protecciones de cada componente a utilizar, para no provocar un dimensionamiento incorrecto que representará mayor costo económico, la posibilidad de no proteger el circuito, daños en los equipos, pérdidas materiales o pérdidas humanas, entre otras.

La sala de máquinas de CEDES Don Bosco, donde se ubicará el panel o tablero de control de este proyecto cuenta con un voltaje de red de 208V trifásico en estrella, con una frecuencia de 60 Hz estandarizada para toda la red eléctrica de Costa Rica, este cuarto está bajo techo y cuenta con acceso restringido solo para personal autorizado.

En la sección de lógica de programación por las características ahí expresadas, se eligió el módulo de control de Siemens y sus módulos adicionales, estos tienen la posibilidad de funcionar con 12 o 24V DC (corriente directa por sus siglas en inglés), para efectos de este proyecto se prefiere conectar con 24V DC, ya que la mayoría de los componentes se consiguen con mayor facilidad en este voltaje, por lo que todos los elementos de control también se eligen con esa característica, tal como se diseñó en el esquema eléctrico visto en la misma sección.

En la Tabla 8 se puede observar la lista de componentes elegidos con sus respectivas características eléctricas principales y en la última columna, una referencia de su ficha técnica en el anexo correspondiente, más adelante se detalla la elección de estos.

Tabla 8 Selección de componentes para tablero de control

| Lista de materiales CEDES Don Bosco | | | Voltaje (V) | Corriente nominal Contactos (A) | SCCR (KA) | Consumo energético del componente (w) | Anexo Ficha técnica |
|---|----------|--|-------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------|
| Proyecto Automatización del Sistema de Bombeo de Agua Potable | | | | | | | |
| ETIQUETAS | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | | | | | |
| QPP | 1 | Breaker automático para protección principal 3 polos, 40 A | 208 AC | 40 | 25 | - | G.1 |

| Lista de materiales CEDES Don Bosco | | | Voltaje (V) | Corriente nominal Contactos (A) | SCCR (KA) | Consumo energético del componente (w) | Anexo Ficha técnica |
|---|----------|--|-------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------|
| Proyecto Automatización del Sistema de Bombeo de Agua Potable | | | | | | | |
| ETIQUETAS | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | | | | | |
| QPC | 1 | Breaker automático para circuitos de control Multi 9 C60N 6A - 2P - Curva C - 10KA | 208 AC | 6 | 10 | - | G.2 |
| Q0.1, Q0.2 | 2 | Guardamotor GV2-ME - 17-23 A - 3P con contacto auxiliares frontal 1NO+1NC | 208 AC | 23 | 50 | - | G.3 |
| K1, K2 | 2 | CONTACTOR TESYS LC1-D - 3P - AC-3 440V 25A - BOBINA 24VDC | 24 DC | 25 | - | 5,4 | G.4 |
| KA1, KA2, KA3 | 3 | Relé miniatura RXM con LED | 120 AC | 1 (DC) | - | 1,2 | G.5 |
| KA1, KA2, KA3 | 3 | Base para relé RXM | 120 AC | 12 | - | - | G.6 |
| KAN1, KAN2 | 2 | Relé de control de nivel de líquido - 24-240VAC/DC | 24 DC | 2 (DC) | - | 1,5 | G.7 |
| SBC, SMC, SME, SAE | 4 | Sonda de medición de nivel de líquido para RM4L | - | 0,001 | - | - | G.8 |
| HL1, HL2, HL3 | 3 | Luz piloto blanca Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V | 24 DC | 0,018 | - | 0,432 | G.9 |
| H1 | 1 | Luz piloto verde Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V | 24 DC | 0,018 | - | 0,432 | G.9 |
| H2 | 1 | Luz piloto rojo Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V | 24 DC | 0,018 | - | 0,432 | G.9 |
| I1.1 | 1 | Selector iluminado amarillo - 2 Posiciones fijas Ø22- 24V- 1NO | 24 DC | 0,5 0,018 | | 0,432 | G.10 |
| S1.3 | 1 | Botón pulsador iluminado verde Ø22 - 24V - 1NO+1NC | 24 DC | 0,5 0,018 | - | 0,432 | G.11 |
| S1.1, S1.2 | 2 | Botón pulsador iluminado azul Ø22 - 24V - 1NO+1NC | 24 DC | 0,5 0,018 | - | 0,432 | G.11 |
| SN1, SN2 | 2 | Sensor analógico de inmersión para medir nivel de líquido | 24 DC | 0,02 | - | - | G.12 |
| LOGO! BASE | 1 | LOGO! 12/24RC módulo base LOGO!8.3 | 24 DC | 10 | - | 2,2 | F.2 |
| MÓDULO DIO | 1 | LOGO! DM8 12/24R módulo de expansión de entradas y salidas digitales | 24 DC | 5 | - | 1,2 | F.2 |
| MÓDULO AI | 1 | LOGO! AM2 módulo de expansión de entradas analógicas | 24 DC | 0,02 | - | 0,7 | F.3 |
| FDC | 1 | Fuente de alimentación regulada, 100-240V AC, 24V 2.1 A, monofásica, optimizada | 208 AC | 2,1 (DC) | - | 149,5 | G.13 |
| F1 | 3 | Seccionador portafusible 3P - fusible 10 x 38 mm | 120 AC | 32 | 120 | - | G.14 |

| Lista de materiales CEDES Don Bosco | | | Voltaje (V) | Corriente nominal Contactos (A) | SCCR (KA) | Consumo energético del componente (w) | Anexo Ficha técnica |
|---|----------|---|-------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------|
| Proyecto Automatización del Sistema de Bombeo de Agua Potable | | | | | | | |
| ETIQUETAS | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | | | | | |
| F1 | 3 | Fusible de cartucho 2A, Tesys GS, cilíndrico 10 x 38 mm | 120 AC | 2 | - | - | G.15 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Contactor y guardamotor

Una vez que se obtengan los datos de red con los que se realizará la conexión del tablero, es necesario conocer los datos de la placa del motor eléctrico, ambos en conjunto, son indispensables para la elección del contactor y del guardamotor.

En este proyecto se han utilizado como referencia las tablas y productos de la marca Schneider Electric, dado que son de fácil acceso, es un producto que cumple con las normas UL, mantiene material descargable de manera libre para mejorar la base de datos del catálogo en AutoCAD Electrical en formato .DWG (Formato de archivos para AutoCAD), lo cual beneficia en el diseño del panel eléctrico en este programa, cuenta con bastante mercado y respaldo en el país.

En los datos del motor de las bombas eléctricas se conoce que tienen una potencia mecánica de 7,5 HP o su equivalente de 5,5 KW, además, funcionan con un voltaje de alimentación trifásico de 208V. Con estos datos y utilizando el folleto de Selección de Arrancadores de Schneider Electric, se procede con la búsqueda del guardamotor en la tabla 1: Guardamotores termomagnéticos de este folleto (Figura 46), además de la búsqueda del contactor en la tabla 2: Contactor magnético del mismo (Figura 47). Cabe destacar que estas tablas funcionan únicamente para motores trifásicos.

Tabla 1: Guardamotores termomagnéticos

| Potencias normalizadas | | Rango de ajuste de corriente | Capacidad interruptiva (220V) | Capacidad interruptiva (440V) | Referencia a ordenar |
|------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| kW (CP) 220 V | kW (CP) 440 V | A | kA | kA | |
| 0.37 (0.5) | 1.1 (1.5) | 1.6 - 2.5 | > 100 | > 100 | GV2ME07 |
| 0.75 (1) | 1.5 (2) | 2.5 - 4.0 | > 100 | > 100 | |
| 1.1 (1.5) | 3 (3) | 4.0 - 6.3 | > 100 | 50 | GV2ME10 |
| 2.2 (3) | 4 (5.5) | 6.0 - 10 | > 100 | 15 | |
| 3 (3) | 7.5 (10) | 9.0 - 14.0 | > 100 | 8 | GV2ME16 |
| 4 (5.5) | 9 (12) | 13.0 - 18.0 | > 100 | 8 | |
| 5.5 (7.5) | 11 (15) | 17.0 - 23.0 | 50 | 6 | GV2ME21 |
| 5.5 (7.5) | 11 (15) | 20.0 - 25.0 | 50 | 6 | |
| 7.5 (10) | 15 (20) | 24.0 - 32.0 | 50 | 6 | GV2ME32 |

Figura 46 Recorte de la tabla 1 para seleccionar guardamotores

FUENTE SELECCIÓN ARRANCADORES SE, 2022

De esta manera, se selecciona el guardamotor con el modelo GV2ME21 que cuenta con un rango de ajuste de corriente nominal de 17 a 23A para ambos motores, además, deben contar con los contactos auxiliares frontales para poder enviar la señal de estado de estos al PLC.

Tabla 2: Contactores magnéticos

| Potencias normalizadas AC 3 | | Corriente nominal de empleo AC 3 | Contactos auxiliares | Referencia a ordenar |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| kW (CP), 220 Vca | kW (CP) 440 Vca | | | |
| 2.2 (3) | 4 (5.5) | 9 | 1NA-1NC | LC1D09** |
| 3 (3) | 5.5 (7.5) | 12 | 1NA-1NC | LC1D12* |
| 4 (5.5) | 9 (12) | 18 | 1NA-1NC | LC1D18** |
| 5.5 (7.5) | 11 (15) | 25 | 1NA-1NC | LC1D25** |
| 7.5 (10) | 11 (15) | 32 | 1NA-1NC | LC1D32* |
| 9 (10) | 18.5 (25) | 38 | 1NA-1NC | LC1D38** |

Figura 47 Recorte de la tabla 2 para seleccionar contactores magnéticos

FUENTE SELECCIÓN ARRANCADORES SE, 2022

Para el caso del contactor, con los mismos datos se determina en la tabla que el modelo a elegir es el LC1D25**, este tiene una capacidad de 25A en corriente nominal; los asteriscos al final del modelo son letras para elegir que dan el valor de alimentación de la bobina para el control del dispositivo, según el catálogo consultado en la página, para un voltaje de 24V DC se requieren las letras BD, es por esto por lo que el modelo completo se designa como LC1D25BD.

Selector, luces piloto, botones pulsadores

Se debe tener presente para la elección de estos componentes, la función que va a desempeñar el dispositivo, con base en lo anterior, se elige el color de cada uno de estos elementos según la estandarización, de ser necesario, tómesese en cuenta que sean iluminados, lo cual ahorra espacio en el tablero y visualmente da mejor aspecto al panel. Otro punto para tomar en cuenta para los botones y selectores es poder activarlo, ya sea girando o presionando y analizar si es necesario que al soltarlo se mantenga en su última posición o este deba retornar a su estado original, por último, para estos mismos, si se requieren con contacto normalmente abierto, cerrado o ambos. Para este proyecto, el selector debe permanecer en la última posición que se gire, no es necesario el retorno y para los botones, deben ser pulsadores, por lo tanto, deben retornar a su posición original, la cual es arriba. Para efectos de los colores se eligen:

- Los botones pulsadores azules para encender independiente cada bomba y el verde para encender en modo de alternar las bombas, ya que este último es el funcionamiento ideal para equilibrar el desgaste de estos equipos y así, dar mayor vida útil.
- El selector se elige en amarillo, ya que el modo remoto tiene prioridad y en caso de estar activo este modo, se enciende la luz amarilla de este selector para indicar preventivamente que no está en funcionamiento, además, para indicar que una vez que se desactive el modo remoto, el programa entrará en el modo que se encuentre este selector.
- La luz piloto roja para indicar que el sistema está en fallo.
- La luz piloto verde para indicar que el programa del PLC está en ejecución.
- Las luces piloto blancas para indicar energía eléctrica en cada fase.

En la Figura 48 se observa la entrada en el catálogo para buscar cada elemento, cabe destacar que hay más tipos de botoneras y luces, pero se elige esta línea por un tema de gusto del cliente.

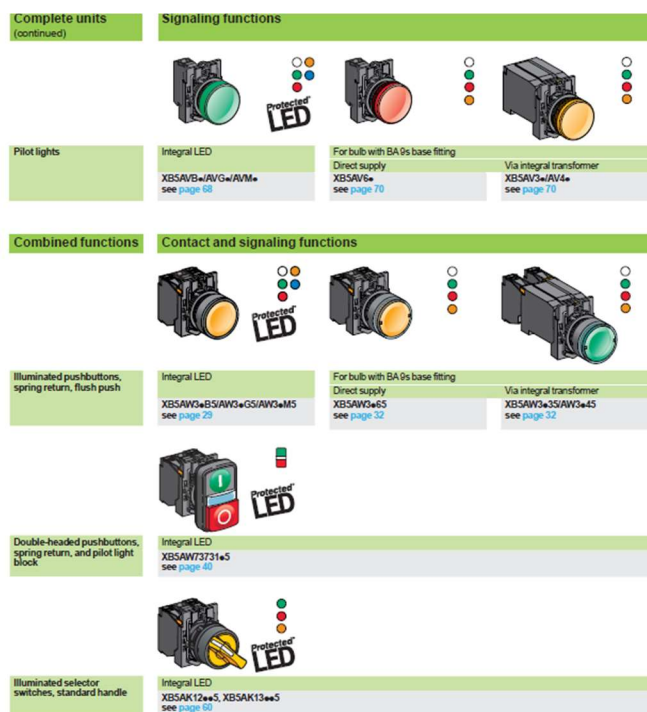


Figura 48 Entrada del catálogo para botoneras de la línea XB5 de SE

FUENTE CATALOG HARMONY XB5 PLASTIC SE, 2021

Relé miniatura

Estos son una solución para que el PLC pueda revisar el estado de cada fase de alimentación con respecto a neutro, ya que entre estos dos puntos de referencia se crea un sistema monofásico con un voltaje de 120V, pero no se pueden enviar directamente al PLC, como se indicó antes, las entradas de este dispositivo son de 24V DC, por esta razón, se conecta la bobina de cada relé a una fase distinta con neutro, obteniendo como resultado que los contactos normalmente abiertos se cierran y en estos últimos, se conecta el positivo con la entrada del PLC. Mientras que otro contacto, se conecta a cada luz piloto blanca para evitar utilizar más salidas del PLC, esto permite ahorrar un módulo de salidas digitales adicional para el PLC. Por estas razones, el relé elegido tiene bobina 120V AC y dos juegos de contactos normalmente abiertos.

Relé de control de nivel de líquido y sonda de medición (electrodos)

Se utiliza el método de electrodos para la medición de nivel de agua en el tanque, porque es un medio existente en el tanque de captación y se aprovechará lo ya instalado; sin embargo, en el tanque elevado no existe, para respetar la lógica de llenado de este último, se puede utilizar otro

tipo de sensor, pero para evitar el desperdicio de agua, se colocan dos dispositivos que funcionarán en conjunto para su medición. Este método de electrodos es muy confiable en la medición de agua, ya que se puede ajustar la impedancia en el relé controlador de nivel para enviar mayor o menor corriente a los electrodos, con el fin de lograr disminuir los efectos de la caída de tensión por distancia, recordando que el tanque elevado se encuentra lejos del cuarto de máquinas, en el cual se encuentra el panel de control.

Sensor de inmersión analógico

Se elige este tipo de sensor para lograr cumplir con lo requerido por la Institución, visualizar en tiempo real el nivel de agua en los tanques, con el fin de tomar medidas oportunamente en caso de niveles bajos de este líquido. La institución, al enterarse de este último caso, solicita actualmente camiones cisterna para abastecer los tanques, si estos últimos no llegan a tiempo, se debe suspender lecciones, afectando a toda la comunidad, la mayoría de las veces ocurre por haberse enterado tarde de esto, la ventaja de este tipo de sensor es su funcionamiento con señales analógicas de corriente eléctrica, evitando así, problemas de caída de tensión por la distancia de los conductores.

Fuente de alimentación de 24V DC

Como se indicó al inicio de este apartado, el voltaje a utilizar para el circuito de control es de 24V DC, pero este no se puede obtener de la red eléctrica que brinda la compañía eléctrica, sino que se requiere de un dispositivo que la convierta a partir de los 208V de la red en este caso. Para determinar la potencia de la fuente es necesario conocer la potencia de los dispositivos que se debe alimentar de esta; se debe clasificar los elementos del circuito de control que requieren energía eléctrica para operar, es por esto por lo que en la Tabla 8 Selección de componentes para tablero de control, se observa una columna con los datos de consumo energético en watts, estos valores se deben sumar y se obtiene un total de 25 388 watts; la fuente más cercana a este valor es la de 30 watts; no obstante, pensando en la escalabilidad esta queda ajustada, por lo que se decide pasar al siguiente modelo a disposición que será la de 50 watts.

Breaker para circuito de control C60N 6A

Este *breaker* se elige por recomendación de la ficha técnica de la fuente, la cual especifica como protección externa para este dispositivo, un *breaker* de 6A con curva tipo C. Al observar la Figura 44 Circuito de Control del Sistema de agua potable en CEDES Don Bosco se descubre que

el único elemento conectado al *breaker* es la fuente, porque los demás elementos se conectan a esta y el consumo de los demás componentes ya está contemplado en la fuente.

***Breaker* automático principal**

Basándose en la Guía técnica Cuadro de control, de Schneider Electric, fundamentada en las normas UL para el dimensionamiento de la protección para un cuadro de control de entrada (circuito de alimentación), el interruptor de desconexión y protección debe tener certificación UL 489 y la corriente máxima debe calcularse de la siguiente manera:

$$I_{m\acute{a}xima} = I_{protecci\acute{o}n\ de\ carga\ mayor} + \sum I_{m\acute{a}x}$$

$$I_{m\acute{a}xima} = 23A + 18,8A + 0,03A$$

$$I_{m\acute{a}xima} = 41,83A$$

Por esta razón, se elige la corriente nominal de 40A para esta protección, que es la más cercana a este valor de corriente máxima, además, se utiliza una herramienta disponible en la página del fabricante para seleccionar un *breaker* de caja moldeada, que permite elegir ciertos parámetros y una vez ajustados, la herramienta da la sugerencia del producto que se adecúa a esos ajustes, como se puede observar en la Figura 49.


Select your PowerPact B-Frame Molded Case Circuit

Life is On Schneider Unit Mount

Molded Case Circuit Breakers (MCCBs)

EZ Selectors are available to simplify selection of PowerPact molded case circuit breakers from 15A - 600A. They provide a quick and easy way to determine catalog number(s) for standard distribution applications

Overview of the MCCB Breaker Family

| B-Frame | H-Frame | J-Frame | L-Frame |
|---|---|---|---|
| 125 A | 150 A | 250 A | 600 A |
| Thermal-Magnetic | Thermal-Magnetic and Electronic | Thermal-Magnetic and Electronic | Electronic |
| Unit Mount | Unit Mount | Unit Mount | Unit Mount |
|  |  |  |  |

Features Reset

MCCB Rating: Standard (80%)

Breaker Frame: B-frame

Number of Poles: 3 Edit

Trip Unit Type: Thermal/Magnetic

Trip Unit Protection Functions: Fixed Thermal / Fixed Magnetic

Ampere Rating (A): 40A Edit

Breaker Voltage Rating max (Vac): 600Y/347V (B-frame) Edit

Terminations: Lugs ON and OFF end of breaker Edit

Interrupting Rating - kA @ Vac: D - 25/18/14 kA @ 240/480/600Y Edit

Fixed Lock OFF or ON: No

Fixed Lock OFF only: Yes Edit

Parts

BDL36040
 PowerPact B Circuit Breaker, 40A, 3P, 600Y/347V AC, 14kA at 600Y/347 UL EverLink
[Datasheet](#) 

Accessories

Add To List

Figura 49 Herramienta para seleccionar Breaker de caja moldeada

FUENTE PRODUCT SELECTOR SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Fusible de cartucho

Esta protección es para cada relé miniatura ubicado en la parte de potencia para la detección del funcionamiento de cada fase de la red eléctrica, es necesaria, porque estos componentes se ubican en el circuito antes mencionado como una derivación y este es protegido solo por el *breaker* principal de potencia que cuenta con una corriente de cortocircuito de 25KA, lo que podría provocar daños graves en estos relés, antes de que se dispare esta protección. Estos fusibles son elegidos por medio de la ficha técnica de los relés miniatura para su ampacidad, por los artículos 430.72(A), 430.72(B)(2) y tabla 430.72(B) del NEC.

Calibre de conductores

Se utiliza como referencia el NEC para la elección de los conductores en los Artículos 430.6, 430.9(B) y la tabla 310.15(B), columna 60°C (140°F) en cobre, para esto es importante conocer la ampacidad de los motores y el circuito de control.

La bomba 1 cuenta con la placa de características (Figura 50), basándose en el Artículo 430.6(A)(2) del NEC, se determina que la corriente nominal es de 18,8A y para determinar su ampacidad se aplica el Artículo 430.22 del NEC multiplicándolo por el 125%.

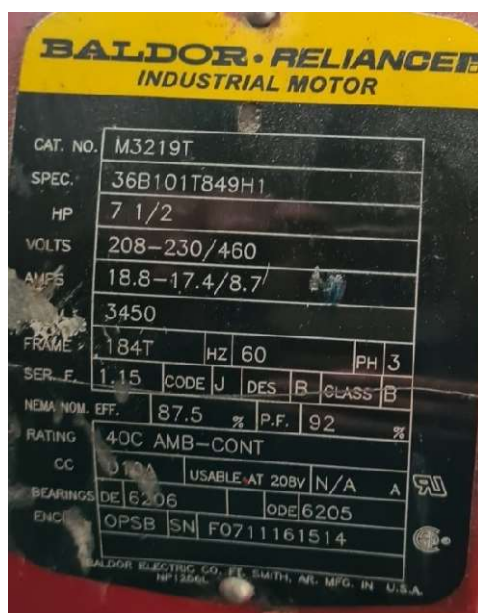


Figura 50 Placa de características motor eléctrico de la bomba 1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

En la bomba 2 se dificulta observar la placa de características, ya que está sumergida en el tanque, no se tiene el equipo para ingresar ni se cuenta con una ficha técnica; para la obtención de la corriente nominal se encuentra el valor de 24,2A, utilizando el Artículo 430.6(A)(1) y la tabla 430.250, con este valor, se aplica el Artículo 430.22, todos del NEC.

Para los conductores que alimentan el circuito de potencia se utiliza el Artículo 430.24 del NEC, multiplicando el valor de 24,2A como más alto por 125%, se le suman los 18,8A del otro motor y un 125% de la corriente nominal de cada relé que se alimentan de este circuito correspondiente a 0,01A. A continuación, se presenta la Tabla 9 que resume los datos antes mencionados, sus respectivos cálculos y conductores seleccionados para cada sección.

Tabla 9 Selección de conductores para los alimentadores del circuito

| Descripción | Potencia (Kw) | Voltaje (V) | Frecuencia (Hz) | Corriente Nominal (A) | Servicio continuo | Corriente del conductor (A) | Conductor THHN (AWG) |
|-----------------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|
| Bomba 1 | 5,5 | 208 | 60 | 18,8 | 125% | 23,5 | 8 |
| Bomba 2 | 5,5 | 208 | 60 | 24,2 | 125% | 30,25 | 8 |
| Alimentadores Motores | - | 208 | 60 | - | 125% | 49,07 | 6 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Para el circuito de control se ha utilizado un *breaker* de 6A, por lo que el conductor debe soportar una corriente mucho mayor para evitar daños en el tablero. Utilizando como referencia la tabla 310.15(B) del NEC, el calibre más pequeño es el #18 AWG en cobre que soporta una corriente de 14A, el cual, supera lo requerido; empero, se aplican los Artículos 430.72(A) y 725.43 del NEC, por esta razón, se elige este conductor para el cableado de control, porque la protección antes mencionada no supera los 7A.

Una vez seleccionados todos los componentes con su respectiva marca y modelo, se procede a realizar un diseño del armado del panel, para poder dimensionar el tamaño del gabinete, proponer su disposición y poder elegir otros componentes que no se contemplan en el plano eléctrico, como riel DIN o canaleta ranurada, entre otros. Esta disposición se observa en la Figura 51.

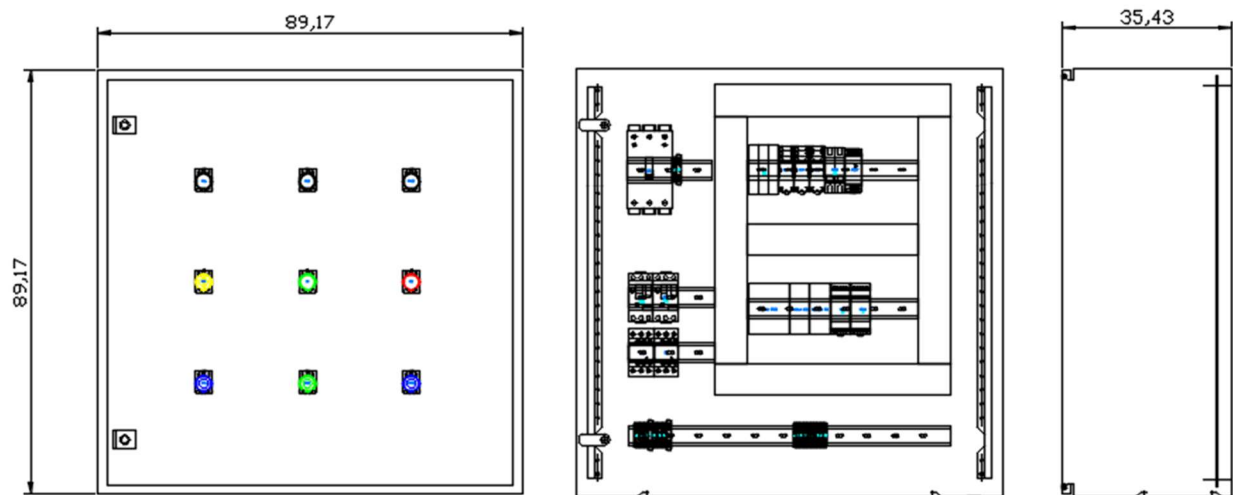


Figura 51 Disposición del tablero de control del sistema de bombeo de agua para CEDES Don Bosco

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Es importante recalcar que se debe tener en cuenta el Artículo 430.10(B) sobre el espacio de curvatura del cableado en envolventes (gabinete), estos espacios se detallan en la tabla 430.10(B), en el caso de este tablero, se contemplan los cables de calibre #8 AWG y #6 AWG, según la tabla, se requiere un espacio de 38 mm para las curvaturas de estos conductores. Esto se debe tomar en cuenta para el circuito de potencia, por eso existe un mayor espaciado que supera este espacio mínimo requerido.

Lista de materiales para panel de control

Una vez realizado el diseño con la respectiva disposición de todos los componentes, se debe tener presentes todos los elementos necesarios para la fabricación del panel, ya que en este caso se enviarán para su respectiva cotización, para incluirlos en el presupuesto de este diseño. A continuación, en la Tabla 10 se puede apreciar el listado completo de los elementos necesarios para este panel sin incluir consumibles, que se tomarán en cuenta en el presupuesto final de la inversión inicial.

Tabla 10 Lista de componentes eléctricos para panel de control

| CANTIDAD | MARCA | CATÁLOGO | DESCRIPCIÓN |
|----------|---------|---------------------|--|
| 1 | SE | BDL36040LU | Breaker automático para protección principal 3 polos, 40 A |
| 1 | SE | M9F11206 | Breaker automático para circuitos de control Multi 9 C60N 6A - 2P - Curva C - 10KA |
| 2 | SE | GV2ME21 | Guardamotor GV2-ME - 17-23 A - 3P con contacto auxiliares frontal 1NO+1NC |
| 2 | SE | LC1D25BD | CONTACTOR TESYS LC1-D - 3P - AC-3 440V 25A - BOBINA 24VDC |
| 3 | SE | RXM2AB2FD | Relé miniatura RXM con LED |
| 3 | SE | RXZE2S108M | Base para relé RXM |
| 2 | SE | RM35LM33MW | Relé de control de nivel de líquido - 24-240VAC/DC |
| 4 | SE | LA9RM201 | Sonda de medición de Nivel de líquido para RM4L |
| 3 | SE | XB5AVB1 | Luz piloto blanca Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V |
| 1 | SE | XB5AVB3 | Luz piloto verde Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V |
| 1 | SE | XB5AVB4 | Luz piloto rojo Ø22 - IP 65 - INTEGRAL LED - 24V |
| 1 | SE | XB5AK125B5 | Selector Iluminado Amarillo - 2 Posiciones fijas Ø22 - 24V - 1NO |
| 1 | SE | XB5AW33B5 | Botón pulsador iluminado verde Ø22 - 24V - 1NO+1NC |
| 2 | SE | XB5AW36B5 | Botón pulsador iluminado azul Ø22 - 24V - 1NO+1NC |
| 2 | Zyyini | TL231 | Sensor analógico de inmersión para medir nivel de líquido |
| 1 | SIEMENS | 6ED1 052-1MD00-0BA3 | LOGO! 12/24RC Módulo Base LOGO!8.3 |
| 1 | SIEMENS | 6ED1 055-1MB00-0BA1 | LOGO! DM8 12/24R Módulo de expansión de entradas y salidas digitales |
| 1 | SIEMENS | 6ED1 055-1MA00-0BA0 | LOGO! AM2 Módulo de expansión de entradas analógicas |
| 1 | SE | ABLS1A24021 | Fuente de alimentación regulada, 100-240V AC, 24V 2.1 A, monofásica, optimizada |
| 3 | SE | DF103V | Seccionador portafusible 3P - fusible 10 x 38 mm |
| 3 | SE | DF2CN02 | Fusible de cartucho 2A, Tesys GS, cilíndrico 10 x 38 mm |
| 10 | SIEMENS | 8WA1 011-1BF23 | Bornera - tamaño 2.5 mm |
| 7 | SIEMENS | 8WA1 011-1BH23 | Bornera - tamaño 6 mm |
| 3 | SIEMENS | 8WA1 011-1PH00 | Bornera tierra - Tamaño 6 mm |
| 4 | SIEMENS | 8WA1 857 | Retenedor final con tornillo |
| 2 | Legrand | | Riel DIN perforado |
| 2 | Legrand | | Canaleta ranura 40mmx40mmx2m |
| 1 | VIKON | | Caja de cable #18 AWG TFFN azul |
| 1 m | VIKON | | Cable #6 AWG THHN negro |
| 2 m | VIKON | | Cable #8 AWG THHN negro |
| 150 | Legrand | | Terminales de punta 2,5mm |
| 1 | | | Gabinete 700mm ancho x 800mm Alto x 300mm profundidad |
| 9 | SE | ZBYP2101 | Placa inscripción 30x40mm en blanco |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Diseño fotovoltaico

Es importante para diseñar la alimentación fotovoltaica para el sistema de bombeo en la Institución, conocer los datos de consumo eléctrico que requiere este último, ya que es el principal parámetro para determinar la energía eléctrica de alimentación que se necesita para poner en funcionamiento todo el proyecto.

Cálculo de consumo energético del sistema de bombeo

Se busca calcular el consumo energético diario que requiere el sistema de bombeo, para esto se debe realizar la suma de todos los elementos que consumen energía, en este caso, será el circuito de control del panel eléctrico, la bomba 1 y la bomba 2, ya que estas pueden trabajar juntas en modo manual y la fuente energética debe ser capaz de suplir esa energía.

De la sección anterior se puede extraer que el punto de potencia máxima en el panel de control es de 149,5 watts, el cual lo establece la ficha de datos de la fuente de voltaje de 24V DC, este dispositivo, como se indicó, es la fuente de energía para este circuito. Para el cálculo de su consumo energético (E) se debe contemplar que trabaja las 24 horas al día por esta potencia, por lo tanto, se obtiene el siguiente dato:

$$E_{panel\ de\ control}(Wh/d) = P_{panel\ de\ control}(w) * horas/día$$

$$E_{panel\ de\ control}(Wh/d) = 149,5W * 24h$$

$$E_{panel\ de\ control}(Wh/d) = 3588 Wh/d$$

Para determinar la potencia de las bombas, no se puede utilizar el dato de los 5,5 KW, ya que este dato corresponde a la potencia mecánica del motor eléctrico, por ende, a la potencia mecánica de entrada en el impulsor. Esto quiere decir que se debe determinar la potencia eléctrica por un método válido, como la eficiencia del motor, la ley de potencia eléctrica o como lo establece el Artículo 6.6.2-3 del Código de instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, edición 2017.

Para el cálculo de la bomba 1, se utiliza el método de ley de potencia, utilizando los datos de la placa del motor eléctrico (Figura 50 Placa de características motor eléctrico de la bomba 1),

se utilizan el voltaje de 208V que es el correspondiente a la red eléctrica del panel y la corriente respectiva a este voltaje, a continuación, se muestra la operación tomando en cuenta que es trifásica:

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 1} = V_{alimentaci\acute{o}n} * I_{nominal} * \sqrt{3}$$

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 1} = 208V * 18,8A * \sqrt{3}$$

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 1} = 6773.011VA$$

Es importante destacar que se está calculando la potencia en corriente alterna, por esta razón el dato calculado corresponde a Potencia Aparente (S) en voltiamperios (VA), la placa del motor presenta el dato del factor de potencia equivalente a 92%, con este se puede obtener el dato en watts, pero daría un valor más bajo, por esta razón, se utilizará este valor logrado como si fueran watts y brindará un margen a favor para la generación de energía.

El cálculo de potencia eléctrica en la bomba 2 no se puede realizar con la placa del motor, como se ha indicado antes, esta bomba es sumergible, está instalada y lograr su acceso es complicado; empero, se obtuvo el dato de corriente nominal, basándose en la tabla del NEC cuando se realizó el cálculo para los conductores de esta. Por lo tanto, se utiliza el mismo valor para el voltaje de alimentación y el dato de corriente eléctrica de 24,2A (Tabla 9 Selección de conductores para los alimentadores del circuito). Se observa el cálculo a continuación:

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 2} = V_{alimentaci\acute{o}n} * I_{nominal} * \sqrt{3}$$

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 2} = 208V * 24,2A * \sqrt{3}$$

$$S_{el\acute{e}ctrica\ bomba\ 2} = 8718,451VA$$

Del mismo modo que en la bomba 1, se procede a utilizar este dato obtenido de potencia aparente en VA como watts. Es importante recalcar que se está calculando el diseño con estos datos, ya que equivalen a los equipos instalados actualmente en la Institución, para el caso de la bomba 1, se utiliza un valor corriente baja con respecto a la tabla 430.72(B) del NEC, pensando en un cambio a futuro de este equipo por uno de igual potencia mecánica, ya sea por daño u otra razón, pero de una marca distinta, existe la posibilidad de que el nuevo componente tenga menor eficiencia

y se acerque más al valor de la tabla antes mencionada. Por esta razón, se diseñará en el escenario más crítico, utilizando los mismos datos de la potencia más alta en ambos motores (potencia de la bomba 2).

Logrando el cálculo de potencia de las bombas, es necesario conocer el tiempo de funcionamiento para encontrar el consumo; sin embargo, este cálculo puede tener varios escenarios, por lo que se tabulará cada uno con el total del sistema de bombeo, esto se puede observar en la Tabla 11 que se muestra a continuación:

Tabla 11 Cálculo de consumo energético en el sistema de bombeo con diferentes escenarios

| Escenario | Dispositivo | Potencia (W) | Dotación (l/d) | Q _{bombeo} (l/s) | t _{trabajo} (h/d) | E (Wh/d) | E Total (Wh/d) |
|-------------------------|-------------|--------------|----------------|---------------------------|----------------------------|-----------|------------------|
| Trabajo solo de bomba 1 | Bomba 1 | 8718,451 | 132310 | 8,416 | 4,367 | 38073,585 | 41661,585 |
| | Control | 149,5 | - | - | 24 | 3588 | |
| Trabajo solo de bomba 2 | Bomba 2 | 8718,451 | 132310 | 5,698 | 6,450 | 56235,046 | 59823,046 |
| | Control | 149,5 | - | - | 24 | 3588 | |
| Trabajo ambas bombas | Bomba 1 | 8718,451 | 132310 | 14,114 | 2,604 | 22702,798 | 48993,596 |
| | Bomba 2 | 8718,451 | | | | 22702,798 | |
| | Control | 149,5 | - | - | 24 | 3588 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se muestra en la tabla anterior, para determinar el tiempo de trabajo en horas al día ($t_{trabajo}$) de las bombas, se toma de base la dotación diaria y el caudal que entrega el sistema de bombeo para los diferentes escenarios, el más crítico de estos es el de mayor consumo energético diario, el cual se marca en amarillo, correspondiente al funcionamiento únicamente de la bomba 2, este da como resultado 59 823,046 Wh/d, siendo el dato de referencia para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para el diseño.

Cálculo de Horas Solares Pico (HSP)

Una herramienta útil para el cálculo de las HSP, como se indicó en el marco teórico, se encuentra en la web, llamada Power Data Access Viewer de la NASA, en la cual se puede encontrar parámetros meteorológicos y solares de manera gratuita para el diseño de sistemas de energías renovables. Cabe destacar que no es el único: no obstante, es el que se utilizó en este diseño.

Al momento de iniciar esta herramienta, solicita el ajuste de algunos parámetros para encontrar lo que se busca; cuenta con un mapa en el que se puede navegar para ubicar el punto del que se desea obtener la información y da la opción de descargarla, en la Figura 52 se puede observar parte del mapa en el que se ubica CEDES Don Bosco y el archivo descargable como CSV.

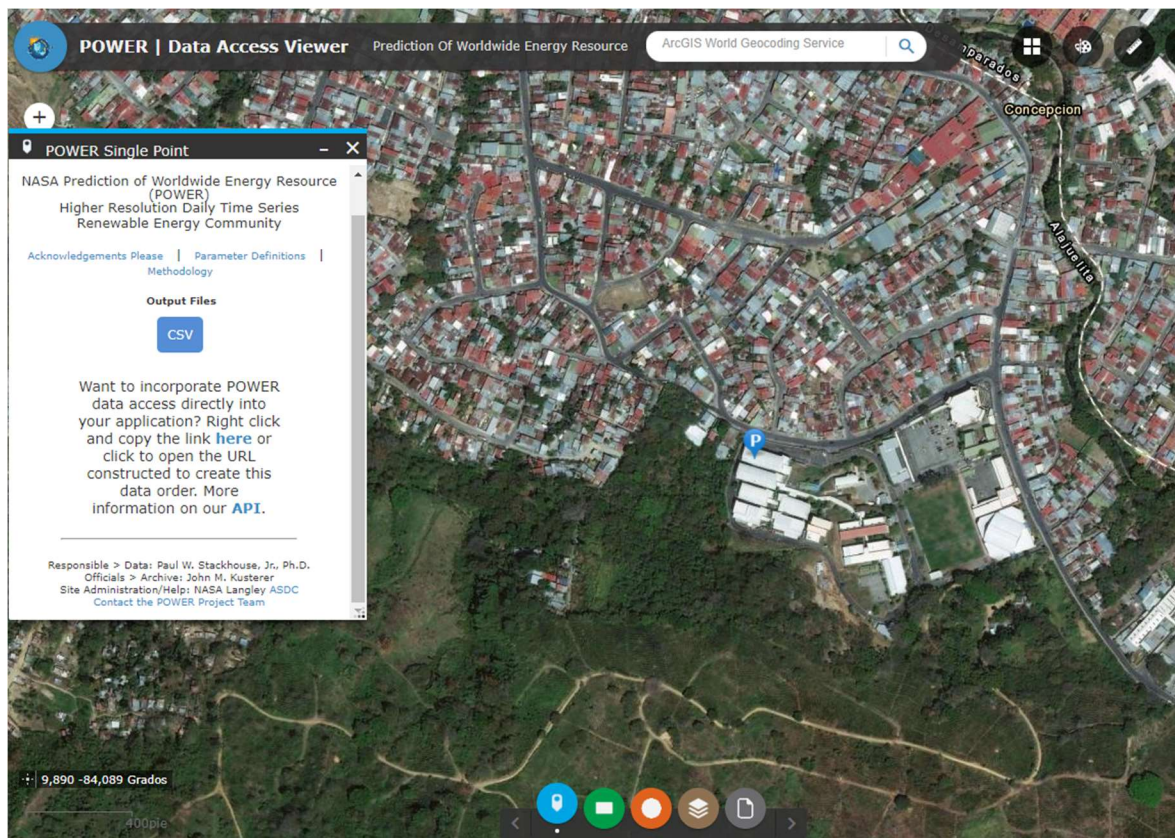


Figura 52 Imagen de la herramienta Power de la NASA

FUENTE POWER DATA ACCESS VIEWER, 2022

Como se puede observar, el punto azul con una letra P es el lugar donde se encuentra la sala de máquinas de la Institución, además, se descarga el archivo en formato CSV y se procede a acomodar la tabla conforme a lo que se requiere para este proyecto. Los datos están dados en kWh/m²/día; empero, se puede cambiar la unidad a horas día, tal y como se indica en el marco teórico.

Tabla 12 HSP en sala de máquinas de CEDES Don Bosco

| Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2020 | 5,4 | 6,55 | 7,1 | 5,88 | 4,48 | 4,5 | 4,82 | 4,57 | 5,03 | 4,48 | 4,12 | 5,08 | 5,16 |
| 2021 | 5,48 | 6,19 | 6,67 | 5,57 | 4,83 | 5,04 | 4,75 | 4,7 | 4,88 | 4,5 | 4,61 | 4,82 | 5,16 |

FUENTE POWER DATA ACCESS VIEWER, 2022

Al observar la Tabla 12, se encuentra que el promedio anual de HSP es el mismo en ambos años de referencia; sin embargo, se utiliza el dato del mes más crítico para asegurar la producción de energía en todo momento, por lo que se utilizará el de 4,12 horas para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos en el proyecto.

Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaicos

Es importante ir aclarando en este punto del diseño, cuál será la aplicación que se busca; en este proyecto se requiere una solución que también pueda trabajar con la red eléctrica. Por esta razón, se busca el aprovechamiento de la inversión de los paneles solares, para utilizarlos como fuente principal de energía eléctrica para abastecer el sistema de agua potable, con la opción, de recurrir a la red eléctrica en caso de que este sistema no dé la suficiente energía para abastecerlo, o que se necesite en un periodo nocturno como caso excepcional, en otras palabras, para aprovechar su instalación e inversión, se utilizará como medio para el ahorro en la facturación del recibo eléctrico por concepto del bombeo. En la página de “Heliotek Tecnología Solar”, el cual es un proveedor de este tipo de equipos en Costa Rica, se encuentra un catálogo de Sistemas Solares Fotovoltaicos Autónomos 2020, que sirve de guía para el diseño planteado anteriormente. A continuación, en la Figura 53 se muestra una propuesta similar.



Figura 53 Propuesta de sistemas autónomos - híbridos

FUENTE HELIOTEK SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS, 2020

Esta propuesta servirá de guía para la selección de los equipos para el sistema fotovoltaico, ya que al tener el respaldo local, se cuenta con la garantía, mano de obra para la instalación e incluso, el mantenimiento de los primeros años.

La opción de módulo fotovoltaico de mayor potencia que ofrece esta empresa es de la marca Canadian Solar y el modelo es el HiKu6 CS6W 545MS, del cual se extraen las características técnicas que se observan en la Figura 54.

ELECTRICAL DATA | STC*

| CS6W | 530MS | 535MS | 540MS | 545MS | 550MS | 555MS |
|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 530 W | 535 W | 540 W | 545 W | 550 W | 555 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 40.9 V | 41.1 V | 41.3 V | 41.5 V | 41.7 V | 41.9 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 12.96 A | 13.02 A | 13.08 A | 13.14 A | 13.20 A | 13.25 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 48.8 V | 49.0 V | 49.2 V | 49.4 V | 49.6 V | 49.8 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 13.80 A | 13.85 A | 13.90 A | 13.95 A | 14.00 A | 14.05 A |
| Module Efficiency | 20.7% | 20.9% | 21.1% | 21.3% | 21.5% | 21.6% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | | | |
| Max. System Voltage | 1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL) | | | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730) | | | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 25 A | | | | | |
| Application Classification | Class A | | | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 10 W | | | | | |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Figura 54 Datos Eléctricos del panel solar HiKu6 de la marca Canadian Solar

FUENTE CANADIANSolar.COM, 2022

La cantidad de paneles fotovoltaicos para suplir el proyecto se determina con los datos obtenidos anteriormente correspondientes al consumo energético, HSP y el dato de la potencia del panel elegido según el fabricante en este caso, corresponde a 545W, por lo tanto, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{0.9 * W_p * HSP}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{59\,823,046 \text{ Wh/d}}{0.9 * 545W * 4,12 \text{ h/d}}$$

$$\text{Número de paneles} = 30 \text{ paneles requeridos}$$

Luego se procede con el cálculo para obtener el inversor, es importante dejar claro que este proyecto contempla el uso de motores eléctricos, por lo que se debe tomar en cuenta el pico de arranque de cada motor, si se encienden al mismo tiempo, pero esto da un valor muy alto de potencia y por lo tanto, un inversor mucho más costoso, por lo que el cálculo se hará con solo el pico de corriente de un motor y en el consumo si se contemplarán los demás componentes con el

otro motor, de esta manera, se deberá restringir el encendido de ambos motores al mismo tiempo, recordando que en el método manual se podría realizar, esta restricción se hará a nivel de programación con un temporizador que no permita el encendido de la otra bomba, hasta cinco segundos después de que se haya encendido la primera bomba, sin importar si es la bomba 1 o la bomba 2.

Para la selección del inversor de corriente en este proyecto no se contemplan los microinversores, como se menciona en el marco teórico, son más costosos que los inversores centralizados; no obstante, el punto más importante se debe a las características del proyecto, al ser un sistema trifásico compuesto de motores eléctricos de potencia elevada aumenta más su precio. Otro factor es que el lugar propuesto para colocar los paneles fotovoltaicos está expuesto a la luz solar sin obstáculos, disminuyendo así, una de las principales desventajas de estos últimos inversores sobre los microinversores.

Con los datos de la potencia de cada elemento del sistema de bombeo, un factor de seguridad de 1,2 y un pico de arranque de seis veces la potencia nominal, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$P_{inv} = 1,2 * \sum P_{motores AC} * 6 + P_{AC \text{ que no son motores}}$$

$$P_{inv} = 1,2 * [(8718,451VA * 6) + 8718,451VA + 149,5VA]$$

$$P_{inv} = 73\ 414,388VA$$

Como resultado se obtiene la potencia total de 73 414,388 VA, pero este valor no se encuentra en el mercado, sino que se busca el más cercano que corresponde a 75 000 VA con salida de 208V AC trifásico.

Con este dato se buscan las marcas de inversores distribuidas por la empresa Heliotek, para mantener el tema de soporte y otros mencionados en la selección de los paneles fotovoltaicos; empero, no se encuentran con esta potencia, al conversar con un asesor de ventas que cuenta con mayor experiencia en el área, se le solicitan sugerencias de opciones para de los inversores; sin embargo, requiere que se le entreguen los datos calculados para poder hallar una solución y brindar una oferta que se adecua al proyecto.

Por otra parte, se buscan soluciones de otros proveedores, pero para esta potencia no se logra encontrar un inversor que cumpla con otros requerimientos eléctricos como la tensión de salida de 208V trifásica, solo se encuentran con salida de voltaje de 480V, lo que implicaría el uso de transformadores para tener disponible la misma tensión de la red o adecuar por medio de contactores, las conexiones del motor para cuando se encuentre alimentado por esta última o por los paneles fotovoltaicos, incrementando la complejidad del proyecto y el poco beneficio que genera, por lo que se espera contar con una propuesta diferente por parte de la empresa Heliotek.

Cálculo de la inversión

Es necesario tomar en cuenta para el cálculo de la inversión, todo aquello que genere un desembolso de dinero para CEDES Don Bosco, lo cual es de suma importancia en la toma de decisiones para la implementación del proyecto, dentro de los datos que se utilizan para este cálculo están los costos de los equipos elegidos, que se separan en la parte de automatización y en la fotovoltaica, por otra lado, se toma en cuenta la mano de obra para lo relacionado con el armado y montaje del panel de control, se calcula con un estimado de horas de trabajo y su respectivo costo, en la parte fotovoltaica va incluida la mano de obra en el costo de los equipos, ya que al comprarlos localmente, en la cotización se incluye la instalación.

Tabla 13 Resumen de costos de inversión inicial del proyecto

| Descripción de ítem | Proveedor | Horas estimadas | Costo Unitario | Sub-Total | IVA | | Descuento | Total |
|--|-----------|-----------------|----------------|----------------|-----|--------------|-----------|----------------|
| | | | | | % | Monto | | |
| Total de materiales del Panel de Automatismo | SUMELEC | - | - | ¢ 1 952 508,40 | 13% | ¢ 253 826,09 | ¢ - | ¢ 2 206 334,49 |
| Mano de Obra en armado, montaje del panel. | CEDES | 100 | ¢ 5 000,00 | ¢ 500 000,00 | 13% | ¢ 65 000,00 | ¢ - | ¢ 565 000,00 |
| TOTALES | | | | ¢ 2 452 508,40 | ¢ | 318 826,09 | ¢ - | ¢ 2 771 334,49 |

| Descripción de ítem | Proveedor | Horas estimadas | Costo Unitario | Sub-Total | IVA | | Descuento | Total |
|------------------------------|-----------|-----------------|----------------|--------------|-----|-------------|-----------|--------------|
| | | | | | % | Monto | | |
| Total de equipo fotovoltaico | Heliotek | - | - | \$ 59 695,00 | 13% | \$ 4 776,86 | \$ - | \$ 64 471,86 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se puede ver en la tabla de resumen, el costo de los materiales para la automatización es muy bajo con respecto al equipo fotovoltaico, cabe destacar que de la lista de materiales para el panel se solicitaron tres cotizaciones, de las cuales se elige SUMELEC por las siguientes razones:

- CEDES Don Bosco cuenta con la opción de compra a crédito con ellos.
- Muestra precios más cómodos que las otras dos empresas.
- Se encuentra a nivel nacional.

En la parte fotovoltaica se explica porqué se desea solicitar la cotización con Heliotek, por lo que no se explicará en esta sección; sin embargo, sí se puede ver que es un costo elevado, dado que requiere de unidades especiales como el inversor, el cual soporta la gran carga de potencia de los motores.

Cabe destacar que el costo de la propuesta brindada por la empresa Heliotek está en dólares, por lo que utilizando el tipo de cambio del día 19 de agosto de 2022, el cual se encontraba a un precio de ₡658, la implementación fotovoltaica equivale a un monto total de ₡42 422 483,88 de inversión.

Una vez que se conocen los datos del costo de implementación es importante desarrollar un análisis de costo-beneficio, para este análisis se trabajan los proyectos independientes y se ejecutará un cálculo de los gastos de cada proyecto tanto con la implementación como sin esta.

Gastos con y sin automatización

Es importante tomar en cuenta para el cálculo sin la implementación de la automatización, que al no existir esta, no se llena el tanque elevado ni siquiera a la mitad, para evitar el rebalse y así, el desperdicio de agua potable. Esto conlleva a no poder mantener llenos ambos tanques, por lo tanto, la reserva de agua para sustentar la dotación disminuye y en caso de existir cortes de este recurso por temas de racionalización, se hace necesario la compra de tanques cisterna de agua potable, cada uno con un valor de 237 300 colones incluido el IVA (impuesto al valor agregado) gracias a un convenio que mantiene la Institución con el distribuidor de estos.

Cada cisterna dota un total de 26 metros cúbicos de agua potable, en lo que llevamos de este año, se ha realizado la compra ocho camiones de este tipo, para un total de 130 000 litros por un monto de ₡1 898 400,00; empero, este año disminuyó este gasto, gracias a la implementación de una rutina diaria de mantenimiento, en la que se envían dos colaboradores para la revisión y medición de los niveles de cada tanque, en la mañana y en la tarde.

Esto genera un nuevo gasto, debido a que estos empleados dejan sus funciones ordinarias, las cuales incluso pueden ser urgentes, para realizar esta rutina y evitar el desabastecimiento en el campus. Este gasto se determina con el costo promedio de cada técnico, por la cantidad de tiempo que dura esta rutina diaria, por cinco días de la semana por 4,33 semanas al mes, por 12 meses al año; determinando un total de gastos de mano de obra anuales equivalentes a ₡259 800,00; para un total de gastos de ₡2 158 200,00 sin implementación.

Por otra parte, para el cálculo de gastos con la implementación, en caso de fallar la red de agua potable se toma en cuenta la compra de cuatro tanques cisterna, además, unas horas de trabajo para darle mantenimiento al sistema de automatización con un costo de 4000 mil colones anuales correspondientes a socar los tornillos cada seis meses en el panel de control, dando como resultado un total de gastos de ₡1 001 160 colones con la implementación del proyecto.

Con estos datos podemos determinar que en caso de implementar el proyecto se obtendrá un ahorro de ₡1 157 040,00 anuales. Siendo este último dato importante para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), para eso se puede observar la siguiente tabla en la que se refleja el período de retorno de la inversión.

Tabla 14 Retorno de la inversión en automatización

| Retorno de la inversión del sistema de automatización | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------|
| Inversión Inicial | ₡ 2 771 334,49 | | | |
| | Ahorro anual | Mantenimiento | Flujo neto | Valor acumulado |
| Año 0 | ₡ 0 | ₡ 0 | -₡ 2 771 334,49 | -₡ 2 771 334,49 |
| Año 1 | ₡ 1 157 040,00 | ₡ 4 000,00 | ₡ 1 153 040,00 | -₡ 1 618 294,49 |
| Año 2 | ₡ 1 157 040,00 | ₡ 4 000,00 | ₡ 1 153 040,00 | -₡ 465 254,49 |
| Año 3 | ₡ 1 157 040,00 | ₡ 4 000,00 | ₡ 1 153 040,00 | ₡ 687 785,51 |
| Período de recuperación | TIR | | 12% | |
| | | | 2,40 | 4,84 |
| | Años | | 2 | |
| | Meses | | 4 | |
| | días | | 25 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se observa en la tabla anterior, el TIR es positivo y atractivo, ya que es una tasa de interés bastante alta y mejor que las tasas de ahorro en un banco, además de su corto período de recuperación por dos años, cuatro meses y 25 días.

Gastos con y sin paneles fotovoltaicos

Se procede a calcular el costo energético por concepto del sistema de bombeo para el cálculo de los gastos del sistema de bombeo sin el sistema fotovoltaico, utilizando la tarifa de la CNFL (Compañía Nacional de Fuerza y Luz) correspondiente a la industrial y comercial, con la que se le factura a la Institución. Se utilizará como base, lo calculado para la parte fotovoltaica en cuanto al consumo energético diario, utilizando el consumo de la bomba 2, ya que esta es la única que funciona y este multiplicado por cinco días a la semana que corresponde a los días en los que funciona el sistema actualmente, por 4,33 semanas al mes. Este cálculo se observa en la siguiente tabla:

Tabla 15 Consumo energético del sistema de bombeo actual

| W/d | días al mes | KW/h mensual | Tarifa KW/h | TOTAL |
|------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 59 823,05 | 21,65 | 1295,169 | 72,27 | ¢ 93 601,86 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Al estar trabajando los datos económicos por año, se requiere hacer el cálculo final, por esta razón este monto se multiplica por 12 meses y se obtiene un gasto energético anual de ¢1 123 222,32 por concepto del funcionamiento del sistema de bombeo, no se contemplan los gastos fijos ni tampoco el cambio de medidor, porque la propuesta fotovoltaica es solo para este sistema, por lo que de igual manera, se continua con el pago del recibo de energía eléctrica.

Para determinar el gasto con el sistema fotovoltaico, desaparece el pago a la CNFL solo por el bombeo, por lo que este dato se convierte en ahorro de dinero, pero también es importante realizar el mantenimiento adecuado a toda esta implementación, correspondiente en primera instancia, a una rutina de mantenimiento por parte de la Institución, enviando personal de este departamento para así, economizar por este concepto, este dato ronda los ¢100 000 anuales. Se realiza una tabla para determinar el retorno de la inversión, la cual se observa a continuación:

Tabla 16 Retorno de la inversión en el sistema fotovoltaico

| Retorno de la inversión del sistema fotovoltaico | | | | |
|--|----------------|---------------|------------------|------------------|
| | Ahorro anual | Mantenimiento | Flujo neto | Valor acumulado |
| Año 0 | 0 | 0 | -₡ 42 422 483,88 | -₡ 42 422 483,88 |
| Año 1 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 41 399 261,56 |
| Año 2 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 40 376 039,25 |
| Año 3 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 39 352 816,93 |
| Año 4 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 38 329 594,61 |
| Año 5 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 37 306 372,30 |
| Año 6 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 36 283 149,98 |
| Año 7 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 35 259 927,66 |
| Año 8 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 34 236 705,35 |
| Año 9 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 33 213 483,03 |
| Año 10 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 32 190 260,71 |
| Año 11 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 31 167 038,40 |
| Año 12 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 30 143 816,08 |
| Año 13 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 29 120 593,76 |
| Año 14 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 28 097 371,45 |
| Año 15 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 27 074 149,13 |
| Año 16 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 26 050 926,81 |
| Año 17 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 25 027 704,50 |
| Año 18 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 24 004 482,18 |
| Año 19 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 22 981 259,86 |
| Año 20 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 21 958 037,55 |
| Año 21 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 20 934 815,23 |
| Año 22 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 19 911 592,91 |
| Año 23 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 18 888 370,60 |
| Año 24 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 17 865 148,28 |
| Año 25 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 16 841 925,96 |
| Año 26 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 15 818 703,65 |
| Año 27 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 14 795 481,33 |
| Año 28 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 13 772 259,01 |
| Año 29 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 12 749 036,70 |
| Año 30 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 11 725 814,38 |
| Año 31 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 10 702 592,06 |
| Año 32 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 9 679 369,75 |
| Año 33 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 8 656 147,43 |
| Año 34 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 7 632 925,11 |
| Año 35 | ₡ 1 123 222,32 | ₡ 100 000,00 | ₡ 1 023 222,32 | -₡ 6 609 702,80 |

| Retorno de la inversión del sistema fotovoltaico | | | | |
|--|----------------|---------------|----------------|-----------------|
| | Ahorro anual | Mantenimiento | Flujo neto | Valor acumulado |
| Año 36 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 5 586 480,48 |
| Año 37 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 4 563 258,16 |
| Año 38 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 3 540 035,85 |
| Año 39 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 2 516 813,53 |
| Año 40 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 1 493 591,21 |
| Año 41 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | -₺ 470 368,90 |
| Año 42 | ₺ 1 123 222,32 | ₺ 100 000,00 | ₺ 1 023 222,32 | ₺ 552 853,42 |
| Período de recuperación | | TIR | 0,06% | |
| | | 41,46 | 5,52 | |
| | | Años | 41 | |
| | | Meses | 5 | |
| | | días | 15 | |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2022

Como se puede observar en la tabla anterior, el período de recuperación del sistema fotovoltaico es de 42 años, cinco meses y 15 días, sin tomar en cuenta el cambio de componentes que tienden a fallar después de algunos años como el inversor, lo cual incrementaría el tiempo de recuperación y disminuiría el TIR, que ya es muy bajo con las condiciones planteadas.

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se evaluó la capacidad instalada de la red de agua potable en la Institución, realizando un levantamiento en campo con los datos reales del sitio, los cuales dieron un caudal de bombeo máximo de 14,114 l/s operando con ambas bombas, un volumen de almacenamiento total en los tanques de 461 350 l, una entrada de caudal en la paja de 1,22 l/s y una dotación diaria estimada de 105 734 l en un día, estos se utilizaron para compararlos con los requerimientos mínimos necesarios que dicta la normativa vigente en el país para suplir las necesidades de la Institución, los cuales corresponden a la dotación diaria de 132 310 l por día y un caudal máximo de diseño de 18,371 l/s basado en la piezas sanitarias. Se logra comparar los datos y se concluye que el problema no son los equipos instalados, debido a que la dotación requerida es mucho menor que la instalado, el caudal máximo que se entrega en el bombeo es más bajo que el caudal máximo probable requerido por las unidades accesorio, pero esto se compensa gracias al tanque elevado que funciona de reserva para alimentar las tuberías ramales, lo que quiere decir que las bombas no están conectadas directamente al consumo de agua, sino que lo están al tanque elevado y lo que en primera instancia parece ser la causa del problema de abastecimiento es la dotación que puede brindar la red, ya que esta es menor que las necesidades de la Institución; sin embargo, como el campus labora cinco días a la semana, utilizando un factor de seguridad del 10%, porque pueden existir actividades extraordinarias, se requieren 727 705 litros para abastecerla; la red logra superar el abastecimiento en la semana, dado que se llena en los siete días con 740 141 litros, cabe destacar que es contemplando un flujo constante de agua.
- Se logró establecer los parámetros y necesidades a satisfacer por la programación del relé inteligente de la marca SIEMENS, tomando en cuenta los requerimientos de control de nivel que dicta el Código de Instalaciones Hidráulica y Sanitarias en Edificaciones y los solicitados por las autoridades de la Institución para la automatización del sistema de bombeo, como el control del nivel de los tanques, los modos de control y el manejo desde la red, lo anterior para la automatización del sistema de bombeo de agua potable.

- Se realizó la selección de los componentes de control eléctrico, utilizando las fichas técnicas encontradas de los diferentes fabricantes, todos estos cumplen con las normas requeridas UL y con el NEC, dentro de los más importantes están los contactores de 25A, guardamotors 16-23 A, disyuntores para las protecciones principales, todos estos de sumo cuidado con detalles como la corriente nominal, se logró aprovechar el recurso existente en la Institución como los electrodos, las bombas eléctricas, la misma mano de obra, disminuyendo de manera importante los costos para el diseño de la solución electromecánica que manejará el sistema de bombeo.
- Se evaluaron las condiciones actuales y se rediseñó la alimentación eléctrica del sistema de bombeo existente por medio de paneles fotovoltaicos; sin embargo, el costo de la implementación equivale a \$64 471,86; para garantizar la continuidad del servicio en la Institución se puede optar por otras soluciones, como plantas de respaldo de combustible o mantener el tanque elevado lo más lleno posible, debido a que actualmente y según lo conversado con el jefe de mantenimiento, siempre se mantiene a nivel bajo por la falta de un control en el llenado que provoca el desperdicio de agua al sobrepasar el rebalse.
- Se logró estimar el costo-beneficio de la implementación de este proyecto, tomando en consideración las cotizaciones de los equipos que se desea instalar, para la parte de automatización por un monto igual a ₡2 771 334,49 y para la parte fotovoltaica de ₡42 422 483,88; no obstante, al calcular el TIR se obtienen como resultado un 12% y un 0,06%, respectivamente de cada proyecto, esto demuestra que el diseño fotovoltaico no es viable, ya que se genera más en un ahorro programado en un banco estatal con tasas cercanas al 3% anual, por esta razón, solo se trabajará con la parte de la automatización, obteniendo una tasa de interés de retorno del 12%, además, este proyecto genera beneficios en otros aspectos que no son necesariamente monetarios, como el cumplimiento de las medidas de salud, la satisfacción de los miembros de la comunidad educativa y el prestigio, entre otros.
- Se logró rediseñar el sistema de bombeo de agua potable por medio de una evaluación previa de lo instalado, se comparó con lo requerido en la actualidad, obteniendo datos positivos que demuestran que se cumple, se propuso un panel de control eléctrico automatizado para la mejora del abastecimiento en CEDES Don Bosco, el cual por medio

de la lógica planteada brinda un servicio constante dentro del campus y beneficia a toda la población que convive en la Institución.

Recomendaciones

- Como rutina de mantenimiento es recomendable que los encargados del sistema de bombeo de CEDES Don Bosco, revisen el nivel de los tanques en la primera hora de la mañana para evitar el desabastecimiento y poder tomar acciones en caso de faltante de agua en el tanque de captación, sin embargo, esta rutina puede ser utilizando la implementación del IoT del proyecto.
- Para la medición del caudal de agua en la entrada de agua potable de una red se recomienda realizar diferentes pruebas en diferentes horas, ya que se obtendría un muestreo con diferentes escenarios y lograr así, determinar de mejor manera el caudal obtenido en la red.
- Se recomienda a los encargados del manejo del control del PLC de CEDES Don Bosco, ya sea por red o de manera física, el no compartir el acceso al panel de control, para evitar el uso de personas no capacitadas que pueden provocar desconfiguraciones de este.
- Se recomienda a toda persona que se dedique a diseñar paneles eléctricos, que siempre utilice componentes de calidad que estén certificados y cumplan con las normas de su respectiva localidad para proteger primero la integridad de las personas y los bienes.
- Se recomienda al personal capacitado en el manejo del sistema de bombeo de CEDES Don Bosco, a solo utilizar la bomba 1 como principal, para disminuir el consumo energético, dado que como se planteó en los escenarios, esta opción es la de menor costo por tener menor el consumo energético.
- Se recomienda al administrador de CEDES Don Bosco, analizar pronto la propuesta que se plantea de la implementación del proyecto de automatización, para evitar aumentos significativos en los costos de los productos.
- Se recomienda implementar el proyecto de automatización con alumnos destacados de la Institución en la especialidad de electromecánica para disminuir el monto de \$565 000,00 correspondiente a la mano de obra en el armado y montaje del panel de automatismo.

CAPÍTULO VI - PROPUESTA

Descripción

Se buscará mejorar con el desarrollo de este proyecto, el abastecimiento de agua potable en CEDES Don Bosco, actualmente el sistema de bombeo cuenta con dos tanques para almacenar agua, uno en la entrada de la paja de agua suplida por AyA y el otro es un tanque elevado que se encuentra en la parte más alta de la propiedad, para el aprovechamiento de la fuerza de gravedad con el fin de alimentar los circuitos ramales sin necesidad del bombeo directo y el uso de tanques hidroneumáticos.

Se hará un estudio de la dotación mínima diaria requerida por la Institución, basándose en el Código de Instalaciones Hidráulica y Sanitarias en Edificaciones, Edición 2017, con el fin de corroborar que la capacidad instalada de almacenamiento en CEDES Don Bosco cumpla con la normativa actual vigente. Se realizará un levantamiento con el conteo total de las piezas sanitarias instaladas en la Institución, que ayudará a encontrar el caudal máximo instantáneo probable requerido y se contrastará con el caudal que puede entregar las bombas instaladas en la sala de máquinas y de esta manera, determinar si es una causa del desabastecimiento o por el contrario, cumple con lo requerido.

Se estudiará el caudal entregado por la red de abastecimiento que suple el AyA, para determinar si es capaz de cumplir con las necesidades de la Institución, por el contrario, se deberá buscar alternativas para corregir el problema.

Por medio de la normativa antes mencionada y por las necesidades que planteen los encargados del sistema de bombeo en la Institución, se buscarán condiciones de funcionamiento que serán programadas por la lógica de un PLC que ayude a la ejecución de un sistema automatizado que sea capaz de conectarse a la red para su control sin necesidad de estar en la sala de máquinas, ya que es aquí donde se ubica el panel de control de este sistema.

Se seleccionarán los componentes idóneos que cumplan con las normativas eléctricas para la protección de las personas y los equipos, con el fin de acoplarse a la lógica de control que se diseñe en el punto anterior. Además, se buscará una solución para energizar este sistema mediante

paneles fotovoltaicos que beneficien en la certificación de bandera azul y el ahorro energético en la facturación del recibo eléctrico.

Por último, se buscará el costo de la inversión que se necesita realizar para la implementación de este proyecto en la Institución, con el fin de lograr una pronta solución a este problema de desabastecimiento.

Objetivos

- Recopilar datos de los requerimientos de dotación y caudal en CEDES Don Bosco, por medio de la visita en campo y apuntes para poder compararlos y sacar conclusiones sobre las razones del desabastecimiento.
- Establecer una lista de componentes eléctricos por medio de catálogos para la selección de estos y que cumplan con las características del diseño eléctrico.
- Investigar sobre herramientas idóneas por medio de la web para el cálculo de la radiación solar en un punto específico donde se requiera un diseño fotovoltaico.

Glosario

Breaker: sinónimo de disyuntor.

Calibre de cables: AWG Por sus siglas American Wire Gauge es una referencia de clasificación de medidas de cable relacionadas con su diámetro.

Corriente eléctrica: flujo de electrones en un punto en un segundo.

Consumo energético: es la cantidad de energía que se utiliza para energizar un aparato eléctrico en un tiempo determinado.

Disyuntor: interruptor automático para la protección eléctrica.

HSP: es la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m^2 . Una hora solar pico equivale a $3,6 \text{ MJ/m}^2$ o lo que es lo mismo, 1 kWh/m^2 .

Panel de control: es lo mismo que cuadro de control o tablero, es donde se almacenan los componentes eléctricos para que no estén expuestos

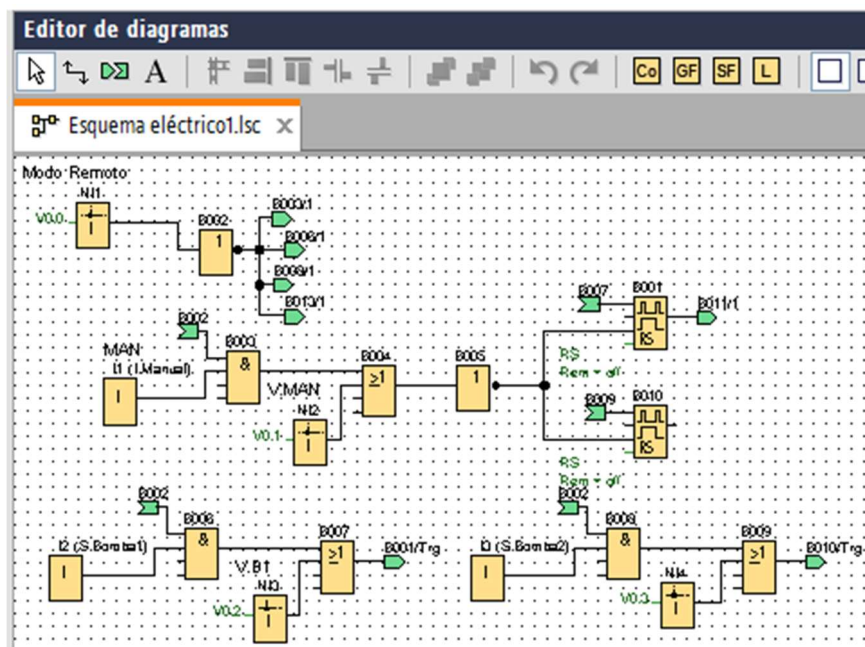
PLC: controlador lógico programable.

Potencia eléctrica: es la cantidad de energía eléctrica en un segundo utilizada por un aparato.

Tensión: es la fuerza con la que se mueven los electrones en circuito.

Propuesta

Se propone el uso de un relé inteligente para esta tarea, para la mejora del abastecimiento de agua potable en la Institución, sabiendo que los problemas no son por dotación, sino más bien por falta de un control acorde con las necesidades; para este proyecto se elige un PLC de Siemens por las características que tiene, las cuales son funcionales y cumplen con los requerimientos de las tareas solicitadas por los encargados, como la conectividad a la red. A continuación, se puede ver parte de la programación en LOGO!Soft Comfort.



Referencias

- Amazon.com. (s. f.). *Amazon.com: ASHATA Sensor de nivel de agua, transmisor de sensor de nivel de líquido de 24 V 4 – 20 mA para detectar rango de 0.0 – 16.4 ft nivel de líquido (16.4 ft, cable de 19.7 ft) : Industrial y Científico*. Recuperado 3 de julio de 2022, de <https://www.amazon.com/-/es/ASHATA-Sensor-transmisor-sensor-1%C3%ADquido/dp/B07XPN9WNL>
- Asociación de Empresas de Energía Renovables y Falcon, F. (2021a, septiembre 13). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* APPA Renovables. Recuperado 10 de marzo de 2022, de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Asociación de Empresas de Energía Renovables, & Falcon, F. (2021b, septiembre 13). *Tecnología*. APPA Renovables. Recuperado 10 de marzo de 2022, de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/tecnologia-fotovoltaica/>
- Canadian Solar. (s. f.). *DOWNLOADS – CSI Solar – Global*. Recuperado 16 de julio de 2022, de <https://www.csisolar.com/downloads?downid=17625>
- Canadian Solar. (s. f.). *HiKu6 – CSI Solar – Global*. Recuperado 16 de julio de 2022, de <https://www.csisolar.com/hiku6/>
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica - CFIA. (2017, 7 febrero). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado 11 de junio de 2022, de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83561&nValor3=107558&strTipM=TC#ddown
- Gómez, M. A., Portilla, D. R. y Salas, C. M. (1997). *Automatización a contactores* (500 Ejemplares ed.). CIPET.

García, R. (2019, 25 marzo). *Electricidad(II).Elementos de Control y Maniobra*. Ingeniero Marino.

Recuperado 7 de mayo de 2022, de <https://ingenieromarino.com/electricidad-elementos-de-control-y-maniobra/>

Heliotek. (2020). *Tienda SERC - Sistemas Solares Fotovoltaicos*. Heliotek Solar. Recuperado 17


de julio de 2022, de <https://heliotek.solar/index.php/sistemas-solares-fotovoltaicos/>


Latto, N. (2019, 13 noviembre). *Internet de las cosas*. Avast. Recuperado 7 de marzo de 2022, de

<https://www.avast.com/es-es/c-what-is-the-internet-of-things>


Lorenzo, J. A. A. (s. f.-a). *Bombeo Solar*  SunFields. SunFields  Mayorista fotovoltaica:


Placas solares, Inversores. Recuperado 14 de julio de 2022, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/bombeo-solar/>

Lorenzo, J. A. A. (s. f.). *Calcular placas solares necesarias para instalación aislada*  SunFields.

SunFields  Mayorista fotovoltaica: Placas solares, Inversores. Recuperado 10 de marzo de 2022, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calcular-paneles-solares-necesarios-para-sistemas-aislados/>

Lorenzo, J. A. A. (s. f.-d). *Instalación Fotovoltaica Aislada - ¿Cómo se calcula paso a paso?*

SunFields  Mayorista fotovoltaica: Placas solares, Inversores. . . Recuperado 15 de julio de 2022, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-sistema-fotovoltaico-aislado/>

Lorenzo, J. A. A. (s. f.). *Microinversores o Inversores: ¿Qué elegir?* SunFields  Mayorista

fotovoltaica: Placas solares, Inversores. Recuperado 17 de agosto de 2022, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/micro-inversores-ventajas-desventajas/>

National Fire Protection Association [NFPA]. (1 de agosto de 2013). *National Electric Code adoptado por Costa Rica*, Edición 2014.

Schneider Electric España. (2022a). *DF103V - TeSys Seccionador portafusible con señalización 3P 32A - fusible 10 x 38 mm*. Recuperado 11 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/DF103V/tesys-seccionador-portafusible-con-se%C3%B1alizaci%C3%B3n-3p-32a-fusible-10-x-38-mm/>

Schneider Electric España. (2022a). *LA9RM201 - Sonda de medición de nivel de líquido la9 - 100°C*. Recuperado 1 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/LA9RM201/sonda-de-medici%C3%B3n-de-nivel-de-l%C3%ADquido-la9-100-c/>

Schneider Electric España. (2022b). *LC1D25BD - Contactor Tesys D - 3P(3 NA) - AC-3 -*. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/LC1D25BD/contactor-tesys-d-3p3-na-ac3-440-v-25-a-24-v-cc-bobina/>

Schneider Electric España. (2022c). *M9F11206 - Multi 9 - C60N - MCB - 2P - 6 A - C Curve - 415 V - 10 kA*. Recuperado 9 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/M9F11206/multi-9-c60n-mcb-2p-6-a-c-curve-415-v-10-ka/?node=12367768024-interruptor-autom%C3%A1tico-en-miniatura&range=1104-c60-ul-csa-iec&selected-node-id=12367768059>

Schneider Electric España. (2022d). *RM4LA32MW - relé de control de nivel de líquido RM4-L - 24-240 V CA CC*. Recuperado 1 de julio de 2022, de

<https://www.se.com/es/es/product/RM4LA32MW/rel%C3%A9-de-control-de-nivel-de-1%C3%ADquido-rm4l-24240-v-ca-cc/>

Schneider Electric España. (2022e). *RXM2AB2FD - Relé miniatura enchufable, 12 a, 2 nanc, led, 120 v cc.* Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/RXM2AB2FD/rel%C3%A9-miniatura-enchufable-12-a-2-nanc-led-120-v-cc/>

Schneider Electric España. (2022f). *RXZE2S108M - Zelio Time - Base rxm2, e/s separadas, tornillo.* Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/RXZE2S108M/zelio-time-base-rxm2-e-s-separadas-tornillo/>

Schneider Electric España. (2022g). *XB5AK125B5 - Selector luminoso led 24v na+nc amarillo.* Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/XB5AK125B5/selector-luminoso-led-24v-na+nc-amarillo/>

Schneider Electric España. (2022h). *XB5AVB1 - Piloto luminoso led 24v blanco.* Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/XB5AVB1/piloto-luminoso-led-24v-blanco/>

Schneider Electric España. (2022i). *XB5AW33B5 - Pulsadores luminiso led 24v na+nc verde.* Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/es/es/product/XB5AW33B5/pulsadores-luminiso-led-24v-na+nc-verde/>

Schneider Electric España, S. A. (2015). *Cuadro de control Guía técnica.*

Schneider Electric México. (2022a). *BDL36040 - Circuit breaker, PowerPact B, 40A, 3 pole, 600Y/347VAC, 14kA, lugs, thermal magnetic, 80%*. Recuperado 12 de julio de 2022, de <https://www.se.com/mx/es/product/BDL36040/circuit-breaker-powerpact-b-40a-3-pole-600y-347vac-14ka-lugs-thermal-magnetic-80/>

Schneider Electric México. (2022b). *Catalog of Harmony XB5 plastic control and signaling units English | Schneider Electric*. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.se.com/mx/es/download/document/DIA5ED2121213EN/>

Schneider Electric México. (2022c). *GV2ME21 - disyuntor motor GV2-ME - 17-23 A - 3 P 3d - unidad de desconexión termomagnética*. Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.se.com/mx/es/product/GV2ME21/disyuntor-motor-gv2me-1723-a-3-p-3d-unidad-de-desconexi%C3%B3n-termomagn%C3%A9tica/>

Siemens. (2022). *[Sinopsis del LOGO! 8 de Siemens]*. LOGO! Módulos básicos con display. <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10000026?activeTab=productinformation&ionUrl=WW>

Siemens AG. (2022). *LOGO! System Manual*.

Siemens A&D FEA. (2001, mayo). *MÓDULO A3, Startup' PLC- Programación con STEP 7. Manual de formación para soluciones generales en automatización Totally Integrated Automation (TIA), 05/2001*.

SIEMENSLOGO.com. (2014a, septiembre 16). *¿Qué es un Siemens LOGO!?* Recuperado 6 de marzo de 2022, de https://siemenslogo.com/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=general&rewrite=que-es-un-siemens-logo

SIEMENSLOGO.com. (2014, 16 septiembre). *Cableado de LOGO! [Diagrama de conexión]. SIEMENS LOGO EL RELÉ LÓGICO PROGRAMABLE*.

https://siemenslogo.com/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=general&rewrite=que-es-un-siemens-logo

Stackhouse, P. (s. f.). *NASA POWER | Data Access Viewer*. Power Data Access Viewer. Recuperado 15 de julio de 2022, de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Tanenbaum, A. S. y Wetherall, D. J. (2012). *Redes De Computadoras* (L. M. Cruz, Ed.; A. V. Romero, Trad.; 5.a ed.). Pearson Educación.

Wright, J. (2006). *Estudio del potencial solar en Costa Rica*. (Informe Final). Instituto Costarricense de Electricidad.

Anexos

Anexo A. Tabla 4.1 DOTACIONES MÍNIMAS DIARIAS

| Clase de edificación | Dotación (Litros/persona/día) |
|--|----------------------------------|
| Casas de interés social | 150 |
| Casas unifamiliares | 250 |
| Apartamentos y condominios | 250 |
| Hoteles y alojamientos ⁽¹⁾ | 200 |
| Hospitales ⁽²⁾ | 1250 |
| Escuelas | |
| Alumnado externo | 50 |
| Alumnado interno | 150 |
| Restaurantes, bares y similares ⁽³⁾ | 25 |
| | 50 ⁽⁴⁾ |
| Instalaciones deportivas y baños públicos | 50 |
| Locales comerciales y edificios para oficina | 50 |
| | 6 ⁽⁵⁾ |
| Salas de baile y similares | 30 ⁽⁶⁾ |
| Cines, teatros, auditorios y templos | 8 |
| Estadios, gimnasios y similares | 4 |
| Orfanatos, asilos y similares | 150 |
| Fábricas en general (uso personal) | 60 |
| Carnicerías y pescaderías | 20 ⁽⁷⁾ |
| Mercados | 5 ⁽⁸⁾ |
| Lecherías | 120 |
| Mataderos | |
| Animales grandes | 300 |
| Animales pequeños | 150 |
| Aves de corral | 16 |
| Jardines | 1,5 |
| Balneario | 50 |
| Piscinas | |
| Con recirculación | 10 ⁽⁹⁾ |
| Sin recirculación | 25 ⁽¹⁰⁾ |
| Cárceles | 200 |
| Estacionamientos | 2 ⁽¹¹⁾ |
| Lavanderías | |
| Al seco, tintorería | 30 ⁽¹²⁾ |
| Ropas en general | 40 ⁽¹³⁾ |
| Estaciones de lavado de autos | 8000 ⁽¹⁴⁾ |
| Criaderos de animales | (L/día/animal) |
| Ganado lechero | 120 |
| Bovinos | 40 |
| Ovinos | 10 |
| Equino | 40 |
| Porcino | 10-30 |
| Aves de corral | 20 ⁽¹⁵⁾ |

FUENTE: TOMADO DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y
SANITARIAS EN EDIFICACIONES EDICIÓN 2017, 2022

Notas:

- (1) No incluye dotación por cocina, lavandería o restaurante.
- (2) La dotación hace referencia a litros/día por cama, según mediciones realizadas en dos hospitales nacionales (Hospital México y Nacional de Niños). Se deberá incrementar la dotación en caso de que el hospital cuente con lavandería.
- (3) En ningún caso, la dotación será menor de 2000 litros por día (2000 l/día).
- (4) Dotación en litros por metro cuadrado de área útil.
- (5) Dotación en litros por metro cuadrado.
- (6) Dotación en litros por kilogramo de ropa por lavar.
- (7) Dotación en litros por día por equipo de lavado.
- (8) Dotación en litros por día por cada 100 aves.

Anexo B. TABLA 6.1 DIÁMETROS, PRESIONES Y CAUDALES MÍNIMOS REQUERIDOS EN LOS PUNTOS DE ALIMENTACIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS

| Accesorio | Diámetro Mínimo ¹ (mm) | Presión Mínima ² (mca) | Unidades de accesorio (u.a) | |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| | | | Uso Privado | Uso Público |
| Tina de baño | 12 | 2 | 2 | 4 |
| Bidé | 12 | 3 | 1 | 2 |
| Ducha | 12 | 2 | 2 | 4 |
| Fregadero | | | | |
| Doméstico | 12 | 2 | 2 | 4 |
| Comercial | 12 | 2 | - | 4 |
| Clínicas | 12 | 4 | - | 8 |
| Inodoro | | | | |
| Con Tanque | 12 | 2 | 3 | 5 |
| Con fluxómetro ³ | 32 | 7 a 14 | 6 | 10 |
| Fuente para beber | 12 | 2,5 | - | 1 |
| Lavatorio | 12 | 2 | 1 | 2 |
| Lavadora | 12 | 3,5 | 4 | - |
| Llave para riego (jardín) | 12 | 10 | 2 | 2 |
| Mingitorios | | | | |
| Con tanque | 18 | 2 | - | 3 |
| Con fluxómetro | 18 | 5 a 10 | 4 a 5 | 5 a 6 |
| Lavaplatos doméstico | 12 | 2 | 1,5 | |
| Pileta de lavar | 12 | 2 | 2 | 4 |

FUENTE TOMADO DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y
SANITARIAS EN EDIFICACIONES EDICIÓN 2017, 2022

Notas:

- (1) Diámetro interno mínimo de tubería de alimentación. En el caso de inodoros y lavatorios, este diámetro es del ramal de alimentación hasta la llave de paso.
- (2) Presión mínima a la entrada del accesorio en metros de columna (o cabeza) de agua.
- (3) La presión mínima depende del tipo de válvula semiautomática.
- (4) Caudales en función de las unidades de accesorio. Estos caudales son para dimensionar tanto las tuberías que conducen solamente agua fría como aquellas que conducen agua fría y el caudal que deba calentarse. En el caso de que se trate de accesorios con suministro independiente para agua fría y agua caliente, se podrá asumir que por cada una de ellas circularán las tres cuartas partes de los caudales descritos en la presente tabla.

Anexo C. TABLA 6.4 ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA (L/s) A PARTIR DE LAS UNIDADES DE ACCESORIOS

| Para sistemas en donde predominan los tanques de lavado | |
|---|---|
| $u.a. < 100$ | $Q = 0,13 (u.a.)^{0,669}$ |
| $1200 > u.a. > 100$ | $Q = 0,0145 (u.a.) + 1,39 - 2,83 \times 10^{-6} (u.a.)^2$ |
| Para sistemas en donde predominan los fluxómetros | |
| $u.a. < 150$ | $Q = 0,68 (u.a.)^{0,4}$ |
| $1200 > u.a. > 100$ | $Q = 0,0122 (u.a.) + 3,37 - 2,15 \times 10^{-6} (u.a.)^2$ |
| Para ambos sistemas | |
| $u.a. > 1200$ | $Q = 0,121 (u.a.)^{0,676}$ |

*FUENTE TOMADO DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y
SANITARIAS EN EDIFICACIONES EDICIÓN 2017, 2022*

Nota:

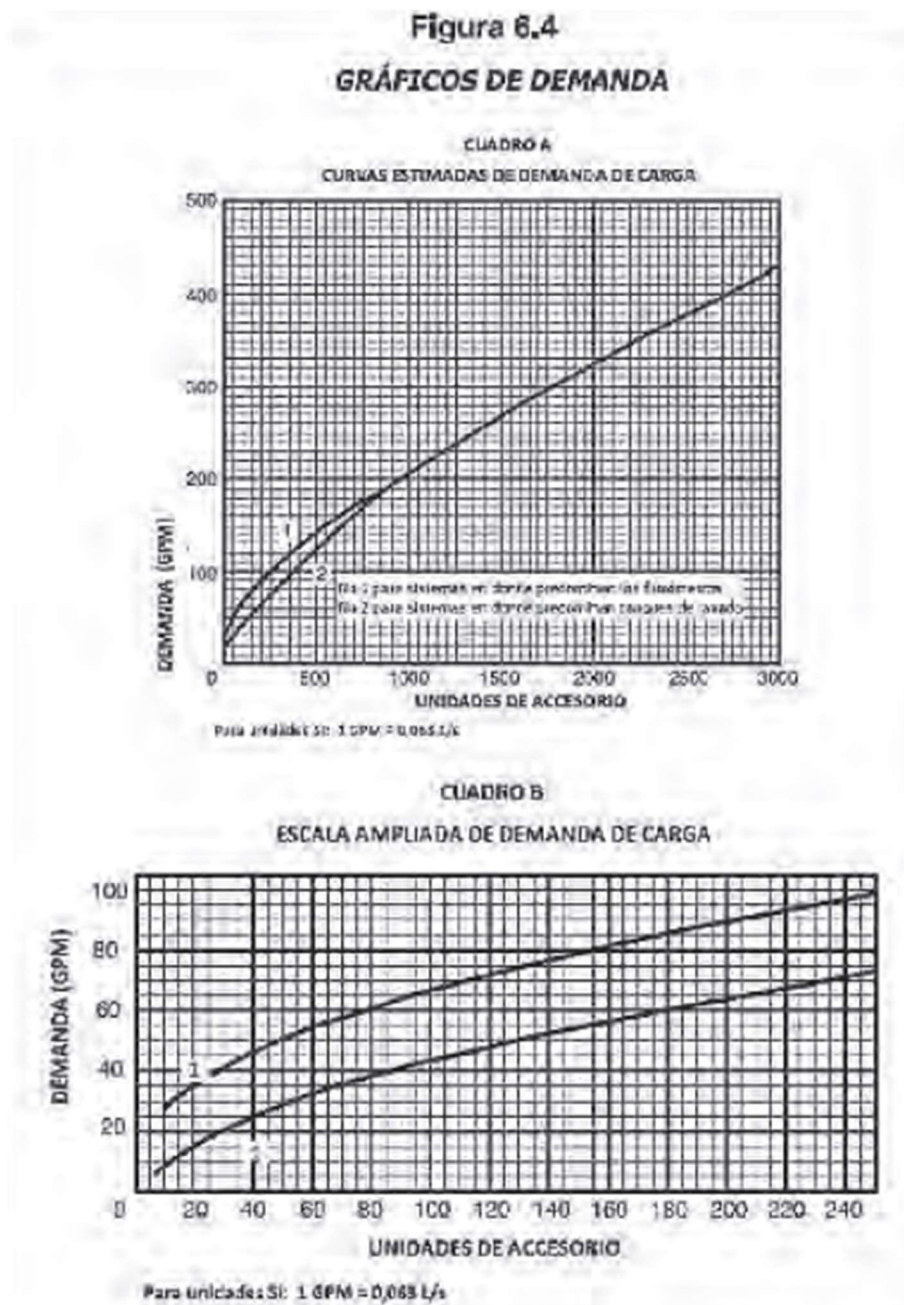
Las ecuaciones se obtuvieron de la tabulación de datos tomados del Uniform Plumbing Code (UPC) y del Código Venezolano.

Anexo D. TABLA 6.5 CAUDAL PROBABLE COMO FUNCIÓN DE LAS UNIDADES DE ACCESORIO (u. a.)

| u.a | Sistemas con tanques de lavado (L/s) | Sistemas con fluxómetros (L/s) | u.a | Sistemas con tanques de lavado (L/s) | Sistemas con fluxómetros (L/s) |
|-----|--------------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 6 | 0,43 | 1,40 | 225 | 4,51 | 6,01 |
| 8 | 0,52 | 1,56 | 250 | 4,84 | 6,29 |
| 10 | 0,61 | 1,71 | 275 | 5,16 | 6,56 |
| 12 | 0,69 | 1,84 | 300 | 5,49 | 6,84 |
| 14 | 0,76 | 1,95 | 350 | 6,12 | 7,38 |
| 16 | 0,83 | 2,06 | 400 | 6,74 | 7,91 |
| 18 | 0,90 | 2,16 | 450 | 7,34 | 8,42 |
| 20 | 0,96 | 2,25 | 500 | 7,93 | 8,93 |
| 25 | 1,12 | 2,46 | 700 | 10,15 | 10,86 |
| 30 | 1,26 | 2,65 | 900 | 12,15 | 12,61 |
| 35 | 1,40 | 2,82 | 1000 | 13,06 | 13,42 |
| 40 | 1,53 | 2,97 | 1200 | 14,71 | 14,91 |
| 45 | 1,66 | 3,12 | 1500 | 17,10 | |
| 50 | 1,78 | 3,25 | 1750 | 18,98 | |
| 60 | 2,02 | 3,50 | 2000 | 20,78 | |
| 70 | 2,23 | 3,72 | 2500 | 24,17 | |
| 80 | 2,44 | 3,92 | 3000 | 27,34 | |
| 90 | 2,64 | 4,11 | 4000 | 33,22 | |
| 100 | 2,81 | 4,29 | 5000 | 38,64 | |
| 120 | 3,09 | 4,62 | 6000 | 43,71 | |
| 140 | 3,36 | 4,91 | 7000 | 48,52 | |
| 160 | 3,64 | 5,27 | 8000 | 53,11 | |
| 180 | 3,91 | 5,50 | 9000 | 57,52 | |
| 200 | 4,18 | 5,72 | 10000 | 61,77 | |

FUENTE TOMADO DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICACIONES EDICIÓN 2017, 2022

Anexo E. FIGURA 6.4 GRÁFICOS DE DEMANDA



*FUENTE TOMADO DEL CÓDIGO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y
SANITARIAS EN EDIFICACIONES EDICIÓN 2017, 2022*

Anexo F. DATOS TÉCNICOS MÓDULOS LOGO!

Anexo F.1. Datos técnicos generales de los módulos base LOGO!

| Criterion | Tested in accordance with | Values |
|---|---------------------------|--|
| LOGO! Base Modules (0BA8) LOGO! Basic Dimensions (WxHxD) Weight <ul style="list-style-type: none"> • Modules with relay output • Modules with transistor output Installation | | 71.5 x 90 x 60 mm Approx. 240 g Approx. 195 g On a 35 mm profile rail four module widths or wall mounting |
| LOGO! Pure Dimensions (WxHxD) Weight <ul style="list-style-type: none"> • Modules with relay output • Modules with transistor output Installation | | 71.5 x 90 x 58 mm Approx. 200 g Approx. 160 g On a 35 mm profile rail four module widths or wall mounting |
| LOGO! expansion modules DM16... Dimensions (WxHxD) Weight <ul style="list-style-type: none"> • Modules with relay output • Modules with transistor output Installation | | 71.5 x 90 x 58 mm Approx. 225 g Approx. 165 g On a 35 mm profile rail four module widths or wall mounting |
| LOGO! expansion modules DM8... Dimensions (WxHxD) Weight <ul style="list-style-type: none"> • Modules with relay output • Modules with transistor output Installation | | 35.5 x 90 x 58 mm Approx. 130 g Approx. 95 g On a 35 mm profile rail two module widths or wall mounting |
| LOGO! expansion modules AM... Dimensions (WxHxD) Weight Installation | | 35.5 x 90 x 58 mm Approx. 95 g On a 35 mm profile rail two module widths or wall mounting |
| LOGO! TDE (Text Display with Ethernet interfaces) Dimensions (WxHxD) Weight Installation | | 128.2 x 86 x 38.7 mm Approx. 220 g Bracket mounting |

| Criterion | Tested in accordance with | Values |
|--|---|--|
| Climatic conditions | | |
| Ambient temperature for BM and EM <ul style="list-style-type: none"> Horizontal installation Vertical installation | Low temperature to IEC 60068-2-1 High temperature to IEC 60068-2-2 | <ul style="list-style-type: none"> -20 °C to +55 °C ¹⁾ -20 °C to +55 °C |
| Ambient temperature for TDE <ul style="list-style-type: none"> Horizontal installation Vertical installation | Low temperature to IEC 60068-2-1 High temperature to IEC 60068-2-2 | <ul style="list-style-type: none"> -20 °C to +55 °C ¹⁾ -20 °C to +55 °C |
| Storage and Transport | | - 40 °C to +70 °C |
| Relative humidity | IEC 60068-2-30 | From 10% to 95% no condensation |
| Air pressure | | 795 hPa to 1080 hPa |
| Pollutants | IEC 60068-2-42 IEC 60068-2-43 | SO ₂ 10 cm ³ /m ³ , 21 days H ₂ S 1 cm ³ /m ³ , 21 days |
| Ambient mechanical conditions | | |
| Degree of protection | | IP20 for LOGO! Base Modules, expansion modules, and the LOGO! TDE excluding the TDE front panel IP65 for LOGO! TDE front panel |
| Vibrations: | IEC 60068-2-6 | 5 Hz to 8.4 Hz (constant amplitude 3.5 mm) 8.4 Hz to 150 Hz (constant acceleration 1 g) |
| Shock | IEC 60068-2-27 | half-sine wave 15 g/11 ms |
| Free fall (packaged) | IEC 60068-2-32 | 0.3 m |
| Electromagnetic compatibility (EMC) | | |
| Radiated emission | EN 55011 EN 55022 | Limit class B group 1 Limit class B |
| Electrostatic discharge | IEC 61000-4-2 | ±2 kV, ±4kV, ±8 kV air discharge ±6 kV contact discharge |
| Radiated electromagnetic field | IEC 61000-4-3 | 80 MHz-1000 MHz and 1.4 GHz-2.0 GHz 10V/m, 80% AM(1 kHz) 6.0 GHz-2.7 GHz 1V/m, 80% AM(1 kHz) |
| Conducted disturbance | IEC 61000-4-6 | 150 KHz-80 MHz 10 V, 80%AM(1 kHz) |
| Fast transient bursts | IEC 61000-4-4 | <ul style="list-style-type: none"> For power port: 2 kV For signal port: <ul style="list-style-type: none"> Signal Lines<30 m: 1 kV/5 kHz and 100 kHz Signal Lines>30 m: 2 kV/5 kHz and 100 kHz |
| Surge immunity (applies only to LOGO! 230 and DM8/16 230R) | IEC 61000-4-5 | 1 kV line-to-line 2 kV line-to-earth |

| Criterion | Tested in accordance with | Values |
|--|--|--|
| Surge immunity (applies to low-voltage (12 V or 24 V) LOGO! modules) | | With surge arrester (such as BVT AD 24): <ul style="list-style-type: none"> • 1 kV line-to-line • 2 kV line-to-earth Without surge arrester: <ul style="list-style-type: none"> • 0.5 kV line-to-line • 1 kV line-to-earth |
| Safety to IEC | | |
| Clearance and creepage distance rating | IEC 60664, IEC 61131-2, cULus to UL 508, CSA C22.2 No. 142 | Fulfilled |
| Insulation strength | IEC 61131-2 | Fulfilled |
| Cycle time | | |
| Cycle time per function | | < 0.1 ms |
| Startup | | |
| Startup time at power-up | | Typ. 1.2 s |

¹⁾ The updating rate of LCD can be reduced at operating temperature less than 0°C.

Note

The maximum length for directly connecting two LOGO! Base Modules through CAT5e shielded network cable is 100 meters.

FUENTE TOMADO DE SIEMENS LOGO! SYSTEM MANUAL A.1, 2022

**Anexo F.2. DATOS TÉCNICOS DEL MÓDULO BASE LOGO! 12/24RCE Y
DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES
LOGO! DM8 12/24R**

| | LOGO! 12/24RCEo LOGO! 12/24RCE | LOGO! DM8 12/24R |
|--|--|---|
| Power supply | | |
| Input voltage | 12/24 VDC | 12/24 VDC |
| Permissible range | 10.8 VDC to 28.8 VDC | 10.8 VDC to 28.8 VDC |
| Reverse polarity protection | Yes | Yes |
| Power consumption | <ul style="list-style-type: none"> • 12 VDC • 24 VDC | <ul style="list-style-type: none"> • 50 mA to 165 mA • 25 mA to 90 mA |
| Voltage failure buffering | <ul style="list-style-type: none"> • 12 VDC • 24 VDC | <ul style="list-style-type: none"> • 20 mA to 90 mA • 15 mA to 50 mA |
| Power loss | <ul style="list-style-type: none"> • Typ. 2 ms • Typ. 5 ms | <ul style="list-style-type: none"> • Typ. 2 ms • Typ. 5 ms |
| Backup of the real-time clock at 25 °C | <ul style="list-style-type: none"> • 12 VDC • 24 VDC | <ul style="list-style-type: none"> • 0.6 W to 2.0 W • 0.6 W to 2.2 W |
| Accuracy of the real-time clock | Typ. 20 days | -- |
| Electrical isolation | Typ. ± 2 s/day | -- |
| Digital inputs | | |
| Number | No | No |
| Electrical isolation | 4 (I3, I4, I5, I6) | 0 |
| Number of high speed inputs | <ul style="list-style-type: none"> • Normal input • High speed input | <ul style="list-style-type: none"> • Max. 4 Hz • Max. 5 kHz |
| Input frequency | 28.8 VDC | 28.8 VDC |
| Max. continuous permissible voltage | <ul style="list-style-type: none"> • Signal 0 • Signal 1 | <ul style="list-style-type: none"> • < 5 VDC • > 8.5 VDC |
| Input voltage L+ | <ul style="list-style-type: none"> • < 5 VDC • > 8.5 VDC | <ul style="list-style-type: none"> • < 5 VDC • > 8.5 VDC |

| | LOGO! 12/24RCEo LOGO! 12/24RCE | LOGO! DM8 12/24R |
|--|---|--|
| Input current at | | |
| • Signal 0 | < 0.88 mA (I3 to I6) < 0.07 mA (I1, I2, I7, I8) | < 0.88 mA |
| • Signal 1 | > 1.5 mA (I3 to I6) > 0.12 mA (I1, I2, I7, I8) | > 1.5 mA |
| Delay time at | | |
| • 0 to 1 | • Typ. 1.5 ms <1.0 ms (I3 to I6) | • Typ. 1.5 ms |
| • 1 to 0 | • Typ. 1.5 ms <1.0 ms (I3 to I6) | • Typ. 1.5 ms |
| Line length (unshielded) | Max. 100 m | Max. 100 m |
| Analog inputs | | |
| Number | 4 (I1=AI3, I2=AI4, I7=AI1, I8=AI2) | -- |
| Range | 0 VDC to 10 VDC Input impedance 80 kΩ | -- |
| Cycle time for analog value generation | 300 ms | -- |
| Line length (shielded and twisted) | Max. 10 m | -- |
| Error limit | ± 1.5% at FS | -- |
| Digital outputs | | |
| Number | 4 | 4 |
| Output type | Relay outputs | Relay outputs |
| Electrical isolation | Yes | Yes |
| In groups of | 1 | 1 |
| Control of a digital input | Yes | Yes |
| Continuous current I_{th} (per terminal) | Recommended range of application ≥ 100 mA at 12 VAC/VDC Max. 10 A per relay | Recommended range of application ≥ 100 mA at 12 VAC/VDC Max. 5 A per relay |
| Relay rated voltage | 240 VAC/VDC | 240 VAC/VDC |
| Surge current | Max. 30 A | Max. 30 A |
| Incandescent lamp load (25000 switching cycles) at | 1000 W | 1000 W |
| Fluorescent tubes with ballast (25000 switching cycles) | 10 x 58 W | 10 x 58 W |
| Fluorescent tubes, conventionally compensated (25000 switching cycles) | 1 x 58 W | 1 x 58 W |
| Fluorescent tubes, uncompensated (25000 switching cycles) | 10 x 58 W | 10 x 58 W |
| Derating | None; across the entire temperature range | None; across the entire temperature range |
| Short circuit-proof cos 1 | Power protection B16, 600 A | Power protection B16, 600 A |
| Short circuit-proof cos 0.5 to 0.7 | Power protection B16, 900 A | Power protection B16, 900 A |
| Parallel output circuits for power increase | Not permitted | Not permitted |

| | LOGO! 12/24RCEo LOGO! 12/24RCE | LOGO! DM8 12/24R |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|
| Protection of output relay (if desired) | Max. 16 A, characteristic B16 | Max. 16 A, characteristic B16 |
| Line length (unshielded) | Max. 100 m | Max. 100 m |
| Switching rate | | |
| Mechanical | 10 Hz | 10 Hz |
| Ohmic load/lamp load | 2 Hz | 2 Hz |
| Inductive load | 0.5 Hz | 0.5 Hz |

Notice: For fluorescent lamps with capacitors, you must consider the technical data of fluorescent lamp ballasts. If the current exceeds the maximum allowed surge current, appropriate contactor relays must switch the fluorescent lamps.

The data was determined with the following devices:

- Siemens fluorescent tubes 58 W VVG 5LZ 583 3-1 uncompensated.
- Siemens fluorescent tubes 58 W VVG 5LZ 583 3-1 parallel compensated with 7 μ F.
- Siemens fluorescent tubes 58 W VVG 5LZ 501 1-1N with ballast.

FUENTE TOMADO DE SIEMENS LOGO! SYSTEM MANUAL A.9, 2022

Anexo F.3. DATOS TÉCNICOS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS LOGO! AM2

| | LOGO! AM2 |
|--|--|
| Power supply | |
| Input voltage | 12/24 VDC |
| Permissible range | 10.8 VDC to 28.8 VDC |
| Power consumption | 25 mA to 30 mA |
| Voltage failure buffering | Typ. 10 ms |
| Power loss at | |
| • 12 VDC | • 0.3 W to 0.4 W |
| • 24 VDC | • 0.6 W to 0.7 W |
| Electrical isolation | No |
| Reverse polarity protection | Yes |
| Ground terminal | For connecting ground and shielding of the analog measuring line |
| Analog inputs | |
| Number | 2 |
| Type | Unipolar |
| Input range | 0 VDC to 10 VDC (input impedance 76 k Ω) or 0/4 mA to 20 mA (input impedance <250 Ω) |
| Resolution | 10 bit, normalized to 0 to 1000 |
| Cycle time for analog value generation | 50 ms |

| | LOGO! AM2 |
|------------------------------------|------------------|
| Electrical isolation | No |
| Line length (shielded and twisted) | Max. 10 m |
| Encoder supply voltage | None |
| Error limit | $\pm 1.5\%$ FS |
| Interference frequency suppression | 55 Hz |

FUENTE TOMADO DE SIEMENS LOGO! SYSTEM MANUAL A.10, 2022

Anexo G. FICHAS TÉCNICAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS

Anexo G.1. Ficha técnica Protector Automático Principal

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Circuit breaker, PowerPact B, 40A,
3 pole, 600Y/347VAC, 14kA, lugs,
thermal magnetic, 80%

BDL36040

Principal

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Gama | PowerPact |
| Nombre del producto | PowerPact B |
| Nombre corto del dispositivo | BD 040 |
| Tipo de producto o componente | Interruptor automático |
| Aplicación del dispositivo | Distribución |

Opcionales

| | |
|--|--|
| [In] corriente nominal | 40 A |
| Number of Poles | 3P |
| Tipo de control | Maneta |
| Código de poder de corte | D |
| Poder de corte | 25 kA 208/240 V CA 50/60 Hz UL 489 25 kA 240 V CA 50/60 Hz UL 489 18 kA 480/600 V CA 50/60 Hz UL 489 18 kA 480 V CA 50/60 Hz UL 489 14 kA 600Y/347 V CA 50/60 Hz UL 489 10 kA 250 V DC UL 489 |
| [Ue] tensión asignada de empleo | 525 V CA 50/60 Hz UL 489 |
| Frecuencia de red | 50/60 Hz |
| [Ics] poder de corte en servicio | 25 kA En> 50 A 220...240 V CA 50/60 Hz 14 kA En> 50 A 500...600 V CA 50/60 Hz 18 kA En> 50 A 380...415 V CA 50/60 Hz 18 kA En> 50 A 440 V CA 50/60 Hz |
| [Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques | 8 kV En> 50 A |
| Trip unit technology ((*)) | Térmico-magnético |
| Continuous current rating | 80 % |
| [Ui] tensión asignada de aislamiento | 800 V En> 50 A |
| Apto para seccionamiento | Si En> 50 A |
| Categoría de empleo | Categoría A |
| Mechanical durability | 20000 ciclos IEC 947-1 Annex K ed 5.2 |
| Electrical durability | 10000 ciclos IEC 947-1 Annex K ed 5.2 440 V In |
| Paso de conexión | 27 mm |

| | |
|--|--|
| Calibre AWG | AWG 6...AWG 2/0 filamentos finos aluminio/cobre AWG 14...AWG 3/0 rígido aluminio/cobre |
| Señalizaciones en local | bandera verde presencia de contactos auxiliares |
| Modo de montaje | Ajustable en clip carril simétrico DIN de 35 x 15 mm Mediante tornillos placa |
| Consecutivo, seguido, continuo, adosado | Everlink lug línea Everlink lug load (L*) |
| Par de apriete | 5 N.m 2.5...16 mm² AWG 14...AWG 4 9 N.m 25...95 mm² AWG 3...AWG 3/0 |
| Número de ranuras | 1 interruptor del auxiliar OF conexión 1 bobina de disparo MN o MX conexión 1 interruptor de la alarma Dakota del Sur conexión |
| Power wire stripping length | 20 mm |
| Color | Gris RAL 7016 |
| Pasos de 9 mm | 9 |
| Altura | 137 mm |
| Anchura | 81 mm |
| Profundidad | 80 mm |
| Peso del producto | 1.074 kg |
| Cantidad por juego | Juego de 1 |

Ambiente

| | |
|---|--|
| Etiquetas de calidad | CE |
| Normas | Sobrecarga Icu GB 14048.2 NMX J-266 CSA C22.2 No 5 UL 489 EN/IEC 60947-5-1 |
| Certificaciones de producto | UL IEC CCC EAC CSA NOM |
| Grado de protección IP | Tapa frontal IP40 IEC 60529 |
| Grado de protección IK | IK07 IEC 62262 |
| Grado de contaminación | 3 IEC 60947-1 |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -25...70 °C |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -50...85 °C |
| Altitud máxima de funcionamiento | < 2000 m sin disminución 5000 m con restricciones |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.2. Ficha técnica Protector Automático para Control

Hoja de características del producto

Especificaciones



Multi 9 - C60N - MCB - 2P - 6 A - C
Curve - 415 V - 10 kA

M9F11206

Principal

| | |
|---------------------------------|---|
| Gama | Multi 9 |
| Nombre del producto | Multi 9 C60BP |
| Tipo de producto o componente | Interruptor automático en miniatura |
| Nombre corto del dispositivo | C60N |
| Aplicación del dispositivo | Para corriente > 0,1 A |
| Número de polos | 2P |
| Número de polos protegidos | 2 |
| [In] Corriente nominal | 6 A en 50 °C acorde a Icu |
| Tipo de red | AC Corriente continua |
| Tecnología de unidad de disparo | Térmico-magnético |
| Código de curva | C |
| Capacidad de corte | 20 kA Icu en <= 125 V corriente continua acorde a Icu 10 kA Icu en 415 V AC 50/60 Hz entre fases acorde a Icu 20 kA Icu en 240 V AC 50/60 Hz entre fases acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz entre fases acorde a Icu |
| Categoría de empleo | Categoría A acorde a Icu |
| Poder de seccionamiento | Si acorde a Icu |
| Normas | Icu |
| Certificaciones de producto | Generador KC CCC |

Complementario

| | |
|----------------------------------|---|
| Frecuencia de red | 50/60 Hz |
| [Ue] Tensión nominal de empleo | 240 V AC 50/60 Hz entre fases 415 V AC 50/60 Hz entre fases 440 V AC 50/60 Hz entre fases <= 125 V corriente continua |
| Límite de enlace magnético | 8,5 x In +/- 20 % AC 12 x In +/- 20 % corriente continua |
| [Ics] poder de corte en servicio | 7,5 kA 75 % acorde a Icu - 415 V AC 50/60 Hz 16 kA 75 % acorde a Icu - 240 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a Icu - 440 V AC 50/60 Hz 20 kA 100 % acorde a Icu - <= 125 V corriente continua |
| Clase de limitación | 3 |

| | |
|---|--|
| [U] Tensión nominal de aislamiento | 500 V AC 50/60 Hz acorde a Icu |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV acorde a Icu |
| Indicador de posición del contacto | Si |
| Tipo de control | Maneta |
| Señalizaciones en local | Indicación de encendido/apagado |
| Tipo de montaje | Ajustable en clip |
| Soporte de montaje | Carril DIN |
| Pasos de 9 mm | 4 |
| Altura | 81 mm |
| Anchura | 36 mm |
| Profundidad | 72 mm |
| Peso del producto | 0,24 kg |
| Color | Gris |
| Durabilidad mecánica | 20000 ciclos |
| Durabilidad eléctrica | 10000 ciclos |
| Preparado para candado | Con candado |
| Conexiones - terminales | Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo)1...25 mm ² - rígido Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo)1...25 mm ² - flexible Terminal tipo túnel - tipo de cable: arriba o abajo)1...25 mm ² - flexible con terminal |
| Longitud de cable pelado para conectar bornas | 14 mm para arriba o abajo conexión |
| Par de apriete | 2 N.m arriba o abajo |
| Protección contra fugas a tierra | Bloque independiente |
| Entorno | |
| Disipación de calor | 5,4 W en 415 V - 6 A |
| Grado de protección IP | IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envoltorio modular) acorde a IEC 60529 |
| Grado de contaminación | 3 acorde a Icu |
| Categoría de sobretensión | IV |
| Tropicalización | 2 acorde a IEC 60068-1 |
| Humedad relativa | 95 % en 55 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -30...70 °C |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...80 °C |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.3. Ficha técnica de guardamotor GV2ME21



Principal

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Gama de producto | TeSys GV2 |
| Gama | TeSys Deca TeSys Deca |
| Nombre corto del dispositivo | GV2ME |
| Nombre del producto | TeSys GV2 TeSys DF |
| Tipo de producto o componente | Protector de circuito de motor |
| Aplicación del dispositivo | Protección del motor |
| Tecnología de unidad de disparo | Térmico-magnético |

Opcionales

| | |
|---|---|
| Número de polos | 3P |
| Tipo de red | CA |
| Categoría de utilización | AC-3 IEC 60947-4-1 Categoría A En> 50 A |
| Frecuencia asignada de empleo | 50/60 Hz IEC 60947-4-1 |
| Modo de fijación | Encliquetado carril DIN simétrico de 35 mm Atornillado panel con placa adaptadora |
| Posición de funcionamiento | Cualquier posición |
| Potencia del motor en kW | 9 kW 400/415 V CA 50/60 Hz 11 kW 500 V CA 50/60 Hz 18.5 kW 690 V CA 50/60 Hz |
| Poder de corte | 3 KA Icu 690 V CA 50/60 Hz En> 50 A 15 KA Icu 400/415 V CA 50/60 Hz En> 50 A 50 KA Icu 230/240 V CA 50/60 Hz En> 50 A 6 KA Icu 440 V CA 50/60 Hz En> 50 A 4 KA Icu 500 V CA 50/60 Hz En> 50 A |
| [Ics] poder de corte de servicio nominal en cortocircuito | 100 % 230/240 V CA 50/60 Hz En> 50 A 75 % 690 V CA 50/60 Hz En> 50 A 75 % 500 V CA 50/60 Hz En> 50 A 50 % 440 V CA 50/60 Hz En> 50 A 40 % 400/415 V CA 50/60 Hz En> 50 A |
| Tipo de control | Pulsador |
| Corriente nominal (In) | 23 A |
| Calibre de la unidad de disparo | 17...23 A |
| Intensidad de disparo magnético | 327 A |
| [Ue] tensión asignada de empleo | 690 V CA 50/60 Hz En> 50 A |
| [Ui] tensión asignada de aislamiento | 690 V CA 50/60 Hz En> 50 A |
| (Ith) corriente térmica convencional de aire libre | 23 A IEC 60947-4-1 |

| | |
|--|---|
| [Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques | 6 KV En> 50 A |
| Potencia total disipada por polo | 2.5 W |
| Endurancia mecánica | 100000 Ciclos |
| Durabilidad eléctrica | 100000 Ciclos AC-3 415 V 415 V |
| Rango de operación | 25 Cyc/H |
| Servicio nominal | Continuo IEC 60947-4-1 |
| Par de apriete | 1.7 N.M terminales de fijación por tornillo |
| Resistencia mecánica | Impactos 30 Gn IEC 60068-2-27 Vibraciones 5 Gn, 5...150 Hz IEC 60068-2-6 |
| Sensibilidad de fallo de fase | Sí IEC 60947-4-1 |
| Altura | 89 Mm |
| Anchura | 45 Mm |
| Profundidad | 78.5 Mm |
| Peso del producto | 0.26 Kg |
| Color | Gris oscuro |
| Apto para seccionamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |

Ambiente

| | |
|--|---|
| Normas | Icu EN/IEC 60947-4-1 |
| Certificaciones de producto | CCC UL CSA EAC ATEX BV LROS (Lloyds register of shipping) UKCA DNV-GL RINA |
| Resistencia climática | IACS E10 |
| Grado de protección IK | IK04 |
| Grado de protección IP | IP20 IEC 60529 |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...80 °C |
| Resistencia al fuego | 960 °C IEC 60696-2-11 |
| Altitud máxima de funcionamiento | 2000 m |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -20...60 °C |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.4. Ficha técnica Contactor para bomba

Hoja de características del producto

Especificaciones



Contactor TeSys D - 3P(3 NA) - AC-3 - ≤ 440 V 25 A - 24 V CC bobina

LC1D25BD

Principal

| | |
|--|--|
| Gama | TeSys TeSys Deca |
| Nombre del producto | TeSys D TeSys DF |
| Tipo de producto o componente | Conector |
| Nombre corto del dispositivo | LC1D |
| Aplicación del contactor | Control del motor Carga resistiva |
| Categoría de empleo | AC-4 AC-3 AC-1 AC-4 |
| Número de polos | 3P |
| Power pole contact composition | 3 NA |
| [Ue] Tensión nominal de empleo | Circuito de alimentación, estado 1 ≤ 690 V AC 25...400 Hz Circuito de alimentación, estado 1 ≤ 300 V corriente continua |
| [Ie] Corriente nominal de empleo | 25 A 60 °C) en ≤ 440 V AC AC-3 para circuito de alimentación 40 A 60 °C) en ≤ 440 V AC AC-1 para circuito de alimentación 25 A 60 °C) en ≤ 440 V AC AC-4 para circuito de alimentación |
| Potencia del motor en kW | 5,5 kW en 220...230 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-3) 11 kW en 380...400 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-3) 11 kW en 415...440 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-3) 15 kW en 500 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-3) 15 kW en 660...690 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-3) 5,5 kW en 400 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) 5,5 kW en 220...230 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) 11 kW en 380...400 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) 11 kW en 415...440 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) 15 kW en 500 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) 15 kW en 660...690 V AC 50/60 Hz - tipo de cable: AC-4) |
| Motor power HP (UL / CSA) | 3 hp en 230/240 V AC 50/60 Hz para 1 fase motor 2 hp en 115 V AC 50/60 Hz para 1 fase motor 7,5 hp en 230/240 V AC 50/60 Hz para 3 fases motor 15 hp en 460/480 V AC 50/60 Hz para 3 fases motor 20 hp en 575/600 V AC 50/60 Hz para 3 fases motor 7,5 hp en 200/208 V AC 50/60 Hz para 3 fases motor |
| Tipo de circuito de control | DC Estándar |
| [Uc] tensión de circuito de control | 24 V corriente continua |
| Composición de los contactos auxiliares | 1 NA + 1 NC |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV acorde a IEC 60947 |

| | |
|---|---|
| Categoría de sobretensión | III |
| [Ith] Corriente térmica convencional | 10 A en <40 °C para circuito de señalización 40 A en <60 °C para circuito de alimentación |
| Irms poder de conexión nominal | 140 A AC para circuito de señalización acorde a IEC 60947-5-1 250 A corriente continua para circuito de señalización acorde a IEC 60947-5-1 450 A en 440 V para circuito de alimentación acorde a IEC 60947 |
| Poder de corte asignado | 450 A en 440 V para circuito de alimentación acorde a IEC 60947 |
| [Icw] Corriente temporal admisible | 240 A en <40 °C - 10 s para circuito de alimentación 380 A en <40 °C - 1 s para circuito de alimentación 50 A en <40 °C - 10 min para circuito de alimentación 120 A en <40 °C - 1 min para circuito de alimentación 100 A - 1 s para circuito de señalización 120 A - 500 ms para circuito de señalización 140 A - 100 ms para circuito de señalización |
| Fusible asociado | 10 A gG para circuito de señalización acorde a IEC 60947-5-1 63 A gG en <= 690 V coordinación tipo 1 para circuito de alimentación 40 A gG en <= 690 V coordinación tipo 2 para circuito de alimentación |
| Impedancia media | 2 mOhm - Ith 40 A 50 Hz para circuito de alimentación |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | Circuito de alimentación, estado 1 690 V acorde a IEC 60947-4-1 Circuito de alimentación, estado 1 600 V CSA certified Circuito de alimentación, estado 1 600 V UL certified Circuito de señalización, estado 1 690 V acorde a En> 40 A Circuito de señalización, estado 1 600 V CSA certified Circuito de señalización, estado 1 600 V UL certified |
| Durabilidad eléctrica | 1,65 Mcidos 25 A AC-3 en Ue <= 440 V 1,4 Mcidos 40 A AC-1 en Ue <= 440 V 1,65 Mcidos 25 A AC-4 en Ue <= 440 V |
| Potencia disipada por polo | 3,2 W AC-1 1,25 W AC-3 1,25 W AC-4 |
| Front cover | Con |
| Soporte de montaje | Placa Caril |
| Normas | CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508 IEC 60335-1 |
| Certificaciones de producto | LROS (Lloyds Register of Shipping) BV GL CCC RINA GOST CSA DNV UL UKCA |
| Tipo de conexión | Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible sin extremidad de cable Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 1...4 mm ² flexible sin extremidad de cable Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible con extremo de cable Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 1...2,5 mm ² flexible con extremo de cable Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 1...4 mm ² sólido sin extremidad de cable Circuito de control, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 1...4 mm ² sólido sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 2,5...10 mm ² flexible sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 2,5...10 mm ² flexible sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 1...10 mm ² flexible con extremo de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 1,5...6 mm ² flexible con extremo de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 1 cable(s) 1,5...10 mm ² sólido sin extremidad de cable Circuito de alimentación, estado 1 Bomas tornillo 2 cable(s) 2,5...10 mm ² sólido sin extremidad de cable |
| Par de apriete | Circuito de control, estado 1 1,7 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador plano Ø 6 Circuito de control, estado 1 1,7 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador Philips nº 2 Circuito de alimentación, estado 1 2,5 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador plano Ø 6 Circuito de alimentación, estado 1 2,5 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador Philips nº 2 Circuito de control, estado 1 1,7 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador pozidriv No 2 Circuito de alimentación, estado 1 2,5 N.m - en Bomas tornillo - con destornillador pozidriv No 2 |
| Duración de maniobra | 53.55...72.45 ms cierre 16...24 ms apertura |

| | |
|---|--|
| Nivel de fiabilidad de seguridad | B10d = 1369863 ciclos contactor con carga nominal acorde a EN/ISO 13849-1 B10d = 20000000 ciclos contactor con carga mecánica acorde a EN/ISO 13849-1 |
| Durabilidad mecánica | 30 Mcidos |
| Rango de operación | 3600 cyc/h en <60 °C |

Complementario

| | |
|---|---|
| Característica de la bobina | Con diodo de limitador de pico bidireccional integrado |
| Limites de tensión del circuito de control | 0.1...0.25 Uc -40...70 °C desconexión corriente continua 0.7...1.25 Uc -40...60 °C operativa corriente continua 1...1.25 Uc 60...70 °C operativa corriente continua |
| Constante de tiempo | 28 ms |
| Consumo a la llamada en W | 5,4 W 20 °C) |
| Consumo de mantenimiento en W | 5,4 W en 20 °C |
| Tipo de contactos auxiliares | tipo unido mecánicamente 1 NA + 1 NC acorde a IEC 60947-5-1 tipo contacto espejo 1 NC acorde a IEC 60947-4-1 |
| Frecuencia del circuito de señalización | 25...400 Hz |
| Corriente mínima de conmutación | 5 mA para circuito de señalización |
| Tensión mínima de conmutación | 17 V para circuito de señalización |
| Tiempo de no superposición | 1,5 ms en desexcitación entre contacto NA y NC 1,5 ms en excitación entre contacto NA y NC |
| Resistencia de aislamiento | > 10 MΩm para circuito de señalización |

Entorno

| | |
|---|---|
| Grado de protección IP | IP20 frontal acorde a IEC 60529 |
| Resistencia climática | acorde a IACS E10 acorde a IEC 60947-1 Annex Q category D |
| Tratamiento de protección | TH acorde a IEC 60068-2-30 |
| Grado de contaminación | 3 |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...60 °C 60...70 °C con restricciones |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -60...80 °C |
| Altitud máxima de funcionamiento | 0...3000 m |
| Resistencia al fuego | 850 °C acorde a IEC 60695-2-1 |
| Resistencia mecánica | Vibraciones contactor abierto, estado 1 2 Gn, 5...300 Hz Vibraciones conector cerrado, estado 1 4 Gn, 5...300 Hz Impactos conector cerrado, estado 1 15 Gn para 11 ms Impactos contactor abierto, estado 1 8 Gn para 11 ms |
| Altura | 85 mm |
| Anchura | 45 mm |
| Profundidad | 101 mm |
| Peso del producto | 0,53 kg |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.5. Ficha técnica de relé miniatura 120V, 2 polos.

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Harmony, Miniature plug-in relay, 5 A, 2 CO, without LED, 120 V AC

RXM2LB1F7

Principal

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Gama de producto | Relés electromecánicos Harmony |
| Nombre de serie | Miniatura |
| Tipo de producto o componente | Relés de conexión |
| Nombre corto del dispositivo | RXM |
| Supresión de interferencias de | Sin |
| Coefficiente de utilización | 20 % |
| Se vende en cantidades indivisibles | 10 |

Opcionales

| | |
|--|---|
| Tipo y composición de contactos | 2 C/O |
| Funcionamiento de contacto | Estándar |
| [Uc] tensión del circuito de control | 120 V CA 50/60 Hz |
| Corriente térmica nominal | 5 A -40...55 °C |
| LED de estado | Sin |
| Tipo de control | Sin pulsador |
| [Ui] tensión asignada de aislamiento | 250 V IEC |
| [Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques | 4 kV 1,2/50 µs IEC 61810-7 |
| Material de contactos | Aleación de plata (Ag/Ni) |
| [Ie] corriente asignada de empleo | 5 A AC-1/DC-1 NA IEC 2.5 A AC-1/DC-1 NC IEC 1 A 28 V DC-13 NA |
| Corriente mínima de conmutación | 10 mA |
| Tensión máxima de conmutación | 250 V CA 28 V DC |
| Tensión mínima de conmutación | 17 V |
| 2 abrazaderas | 5 A 250 V CA 5 A 28 V DC |

| | |
|--|--|
| Capacidad de conmutación máxima | 1250 VA CA 140 W DC |
| Capacidad de conmutación mínima | 170 mW |
| Tasa de funcionamiento | <= 1200 cycles/hour en carga <= 18000 cycles/hour sin carga |
| Endurancia mecánica | 10000000 ciclos |
| Durabilidad eléctrica | 100000 ciclos resistivo 50000 ciclos 1 A 28 V DC-13 NA |
| Consumo medio en VA | 1.2 CA |
| 9 mm triángulo inserto macho | >= 0,15 Uc CA |
| Duración de maniobra | 20 ms btwn cl denrg+mkg Off-dly clct 20 ms btwn cl nrg+mkg On-dly clct |
| Resistencia media | 4430 Ohm 23 °C +/- 10 % |
| Límites tensión de funcionamiento nominal | 96...132 V CA |
| Categoría de protección | RT I |
| Niveles de ensayo | Nivel A |
| Posición de funcionamiento | Cualquier posición |
| Anchura global CAD | 21 mm |
| Altura global CAD | 27 mm |
| Fondo global CAD | 46 mm |
| Peso del producto | 0.031 kg |
| Fuerza dieléctrica | 2000 V CA entre bobina y contacto basic insulation ((*)) 2000 V CA entre polos basic insulation ((**)) 1000 V CA entre contactos desconexión micro |
| Datos de fiabilidad de seguridad | B10d = 100000 |

Ambiente

| | |
|---|---|
| Normas | CE EN/IEC 61810-1 (ed. 2) |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...85 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...55 °C |
| Resistencia a las vibraciones | 3 gn +/- 1 mm 10...50 Hz en funcionamiento EN/IEC 60068-2-6 6 gn +/- 1 mm 10...50 Hz sin funcionamiento EN/IEC 60068-2-6 |
| Grado de protección IP | IP40 EN/IEC 60529 |
| Grado de contaminación | 3 |
| Resistencia a los choques | 30 gn apertura EN/IEC 60068-2-27 10 gn cierre EN/IEC 60068-2-27 |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.6. Ficha técnica de base para relé miniatura 120V, 2 polos.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Zelio Time - Base rxm2, e/s separadas, tornillo

RXZE2S108M

Principal

| | |
|--|---|
| Gama de producto | Relés electromecánicos Harmony Temporizadores Harmony |
| Tipo de producto o componente | Toma |
| Disposición de la terminal de contacto | Separado |
| Compatibilidad del producto | Relés con montaje plug-in RXM con capacidad de sujeción: 2 C/O contacto Relés con montaje plug-in REXL con capacidad de sujeción: 2 C/O contacto |
| Forma del pin | Plano |
| Nombre corto del dispositivo | RXZ |
| Se vende en cantidades indivisibles | 10 |

Complementario

| | |
|--------------------------------------|--|
| [Ith] Corriente térmica convencional | 12 A |
| [Ue] Tensión nominal de empleo | < 250 V |
| Conexiones - terminales | Conector, 2 x 0,5...2 x 1,5 mm ² - tipo de cable: AWG 20...AWG 16) sólido sin terminal Conector, 1 x 0,25...1 x 2,5 mm ² - tipo de cable: AWG 22...AWG 17) flexible con terminal Conector, 1 x 0,5...1 x 2,5 mm ² - tipo de cable: AWG 22...AWG 14) flexible con terminal Conector, 2 x 0,25...2 x 1 mm ² - tipo de cable: AWG 20...AWG 14) sólido sin terminal |
| Tightening torque ((*)) | < 1 N.m para M3 tornillos |
| Modo de fijación | Por tornillo - tipo de cable: panel) Clip-on - tipo de cable: carril DIN simétrico de 35 mm) |
| Marcado | CE |
| Anchura | 27 mm |
| Peso del producto | 0,058 kg |

Entorno

| | |
|--|----------------------|
| Normas | IEC 61984 |
| Certificaciones de producto | CSA Lloyd's UL |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...85 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...55 °C |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.7. Ficha técnica de Relé Controlador de nivel de líquido.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Zelio Control - Relé de control modular de nivel de líquido, 5 a, 2 nanc, 24...240 v ca/cc

RM35LM33MW

Principal

| | |
|-----------------------------------|--|
| Gama de producto | Relés de control Harmony |
| Tipo de producto o componente | Soporte de electrodo de nivel |
| Tipo de relé | Relés de control de nivel |
| Nombre de relé | RM35L |
| Parámetros monitorizados del relé | Detección por sondas resistiv |
| Time delay | Adjustable (**) 0.1...5 s, +/- 10 % |
| Capacidad de conmutación en VA | 1250 VA |
| Corriente mínima de conmutación | 10 mA en 5 V corriente continua |
| Intensidad de conmutación máxima | 5 A AC/DC |
| Power consumption | 5 VA AC |
| Rango de medida | 250 Ohm...1 MOhm |
| Categoría de empleo | AC-12 acorde a IEC 60947-5-1 AC-13 acorde a IEC 60947-5-1 AC-14 acorde a IEC 60947-5-1 AC-15 acorde a IEC 60947-5-1 DC-12 acorde a IEC 60947-5-1 DC-13 acorde a IEC 60947-5-1 |
| Tipo y composición de contactos | 2 C/O |

Complementario

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Tiempo de rearme | 1750 ms |
| Tensión máxima de conmutación | 250 V AC/DC |
| [Un] rated nominal voltage | 24...240 V AC/DC 50/60 Hz +/- 10 % |
| Límites de tensión de alimentación | 20,4...264 V AC/DC |
| Operating voltage tolerance | - 15 % + 10 % Un |
| Power consumption | 1,5 W corriente continua |
| Contactos de salida | 2 NANC |
| Corriente nominal de salida | 5 A |

| | |
|---|---|
| Delay at power up | 0,6 s |
| Precisión de medida | +/- 10 % del valor de escala completa +/- 20 % para el rango HS |
| Precisión de repetición | +/- 2 % para temporiz. |
| Error de medida | 0,5 %/°C con variación temperatura |
| Escala sensibilidad | 0.25...5 kOhm LS (Sensibilidad Baja) 5...100 kOhm St (Sensibilidad Estándar) 50...1000 kOhm HS (Sensibilidad Alta) |
| Ajuste sensibilidad | 5...100 % |
| Maximum supply current for sensors | 1 mA |
| Capacitancia del cable | 1 nF en HS (Sensibilidad Alta) para cable de sonda 2,2 nF en St (Sensibilidad Estándar) para cable de sonda 4,7 nF en LS (Sensibilidad Baja) |
| Marcado | CE : 73/23/EEC CE : EMC 89/336/EEC |
| Categoría de sobretensión | III acorde a IK07 |
| Resistencia de aislamiento | > 500 MOhm en 500 V corriente continua entre suministro y la salida de relé acorde a IEC 60255-5 > 500 MOhm en 500 V corriente continua entre la medición y la salida de relé acorde a IK07 > 1 MOhm en 500 V corriente continua entre suministro y medidas acorde a IEC 60255-5 > 500 MOhm en 500 V corriente continua entre suministro y la salida de relé acorde a IK07 > 500 MOhm en 500 V corriente continua entre la medición y la salida de relé acorde a IEC 60255-5 > 1 MOhm en 500 V corriente continua entre suministro y medidas acorde a IK07 |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | 250 V acorde a IK07 |
| Posición de funcionamiento | Cualquier posición sin desclasificación |
| Conexiones - terminales | Terminales de tornillo, 1 x 0.5...1 x 4 mm ² - tipo de cable: AWG 20...AWG 11) sólido sin terminal Terminales de tornillo, 2 x 0.5...2 x 2.5 mm ² - tipo de cable: AWG 20...AWG 14) sólido sin terminal Terminales de tornillo, 2 x 0.2...2 x 1.5 mm ² - tipo de cable: AWG 24...AWG 16) flexible con terminal Terminales de tornillo, 1 x 0.2...1 x 2.5 mm ² - tipo de cable: AWG 24...AWG 12) flexible con terminal |
| Par de apriete | 0,6...1 N.m acorde a En> 40 A |
| Material de la carcasa | Plástico autoextinguible |
| Señalizaciones en local | Relay ON ((*)), estado 1 LED - tipo de cable: amarillo) Encendido, estado 1 LED - tipo de cable: verde) Timer ON ((*)), estado 1 LED - tipo de cable: amarillo) |
| SopORTE de montaje | Carril DIN simétrico de 35 mm acorde a EN/IEC 60715 |
| Durabilidad eléctrica | 100000 ciclos |
| Durabilidad mecánica | 30000000 ciclos |
| Tasa de funcionamiento | <= 360 operaciones/hora carga completa |
| Datos de fiabilidad de seguridad | B10d = 170000 MTTFd = 182.6 años |
| Anchura | 35 mm |
| Entorno | |
| Inmunizado a microcortes | 100 ms corriente continua 90 ms AC |
| Compatibilidad electromagnética | Estándar de emisión para entornos industriales acorde a EN/IEC 61000-6-4 Estándar de emisión para entornos comerciales e industriales ligeros acorde a EN/IEC 61000-6-3 Inmunidad para entornos industriales acorde a NF EN/IEC 61000-6-2 |
| Normas | EN/IEC 60255-6 |
| Certificaciones de producto | CSA GL UL C-Tick GOST |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...70 °C |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.8. Ficha técnica de sonda de medición de nivel

Hoja de características del producto

Especificaciones

Sonda de medición de nivel de líquido la9 - 100 °c

LA9RM201



Principal

| | |
|---|-------------------------------|
| Gama de producto | Relés de control Harmony |
| Tipo de producto o componente | Relé de control de nivel |
| Accesorio/Designación de parte separada | Sonda control nivel líquidos |
| Accesorio/Destino de parte separada | Relécontrol nivel de líquidos |
| Accesorio / categoría de parte separada | Accesorios de relé |
| Compatibilidad del producto | RMB4 RM4L RM35LM |

Complementario

| | |
|---------------------|----------------------|
| Diámetro | 16 mm |
| Longitud | 150 mm |
| Tipo de instalación | Suspensión de cables |
| Peso del producto | 0,1 kg |

Entorno

| | |
|---|--------|
| Maximum ambient air temperature for operation | 100 °C |
|---|--------|

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.9. Ficha técnica de Luz piloto 24V blanco, verde y rojo.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Piloto luminoso led 24v blanco

XB5AVB1

Principal

| | |
|--------------------------------------|------------------------|
| Gama de producto | Harmony XB5 |
| Tipo de producto o componente | Piloto luminoso |
| Nombre corto del dispositivo | XB5 |
| Material del bisel | Dark grey plastic |
| Material del anillo fijación | Plástico |
| Tipo de cabeza | Estándar |
| Diámetro de montaje | 22 mm |
| Se vende en cantidades indivisibles | 1 |
| Forma de la cabeza de señalización | Circular |
| Tapa/Cabeza o color de la lente | Bianco |
| Información adicional del operador | Con lente lisa |
| Fuente de luz | LED protegido |
| Base de bombilla | LED integrado |
| Color de la fuente de luz | Bianco |
| [Us] Tensión nominal de alimentación | 24 V AC/DC en 50/60 Hz |
| Presentación del dispositivo | Producto completo |

Complementario

| | |
|---------------------------------------|--|
| Altura | 42 mm |
| Anchura | 30 mm |
| Profundidad | 54 mm |
| Descripción terminales iso n°1 | (X1-X2)PL |
| Peso del producto | 0,038 kg |
| Resistencia a lavados de alta presión | 700000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1 m |
| Conexiones - terminales | Bornas tornillo, 1 x 0,22-2 x 2,5 mm ² sin terminal acorde a EN/IEC 60947-1 |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | 250 V (grado contaminación 3) acorde a EN 60947-1 |

| | |
|--|------------------------------------|
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 4 kV acorde a EN 60947-1 |
| Tipo de señalización | Fijo |
| GCR BRIDGE | XB5AVCUST03 |
| Código de compatibilidad | XB5 |
| Límites de tensión de alimentación | 19,2...30 V DC 21,6...26,4 V AC |
| Consumo de corriente | 18 mA |
| Vida | 100000 H a tensión nominal y 25 °C |
| Resistencia a sobretensiones | 1 kV acorde a IEC 61000-4-5 |

Entorno

| | |
|---|--|
| Tratamiento de protección | TH |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...70 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...70 °C |
| Categoría de sobretensión | Clase II acorde a IEC 60536 |
| Grado de protección IP | IP66 acorde a IEC 60529 IP67 acorde a IEC 60529 JIS C8201-1 acorde a IEC 60529 IP69K acorde a ISO 20653 |
| Grado de protección nema | NEMA 13 NEMA 4X |
| Grado de protección IK | IK05 acorde a IEC 50102 |
| Normas | CSA C22.2 No 14 EN/IEC 60947-5-1 EN/IEC 60947-5-4 UL 508 EN/IEC 60947-1 JIS C8201-5-1 JIS C8201-1 |
| Certificaciones de producto | Registrado por UL CSA |
| Resistencia a las vibraciones | 5 gn (f = 12...500 Hz) acorde a IEC 60068-2-6 |
| Resistencia a los choques | 50 gn (duración 18 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 30 gn (duración 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 |
| Resistencia a transitorios rápidos | 2 kV acorde a IEC 61000-4-4 |
| Resistencia a los campos electromagnéticos | 10 V/m acorde a IEC 61000-4-3 |
| Compatibilidad electromagnética | Descarga electrostática- nivel de prueba:6 kV (en contacto (en piezas metálicas)) acorde a IEC 61000-4-2 Descarga electrostática- nivel de prueba:8 kV (en aire libre (en piezas aislantes)) acorde a IEC 61000-4-2 Emisión electromagnéticaClase b acorde a IEC 55011 |
| Resistencia a descargas electrostáticas | 6 kV en contacto (en piezas metálicas) acorde a IEC 61000-4-2 8 kV en aire libre (en piezas aislantes) acorde a IEC 61000-4-2 |
| Soporte de sujeción de cables | Clase B acorde a IEC 55011 |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.10. Ficha técnica de Selector iluminado 24V amarillo.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Selector luminoso led 24v na+nc amarillo

XB5AK125B5

Principal

| | |
|--------------------------------------|---|
| Gama de producto | Harmony XB5 |
| Tipo de producto o componente | Selector luminoso |
| Nombre corto del dispositivo | XB5 |
| Material del bisel | Dark grey plastic |
| Tipo de cabeza | Estándar |
| Diámetro de montaje | 22 mm |
| Se vende en cantidades indivisibles | 1 |
| Forma de la cabeza de señalización | Circular |
| Tipo de operador | Fijas |
| Perfil del operador | Naranja maneta estándar |
| Información de posición del operador | 2 posiciones de 90° |
| Tipo y composición de contactos | 1 NA + 1 NC |
| Funcionamiento de contacto | Ruptura lenta |
| Conexiones - terminales | Bornas tornillo, <= 2 x 1.5 mm² con terminal acorde a EN/IEC 60947-1 Bornas tornillo, >= 1 x 0.22 mm² sin terminal acorde a EN/IEC 60947-1 |
| Base de bombilla | LED integrado |
| [Us] Tensión nominal de alimentación | 24 V AC/DC en 50/60 Hz |

Complementario

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Altura | 42 mm |
| Anchura | 30 mm |
| Profundidad | 70 mm |
| Descripción terminales iso n°1 | (11-12)NC (13-14)NO |
| Peso del producto | 0.516 kg |
| Resistencia a lavados de alta presión | 7000000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1 m |
| Uso de contactos | Contactos estándar |

| | |
|--|--|
| Apertura positiva | Con acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo K |
| Par de funcionamiento | 0,14 N.m NA estado eléctrico cambiante |
| Durabilidad mecánica | 1000000 ciclos |
| Par de apriete | 0,8...1,2 N.m acorde a EN 60947-1 |
| Forma de la cabeza de tornillo | Cruzado compatible con Philips nº 1 destornillador Cruzado compatible con Pozidriv no 1 destornillador Ranurado compatible con plano 4 mm Ø destornillador Ranurado compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador |
| Material de los contactos | Aleación de plata (Ag/Ni) |
| Protección contra cortocircuito | 10 A Fusible de cartucho tpo gG acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| [Ith] Corriente térmica convencional | 10 A acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | 600 V (grado contaminación 3) acorde a EN 60947-1 |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV acorde a EN 60947-1 |
| [Ie] Corriente nominal de empleo | 3 A en 240 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,1 A en 600 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,27 A en 250 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,55 A en 125 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 1,2 A en 600 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| Durabilidad eléctrica | 1000000 ciclos, AC-15, 2 A en 230 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 3 A en 120 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 4 A en 24 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,2 A en 110 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,5 A en 24 V, ritmo funcion <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C |
| Fiabilidad eléctrica | $I_s < 10\exp(-6)$ en 5 V y L/R = 1 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 $I_s < 10\exp(-8)$ en 17 V y L/R = 5 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 |
| Tipo de señalización | Fijo |
| Fuente de luz | LED protegido |
| Limites de tensión de alimentación | 19,2...30 V DC 21,6...26,4 V AC |
| Consumo de corriente | 18 mA |
| Vida | 100000 H a tensión nominal y 25 °C |
| Resistencia a sobretensiones | 1 kV acorde a IEC 61000-4-5 |
| Presentación del dispositivo | Producto completo |

Entorno

| | |
|--|--|
| Tratamiento de protección | TH |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...70 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...70 °C |
| Clase de protección contra descargas eléctricas | Clase II acorde a IEC 60536 |
| Grado de protección IP | IP66 acorde a IEC 60529 IP67 acorde a IEC 60529 JIS C8201-1 IP69K |
| Grado de protección nema | NEMA 13 NEMA 4X |
| Grado de protección IK | IK06 acorde a IEC 50102 |
| Normas | EN/IEC 60947-5-1 |

| | |
|---|--|
| | EN/IEC 60947-1 JIS C8201-5-1 UL 508 EN/IEC 60947-5-4 CSA C22.2 No 14 JIS C8201-1 |
| Certificaciones de producto | DNV CSA LROS (Lloyds Register of Shipping) GL UL BV |
| Resistencia a las vibraciones | 5 gn (f = 2...500 Hz) acorde a IEC 60068-2-6 |
| Resistencia a los choques | 30 gn (duración 18 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 50 gn (duración 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 |
| Resistencia a transitorios rápidos | 2 kV acorde a IEC 61000-4-4 |
| Resistencia a los campos electromagnéticos | 10 V/m acorde a IEC 61000-4-3 |
| Resistencia a descargas electrostáticas | 6 kV en contacto (en piezas metálicas) acorde a IEC 61000-4-2 8 kV en aire libre (en piezas aislantes) acorde a IEC 61000-4-2 |
| Soporte de sujeción de cables | Clase B acorde a IEC 55011 |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.11. Ficha técnica de botón iluminado 24V verde y azul.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Pulsadores luminiso led 24v na+nc verde

XB5AW33B5

Principal

| | |
|---------------------------------------|---|
| Gama de producto | Harmony XB5 |
| Tipo de producto o componente | Pulsador luminoso |
| Nombre corto del dispositivo | XB5 |
| Material del bisel | Dark grey plastic |
| Material del anillo fijación | Plástico |
| Tipo de cabeza | Estándar |
| Diámetro de montaje | 22 mm |
| Se vende en cantidades indivisibles | 1 |
| Forma de la cabeza de señalización | Circular |
| Tipo de operador | Retorno por muelle |
| Perfil del operador | Verde Rasante, Sin marcado |
| Información adicional del operador | Con lente lisa |
| Tipo y composición de contactos | 1 NA + 1 NC |
| Funcionamiento de contacto | Ruptura lenta |
| Conexiones - terminales | Bornas tornillo, $\leq 2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ con terminal acorde a EN/IEC 60947-1 Bornas tornillo, 1 x 0,22-2 x 2,5 mm ² sin terminal acorde a EN/IEC 60947-1 |
| Fuente de luz | LED protegido |
| Base de bombilla | LED integrado |
| [Us] tensión de alimentación asignada | 24 V AC/DC 50/60 Hz |
| Tapal/Cabeza o color de la lente | Verde |

Complementario

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Altura | 42 mm |
| Anchura | 30 mm |
| Profundidad | 57 mm |
| Descripción terminales iso n°1 | (21-22)NC (13-14)NO |

| | |
|--|--|
| Peso del producto | 0,056 kg |
| Resistencia a lavados de alta presión | 7000000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1 m |
| Uso de contactos | Contactos estándar |
| Apertura positiva | Con acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo K |
| Recorrido de funcionamiento | 1,5 mm - tipo de cable: NC estado eléctrico cambiante) 2,6 mm - tipo de cable: NA estado eléctrico cambiante) 4,3 mm - tipo de cable: viaje total) |
| Fuerza de funcionamiento | 3,5 N NC estado eléctrico cambiante 3,8 N |
| Durabilidad mecánica | 10000000 ciclos |
| Par de apriete | 0,8...1,2 N.m acorde a EN 60947-1 |
| Forma de la cabeza de tornillo | Cruzado compatible con Philips nº 1 destornillador Cruzado compatible con Pozidriv no 1 destornillador Ranurado compatible con plano 4 mm Ø destornillador Ranurado compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador |
| Material de los contactos | Aleación de plata (Ag/Ni) |
| Protección contra cortocircuito | 10 A Fusible de cartucho tipo gG acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| [Ith] Corriente térmica convencional | 10 A acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | 600 V (grado contaminación 3) acorde a EN/IEC 60947-1 |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV acorde a EN/IEC 60947-1 |
| [Ie] Corriente nominal de empleo | 3 A en 240 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,1 A en 600 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,27 A en 250 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 0,55 A en 125 V, DC-13, Q600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 1,2 A en 600 V, AC-15, A600 acorde a EN/IEC 60947-5-1 |
| Durabilidad eléctrica | 1000000 ciclos, AC-15, 2 A en 230 V, ritmo función <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 3 A en 120 V, ritmo función <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, AC-15, 4 A en 24 V, ritmo función <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,2 A en 110 V, ritmo función <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C 1000000 ciclos, DC-13, 0,5 A en 24 V, ritmo función <3600 cyc/h, factor de carga: 0,5 acorde a EN/IEC 60947-5-1 anexo C |
| Fiabilidad eléctrica | $I_s < 10 \exp(-6)$ en 5 V, 1 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 $I_s < 10 \exp(-8)$ en 17 V, 5 mA en entorno limpio acorde a EN/IEC 60947-5-4 |
| Tipo de señalización | Fijo |
| Límites de tensión de alimentación | 19,2...30 V DC 21,6...26,4 V AC |
| Consumo de corriente | 18 mA |
| Vida | 100000 H a tensión nominal y 25 °C |
| Resistencia a sobretensiones | 1 kV acorde a IEC 61000-4-5 |
| Presentación del dispositivo | Producto completo |

Entorno

| | |
|---|--|
| Tratamiento de protección | TH |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...70 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...70 °C |
| Categoría de sobretensión | Clase II acorde a IEC 60536 |
| Grado de protección IP | IP66 acorde a IEC 60529 JIS C8201-1 |

| | |
|---|--|
| | IP69K IP67 |
| Grado de protección nema | NEMA 13 NEMA 4X |
| Grado de protección IK | IK05 acorde a IEC 50102 |
| Normas | EN/IEC 60947-5-1 CSA C22.2 No 14 UL 508 EN/IEC 60947-1 JIS C8201-5-1 EN/IEC 60947-5-4 JIS C8201-1 |
| Certificaciones de producto | Registrado por UL GL CSA LRDS (Lloyds Register of Shipping) DNV BV |
| Resistencia a las vibraciones | 5 gn (f = 2...500 Hz) acorde a IEC 60068-2-6 |
| Resistencia a los choques | 30 gn (duración 18 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 50 gn (duración 11 ms) para aceleración de media onda sinusoidal acorde a IEC 60068-2-27 |
| Resistencia a transitorios rápidos | 2 kV acorde a IEC 61000-4-4 |
| Resistencia a los campos electromagnéticos | 10 V/m acorde a IEC 61000-4-3 |
| Resistencia a descargas electroestáticas | 6 kV en contacto (en piezas metálicas) acorde a IEC 61000-4-2 8 kV en aire libre (en piezas aislantes) acorde a IEC 61000-4-2 |
| SopORTE de sujeción de cables | Clase B acorde a IEC 55011 |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.12. Datos técnicos del Sensor de inmersión.

Descripción del producto

Especificaciones:

Modelo: ALS MPM 2F

Tipo: transmisor de nivel de líquido de entrada

Precisión de medición: 0,2

Material: acero inoxidable 316.

Fuente de alimentación: DC24V

Señal de salida: 4 20 mA.

Medio de medición: Agua

Longitud de cable: 19.7 ft.

Rango de medición: 0 16.4 ft.

Tamaño de la sonda: aprox. 4.5 x 1.1 in.

Peso: 20.35 oz.

El paquete incluye:

1 sensor de nivel de líquido.



FUENTE TOMADO DE AMAZON.COM, 2022

Anexo G.13. Ficha técnica de la Fuente de 24V DC.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Fuente de alimentación regulada,
100-240v ac, 24v 2.1 a, monofásica,
optimizada

ABLS1A24021

Principal

| | |
|-------------------------------------|---|
| Gama de producto | Modicon Premium |
| Tipo de producto o componente | Alimentación |
| Tipo fuente de alimentación | Modo de encendido regulado |
| Variant option | Optimized |
| Material del envoltente | Plástico |
| Nominal input voltage | 100...240 V AC 1 fase 100...240 V AC 2 fases |
| Potencia nominal en W | 50 W |
| Tensión de salida | 24 V CC |
| Corriente de salida de alimentación | 2,1 A |

Complementario

| | |
|-------------------------------|---|
| Input voltage limits | 85...264 V AC |
| Nominal network frequency | 50...60 Hz |
| Network system compatibility | TN TT IT |
| 1 contacto de puerta | 1 mA 240 V AC |
| Tipo de protec. de entrada | Fusible integrado (no intercambiable) 3,15 A External protection (recommended) 20 A Curve C External protection (recommended) 10 A Curve B External protection (recommended) 6 A Curve C |
| Corriente de entrada | 35,0 A en 115 V 75,0 A en 230 V |
| Pasos de 18 mm | 0.45 at 115 V AC 0.35 at 230 V AC |
| La ranura para destornillador | 86 % en 115 V AC 88 % en 230 V AC |
| Output voltage adjustment | 24...28 V |
| Disipación de potencia en W | 7,5 W |
| Consumo de corriente | < 1.1 A 115 V AC < 0.65 A 230 V AC |
| Turn-on time | < 3 s |
| Glándula kit de placa | > 20 ms 100 V AC > 100 ms 230 V AC |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Startup with capacitive loads | 3000 μ F |
| Fluctuación residual | < 75 mV |
| Expected capacitor life time | 10 yr |
| Tiempo medio entre averías | 2000000 H at 25 °C, carga completa conforming to SR 332 900000 H at 55 °C, 80% de carga conforming to SR 332 |
| Tipo de protección de salida | Contra sobrecarga y cortocircuitos, tecnología de protección: rearme automático Against over temperature, tecnología de protección: manual reset Contra sobretensión, tecnología de protección: manual reset |
| Conexiones - terminales | Conexión de tornillo, estado 1 0,5...2,5 mm ² , - tipo de cable: AWG 20...AWG 14) para entrada/salida |
| Line and load regulation | < 0.5 % network 0 to 100 % load at 25 °C < 1 % network full voltage range in line at 25 °C |
| LED de estado | 1 LED (verde) tensión de salida |
| Profundidad | 89,5 mm |
| Altura | 75 mm |
| Anchura | 30 mm |
| Peso del producto | 0,180 kg |
| Acoplamiento de salida | Paralelo Serie |
| Soporte de montaje | Tipo de tapón TH35-15 carril acorde a IEC 60715 Tipo de tapón TH35-7.5 carril acorde a IEC 60715 DIN de doble perfil carril |
| Suministro | SELV acorde a EN/IEC 60950-1 SELV acorde a EN/IEC 60204-1 SELV acorde a IEC 60364-4-41 |
| Fuerza dieléctrica | 3000 V AC con capacidad de sujeción: input to output aislamiento |

Entorno

| | |
|--|---|
| Normas | EN 62368-1 EN/IEC 61204-3 EN 61000-6-1 EN 61000-6-2 EN 61000-6-3 EN 61000-6-4 EN 61000-3-2 EN 61000-3-3 UL 62368-1 CSA C22.2 No 62368-1 UL 508 CSA C22.2 n.º 107.1 EN/IEC 62368-1 |
| Certificaciones de producto | CE Listado en cUL Reconocido en cUL RCM Esquema CB Generador KC NEC, estado 1 Clase 2 |
| Características ambientales | 3M4 acorde a IEC 60721-3-3 |
| Altitud máxima de funcionamiento | < 2000 m |
| Resistencia a los choques | 100 m/s ² para 11 ms |
| Grado de protección IP | IP20 |
| Ambient air temperature for operation | -20...-10 °C con desclasificación de corriente del 2% por cada °C mounting position A < 2000 m -10...55 °C sin desclasificación mounting position A < 2000 m 55...70 °C with current derating of 3.33 % per °C mounting position A < 2000 m |
| Clase de protección contra descargas eléctricas | Clase I |
| Grado de contaminación | 2 |
| Resistencia a las vibraciones | 3 mm (f = 2...9 Hz) acorde a IEC 60068-2-6 10 m/s ² (f = 9...200 Hz) acorde a IEC 60068-2-6 |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Electromagnetic immunity | <p>Inmunidad a descargas electrostáticas- nivel de prueba:6 kV (descarga de contacto) acorde a EN/IEC 61000-4-2</p> <p>Inmunidad a descargas electrostáticas- nivel de prueba:9 kV (descarga de aire) acorde a EN/IEC 61000-4-2</p> <p>Inmunidad a perturbaciones RF conducidas- nivel de prueba:10 V/m (80 MHz...2 GHz (")) acorde a EN/IEC 61000-4-3</p> <p>Inmunidad a perturbaciones RF conducidas- nivel de prueba:5 V/m (2...2.7 GHz) acorde a EN/IEC 61000-4-3</p> <p>Inmunidad a perturbaciones RF conducidas- nivel de prueba:3 V/m (2.7...6 GHz) acorde a EN/IEC 61000-4-3</p> <p>Inmunidad ante oscilaciones rápidas- nivel de prueba:4 kV (en entrada/salida) acorde a EN/IEC 61000-4-4</p> <p>Prueba de inmunidad frente a sobretensión- nivel de prueba:3 kV (entre fuente de alimentación y tierra) acorde a EN/IEC 61000-4-5</p> <p>Prueba de inmunidad frente a sobretensión- nivel de prueba:1.5 kV (entre fases) acorde a EN/IEC 61000-4-5</p> <p>Inmunidad a perturbaciones RF conducidas- nivel de prueba:10 V (0,15...80 MHz) acorde a EN/IEC 61000-4-6</p> <p>Inmunidad ante campos magnéticos- nivel de prueba:30 A/m (50...80 Hz) acorde a EN/IEC 61000-4-8</p> <p>Inmunidad ante caídas de tensión acorde a EN/IEC 61000-4-11</p> <p>Emisión por campo perturbador acorde a EN 55016-2-3</p> <p>Límites para emisiones de corrientes armónicas acorde a EN 61000-3-2</p> <p>Emissão de perturbações guiadas acorde a EN 55016-1-2</p> <p>Emissão de perturbações guiadas acorde a EN 55016-2-1</p> |
| Soporte de sujeción de cables | <p>Emisiones conducidas acorde a EN 61000-6-3</p> <p>Emisiones radiadas acorde a EN 61000-6-4</p> |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.14. Ficha técnica de portafusibles.

Hoja de características del producto

Especificaciones



TeSys Seccionador portafusible con señalización 3P 32A - fusible 10 x 38 mm

DF103V

Principal

| | |
|---------------------------------------|--|
| Gama | TeSys |
| Nombre del producto | TeSys DF |
| Tipo de producto o componente | Portafusible |
| Nombre corto del dispositivo | DF10 |
| Compatibilidad del producto | DF2CN percutor del cartucho de fusibles DF2EA percutor del cartucho de fusibles |
| Número de polos | 3P |
| Tamaño de fusible | 10 x 38 mm |
| Tipo de fusible | . aM . gG |
| Tipo de control | Maneta bloqueable |
| Señalizaciones en local | Indicador de fusible fundido |
| Categoría de empleo | AC-21 acorde a valores instantáneos y de demanda DC-21A acorde a valores instantáneos y de demanda |
| [Ue] Tensión nominal de empleo | 690 V AC 690 V corriente continua |
| [Ie] Corriente nominal de empleo | 32 A en 400 V AC |
| [Ith] Corriente térmica convencional | 32 A en <20 °C |
| [Ui] Tensión nominal de aislamiento | 690 V AC |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV |
| Categoría de sobretensión | III |
| Resistencia a cortocircuitos | 120 kA 400 V acorde a valores instantáneos y de demanda 120 kA 500 V acorde a valores instantáneos y de demanda |
| Potencia disipada en W | 3 W longitud máxima recomendada del tubo: 12,5 pies |

Complementario

| | |
|-----------------------------|---|
| Normas | Es decir >= 10 mA EN/IEC 60269-2 UL 4248-1 CSA C22.2 No 4248-1 EN 45545-2, estado 1 R22 HL2 |
| Certificaciones de producto | IEC Certificación UL |

CSA
CCC
Generador
DNV-GL

| | |
|--------------------------------|--|
| Soporte de montaje | Carril DIN simétrico de 35 mm |
| Posición de montaje | Vertical (tolerancia: +/- 23°) |
| Conexiones - terminales | Bornas tornillo 1 cable(s) 1...16 mm ² /rígido Bornas tornillo 2 cable(s) 1...6 mm ² /rígido Bornas tornillo 1 cable(s) 1...16 mm ² /flexible with or without Bornas tornillo 2 cable(s) 1...6 mm ² /flexible with or without |
| Par de apriete | 2,2 N.m - con destornillador PZ2 2,2 N.m - con destornillador plano 5,5 mm Ø |
| Altura | 79,5 mm |
| Anchura | 52,5 mm |
| Profundidad | 61 mm |
| Peso del producto | 0,126 kg |
| Cantidad por juego | Juego de 4 |

Entorno

| | |
|---|---|
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -40...70 °C |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...70 °C con reducción de la temperatura |
| Altitud máxima de funcionamiento | 0...2000 m |
| Grado de protección IP | IP20 |
| Grado de contaminación | 3 |
| Resistencia al fuego | 960 °C acorde a IEC 60695-2-1 |
| Código de compatibilidad | DF10 |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo G.15. Ficha técnica de fusibles 2A para relés.

Hoja de características del producto

Especificaciones



Fusibles de cartucho NFC, Tesys GS, cilíndrico 10 mm x 38 mm, fusible tipo gG, 500 VCA, 2 A, sin percutor

DF2CN02

Principal

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Gama de producto | Seccionador-fusible Tesys |
| Tipo de producto o componente | Cartucho fusible |
| Nombre corto del dispositivo | DF2 |
| [Ue] Tensión nominal de empleo | 500 V AC |
| [In] Corriente nominal | 2 A 500 V |
| Tamaño de fusible | 10 x 38 mm |
| Tipo de fusible | NFC |
| Cantidad por juego | Juego de 10 |

Complementario

| | |
|-------------------|---------|
| Curva del fusible | GG |
| Peso del producto | 0,01 kg |

FUENTE TOMADO DE SCHNEIDER ELECTRIC, 2022

Anexo H.1 Tabla 110.28 del NEC Selección del envolvente

110.31

ARTÍCULO 110— REQUISITOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Tabla 110.28 Selección del envolvente

| Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales | Para uso en exteriores | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----|----|----|-----|-----|---|----|---|----|
| | Número del tipo de envolvente | | | | | | | | | |
| | 3 | 3R | 3S | 3X | 3RX | 3SX | 4 | 4X | 6 | 6P |
| Contacto eventual con el equipo encerrado | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Lluvia, nieve y aguanieve | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Aguanieve* | — | — | X | — | — | X | — | — | — | — |
| Polvo movido por el viento | X | — | X | X | — | X | X | X | X | X |
| Lavado con manguera | — | — | — | — | — | — | X | X | X | X |
| Agentes corrosivos | — | — | — | X | X | X | — | X | — | X |
| Inmersión temporal | — | — | — | — | — | — | — | — | X | X |
| Inmersión prolongada | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X |

| Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales | Para uso en interiores | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|----|---|---|----|----|-----|----|
| | Número del tipo de envolvente | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 4 | 4X | 5 | 6 | 6P | 12 | 12K | 13 |
| Contacto eventual con el equipo encerrado | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Polvo que cae | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Líquidos que caen y salpicadura leve | — | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Polvo, pelusa, fibras y partículas suspendidas circulantes | — | — | X | X | — | X | X | X | X | X |
| Asentamiento de polvo, pelusa, fibras y partículas suspendidas transportados por el aire | — | — | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Agua por lavado con manguera y salpicadura | — | — | X | X | — | X | X | — | — | — |
| Escape de aceite y refrigerante | — | — | — | — | — | — | — | X | X | X |
| Salpicadura y rociado de aceite o refrigerante | — | — | — | — | — | — | — | — | — | X |
| Agentes corrosivos | — | — | — | X | — | — | X | — | — | — |
| Inmersión temporal | — | — | — | — | — | X | X | — | — | — |
| Inmersión prolongada | — | — | — | — | — | — | X | — | — | — |

* El mecanismo debe ser operable cuando está cubierto con hielo.

Nota informativa nro. 1: El término hermético a la lluvia generalmente se usa junto con envolventes tipo 3, 3S, 3SX, 3X, 4, 4X, 6 y 6P. El término a prueba de lluvia generalmente se usa junto con envolventes tipo 3R y 3RX. El término hermético al agua generalmente se usa junto con envolventes tipo 4, 4X, 6, 6P. El término hermético al goteo generalmente se usa junto con envolventes tipo 2, 5, 12, 12K y 13. El término hermético al polvo generalmente se usa junto con envolventes tipo 3, 3S, 3SX, 3X, 5, 12, 12K y 13.

Nota informativa nro. 2: Los valores de protección contra acceso se pueden encontrar en el documento ANSI/NEMA 60529, *Grados de Protección proporcionados por Envolventes*. Los valores de protección contra acceso no son un sustituto de los valores del tipo de envolvente.

FUENTE TOMADO DEL NEC 2014, 2022

Anexo H.2 Tabla 310.15(B) del NEC Ampacidad permisible en conductores

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)*.

| Calibre AWG o kcmil | Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).] | | | | | | Calibre AWG o kcmil |
|------------------------|---|---|--|--|--|---|---------------------|
| | 60°C (140°F) | 75°C (167°F) | 90°C (194°F) | 60°C (140°F) | 75°C (167°F) | 90°C (194°F) | |
| | Tipos TW, UF | Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW | Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2 | Tipos TW, UF | Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE | Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2 | |
| | COBRE | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | | |
| 18** | — | — | 14 | — | — | — | — |
| 16** | — | — | 18 | — | — | — | — |
| 14** | 15 | 20 | 25 | — | — | — | — |
| 12** | 20 | 25 | 30 | 15 | 20 | 25 | 12** |
| 10** | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 | 35 | 10** |
| 8 | 40 | 50 | 55 | 35 | 40 | 45 | 8 |
| 6 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 55 | 6 |
| 4 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 | 4 |
| 3 | 85 | 100 | 115 | 65 | 75 | 85 | 3 |
| 2 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 | 2 |
| 1 | 110 | 130 | 145 | 85 | 100 | 115 | 1 |
| 1/0 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 | 1/0 |
| 2/0 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 | 2/0 |
| 3/0 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 | 3/0 |
| 4/0 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 | 4/0 |
| 250 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 | 250 |
| 300 | 240 | 285 | 320 | 195 | 230 | 260 | 300 |
| 350 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 | 350 |
| 400 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 | 400 |
| 500 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 | 500 |
| 600 | 350 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 | 600 |
| 700 | 385 | 460 | 520 | 315 | 375 | 425 | 700 |
| 750 | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 | 750 |
| 800 | 410 | 490 | 555 | 330 | 395 | 445 | 800 |
| 900 | 435 | 520 | 585 | 355 | 425 | 480 | 900 |
| 1000 | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 | 1000 |
| 1250 | 495 | 590 | 665 | 405 | 485 | 545 | 1250 |
| 1500 | 525 | 625 | 705 | 435 | 520 | 585 | 1500 |
| 1750 | 545 | 650 | 735 | 455 | 545 | 615 | 1750 |
| 2000 | 555 | 665 | 750 | 470 | 560 | 630 | 2000 |

*Ver sección 310.15(B)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es distinta a 30°C (86°F)

**Ver sección 240.4(D) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

FUENTE TOMADO DEL NEC 2014, 2022

Anexo H.3 Tabla 430.10(B) del NEC Curvatura de cableado en los envolventes

Tabla 430.10(B) Espacio mínimo de curvatura del cableado en los terminales en los envolventes de los controladores de motores

| Calibre del alambre (AWG o kcmil) | Alambres por terminal* | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------|-----|-------|
| | 1 | | 2 | |
| | mm | pulg. | mm | pulg. |
| 14-10 | No especificado | | — | — |
| 8-6 | 38 | 1½ | — | — |
| 4-3 | 50 | 2 | — | — |
| 2 | 65 | 2½ | — | — |
| 1 | 75 | 3 | — | — |
| 1/0 | 125 | 5 | 125 | 5 |
| 2/0 | 150 | 6 | 150 | 6 |
| 3/0-4/0 | 175 | 7 | 175 | 7 |
| 250 | 200 | 8 | 200 | 8 |
| 300 | 250 | 10 | 250 | 10 |
| 350-500 | 300 | 12 | 300 | 12 |
| 600-700 | 350 | 14 | 400 | 16 |
| 750-900 | 450 | 18 | 475 | 19 |

*Cuando esté previsto que haya tres o más alambres por terminal, el espacio mínimo de curvatura del cableado debe cumplir los requisitos del Artículo 312

FUENTE TOMADO DEL NEC 2014, 2022

Anexo H.4 Tabla 430.72(B) del NEC Valor nominal de protección para control

Tabla 430.72(B) Valor nominal máximo de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en amperes.

| Calibre de los conductores del circuito de control (AWG) | Protección brindada por dispositivo(s) de protección de circuitos ramales del motor | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|---|
| | Columna A Protección brindada separadamente | | Columna B Conductores dentro del envolvente | | Columna C Conductores que se extienden más allá del envolvente | |
| | Cobre | Aluminio o aluminio recubierto de cobre | Cobre | Aluminio o aluminio recubierto de cobre | Cobre | Aluminio o aluminio recubierto de cobre |
| 18 | 7 | — | 25 | — | 7 | — |
| 16 | 10 | — | 40 | — | 10 | — |
| 14 | (Nota 1) | — | 100 | — | 45 | — |
| 12 | (Nota 1) | (Nota 1) | 120 | 100 | 60 | 45 |
| 10 | (Nota 1) | (Nota 1) | 160 | 140 | 90 | 75 |
| Más de 10 | (Nota 1) | (Nota 1) | (Nota 2) | (Nota 2) | (Nota 3) | (Nota 3) |

Notas:

1. Valor especificado en la sección 310.15, según sea aplicable.
2. 400 por ciento del valor especificado en la Tabla 310.17 para conductores a 60° C.
3. 300 por ciento del valor especificado en la Tabla 310.16 para conductores a 60° C.

FUENTE TOMADO DEL NEC 2014, 2022

Anexo H.5 Tabla 430.250 del NEC Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

Tabla 430.250 Corriente de plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas deben permitirse para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 1000 volts.

| Caballos de fuerza | Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado (Amperes) | | | | | | | Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (Amperes) | | | |
|--------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|---|-----------|-----------|------------|
| | 115 Volts | 200 Volts | 208 Volts | 230 Volts | 460 Volts | 575 Volts | 2300 Volts | 230 Volts | 460 Volts | 575 Volts | 2300 Volts |
| ½ | 4.4 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.1 | 0.9 | — | — | — | — | — |
| ¾ | 6.4 | 3.7 | 3.5 | 3.2 | 1.6 | 1.3 | — | — | — | — | — |
| 1 | 8.4 | 4.8 | 4.6 | 4.2 | 2.1 | 1.7 | — | — | — | — | — |
| 1½ | 12.0 | 6.9 | 6.6 | 6.0 | 3.0 | 2.4 | — | — | — | — | — |
| 2 | 13.6 | 7.8 | 7.5 | 6.8 | 3.4 | 2.7 | — | — | — | — | — |
| 3 | — | 11.0 | 10.6 | 9.6 | 4.8 | 3.9 | — | — | — | — | — |
| 5 | — | 17.5 | 16.7 | 15.2 | 7.6 | 6.1 | — | — | — | — | — |
| 7½ | — | 25.3 | 24.2 | 22 | 11 | 9 | — | — | — | — | — |
| 10 | — | 32.2 | 30.8 | 28 | 14 | 11 | — | — | — | — | — |
| 15 | — | 48.3 | 46.2 | 42 | 21 | 17 | — | — | — | — | — |
| 20 | — | 62.1 | 59.4 | 54 | 27 | 22 | — | — | — | — | — |
| 25 | — | 78.2 | 74.8 | 68 | 34 | 27 | — | 53 | 26 | 21 | — |
| 30 | — | 92 | 88 | 80 | 40 | 32 | — | 63 | 32 | 26 | — |
| 40 | — | 120 | 114 | 104 | 52 | 41 | — | 83 | 41 | 33 | — |
| 50 | — | 150 | 143 | 130 | 65 | 52 | — | 104 | 52 | 42 | — |
| 60 | — | 177 | 169 | 154 | 77 | 62 | 16 | 123 | 61 | 49 | 12 |
| 75 | — | 221 | 211 | 192 | 96 | 77 | 20 | 155 | 78 | 62 | 15 |
| 100 | — | 285 | 273 | 248 | 124 | 99 | 26 | 202 | 101 | 81 | 20 |
| 125 | — | 359 | 343 | 312 | 156 | 125 | 31 | 253 | 126 | 101 | 25 |
| 150 | — | 414 | 396 | 360 | 180 | 144 | 37 | 302 | 151 | 121 | 30 |
| 200 | — | 552 | 528 | 480 | 240 | 192 | 49 | 400 | 201 | 161 | 40 |
| 250 | — | — | — | — | 302 | 242 | 60 | — | — | — | — |
| 300 | — | — | — | — | 361 | 289 | 72 | — | — | — | — |
| 350 | — | — | — | — | 414 | 336 | 83 | — | — | — | — |
| 400 | — | — | — | — | 477 | 382 | 95 | — | — | — | — |
| 450 | — | — | — | — | 515 | 412 | 103 | — | — | — | — |
| 500 | — | — | — | — | 590 | 472 | 118 | — | — | — | — |

*Para factores de potencia de 90 por ciento y 80 por ciento, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.1 y 1.25.

FUENTE TOMADO DEL NEC 2014, 2022