

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



TESIS:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES PARA ARRANQUE Y DEFROST CON SUPERVISIÓN REMOTA DE UN SISTEMA FRIGORÍFICO EN LA EMPRESA HUSKY SAC DE LA CIUDAD DE AREQUIPA”

Presentada por el Bachiller:

Valencia Delgado, Juan Fabrizio

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecatrónico

Asesor:

Ing. Mestas Ramos, Sergio Orlando

AREQUIPA – PERÚ

2018



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA**

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE CONTROLADORES PARA
ARRANQUE Y DEFROST CON SUPERVISION REMOTA DE UN
SISTEMA FRIGORIFICO EN LA EMPRESA HUSKY SAC DE LA
CIUDAD DE AREQUIPA”**

Presentado por el Bachiller:

VALENCIA DELGADO JUAN FABRICIO

Nuestro **DICTAMEN** es:

Aprubado

OBSERVACIONES: *Abseultor*

Arequipa, 10/ DIC 201

Solista 2

ING. SERGIO MESTAS RAMOS

Carlo

ING. CARLOS GORDILLO ANDIA

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación me enorgullece puesto que es el reflejo de mi esfuerzo y perseverancia, ha sido un largo camino poder llegar hasta la culminación, ser constante ha sido difícil, no obstante, en todo este transcurso he tenido el apoyo de un excelente grupo de personas a las cuales deseo expresar mi gratitud en las siguientes líneas.

Un agradecimiento de manera especial al Ing. Sergio Mestas Ramos, primero por los conocimientos impartidos en las aulas en mi época de estudiante, su esfuerzo constante porque el alumnado aprenda, hacen que sea un docente admirable, por este motivo sentí mucho júbilo y gratitud cuando aceptó ser mi asesor, gracias por su preciado tiempo y su contribución para la realización del presente trabajo.

Agradezco también a la empresa Husky SAC, por brindarme el uso de sus instalaciones para la realización de este proyecto, en particular al Mg. Ernesto Gyax Pérez, gerente general de la empresa, por la información proporcionada, la disponibilidad en todas las etapas del proyecto fueron de gran ayuda en mi investigación, finalmente gracias a todo el personal que se involucró junto conmigo en la realización del proyecto.

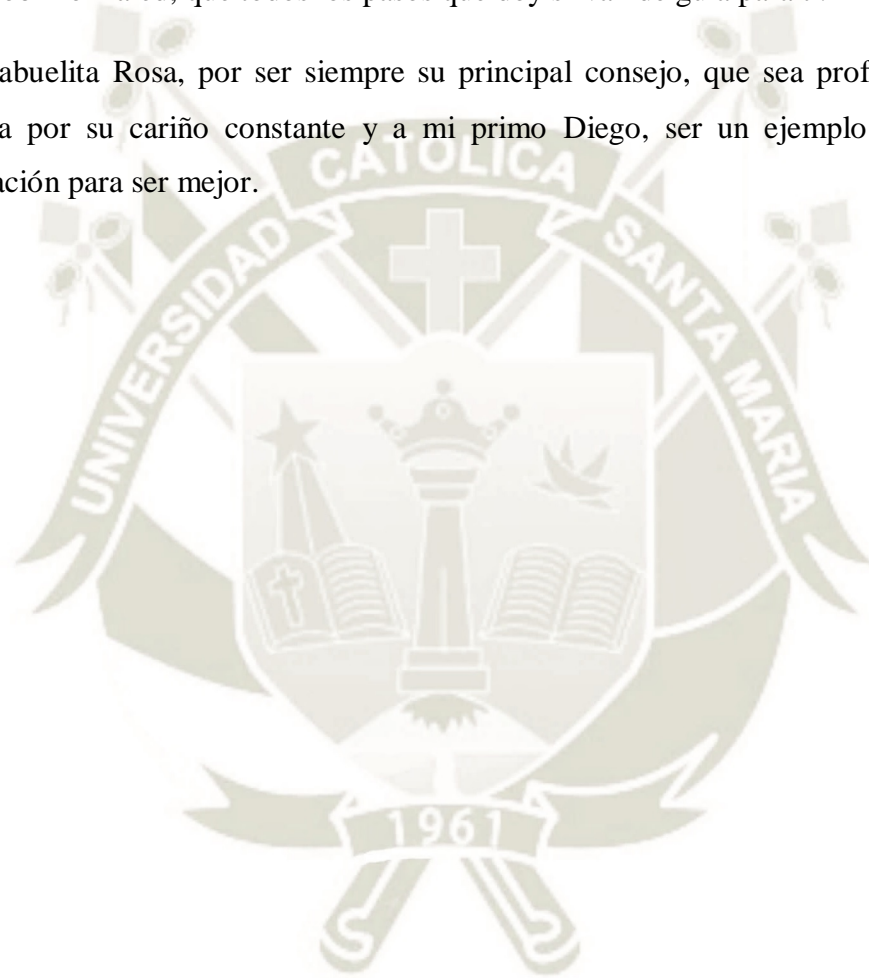
DEDICATORIA

A mis padres, por haberme dado una buena educación, por la confianza depositada, por estar siempre orgullosos de mí y por su amor infinito.

A mis hermanas, por ser unas profesionales de éxito y ejemplos a seguir, con su experiencia me mostraron los caminos correctos por cuales avanzar.

A mi sobrino Kaled, que todos los pasos que doy sirvan de guía para ti.

A mi abuelita Rosa, por ser siempre su principal consejo, que sea profesional, a mi tía Varinia por su cariño constante y a mi primo Diego, ser un ejemplo para él, es una motivación para ser mejor.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad dar una alternativa de solución al manejo del arranque y defrost del sistema frigorífico de la empresa Husky SAC, de la ciudad de Arequipa, mediante controladores con supervisión remota, puesto que actualmente se accionan de manera manual y limitada.

Se recopiló y analizó información para comprender los temas competentes con el trabajo de investigación con el fin de tener una sustentación teórica para el desarrollo del proyecto.

Con el fundamento teórico, se procedió a hacer un diagnóstico situacional de la empresa para conocer a detalle las consecuencias que trae consigo las limitaciones del manejo, manipulación y acceso del arranque y defrost del sistema frigorífico, para este procedimiento se contó con el personal involucrado, así como se tuvo acceso a las instalaciones y los equipos.

Una vez conocidas las deficiencias se planteó controlar el arranque y el sistema de defrost de manera electrónica y con acceso a una interfaz de supervisión remota, para ello una parte de la investigación se enfocó en la instrumentación empleada en el proyecto, teniendo como propósito conocer y comprender el manejo de las distintas herramientas usadas.

Para el proyecto se diseñó y posteriormente implementó un controlador para el arranque de modo que pueda ser accionado y supervisado de manera remota desde cualquier parte del mundo mediante internet, con el uso de un microcontrolador conectado a un router mediante protocolo TCP/IP con el soporte en Dyn DNS. Para el sistema de defrost se diseñó e implementó mediante un microcontrolador conectado a la red con protocolo TCP/IP una interfaz para poder supervisar y manejar el funcionamiento de los parámetros de forma remota, su interfaz cuenta con un menú que permite accionar el defrost en distintos modos.

Ya culminada la implementación se elaboró un análisis que muestra la correcta realización del proyecto y los beneficios que le trajo a la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa la actualización del arranque y defrost del sistema frigorífico, por lo tanto se pudo alcanzar los objetivos propuestos.

Palabras clave: sistema de refrigeración, defrost, control, TCP/IP, remoto.

ABSTRACT

The purpose of this research is to provide an alternative solution for the handling of the starting and defrost system of refrigeration system of the Husky SAC Company in the city of Arequipa through the use of remote supervision controllers since they are currently activated manually and in a limited manner.

Information has been collected and analyzed to fully understand the important aspects of this research with its goal being to have a solid theoretical basis for the development of the project.

Once the theoretical basis has been established, the research will focus on a situational diagnosis of the company in order to know in detail what consequences the limitations of the handling, operation and access of starting and defrost of the refrigeration system has. This procedure will involve the participation of company personnel, as well as access to the facilities and the equipment itself.

Once the deficiencies are determined, it is planned to control the starting and the defrost system electronically and with access to a remote supervision interface. In order to achieve this, part of the research is focused on the instrumentation used in the project, to know and understand the handling of the different tools used.

A controller for the starting was designed and subsequently implemented so that it could be operated and supervised remotely from anywhere in the world through the internet with the use of a microcontroller connected to a router through TCP/IP protocol with the support in Dyn DNS. For the defrost system a microcontroller connected to the red with TCP/IP protocol interface was designed and implemented to be able to operate the functioning of the parameters remotely: Its interface includes a menu that allows it to activate the defrost in different modes.

After the implementation was finished, an analysis of the operation showed the correct execution of the actualization of the starting and defrost of the refrigeration system project and the benefits it brought to the Husky company SAC in the city of Arequipa. Therefore the proposed objectives were successfully achieved.

Key Words: refrigeration system, defrost, control, TCP/IP, remote

INTRODUCCIÓN

En la actualidad gracias a la globalización contamos con extraordinarias herramientas tecnológicas a nuestro alcance, que nos permiten actualizar y automatizar muchos procesos y sistemas, sin embargo no son aprovechadas por todas las industrias de la región ya que se tiene poco asesoramiento en esta área, dicho desaprovechamiento trae consigo aumento de la carga laboral, sobrecosto e inseguridad del personal a cargo, como es el caso de Husky SAC, una empresa de almacenes frigoríficos que busca estar a la vanguardia en su rubro y que por estos días cuenta con muy buenos equipos e instalaciones, no obstante cuenta con algunas limitaciones en algunos de sus sistemas, es por ello que con el uso de las herramientas tecnológicas adecuadas se buscará mejorar los procesos encontrados como deficientes, de este modo disminuir la carga de trabajo, los costos, garantizar la seguridad del personal, así como brindar mayor control, comodidad y confort para ciertos procesos del sistema frigorífico de la empresa.

El presente trabajo de investigación contempla en su estructura el desarrollo de seis capítulos, los cuales serán descritos a continuación.

- El Capítulo Primero denominado Marco Metodológico, se plantean las bases de los aspectos metodológicos con los que se desarrollará la investigación.
- El Capítulo Segundo denominado Marco Teórico, contempla la información teórica recopilada y analizada concerniente al tema del trabajo de investigación.
- El Capítulo Tercero denominado Diagnostico Situacional de la Empresa, se evalúa la condición actual de la empresa con el fin de encontrar sus deficiencias y limitaciones implicadas en el área tecnológica.
- El Capítulo Cuarto denominado Instrumentación, se consideran las herramientas tecnológicas involucradas en el desarrollo del proyecto.
- El Capítulo Quinto denominado Desarrollo del Proyecto, se describe las actividades de diseño e implementación para la mejora de la eficiencia de las distintas limitaciones halladas en el diagnóstico situacional de la empresa.
- El Capítulo Sexto denominado Análisis y Resultados, se presenta la realización del ensayo que demuestra de forma real el correcto funcionamiento del proyecto, por consiguiente, probar que se cumplieron los objetivos propuestos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: MARCO METODOLÓGICO.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.1.1. Identificación del Problema	2
1.1.2. Descripción del Problema	2
1.1.3. Campo, Área y Línea	3
1.1.4. Tipo de Investigación	3
1.1.5. Interrogantes Básicas	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Estado del Arte	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.6. Variables e Indicadores.....	7
1.7. Metodología	8
1.8. Organización de la tesis.....	9
1.8.1. Desarrollo sistemático de la investigación	9
1.8.2. Cronograma de Actividades.....	10
1.9. Alcances, Limitaciones y Delimitaciones	12
1.9.1. Alcances	12
1.9.2. Limitaciones.....	12
1.9.3. Delimitaciones.....	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Diseño.....	14
2.1.1. Definición de Diseño	14
2.1.2. Etapas del Proceso de Diseño en Ingeniería	15
2.1.2.1. Establecimiento de la Necesidad	15
2.1.2.2. Aceptación del Problema	15
2.1.2.3. Descripción del Problema	15
2.1.2.4. Concepción del Sistema.....	15
2.1.2.5. Estudio de Factibilidad	16
2.1.2.6. Formación Completa del Sistema	16

2.1.2.7.	Diseño de Detalles y Procesos de Fabricación	16
2.1.2.8.	Fabricación y Ensayo del Prototipo.....	16
2.1.2.9.	Evaluación Final.....	16
2.1.2.10.	Material para la operación y el mantenimiento	17
2.2.	Implementación	17
2.2.1.	Definición de Implementación	17
2.2.2.	Proceso de Implementación	17
2.2.2.1.	Instalar.....	17
2.2.2.2.	Actualizar	17
2.2.2.3.	Desinstalar	18
2.2.2.4.	Reinstalar.....	18
2.2.2.5.	Monitoreo	18
2.3.	Controlador	18
2.3.1.	Definición de Controlador.....	18
2.3.2.	Sistemas de Control.....	19
2.3.2.1.	Tipos de Sistemas de Control.....	19
2.3.2.2.	Elementos de un Sistema de Control	23
2.3.2.3.	Sistemas de Control en Refrigeración	24
2.3.3.	Microcontrolador	25
2.3.3.1.	Componentes de un microcontrolador	25
2.3.3.2.	Tipos de Microcontroladores	26
2.3.4.	Monitoreo de un Sistema de Control	26
2.3.4.1.	Ventajas del Monitoreo de un Sistema de Control.....	27
2.4.	Arranque	27
2.4.1.	Definición de arranque de un sistema frigorífico	27
2.4.1.1.	Secuencia de arranque	27
2.5.	Defrost.....	28
2.5.1.	Definición de sistema de defrost.....	28
2.5.2.	Tipos de sistemas de defrost	28
2.5.2.1.	Por resistencia de calefacción eléctrica.....	28
2.5.2.2.	Por inyección de gas caliente.....	29
2.5.3.	Tipos de timer del sistema de defrost	29
2.5.3.1.	Timer del sistema de defrost por tiempo	29
2.5.3.2.	Timer del sistema de defrost por tiempo o resistencias	30

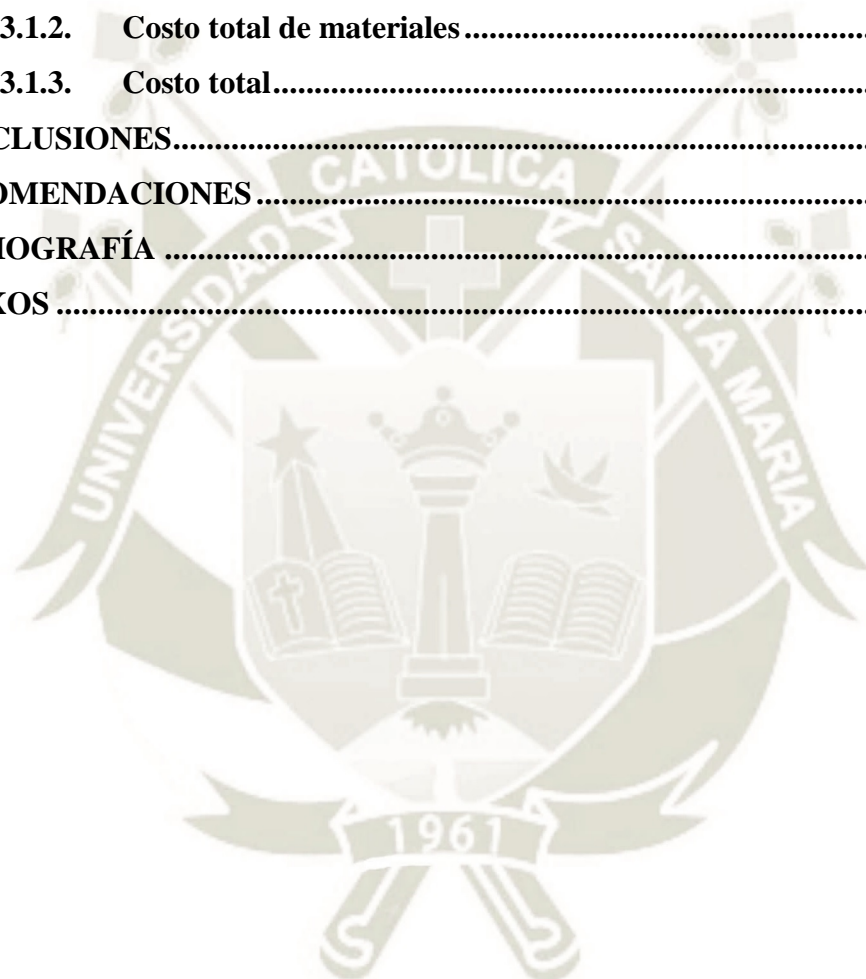
2.5.3.3.	Timer del sistema de defrost con retardo de ventiladores	31
2.6.	Supervisión Remota	33
2.6.1.	Definición de supervisión remota.....	33
2.7.	Sistemas Frigoríficos	34
2.7.1.	Definición de Sistemas Frigoríficos.....	34
2.7.2.	Refrigeración	34
2.7.2.1.	Aplicaciones	35
2.7.3.	Refrigerantes	37
2.7.3.1.	Clasificación de Refrigerantes	37
2.7.3.2.	Características de los refrigerantes	40
2.7.3.3.	Propiedades de los refrigerantes.....	42
2.7.4.	Tipos de Sistemas de Refrigeración	45
2.7.4.1.	Refrigeración por Compresión	45
2.7.4.2.	Refrigeración por Absorción	46
2.7.5.	Partes Básicas de un Sistema Frigorífico por Compresión	47
2.7.5.1.	Compresor	47
2.7.5.2.	Condensador.....	48
2.7.5.3.	Dispositivos de Expansión	48
2.7.5.4.	Evaporador.....	49
2.7.5.5.	Sistemas de Control y Protección	49
2.7.6.	Cámara Frigorífica.....	50
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA.....		51
3.1.	La empresa	52
3.1.1.	Reseña histórica.....	52
3.1.2.	Organización	52
3.1.2.1.	Organigrama	52
3.1.2.2.	Descripción de áreas funcionales	53
3.1.2.3.	Tiempo empleado en accionar el sistema frigorífico	56
3.1.3.	Especificación de los servicios prestados	57
3.1.3.1.	Servicio ofertado.....	57
3.1.3.2.	Especificaciones del servicio	57
3.1.3.3.	Garantía.....	57
3.1.4.	Proveedores y Clientes	57
3.1.4.1.	Proveedores	57

3.1.4.2.	Clientes	58
3.2.	Instalaciones	60
3.2.1.	Ubicación	60
3.2.2.	Infraestructura	61
3.2.2.1.	Ingreso principal	61
3.2.2.2.	Patio de maniobras.....	62
3.2.2.3.	Oficina	62
3.2.2.4.	Pasadizo	63
3.2.2.5.	Cámaras.....	63
3.2.2.6.	Área de máquinas.....	65
3.2.3.	Plano de la empresa Husky SAC	66
3.3.	Equipos	67
3.3.1.	Compresor	67
3.3.1.1.	Compresor semihermético Copeland Discus 2DL3R78KE	67
3.3.2.	Condensador.....	67
3.3.2.1.	Unidad de condensación HTSD-0750HSM	67
3.3.3.	Evaporador.....	67
3.3.3.1.	Evaporador MK 44E-420.....	67
3.3.4.	Sistema de control	68
3.3.4.1.	Controlador Full Gauge MT-512 Ri plus	68
3.3.4.2.	Sitrad	69
3.4.	Tablero eléctrico actual.....	69
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL PROYECTO		70
4.1.	Instrumentación	71
4.1.1.	Módulos de código abierto	71
4.1.1.1.	Arduino Nano	71
4.1.1.2.	Arduino Uno	72
4.1.1.3.	Arduino Mega.....	74
4.1.1.4.	Software Arduino IDE	75
4.1.2.	Módulo Ethernet W5100.....	77
4.1.2.1.	Características.....	77
4.1.2.2.	Funcionamiento.....	77
4.1.3.	Reloj Digital RTC3231	78
4.1.3.1.	Características.....	78

4.1.3.2.	Funcionamiento	79
4.1.4.	Sensor de temperatura PT100	80
4.1.4.1.	Características	80
4.1.4.2.	Especificaciones	80
4.1.4.3.	Funcionamiento	80
4.1.5.	Actuadores Mecánicos.....	81
4.1.5.1.	Contactor Trifásico Schneider TeSys D LC1D65AP7	81
4.1.5.2.	Relé Encapsulado Scheneider RUMC31P7	82
4.1.5.3.	Modulo relé 2 canales SRD-12VDC-SLC	84
4.1.6.	Actuador de Estado Sólido.....	85
4.1.6.1.	Relé Estado Sólido 8 canales SSR G3MB-202P.....	85
4.1.7.	Dynamic DNS	87
4.1.7.1.	Características	87
4.1.7.2.	Aplicaciones	87
4.1.8.	Comunicación TCP/IP	87
4.1.8.1.	Protocolo TCP/IP	87
4.1.8.2.	Puertos de Comunicación.....	89
4.1.9.	Router Mikrotik hEX lite.....	89
4.1.9.1.	Características	89
4.1.9.2.	Especificaciones	90
4.2.	Descripción del desarrollo del proyecto.....	91
4.2.1.	Descripción del diseño	91
4.2.2.	Descripción de la implementación	92
4.3.	Parámetros de acceso remoto y control	92
4.4.	Configuración de acceso remoto por protocolo TCP/IP	93
4.4.1.	Configuración Microtik RB750	94
4.4.2.	Instalación de Microtik y ubicación en Husky SAC	100
4.5.	Configuración de control de actuadores.....	102
4.5.1.	Plano de ubicación de tablero eléctrico hermético en Husky SAC.....	103
4.5.2.	Programación sobre Ethernet W5100 para el Encendido Remoto.....	104
4.5.2.1.	Librerías IDE para acceso remoto.....	104
4.5.2.2.	Código para microcontrolador Arduino Uno.....	108
4.5.2.3.	Diagrama eléctrico de encendido remoto	111
4.5.3.	Programación para Encendido Manual	113

4.5.3.1.	Código para microcontrolador Arduino Nano.....	113
4.5.3.2.	Diagrama eléctrico de encendido manual.....	116
4.5.4.	Programación en Ethernet W5100 para el control del defrost y monitoreo de temperatura	116
4.5.4.1.	Librerías para el control del defrost y monitoreo de temperatura....	117
4.5.4.2.	Programación para la interfaz web	118
4.5.4.3.	Circuito eléctrico implementación defrost	123
4.5.5.	Instalación de actuadores mecánicos	124
4.5.5.1.	Circuito eléctrico de actuadores mecánicos.....	124
4.6.	Modelamiento de control	126
4.6.1.	Acciones de Control.....	127
4.6.1.1.	Variables de Funcionamiento	127
4.6.1.2.	Aplicación de control on-off por software	129
4.6.2.	Cálculo de resistencia de PT100.....	130
4.6.2.1.	Cálculo de resistencia PT100 para temperatura de operación de cámara frigorífica.	130
4.6.3.	Diagrama de bloques.....	133
4.6.4.	Circuito eléctrico Defrost	134
4.6.5.	Ecuación de función de transferencia	134
4.7.	Análisis de funcionamiento	135
4.7.1.	Análisis de funcionamiento de encendido remoto	135
4.7.1.1.	Prueba de latencia	135
4.7.2.	Análisis de funcionamiento de encendido manual	135
4.7.2.1.	Pruebas y errores.	137
4.7.3.	Análisis de funcionamiento de sistema defrost.....	139
4.7.3.1.	Pruebas y errores	141
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y RESULTADOS		147
5.1.	Aporte	148
5.1.1.	Aporte técnico.....	148
5.1.2.	Aporte institucional.....	149
5.2.	Accionamiento del sistema frigorífico con el controlador de arranque implementado.....	150
5.2.1.	Procedimiento de accionamiento remoto.....	150

5.2.2. Tiempo empleado en el accionamiento del sistema frigorífico con el controlador de arranque implementado.....	150
5.2.2.1. Relación entre el tiempo empleado para el accionamiento antes y después de la implementación	150
5.3. Costos y presupuestos.....	151
5.3.1. Costos.....	151
5.3.1.1. Costo de mano de obra.....	151
5.3.1.2. Costo total de materiales	152
5.3.1.3. Costo total.....	153
CONCLUSIONES.....	155
RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFÍA	158
ANEXOS	161



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Desarrollo sistemático de la investigación.	9
Figura N° 2: Diagrama de Flujo Funcionamiento del Diseño	14
Figura N° 3: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.	20
Figura N° 4: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.	20
Figura N° 5: Diagrama de bloques de un microcontrolador simplificado.	25
Figura N° 6: Timer del sistema de defrost por tiempo.	30
Figura N° 7: Timer del sistema de defrost por tiempo o resistencias.....	31
Figura N° 8: Timer del sistema de defrost con retardo de ventiladores	32
Figura N° 9: Ejemplo de supervisión remota de distintos equipos y parámetros debido a la imposibilidad de ser supervisados “in situ” por su dispersión en la instalación o por las condiciones de su funcionamiento.....	33
Figura N° 10: Ciclo de refrigeración por compresión.	46
Figura N° 11: Ciclo de refrigeración por absorción.	47
Figura N° 12: Ingreso principal de la empresa Husky SAC.....	61
Figura N° 13: Patio de maniobras al momento de la recepción de productos en la empresa Husky SAC.	62
Figura N° 14: Oficina de la empresa Husky SAC.....	62
Figura N° 15: Pasadizo de las cámaras de la empresa Husky SAC.	63
Figura N° 16: Puerta de la Cámara 1 de la empresa Husky SAC.	63
Figura N° 17: Cámara vacía de la empresa Husky SAC.	64
Figura N° 18: Cámara con productos en sacos paletizado en la empresa Husky SAC.	64
Figura N° 19: Cámara con productos en cajas paletizado en la empresa Husky SAC.	65
Figura N° 20: Área de máquinas situadas en la parte posterior y exterior al área de máquinas.	65
Figura N° 21: Plano de la empresa Husky SAC.....	66

Figura N° 22: Estado del tablero al momento del diagnóstico.	69
Figura N° 23: Arduino Nano.	72
Figura N° 24: Arduino Uno.	73
Figura N° 25: Arduino Mega.....	75
Figura N° 26: Software Arduino IDE.....	76
Figura N° 27: Módulo Ethernet W5100.	78
Figura N° 28: RTC DS 3231.	79
Figura N° 29: Sensor de temperatura PT100.....	81
Figura N° 30: Contactor Trifásico Schneider TeSys D LC1D65AP7.....	82
Figura N° 31: Relé Encapsulado Scheneider RUMC31P7.	83
Figura N° 32: Modulo relé 2 canales SRD-12VDC-SLC.	85
Figura N° 33: Relé Estado Sólido 8 canales SSR G3MB-202P.....	86
Figura N° 34: Router Mikrotik hEX lite	90
Figura N° 35: Portal web Mikrotik.	93
Figura N° 36: Esquema general de trabajo para acceso remoto.	94
Figura N° 37: Cambio modem TP Link a modo bridge.	95
Figura N° 38: Reglas de ruteo NAT en el Mikrotik.....	96
Figura N° 39: Asignación de URL para enmascarar IP pública.....	97
Figura N° 40: Ping a IP pública de router Mikrotik.	98
Figura N° 41: Ping a URL con Dyn DNS.	98
Figura N° 42: Asignación de IP para controlador de encendido.....	99
Figura N° 43: Asignación de IP para programa Sitrad.....	99
Figura N° 44: Ubicación geográfica de Husky SAC.	100
Figura N° 45: Ubicación de modem y tablero eléctrico en Husky SAC.	101
Figura N° 46: Organización de red en la empresa Husky SAC.....	102

Figura N° 47: Ubicación del tablero eléctrico en Husky SAC.	103
Figura N° 48: Instalación del tablero eléctrico.	104
Figura N° 49: Portal web de acceso al encendido remoto.....	108
Figura N° 50: Diagrama eléctrico del encendido remoto.	111
Figura N° 51: Diagrama eléctrico del encendido remoto.	112
Figura N° 52: Regulador de tensión VDC para alimentación de relés de estado sólido.	112
Figura N° 53: Diagrama eléctrico de encendido manual.....	116
Figura N° 54: Interfaz web del controlador de defrost.	118
Figura N° 55: Segmento de hora y fecha del interfaz web.....	121
Figura N° 56: Diagrama eléctrico del timer mecánico en el circuito del sistema frigorífico original.....	123
Figura N° 57: Timer mecánico en el circuito del sistema frigorífico original.....	124
Figura N° 58: Diagrama del circuito eléctrico del sistema frigorífico original.....	124
Figura N° 59: Foto del tablero eléctrico del sistema frigorífico original.....	125
Figura N° 60: Diagrama del circuito eléctrico del sistema frigorífico modificado. ...	125
Figura N° 61: Foto del tablero eléctrico del sistema frigorífico modificado.	126
Figura N° 62: Instalación de la conexión del sensor de temperatura en el área de máquinas.	127
Figura N° 63: Instalación del sensor de temperatura en la cámara.	128
Figura N° 64: Sensor de temperatura PT100 instalado en cámara.....	128
Figura N° 65: Puente de Wheatstone aplicado a PT100.....	130
Figura N° 66: Diagrama de bloque control on-off con retroalimentación.....	133
Figura N° 67: Diagrama de bloques de la resistencia eléctrica del de sistema de defrost.....	133
Figura N° 68: Diagrama eléctrico del sistema de defrost.	134
Figura N° 69: Interruptor de tres posiciones.	136

Figura N° 70: Diagrama de flujo encendido manual.	136
Figura N° 71: Dettale de pusladores en el diagrama eléctrico del encendido manual.	137
Figura N° 72: Entrada de microcontrolador sin configuración Pull-up.	138
Figura N° 73: Entrada de microcontrolador con configuración Pull-up.	139
Figura N° 74: Control on-off sin histéresis.....	140
Figura N° 75: Control on/off con histéresis.....	140
Figura N° 76: Medición de temperatura para 180°C con un pirómetro.....	142
Figura N° 77: Medición de temperatura para 180°C registrada por el PT100.	142
Figura N° 78: Error entre las mediciones del pirómetro y el PT100.	143
Figura N° 79: Medición de temperatura para -1°C con un pirómetro.	144
Figura N° 80 Medición de temperatura para -1°C registrada por el PT100.	144
Figura N° 81: Error entre las mediciones del pirómetro y el PT100.	145
Figura N° 82: Funcionamiento del control on-off con histéresis para -1°C y 180°C.	145
Figura N° 83: Activación de defrost.	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Variables e Indicadores	7
Tabla N° 2: Cronograma de actividades.	10
Tabla N° 3: Organigrama de la empresa Husky SAC.	52
Tabla N° 4: Asignación de puertos.	94
Tabla N° 5: Usuario y contraseña codificada en Base64	109
Tabla N° 6: Valores de las resistencias según temperatura para un rango de -15°C a 15°C.	132
Tabla N° 7: Tiempo de conexión del módulo monitoreo y control.	135
Tabla N° 8: Mediciones para 180°C.	141
Tabla N° 9: Mediciones para -1°C.	143
Tabla N° 10: Presupuesto estimado de dos técnicos operarios.	149
Tabla N° 11: Costos estimados de mano de obra.	152
Tabla N° 12: Costos verídicos realizados en adquisición de materiales para implementación.	153
Tabla N° 13: Presupuesto de ejecución total.	154



CAPÍTULO 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Identificación del Problema

En el sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa, el arranque del sistema y el ciclo de defrost se accionan de manera manual, son de operación mecánica y se ubican en una zona de difícil acceso.

1.1.2. Descripción del Problema

Husky SAC es una empresa de almacenes frigoríficos con equipos modernos además de una infraestructura de última generación en su rubro, no obstante, como toda empresa tiene ciertas deficiencias, a las cuales se les puede dar una solución con el fin de mejorar la eficiencia en varios aspectos. Actualmente en el sistema frigorífico, la parte del arranque del sistema se realiza de manera manual y de una forma particular, el funcionamiento recae principalmente sobre dos interruptores mecánicos los cuales no poseen ningún tipo de automatización. Primero para el encendido general del sistema de la cámara frigorífica, se tiene que accionar un interruptor para el arranque del motor, esperar que este presurice el gas refrigerante dentro de las tuberías del sistema, como paso final y dentro de un tiempo determinado, encender el interruptor de la válvula de expansión, el cual se encuentra en el área de máquinas, que está situado a una gran distancia de las cámaras frigoríficas y en una zona de difícil acceso. Segundo otra deficiencia que presenta la empresa en su sistema de refrigeración, es el control de ciclo de defrost, es decir, evitar el congelamiento de las rejillas del evaporador así como en sus hélices, ya que como quiera que fuera las cámaras en ocasiones operan a temperaturas bajo cero, en la actualidad este proceso se realiza de forma rudimentaria, donde el operador de turno únicamente se guía o tiene como alerta la visualización del escarchado en el evaporador, es ahí donde inmediatamente se procede al encendido manual del defrost,

el cual consiste en un timer mecánico, ubicado también en el área de máquinas, el cual permite accionar periódicamente las resistencias de calor instaladas en el evaporador y así iniciar un proceso de descongelamiento en fin de no interrumpir un cambio de temperatura en la cámara, ya que en algunas ocasiones los productos almacenados deben poseer una temperatura estable para su conservación y duración.

Como se mencionó en los puntos anteriores Husky SAC adolece de la automatización y es importante dar una solución inmediata a los dos problemas mencionados, ya que a la fecha el lugar descrito como el área de máquinas, representa un riesgo para el operador, por su ubicación, falta de iluminación y que se debe acceder en cualquier momento de las veinticuatro horas de operación en caso se presente algún inconveniente.

Es conveniente que la empresa Husky SAC implemente controladores que ayuden a automatizar parte de su sistema frigorífico, de esta manera optimizar el rendimiento del mismo.

1.1.3. Campo, Área y Línea

- a. Campo: Ingeniería Mecatrónica.
- b. Área: Refrigeración.
- c. Línea: Control y automatización.

1.1.4. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación será de tipo Aplicativo – Descriptivo

- Aplicativo porque se hará el uso de técnicas de control y automatización en el diseñado e implementado para los controladores de arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa.
- Descriptivo porque se busca dar a conocer de forma detallada todos los procesos de la metodología empleada para diseñar e implementar controladores de arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa.

1.1.5. Interrogantes Básicas

- ¿Cuál es el estado de funcionamiento actual del sistema frigorífico en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa?
- ¿Qué condiciones muestra el sistema frigorífico en la empresa Husky SAC para poder implementar los controladores de arranque y defrost?
- ¿Qué herramientas se necesitan para lograr diseñar e implementar controladores para arranque y defrost del sistema frigorífico?
- ¿De qué manera se diseñarán los controladores para arranque y defrost del sistema frigorífico?
- ¿De qué manera se diseñará la supervisión remota para arranque y defrost del sistema frigorífico?
- ¿De qué manera se implementarán los controladores para arranque y defrost del sistema frigorífico?
- ¿Qué impacto traerá el diseño y posterior implementación de los controladores para arranque y defrost del sistema frigorífico en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar controladores para arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa para mejorar el rendimiento del sistema.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar los controladores, tomando en cuenta las necesidades de la empresa, para arranque y defrost del sistema frigorífico con supervisión remota de la empresa Husky SAC.
- Implementar los controladores para arranque y defrost con supervisión remota que se ajuste de mejor manera al sistema frigorífico de la empresa Husky SAC.
- Realizar un estudio que determine el estado del sistema de refrigeración antes y después de la implementación de los controladores de arranque y defrost.
- Supervisar de manera remota las variables del proceso de los controladores de arranque y defrost del sistema frigorífico de la empresa Husky SAC.
- Realizar un estudio económico con el fin de determinar el impacto cuantitativo, con un análisis de beneficio/costo de la implementación de los controladores para arranque y defrost del sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa.

1.3. Justificación

Este proyecto busca diseñar y consecuentemente implementar controladores para el arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa. Se desea mejorar el rendimiento del sistema, para esto la empresa brindará acceso fiable a la información, así como a las instalaciones Husky SAC, necesaria para la investigación.

1.4. Estado del Arte

En la actualidad se busca siempre que todo funcione con procesos automáticos e inteligentes, por supuesto, los sistemas frigoríficos no están excelsos de estas prácticas. Por estos días existen cámaras frigoríficas que funcionan con sistemas integrales de control, como también con sistemas SCADA, los cuales permiten el control, monitoreo, supervisión entre otras herramientas en los sistemas de refrigeración, todo esto de manera directa como de forma remota. También se encuentran almacenes frigoríficos donde toda la logística se realiza de manera automatizada a través de brazos robóticos y fajas transportadoras, que reemplazan operadores que realizan estos procesos en condiciones de muy bajas temperaturas.

Además de ello para mejorar la calidad que brindan los almacenes frigoríficos hay una gran cantidad de sistemas adicionales para nuestro sistema frigorífico, como el mayor producto que se almacena en estas cámaras son comestibles existen sistemas que disminuyen el oxígeno de la cámara frigorífica, aumentando el nitrógeno y manteniendo el nivel de dióxido de carbono, para la mejor conservación de los alimentos, a esta tecnología se le llama atmosfera controlada. También existen sistemas inteligentes que van evaluando la temperatura del medio ambiente exterior para de acuerdo a eso regular el control dentro de las cámaras tanto por horas del día, como por estaciones del año.

1.5. Hipótesis

Si se lleva a cabo el diseño y posterior implementación de controladores para arranque y defrost con supervisión remota del sistema frigorífico de la empresa Husky SAC en la ciudad Arequipa, se obtendrán mejoras en el rendimiento logrando una optimización general del sistema.

1.6. Variables e Indicadores

Tabla N° 1: Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
<p>Variable Dependiente: Mejorar el rendimiento a través de la optimización del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas encontrados actualmente en el arranque y defrost del sistema. • Disminución de las tareas y riesgo del operador técnico de la empresa. • Acceso rápido y remoto al manejo de arranque y defrost del sistema frigorífico, así como mejor respuesta para solución de problemas. • Medición beneficio/costo. • Solución de los problemas después de la implementación.
<p>Variable Independiente: Diseño e implementación de controladores para arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elección de herramientas correctas para el diseño e implementación. • Costo de la implementación de los dispositivos electrónicos, así como mano de obra requerida. • Actividades tecnológicas para la supervisión remota. • Gasto generado por la empresa al no poseer controladores automatizados.

Fuente: Elaboración propia.

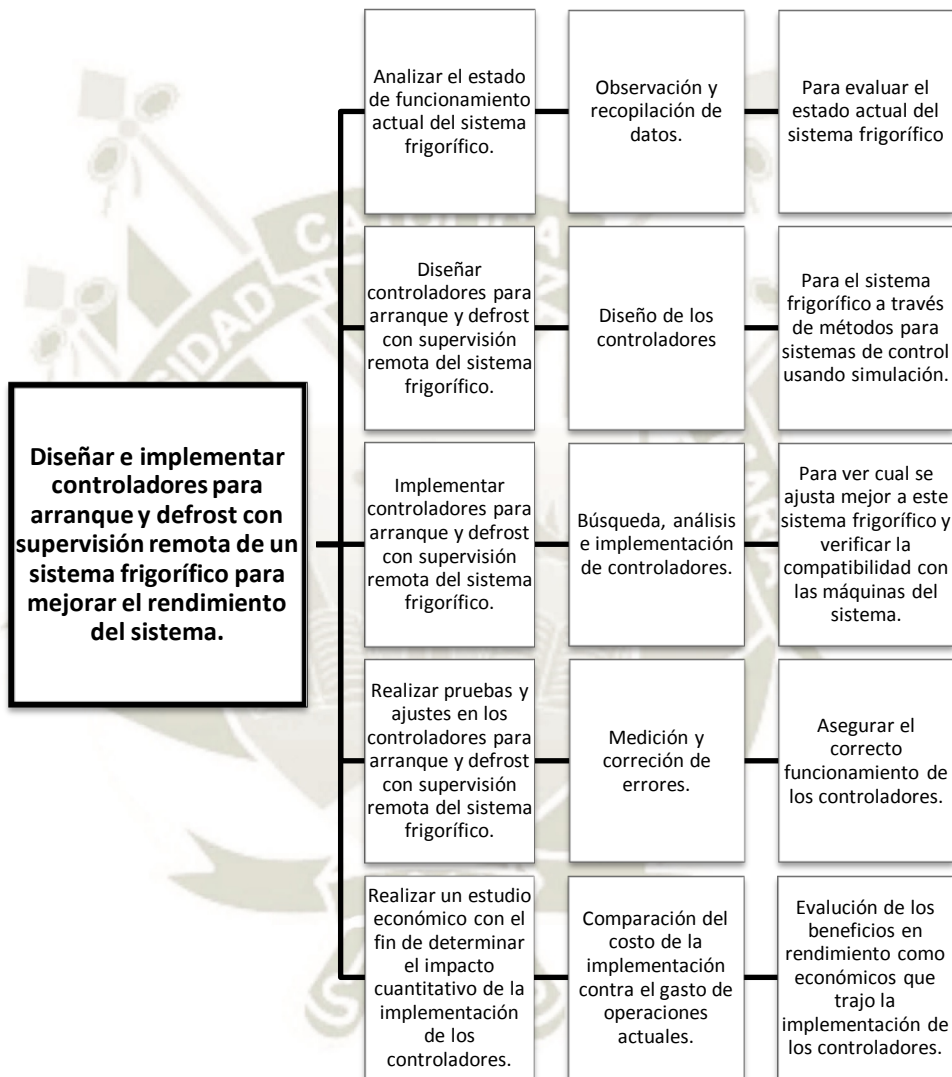
1.7. Metodología

Como primer punto, a través de la observación y la recopilación de datos se verá el estado actual del sistema frigorífico, esto con apoyo de la empresa, con el acceso a todas sus instalaciones e información de sus máquinas y procesos. Con estos datos podremos saber detalladamente el estado del sistema, como de todos los equipos por los cuales se compone, así como el rendimiento de estos, los actuales gastos de operación, las tareas del personal, entre otros. Se realizará un análisis tecnológico que nos permita saber que herramientas serán necesarias para realizar el diseño. Se diseñarán los controladores de arranque y defrost con supervisión remota para el sistema frigorífico, con el diseño se podrá realizar una lista de materiales necesarios para la implementación. Posteriormente se conseguirán todos los materiales necesarios para la implementación previo presupuesto. Seguidamente se realizarán pruebas con los materiales adquiridos y simulaciones de los controladores del sistema. Se implementarán los controladores de arranque y defrost con supervisión remota para el sistema frigorífico. Luego se harán pruebas y correcciones, que nos permitan asegurar el correcto funcionamiento de los controladores implementados. Finalmente, un estudio económico para ver cuál es el beneficio de la implementación de los controladores de arranque y defrost con supervisión remota en comparación de los gastos que generaba no tener implementados los controladores de arranque y defrost en el sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa.

1.8. Organización de la tesis

1.8.1. Desarrollo sistemático de la investigación

Figura N° 1: Desarrollo sistemático de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

1.8.2. Cronograma de Actividades

Tabla N° 2: Cronograma de actividades.

N°	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA		
		TIEMPO	INICIO	FINAL
1	Entrega de plan de tesis.	1 día	26-06-17	26-06-17
2	Aceptación de la investigación	1 semana	26-06-17	03-07-17
3	Búsqueda de información teórica.	1 semana	03-07-17	10-07-17
4	Análisis y selección de la información recabada.	2 semana	10-07-17	24-07-17
5	Redacción del marco teórico.	3 semanas	24-07-17	14-08-17
6	Observar el funcionamiento del sistema frigorífico de la empresa	1 semana	14-08-17	21-08-17
7	Recopilación de datos de los equipos del sistema frigorífico.	1 semana	21-08-17	28-08-17
8	Análisis y selección de la información recabada.	1 semana	28-08-17	04-09-17
9	Medir los resultados del funcionamiento del sistema frigorífico.	1 semana	04-09-17	11-09-17
10	Analizar los datos cuantitativos.	1 semana	11-09-17	18-09-17
11	Hacer el modelamiento de los controladores.	2 semanas	18-09-17	02-10-17
12	Realizar la búsqueda de las herramientas y materiales adecuados para el sistema.	3 días	02-10-17	05-10-17
13	Compra y pruebas de los materiales	1 semana	05-10-17	12-10-17
14	Investigar sobre el arranque y defrost, y analizar.	1 semana	12-10-17	19-10-17
15	Hacer el análisis matemático para el programa de control.	4 días	19-10-17	23-10-17

16	Obtener los datos para realizar el programa de control.	2 días	23-10-17	25-10-17
17	Diseñar el programa de control para los controladores.	2 semanas	25-10-17	08-11-17
18	Realizar las simulaciones para ver la reacción del sistema.	2 días	08-11-17	10-11-17
19	Realizar la conexión de los controladores con el sistema frigorífico.	3 días	10-11-17	13-11-17
20	Implementar los programas de control con supervisión remota en los controladores.	1 semana	13-11-17	20-11-17
21	Realizar las pruebas y ajustes.	5 días	20-11-17	25-11-17
22	Analizar la respuesta de la implementación de los controladores y supervisión remota.	2 días	25-11-17	27-11-17
23	Redactar la metodología.	3 semanas	27-11-17	18-12-17
24	Desarrollar un estudio del rendimiento después de la implementación del control.	2 semanas	18-12-17	01-01-18
25	Analizar los resultados obtenidos.	1 semanas	08-01-18	15-01-18
26	Redactar los resultados obtenidos.	2 semanas	15-01-18	29-01-18
27	Análisis finales.	1 semana	29-01-18	05-02-18
28	Desarrollar y redactar las conclusiones.	1 semana	05-02-18	12-02-18
29	Generación del documento final.	3 semanas	12-02-18	05-03-18

Fuente: Elaboración propia.

1.9. Alcances, Limitaciones y Delimitaciones

1.9.1. Alcances

- Proponer el diseño e implementación de controladores para arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico.
- La implementación del proyecto se realizará en la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa.
- Uso de software para diseño mecatrónico y adquisición de hardware para la implementación del proyecto.

1.9.2. Limitaciones

- La ejecución del proyecto se realizará únicamente en la cámara número cinco.
- Asesoría técnica en la empresa Husky SAC, pues esta realiza los mantenimientos con los concesionarios de la fábrica de los equipos.
- No se cuenta con espacio suficiente en la zona de máquinas para la implementación de los controladores y/o hardware.
- El presupuesto del presente proyecto ha sido enfocado en la automatización de una sola cámara frigorífica.

1.9.3. Delimitaciones

- Como última fase del proyecto se contará únicamente con supervisión remota que sea capaz de encender el sistema y monitorear el defrost en una sola cámara frigorífica.
- La distribución de información técnica será regulada por el gerente general, quien indicó que el acceso a toda información de equipos e instalaciones será clasificado.



CAPÍTULO 2

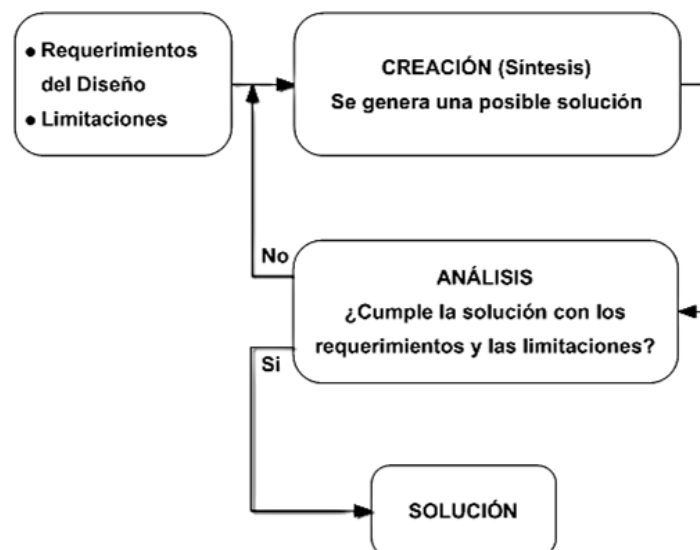
MARCO TEÓRICO

2.1. Diseño

2.1.1. Definición de Diseño

De acuerdo con lo explicado por Rodríguez en su libro “Diseño: estrategia y táctica” (2004, pág. 49-61), señala que, por los cambios globales en las últimas décadas es necesario darle un nuevo concepto a la idea que tenemos por diseño, basándose en la teoría de diseño propuesta por Tomás Maldonado hace medio siglo y los drásticos cambios mencionados anteriormente, los cuales por ejemplo son: globalización, nuevas tecnologías, nueva economía, ecología, etc. Por la tanto se propone que, el diseño es brindar estrategias y dar forma a los objetos, que estos a su vez sean humanizados en cuanto a sus soluciones técnicas, con el fin de darle mayor calidad de vida al usuario, tomando en cuenta los objetivos tecnológicos y comerciales, así como las limitaciones, considerando al mismo tiempo la sustentabilidad ambiental y sus recursos.

Figura N° 2: Diagrama de Flujo Funcionamiento del Diseño



Fuente: Milani M. Rodolfo (1997) Diseño para nuestra realidad. Primera Edición. Ediciones de la Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. p. 14.

2.1.2. Etapas del Proceso de Diseño en Ingeniería

Considerando lo analizado por Boccardo en “Creatividad en la Ingeniería de Diseño” (2006, pág. 48-50) el proceso del diseño se realiza de la siguiente forma.

2.1.2.1. Establecimiento de la Necesidad

Proponer que es lo necesario para la solución de cierto problema o la satisfacción de una necesidad, sin limitarse a la solución, sino la causa del problema en general para tener mayor creatividad.

2.1.2.2. Aceptación del Problema

Comprometerse con el problema evaluando: la habilidad, el tiempo, la energía, la economía, etc. Para una aceptación de manera consciente.

2.1.2.3. Descripción del Problema

Establecer las especificaciones, las cuales serán confrontadas con las soluciones obtenidas.

2.1.2.4. Concepción del Sistema

Es la parte creativa del proceso, en cual debemos establecer la mayor cantidad de soluciones al problema, en esta etapa debemos tener cuenta la certeza de la solución al problema en forma y función.

2.1.2.5. Estudio de Factibilidad

Después de un filtro a las soluciones en la anterior etapa en esta analizaremos si la solución procede en cuando lo técnico y económico.

2.1.2.6. Formación Completa del Sistema

Esta etapa consiste en llevar nuestra proyección a la realidad, ya sea con bosquejos, dibujos, planos, simulaciones, modelos físicos o electrónicos, para afianzar el correcto funcionamiento de la solución elegida.

2.1.2.7. Diseño de Detalles y Procesos de Fabricación

Se procede a desarrollar los detalles en cuanto a función y construcción de todo en conjunto, así como de cada una de las partes. Esta etapa concluye con los planos detallados y de montaje, algoritmos de control, manuales de fabricación, y todo lo que pueda estar relacionado para la correcta fabricación de la alternativa seleccionada.

2.1.2.8. Fabricación y Ensayo del Prototipo

Se hacen pruebas y ensayos con el prototipo con el fin de corroborar con las especificaciones del diseño vistas en la tercera etapa del proceso.

2.1.2.9. Evaluación Final

En esta etapa se hace una última verificación entre el resultado obtenido y las especificaciones propuestas anteriormente.

2.1.2.10. Material para la operación y el mantenimiento

Finalmente se debe realizar todos los manuales concernientes a lo diseñado, como: manuales de montaje, operación, mantenimiento, etc. Descritos de modo que estos sean entendidos por el usuario.

2.2. Implementación

2.2.1. Definición de Implementación

Laudon K. y Laudon J. (2012), señalan que, la implementación se refiere a todas aquellas actividades organizacionales que nos lleven un nuevo sistema de información basándose en adoptar, gestionar y hacer rutinario una innovación.

2.2.2. Proceso de Implementación

Según lo descrito en un artículo del portal web de Adobe (2010, pág. 5).

2.2.2.1. Instalar

Este proceso consiste en la copia de los archivos que están en un medio ya sea físico o electrónico, hacia el sistema donde se ejecutará la aplicación, así como la configuración de este sistema con la finalidad del acceso a la aplicación.

2.2.2.2. Actualizar

En esta etapa se procede a modificar, agregar, suprimir o reemplazar elementos de archivos instalados, con el objetivo de obtener una nueva versión o una versión mejorada de la aplicación.

2.2.2.3. Desinstalar

Proceso mediante el cual se eliminan los archivos copiados en el sistema y se realiza una nueva configuración en la cual ya no se logra iniciar la aplicación.

2.2.2.4. Reinstalar

En esta fase del proceso usamos los conceptos de desinstalación e instalación como un proceso en conjunto.

2.2.2.5. Monitoreo

Proceso en el cual damos seguimiento al sistema, a través de datos sacados de las aplicaciones instaladas.

2.3. Controlador

2.3.1. Definición de Controlador

Se entiende de lo sugerido por Ñeco, “Apuntes de Sistemas de Control” (2003, pág. 5-7). El controlador es un elemento dentro del sistema de control, el cual dirige la tarea que queremos que ejecute el actuador con el fin de cumplir el propósito de control. Es decir, tomar la decisión de que acción efectuar en el actuador emulando lo que por naturaleza haría un ser humano, comparando con el objetivo de control deseado, calculando en qué medida será ajustado, así como limitando la capacidad del actuador en el caso que sea necesario.

2.3.2. Sistemas de Control

Según lo descrito González, “Sistemas de control en tiempo continuo y discreto” (2013, pág. 9-12). Es aquel sistema que trabaja con un grupo de elementos que están conectados entre sí, que operan con el fin de cumplir el objetivo de control, así obtener un valor específico partiendo de la necesidad del ajuste de una variable física, todo esto realizado de manera autónoma desde la retroalimentación hasta la acción correctiva, sin la intervención de la mano del hombre en las operaciones.

2.3.2.1. Tipos de Sistemas de Control

Tomamos en cuenta las principales clasificaciones que se le da a los sistemas de control.

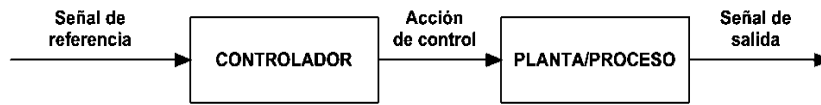
a) Por su retroalimentación

De lo señalado por Ogata, “Ingeniería de control moderna” (2010, pág. 7-8).

- Sistemas de control en lazo abierto.

También conocidos como sistemas de control no realimentados, son aquellos sistemas en donde la salida no tendrá ningún efecto en el medio de control. Es decir, no hay una comparación de la salida con la entrada, así como tampoco una medición de salida. En el área práctica solo se usa este sistema cuando si hay conocimiento de la relación que hay entre la salida y la entrada, a la vez sí se sabe que no habrá perturbaciones tanto internas como externas.

Figura N° 3: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.

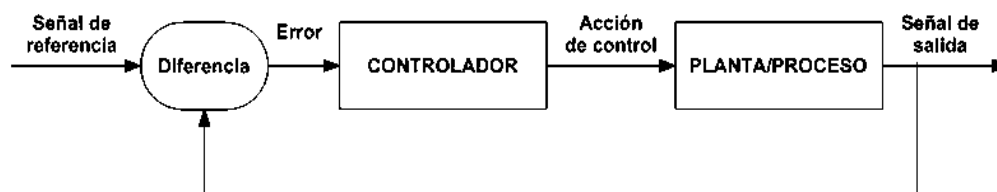


Fuente: Valdivia M. Carlos (2012). Sistemas de control continuos y discretos. Primera Edición. Editorial Paraninfo. Madrid, España. p, 13.

- Sistemas de control en lazo de cerrado.

Son también llamados sistemas de control realimentados, son aquellos sistemas que están tienen una relación de la salida con la entrada de referencia del sistema, estos elementos son comparados, así como el resultado de la diferencia de estos hacen efecto en la acción de control. Esta diferencia entre la señal de entrada y la señal de retroalimentación será la señal de errores de actuación, la cual alimenta al controlador. El objetivo principal del sistema de control por lazo cerrado será por lo tanto reducir el error del sistema y la vez obtener el valor deseado en la salida del sistema.

Figura N° 4: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.



Fuente: Valdivia M. Carlos (2012). Sistemas de control continuos y discretos. Primera Edición. Editorial Paraninfo. Madrid, España. p, 14.

b) Por su linealidad

De lo descrito por Valdivia, “Sistemas de control continuos y discretos” (2012, pág. 16)

- Sistemas de control lineales

Sucede cuando el comportamiento de la salida va a depender de la señal de entrada en cuanto a su magnitud.

- Sistemas de control no lineales

Sucede cuando el comportamiento de la salida no va a depender de la magnitud de la señal de salida. Estos sistemas pueden ser linealizados, pero dentro de un rango relativamente estrecho.

c) Por su continuidad

De lo sugerido por Valdivia, “Sistemas de control continuos y discretos” (2012, pág. 16)

- Sistemas de control continuos

Se dice que un sistema de control está en tiempo continuo cuando todas las variables son siempre conocidas y la vez están en función al tiempo continuo “t”.

- Sistemas de control discretos

Un sistema de control está en tiempo discreto cuando no se conocen permanentemente todas las variables, sino que estas son recibidas intermitentemente en tiempos específicos.

d) Por su modo

- Sistema de control en modo on-off

Considerando lo descrito por la UDB (2013). Es aquel sistema donde la salida del sistema solo puede tener dos posiciones, y varían de esta forma a modo de un interruptor. Por la tanto este sistema de control no cuenta con la capacidad de proporcionar un valor exacto en la salida para un determinado valor de referencia.

A este sistema se le puede agregar histéresis, el cual hace referencia a un rango entre el encendido y apagado del sistema de control.

- Sistema de control en modo proporcional

Considerado lo analizado por Gómariz, Biel, Matas, Reyes, “Teorías de Control” (2001, pág. 130-152) este sistema produce una señal de control en la salida que es proporcional a la señal de error.

$$m(t) = k * e(t)$$

$$M(s) = k * E(s)$$

De esta forma, la función de transferencia del sistema de control en modo proporcional será:

$$G_c(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = k$$

- Sistema de control en modo derivativo

Gómariz, Biel, Matas, Reyes (2001, pág. 130-152), señalan que, la acción de control en modo derivativo entrega una señal de control en la salida que es proporcional a la derivada de nuestra señal de error.

$$m(t) = kd * \frac{de(t)}{dt}$$

$$M(s) = kd * s * E(s)$$

- Sistema de control en modo integral

Siguiendo lo explicado por Gómariz, Biel, Matas, Reyes (2001, pág. 130-152) la acción de control en modo integral entrega una señal de control en la salida que es proporcional a la integral de nuestra señal de error.

$$m(t) = ki * \int_0^t e(t) * d(t)$$

$$M(s) = \frac{ki}{s} * E(s)$$

2.3.2.2. Elementos de un Sistema de Control

De lo analizado por la portal web de la UNEFA (2017), estos son los siguientes elementos de un sistema de control.

a) Regulador

Es también llamado controlador, es el que determina la acción a realizar con el fin de cumplir el objetivo de control.

b) Transductor y sensor

El transductor tiene como tarea interpretar lo captado por el sensor y adaptar a una energía adecuada para el controlador.

c) Comparador

Es el encargado de comparar la señal que nos da el transductor o señal realimentada con la señal de consiga, este resultado nos generará la señal de error.

d) Actuador

Es el que ejecuta la acción determinada por el controlador con el fin de cumplir con el objetivo de control.

2.3.2.3. Sistemas de Control en Refrigeración

Considerando lo analizado por Alarcón, “Tratado práctico de refrigeración automática” (1998), es de gran importancia los sistemas de control automáticos, ya que nos brindará una mejor marcha del sistema de refrigeración, que funcionará tomando en cuenta ya sea la temperatura o la presión para accionar adecuadamente la marcha del motor en el compresor.

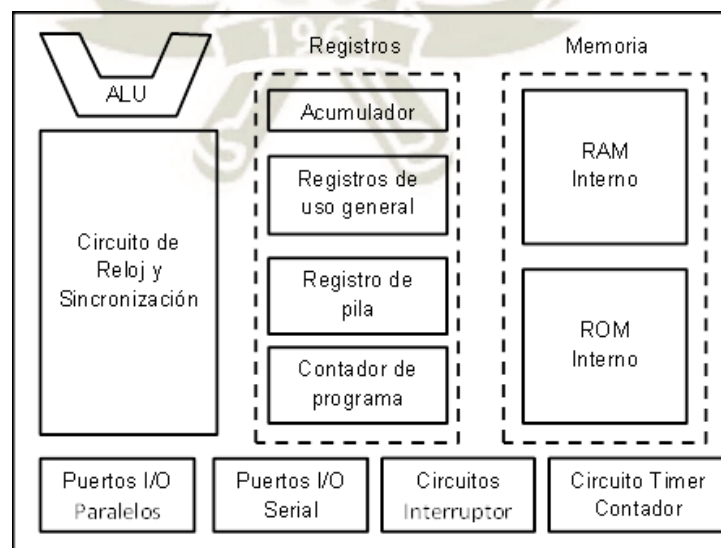
2.3.3. Microcontrolador

De acuerdo con Kamal, “Microcontollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design” (2011, pág. 3-15), un microcontrolador es una microcomputadora que cuenta con algunos dispositivos de aplicación específica en un solo chip o un núcleo VLSI (por sus siglas en inglés, Integración a Gran Escala), con capacidades computacionales específicas, así como capacidades operacionales de entrada y salida.

2.3.3.1. Componentes de un microcontrolador

De lo explicado por Godse A. y Godse P., “Microcontrollers” (2008, pág. 7-23). Un microcontrolador usa los recursos que tiene un microcomputador, estos recursos fundamentales, como la unidad de procesamiento (CPU), los registros, los recursos I/O, la memoria, entre otros son combinados en un solo circuito integrado.

Figura N° 5: Diagrama de bloques de un microcontrolador simplificado.



Fuente: Godse, Atul P., Godse, Deepali A. (2008). Microcontrollers. Primera Edición. Technical Publications Pune. Pune, India. p. 8.

2.3.3.2. Tipos de Microcontroladores

a) Según la capacidad

- Ocho bits
- Dieciséis bits
- Treinta y dos bits
- Sesenta y cuatro bits

b) Según la memoria

- De memoria Incorporada.
- De memoria Externa.

c) Según la arquitectura de instrucciones

- CISC (Computador con Conjunto de Instrucciones complejas).
- RISC (Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas).
- SISC (Computador con Conjunto de Instrucciones Específicas).

d) Según la arquitectura

- Arquitectura Harvard
- Arquitectura Princeton

2.3.4. Monitoreo de un Sistema de Control

Como se mencionó anteriormente el monitoreo es parte del plan de implementación, por la tanto es imprescindible contar con uno en un sistema de control. El monitoreo en un sistema de control consiste en

poder visualizar la información que no proporcione el sistema, hacer el seguimiento de la data, tanto para poder establecer el valor de referencia como para poder observar el comportamiento del controlador y tener los datos de los valores captados por el sensor; todo esto a través de una comunicación de sistema de control con un sistema de visualización de datos.

2.3.4.1. Ventajas del Monitoreo de un Sistema de Control

- a. Poder hacer un seguimiento en tiempo real del estado del sistema de control.
- b. Tener una base de datos del historial del comportamiento del sistema de control para futuros estudios.
- c. Observar cualquier error que pueda presentar el sistema de control.

2.4. Arranque

2.4.1. Definición de arranque de un sistema frigorífico

Según lo descrito por Ananthanarayanan, “Basic Refrigeration and Air Conditioning” (2013, pág. 611-615), que para un mantenimiento óptimo del sistema es necesario ejecutar todos los pasos descritos en los manuales de operación de los fabricantes de los equipos, tanto en el arranque, el apagado, así como tener una supervisión continua del rendimiento del sistema. En el caso de sistema de refrigeración sugiere una secuencia de pasos generales.

2.4.1.1. Secuencia de arranque

- a. Encendido de la red eléctrica, asegurándose que el voltaje sea el adecuado, de no ser así no encender la planta.

- b. Encender la unidad de ventiladores del motor.
- c. Encender el interruptor del sistema de control del compresor. Generalmente el sistema de control está protegido por un fusible y a la vez cuenta con un interruptor para propósitos de mantenimiento.
- d. Asegurarse que la válvula selenoide de la línea de gas refrigerante este abierta. Existen válvulas piloto-selenoides que generalmente se usan en plantas grandes.
- e. Arrancar el motor del compresor. En el caso de arrancadores manuales, después de encender el interruptor del estator de la rueda, gire la rueda del rotor o la palanca gradualmente hasta llegar a la posición de marcha completa.
- f. Encender el interruptor de la válvula de expansión.

2.5. Defrost

2.5.1. Definición de sistema de defrost

Se entiende de lo explicado por Buqué, “Manuales Prácticos de Refrigeración” (2008, pág. 66-72), los sistemas de defrost también llamados sistemas de desescarche, sirven para eliminar la humedad congelada en forma de escarcha que se adhiere a los tubos y aletas del evaporador, que es producto de la humedad del aire que hay dentro del espacio refrigerado, esto cuando el refrigerante que se usan en el sistema se evapora a temperaturas menores a 0°C.

2.5.2. Tipos de sistemas de defrost

2.5.2.1. Por resistencia de calefacción eléctrica

Whitman y Johnson, “Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado I” (2006, pág. 16-17) explican que este

sistema de defrost consiste en usar una resistencia de calefacción eléctrica ubicados en el evaporador. Para ello el compresor debe ser apagado cuando los calentadores están operativos hasta de derretir todo el hielo en forma de escarcha. Estas resistencias de calefacción eléctrica comúnmente están ubicadas en las aletas del evaporador. Además, los ventiladores del evaporador deben estar detenidos en el proceso de desercache, pues podría causar transferencia de calor hacia el área refrigerada.

2.5.2.2. Por inyección de gas caliente

Siguiendo lo expuesto por Whitman y Johnson, “Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado I” (2006, pág. 16-17) el proceso de defrost también se puede realizar con el calor del mismo sistema, es decir, usar el gas caliente proveniente del ducto de descarga del compresor. Para lograr esto, se debe realizar una conexión entre el ducto de descarga del compresor y la salida de la válvula de expansión, luego colocar una válvula selenoidal que controle el flujo. Cuando se requiera activar el defrost el gas caliente, se liberará dentro de los conductos del evaporador derritiendo el hielo en forma de escarcha.

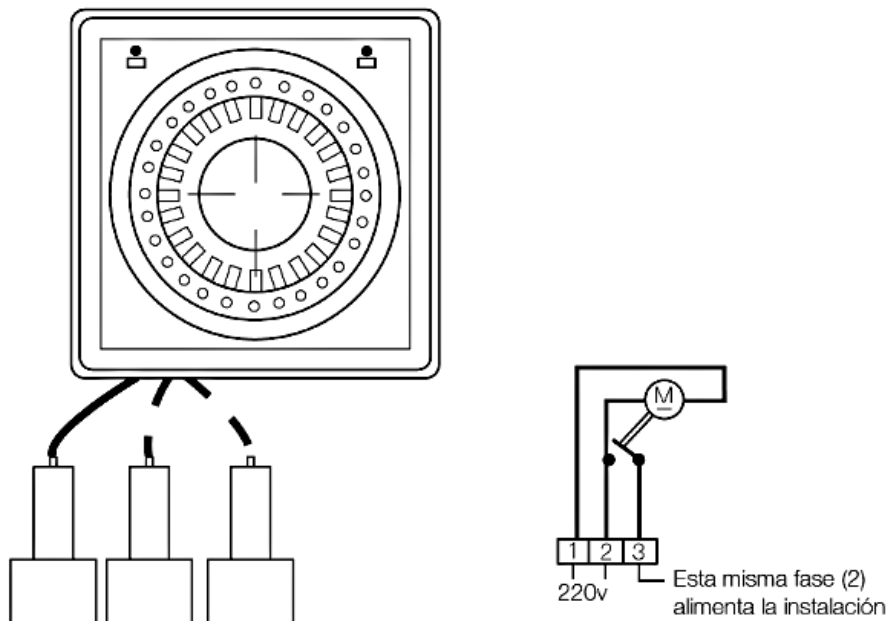
2.5.3. Tipos de timer del sistema de defrost

2.5.3.1. Timer del sistema de defrost por tiempo

Este timer es un programador de horas, regularmente con ciclos de defrost que duran 60 minutos como mínimo. El inicio del ciclo se puede definir cada 30 minutos del dial que viene incorporado, se puede programar un máximo de 12 ciclos de desescarche en 24 horas.

Dispone normalmente de tres líneas para conexión eléctrica, dos para la alimentación eléctrica del motor del temporizador, en el circuito interno se toma uno de los dos hilos anteriores para el interruptor de la instalación frigorífica, así ejecutar el tiempo de paro deseado que fue programado en el dial.

Figura N° 6: Timer del sistema de defrost por tiempo.

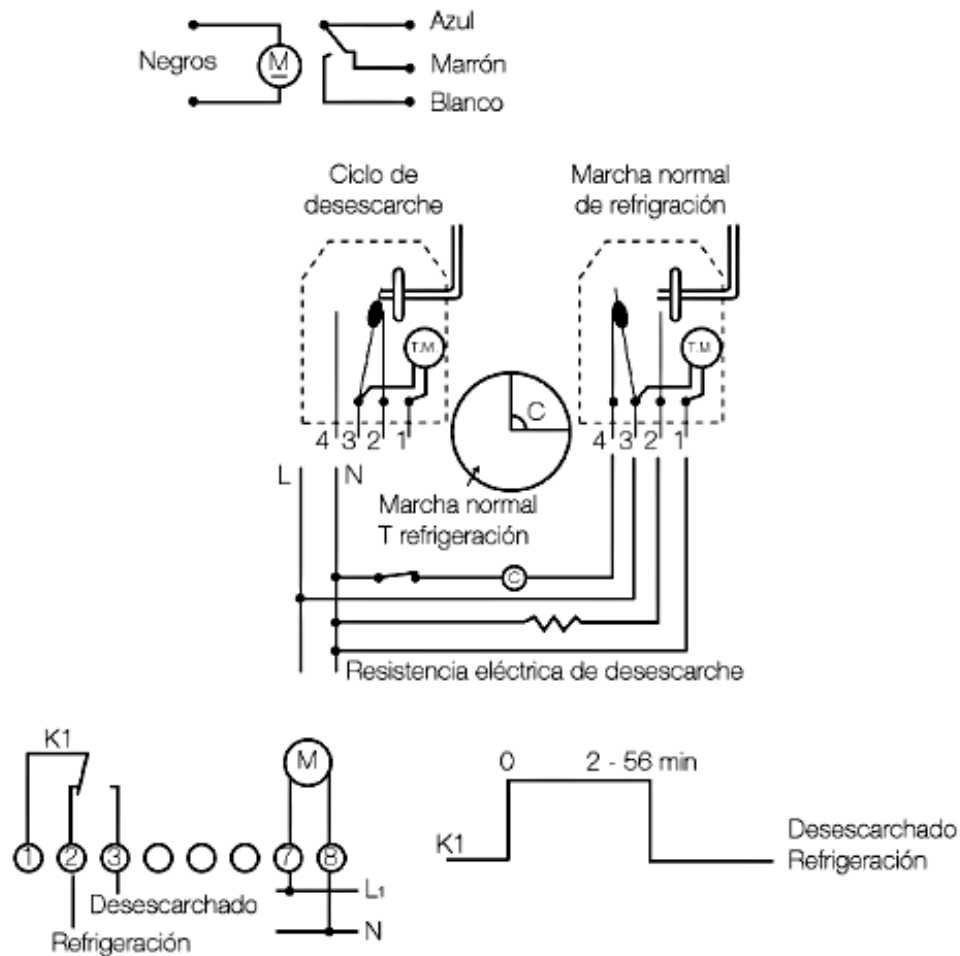


Fuente: Buqué M. Francesc (2008). Manuales prácticos de refrigeración. Tomo IV. Primera Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 66.

2.5.3.2. Timer del sistema de defrost por tiempo o resistencias

En este tipo el timer domina los ciclos de defrost, consta comúnmente de cinco líneas de cables eléctricos, dos que corresponden al motor del temporizador y las otras tres realizan la tarea del funcionamiento.

Figura N° 7: Timer del sistema de defrost por tiempo o resistencias.



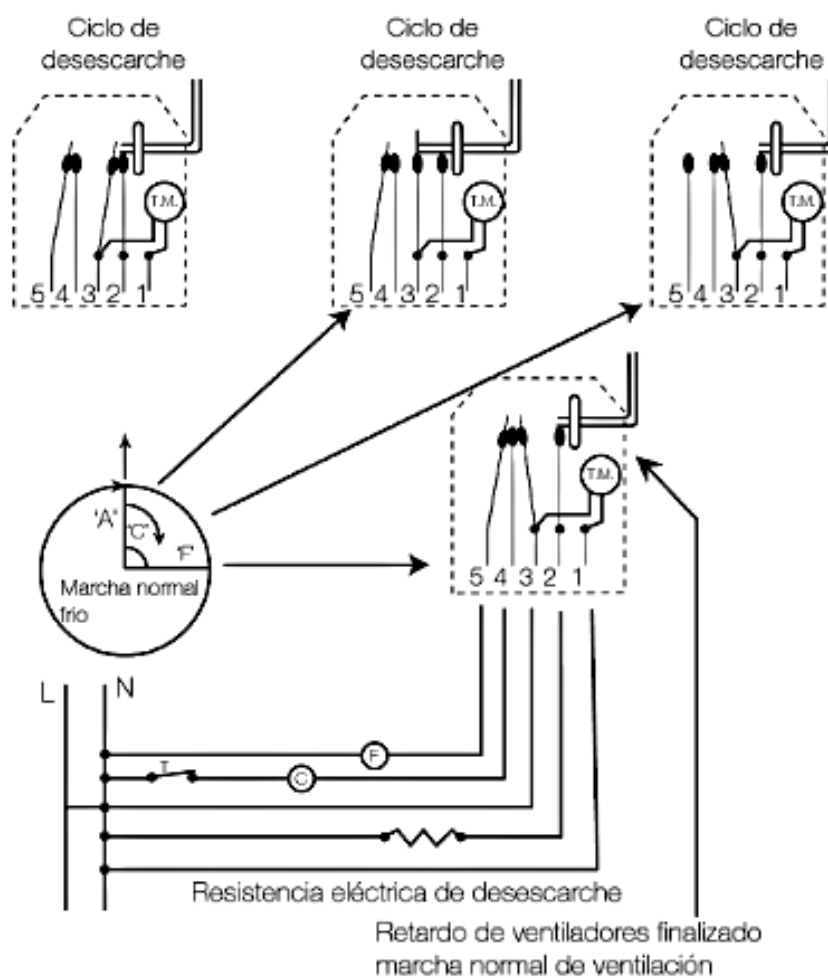
Fuente: Buqué M. Francesc (2008). *Manuales prácticos de refrigeración. Tomo IV. Primera Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 67.*

2.5.3.3. Timer del sistema de defrost con retardo de ventiladores

Los timers con retardo de ventilador se usan en sistemas de defrost por resistencia. Cuando el proceso de descongelamiento de la escarcha a finalizado, el timer ordena al compresor arrancar, pero retarda el funcionamiento de los ventiladores en el evaporador.

Este proceso se debe a la presencia de calor en el evaporador que fue producido por las resistencias, por ello es no recomendable accionar los ventiladores para que muevan este calor al interior de la cámara. Por lo tanto, habrá dos diales, uno que controle el tiempo del desescarche y el otro será para el retardo de los ventiladores.

Figura N° 8: Timer del sistema de defrost con retardo de ventiladores



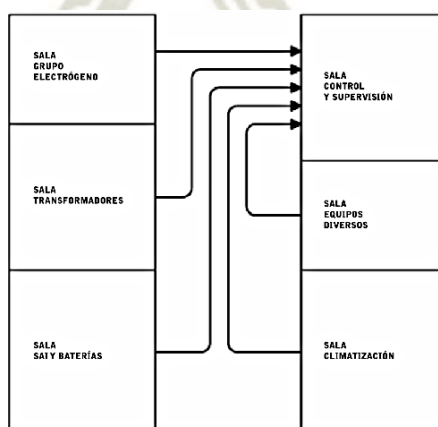
Fuente: Buqué M. Francesc (2008). *Manuales prácticos de refrigeración. Tomo IV. Primera Edición.* Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 68.

2.6. Supervisión Remota

2.6.1. Definición de supervisión remota

Se entiende de lo sugerido por Menacho, “Sistemas de Alimentación Ininterrumpida” (2013, pág. 184-189), para que haya un mejor aprovechamiento de los sistemas es una parte importante la supervisión. Debido a la dispersión de los elementos como a la gran cantidad de ellos, muchas veces resulta ineficaz y de costo elevado realizar la supervisión “in situ” de todos los elementos, es por ello que es preferible utilizar una supervisión centralizada en las instalaciones, normalmente realizada de forma remota. Una manera de realizar la supervisión es usando paneles que representen los equipos, estos paneles deben contar con indicadores sonoros y/o luminosos. No obstante, el avance de la tecnología permite hoy en día tener mayor capacidad de interacción y comunicación con los sistemas, pudiendo realizar las tareas de supervisión desde el mismo lugar de la instalación, así como en cualquier parte del mundo a través de Internet.

Figura N° 9: Ejemplo de supervisión remota de distintos equipos y parámetros debido a la imposibilidad de ser supervisados “in situ” por su dispersión en la instalación o por las condiciones de su funcionamiento.



Fuente: Menacho V. Antonio (2013). Sistemas de alimentación ininterrumpida. Primera Edición. Ediciones Paraninfo. Madrid, España, p, 184.

2.7. Sistemas Frigoríficos

2.7.1. Definición de Sistemas Frigoríficos

Considerando lo analizado por Padero, “Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales” (2013, pág. 11-12) los sistemas frigoríficos son también llamados sistemas de refrigeración, estos son sistemas mecánicos, que consiste en transportar energía en forma térmica de un foco a otro, o entre varios focos empleando las propiedades termodinámicas de la materia, de acuerdo con lo requerido. Se clasifican de acuerdo con el método usado para la inyección de refrigerante, así como de su configuración constructiva, en ambos casos de acuerdo a sus parámetros de diseño. En los sistemas frigoríficos actúan varias ciencias; la química se encarga del estudio de refrigerantes usados, la termodinámica encargada de estudiar la energía interna de la materia y sus propiedades, la transferencia de calor que estudia el transporte de energía y el diseño de intercambiadores de calor, y está también la ingeniería mecánica que se encarga del todo el diseño principalmente de diseño de compresores de gas.

2.7.2. Refrigeración

De acuerdo con Withman y Johnson, “Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado I” (2010, pág. 24-25) la refrigeración es aquel proceso mediante el cual se busca bajar y/o mantener la temperatura de cierto cuerpo o espacio. Este proceso termodinámico se lleva a cabo a través de una transferencia de calor desde el lugar donde deseamos disminuir el nivel térmico hasta otro lugar con condiciones para recibir esta energía térmica. Para este proceso es necesario el uso de distintos sistemas que nos permitan realizar dicha tarea.

2.7.2.1. Aplicaciones

Miranda y Rufes, “Manual técnico de refrigerantes” (2004, pág. 15-17), nos dicen que las principales aplicaciones de la refrigeración industrial son las siguientes.

a) **Industria química**

En procesos industriales químicos, podemos destacar: la separación de gases, la disipación de calor de reacción, en la industria petrolera para la eliminación de cera, en procesos de fermentación, entre muchos otros.

b) **Separación de gases**

Esta técnica trata de practicar un proceso de destilación fraccionada en una mezcla de gases en estado líquido.

c) **Almacenamiento de gases a baja presión**

Es muy útil en conservación de gases pues esto son almacenados licuados, por lo tanto, ocupan menos espacio, esto a baja presión y baja temperatura.

d) **Control de procesos**

Consiste en poder controlar el tiempo de algunos procesos mediante la temperatura, es decir, algunos procesos naturales en donde la velocidad dependa de la temperatura, podemos hacer más lento el proceso disminuyendo la temperatura.

e) Conservación de productos

Una de las aplicaciones más usadas es la también llamada conservación de alimentos, en temperatura bajas se inhibe la reproducción bacteriológica, la cual produce el deterioro de los alimentos. Sin embargo, esto no evita la alteración de los productos en cuanto a su calidad, aspecto y composición.

f) Tratamiento en frío de metales

Algunos procesos en metales se realizan con bajas temperaturas, según las propiedades de algunos metales, estos mejoran algunas características al someterse a bajas temperaturas en cortos intervalos.

g) Fabricación de hielo y de nieve carbónica

Usado en grandes cantidades en la industria pesquera y mercados. La nieve carbónica es la usada en extintores contra incendios.

h) Deportes

Aplicado para todas las instalaciones donde se practican deportes sobre hielo.

2.7.3. Refrigerantes

El gas refrigerante, tomando lo estudiado por Villanueva, “Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración” (2004, pág. 15-16), es aquel fluido frigorífero que se usa en un sistema frigorífico, que tiene como finalidad absorber calor desde una espacio u objeto frío a baja presión, para entregarlo a otro caliente a alta presión, haciendo un cambio de estado del refrigerante de líquido a vapor y de forma recíproca, así aprovechar el calor latente o calor sensible o ambos.

2.7.3.1. Clasificación de Refrigerantes

De acuerdo a lo analizado por Miranda, “Ciclos de Refrigeración” (2011, pág. 27-29), nos basaremos en el criterio de ASHRAE (American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), tomando en cuenta las pautas de EPA (Environmental Protection Agency), los clasificaremos de la siguiente manera.

a) Derivados halogenados saturados

Son aquellos procedentes del metano, etano y propano, de los cuales se reemplaza los átomos de hidrógeno, de manera parcial o total, por átomos de cloro o flúor. Estos a su vez puedes ser de tipo:

- CFC

Son llamados clorofluorocarbonados, tienen en su molécula Cl, F y C. Dejados de usar por UEE en 1994 y por los demás países occidentales en 1995.

- HCFC

Son llamados hidroclorofluorocarbonados, tienen en su molécula H, Cl, F y C. Dejados de usar en Europa en 2014.

- HFC

Son llamados hidrofluorocarbonados, tienen en su molécula H, F y C. Estos no dañan la capa de ozono.

- PFC

Son llamados perfluorocarbonados, solo tienen en su molécula F y C. El prefijo “per” nos indica que contienen el máximo posible de átomos de flúor en el compuesto. Estos no dañan la capa de ozono.

- Halones

Son llamados hidrobromofluorocarbonados, tienen en su molécula H, Br, F y Tienen la misma restricción de los que tienen cloro en su molécula.

b) Derivados halogenados insaturados

Son aquellos procedentes hidrocarburos insaturados, de los cuales se reemplaza los átomos de hidrógeno, de manera parcial o total, por átomos de flúor, cloro o bromo.

c) Mezclas zeotrópicas

Es cuando refrigerantes puros son mezclados, se caracteriza porque a la misma presión, tienen distintas temperaturas de ebullición, así como de condensación, a esta característica se le denomina deslizamiento. De acuerdo a la norma standard 34, la numeración de estos refrigerantes inicia con el número 4.

d) Mezclas azeotrópicas

Es cuando refrigerantes puros son mezclados, se caracteriza porque tienen una única temperatura de ebullición, es decir por más que sea una mezcla actúa de manera similar a una sustancia pura. De acuerdo a la norma standard 34, la numeración de estos refrigerantes inicia con el número 5.

e) Hidrocarburos saturados

Determinados hidrocarburos saturados se pueden usar de forma directa como refrigerantes, y a la vez pueden formar parte de mezclas, se plantean como sustituto de los HCFC y CFC.

f) Hidrocarburos insaturados

Determinados hidrocarburos insaturados se pueden usar de forma directa como refrigerantes, y a la vez pueden formar parte de mezclas, se plantean como sustituto de los HCFC y CFC.

g) Compuestos orgánicos no alquílicos

Fueron los primeros en utilizarse, en la actualidad son considerados muy peligrosos por su toxicidad y por ser inflamables. Están por ejemplo el éter etílico, el éter metílico, entre otros.

h) Compuestos inorgánicos

Se encuentran los gases inorgánicos simples como el oxígeno y el nitrógeno, como también los compuestos inorgánicos: agua, amoníaco, dióxido de carbono, etc.

2.7.3.2. Características de los refrigerantes

Pérez (2014, pág. 17-20), nos dice, que para la selección correcta de refrigerantes es necesario conocer sus características.

a) Miscibilidad con el aceite lubricante

Es importante que el refrigerante funcione de forma correcta con el lubricante que usa el compresor, y a la vez no afecte su funcionamiento.

b) No deben ser tóxicos ni venenosos

Los gases refrigerantes desde el momento de su fabricación, hasta que estos son usados, son manipulados por gran cantidad de personas, por lo que no deben ser peligrosos en ninguna instancia.

c) No debe ser explosivo ni inflamable

Por seguridad es importante que no sean explosivos o inflamables, se clasifican por su inflamabilidad de la siguiente manera.

- Grupo 1: En estado de vapor no son inflamables, cual sea su composición en el aire.
- Grupo 2: Son levemente inflamables y su límite de inflamabilidad inferior es 3.5% o más en volumen, cuando están mezclados con aire.
- Grupo 3: Son inflamables y su límite de inflamabilidad inferior es menor que 3.5% en volumen, cuando están mezclados con aire.

d) Facilidad de localización de fugas

En sistemas de refrigeración fácilmente se presentan fugas de refrigerantes, es por ello que se busca con premura la detección de estas fugas. Un ejemplo es el espectrofotómetro que localiza las fugas a través de la longitud de onda de cada refrigerante.

e) No debe reaccionar con la humedad

Es necesario que no se supere el nivel de humedad máximo admisible, por ello se debe evitar el ingreso de humedad al sistema. Por las siguientes principales razones.

- El exceso de humedad cuando se está a temperaturas bajas causará congelación, obstruyendo el paso del refrigerante.
- El refrigerante mezclado con agua puede presentar ciertas características que lo convierte en un tipo de ácido corrosivo, el cual dañará o deteriora los equipos.

f) Debe ser un compuesto estable

Se busca que el refrigerante sea estable en todo momento, el mayor inconveniente es que este presenta anomalías cuando supera ciertas temperaturas máximas.

2.7.3.3. Propiedades de los refrigerantes

De lo expuesto por Pérez, “Puesta en marcha y regulación de instalaciones frigoríficas” (2017, pág. 20-23), son aquellas propiedades que están relacionadas con la circulación de calor.

a) Presión

La presión debe ser mayor que la atmosférica en el condensador y en el evaporador. Si no es de esta manera puede pasar lo siguiente.

- Cuando el evaporador presenta una presión negativa, se está trabajando en vacío. Una de las razones puede ser por la entrada de aire al equipo. La presión en la evaporación ideal debe ser la mínima posible, pero con valores positivos.

- A mayor presión se requiere mayor robustez del compresor y del condensador, esto significa también mayor costo.

b) Temperatura

Para la selección del refrigerante, sus tipos son.

- Temperatura de ebullición

Como referencia se toma la presión atmosférica normal. En los refrigerantes la temperatura de ebullición debe ser baja, de este modo, tener una baja temperatura en el evaporador, así se esté trabajando a presiones positivas. El punto de ebullición varía de acuerdo al cambio de presión.

- Temperatura crítica

Se considera en el momento del diseño del condensador, puesto que ningún vapor se puede condensar, aun teniendo presiones muy altas, a temperaturas mayores que la crítica.

- Temperatura de congelación

Tiene que ser inferior a la temperatura en el evaporador. No se puede seleccionar un refrigerante que congele a igual temperatura a la que opera el evaporador. En su mayoría la temperatura de congelación en los refrigerantes es muy baja.

c) Volumen específico

El volumen específico es el espacio ocupado (m^3 , l) por un kilogramo. Para su estudio se toma cuanto volumen ocupara un kilogramo de refrigerante a condiciones normales (temperatura $20^{\circ}C$ y presión atmosférica). La temperatura es directamente proporcional al peso específico.

d) Entalpía

Es la propiedad la cual indica la cantidad de calor que el fluido alberga por unidad de masa. En los refrigerantes se estudian tres tipos.

- Entalpía en fase líquida (h_f)

Es la cantidad de calor que se tiene que quitar para enfriar un kilogramo de líquido.

- Entalpía de calor latente (h_{fg})

Esta propiedad ocurre a una misma temperatura, por lo cual se tiene que determinar cuál es la cantidad de calor necesaria para convertir un kilogramo de líquido a un kilogramo de vapor.

- Entalpía en fase vapor (h_g)

Se obtiene a través de la suma de calor sensible y calor latente.

Por lo tanto, tenemos una relación de entalpía que sirve para cálculos de transferencia de calor.

$$h_g = h_f + h_{fg}$$

e) **Densidad**

Es la propiedad que se define por el peso o masa por unidad de volumen (kg/m^3 , kg/l). La densidad suele ser directamente proporcional con la temperatura, pero en los refrigerantes en fase de vapor saturado cambian inversamente con relación a la temperatura.

2.7.4. Tipos de Sistemas de Refrigeración

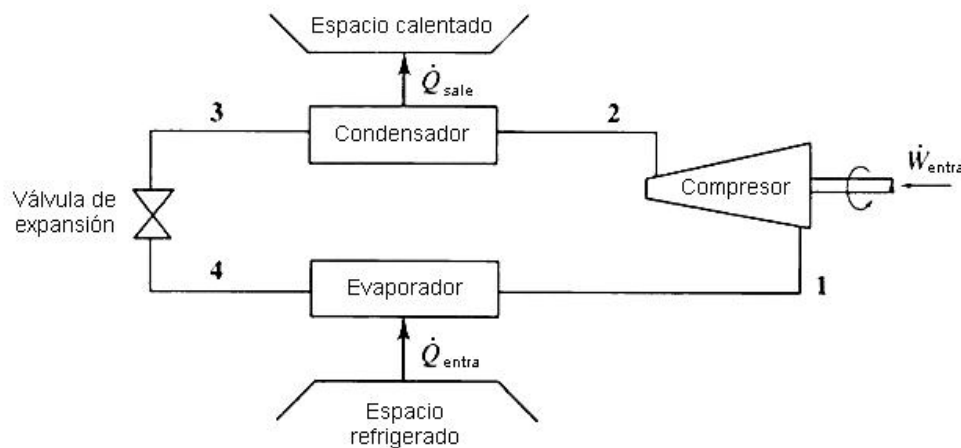
De acuerdo con lo descrito por Potter y Somerton, “Termodinámica para Engenheiro” (2012, pág. 243-251).

2.7.4.1. Refrigeración por Compresión

Para este ciclo se necesita una entrada de calor. Se aumenta la presión y después la temperatura a través del compresor, esto por medio de una compresión isoentrópica (ciclo ideal), el refrigerante entra en el condensador en donde el calor es extraído, y nos da como resultado, líquido saturado. Luego, se reduce la presión mediante un proceso de expansión, de este modo el fluido puede ser evaporado, esto con la adición de calor del espacio refrigerado. Cuando se usa como refrigerador, el desempeño del ciclo de refrigeración está dado por:

$$COP_R = \frac{Q_{entra}}{W_{entra}}$$

Figura N° 10: Ciclo de refrigeración por compresión.

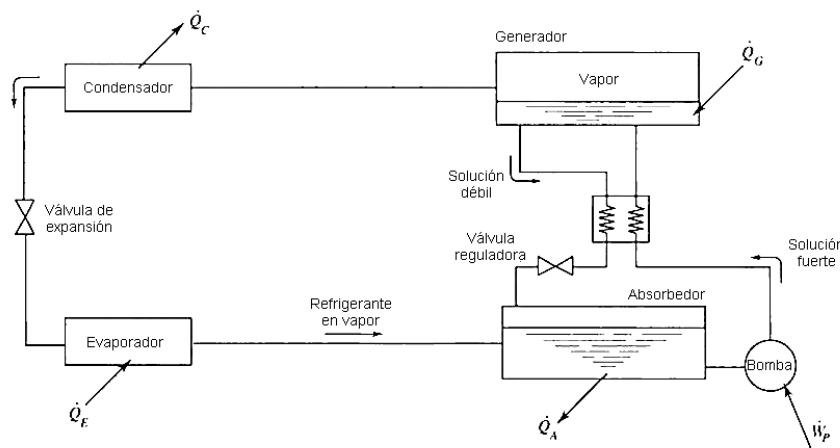


Fuente: Potter Merle C., Somerton Craig W. (2012). Termodinámica para Engenheiros. Tercera Edición. Bookman Editora. São Paulo, Brasil. p, 244.

2.7.4.2. Refrigeración por Absorción

El refrigerante a baja presión saturado sale del evaporador, entra al absorbedor donde se absorbe en la parte de solución débil, aquí es donde libera el calor, con esto se mantiene parcialmente baja la temperatura. La solución fuerte sale del absorbedor y por medio de la bomba se llega a la presión del condensador más alta, esto requiere poca potencia de la bomba. Luego, pasa por el intercambiador de calor, el cual aumenta su temperatura, y va hacia el generador donde el calor que se añade se desvanece, el refrigerante pasa al condensador. La solución débil que queda va del generador al absorbedor, para agregarle más refrigerante, en este camino la solución baja su temperatura en el intercambiador de calor y baja su presión por medio de una válvula reguladora.

Figura N° 11: Ciclo de refrigeración por absorción.



Fuente: Potter Merle C., Somerton Craig W. (2012). Termodinámica para Engenheiros. Tercera Edición. Bookman Editora. São Paulo, Brasil. p, 251.

2.7.5. Partes Básicas de un Sistema Frigorífico por Compresión

De acuerdo a lo explicado por Franco, “Manual de refrigeración” (2006, pág. 33-157).

2.7.5.1. Compresor

Es el uno de los principales elementos del sistema de refrigeración, su tarea es recibir el refrigerante con baja presión y temperatura, reducir su volumen y de esta manera poder liberarlo a una presión y temperatura lo suficientemente considerables para que se pueda condensar.

Los principales tipos de compresores que se usan en refrigeración son:

- a. Alternativos.
- b. De tornillo o helicoidales.
- c. Rotativos.
- d. Centrifugos.

2.7.5.2. Condensador

Su función es condensar el refrigerante, es decir, cambiar de estado de gaseoso a líquido. El refrigerante sale del compresor como vapor sobrecalentado, siendo así la forma como ingresa al condensador. El condensador funciona como intercambiador de calor, por lo tanto, su superficie suele ser metálica, para conducir el calor, es aquí donde el refrigerante cede calor a un agente externo, el cual puede ser agua o aire, y baja su temperatura hasta lograr el cambio de estado.

Como se menciona anteriormente los condensadores pueden ser de:

- a. Aire.
- b. Agua.
- c. Mixtos.

2.7.5.3. Dispositivos de Expansión

Son los encargados de disminuir la presión en el refrigerante cuando este sale del condensador, de este modo se regula la cantidad de refrigerante al llegar al evaporador. Se dice que en la parte del dispositivo de expansión se está a baja presión, contrario a la parte del compresor, la cual es de alta presión.

Los dispositivos de expansión más usados son:

- a. Tubos capilares.
- b. Válvulas de expansión termostáticas.
- c. Válvulas reguladoras de nivel (flotador).
- d. Válvulas manuales.

2.7.5.4. Evaporador

Es la parte del sistema donde se produce el efecto de refrigeración. El calor del espacio que queremos enfriar pasa al evaporador, esto gracias a la ebullición de refrigerante que está en el circuito a una temperatura y presión adecuadas para efectuar dicha labor.

Podemos clasificar a los evaporadores de la siguiente manera:

a) **Según el estado del fluido refrigerante en su interior**

- Inundados
- Semi-inundados
- Secos

b) **Según su construcción**

- De tubo liso
- De tubo con aletas

2.7.5.5. Sistemas de Control y Protección

Estos elementos ayudan a mejorar el correcto funcionamiento del sistema, aptando la instalación en todo momento y de acuerdo a las necesidades reales.

En sistemas de refrigeración actuales es necesario tener un sistema de control, el cual está compuesto principalmente por un controlador el cual regulara por lo general el compresor, por distintos métodos de control electrónico.

Los dispositivos de protección son reguladores que pueden ser:

- a. De presión
- b. De temperatura

2.7.6. Cámara Frigorífica

Se entiende de lo explicado por Giménez, “Frío industrial mantenimiento y servicios a la producción” (2005, pág. 97). Una cámara frigorífica es un espacio construido con diferentes elementos que aseguren hermetismo y aislamiento, a la vez equipado con sistema de refrigeración, con el fin de almacenar distintos productos a bajas temperaturas. La potencia de una cámara frigorífica, que es necesaria, para tener la proporción del compresor es calculada de acuerdo a cargas (transmisión, infiltración, etc.). Este cálculo de cargas nos dará una estimación de la cantidad de calor que se necesita extraer del lugar, para el estado de conservación deseado.



CAPÍTULO 3
DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA
EMPRESA

3.1. La empresa

3.1.1. Reseña histórica

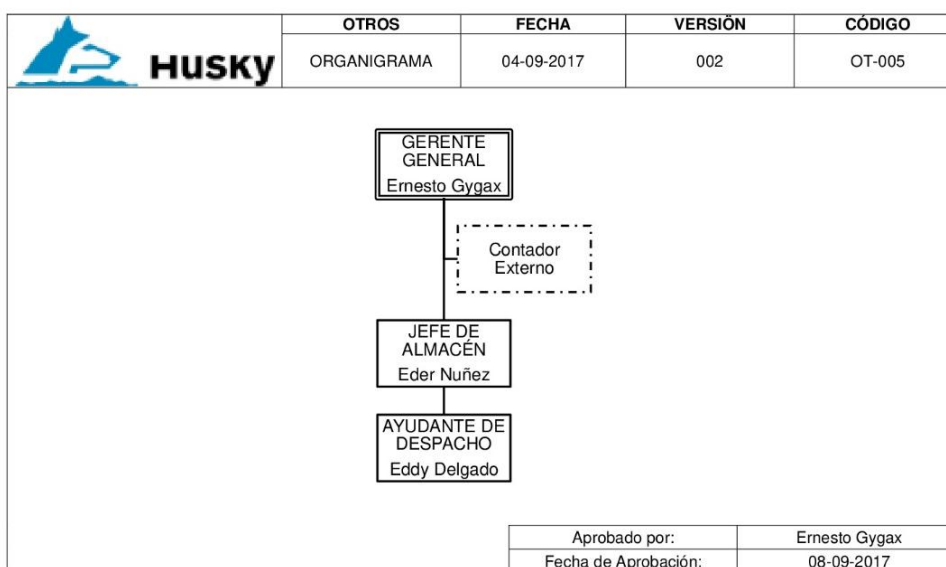
La empresa Husky SAC fue constituida el 03 de febrero del 2014, con el RUC 20559069630.

Husky SAC nace para dar una respuesta de calidad a las necesidades del mercado de almacenamiento de productos refrigerados y congelados, con la implementación de equipos de última tecnología, sumada a una estricta política de supervisión, nos permite ofrecer un mayor control de la temperatura (mantenimiento de la cadena de frío), higiene y eficiencia en nuestro Servicio. Todos nuestros procesos son desarrollados buscando la satisfacción del cliente, el cuidado del medio ambiente, la prevención de accidentes y enfermedades, el cumplimiento legal y la mejora continua.

3.1.2. Organización

3.1.2.1. Organigrama

Tabla N° 3: Organigrama de la empresa Husky SAC.



Fuente: Husky SAC.

3.1.2.2. Descripción de áreas funcionales

a) Gerente General

- Está encargado de planificar, organizar, dirigir, controlar y evaluar en forma continua el funcionamiento de las diferentes áreas a su cargo en función de los objetivos y metas establecidos.
- Velar por el cumplimiento de las normas legales, reglamentos internos, estatuto de la empresa y otros vigentes, referidas a los procesos contables-financieros, de logística, servicios de terceros y otros inherentes a sus labores.
- Controlar y evaluar las actividades contables/financieras velando por que éstas se realicen en concordancia con las Normas y Procedimientos de la Empresa, así como los principios legales dispuestos por el Estado.
- Velar por el cumplimiento del control de Flujo de Caja y Control Financiero, con la finalidad de evitar problemas económicos - financieros.
- Abrir y/o cerrar las cuentas corrientes, cartas fianzas, y otras de carácter bancario de la empresa, efectuando los controles del caso.
- Velar por el cumplimiento oportuno de las obligaciones tributarias de la Empresa, así como de las Contribuciones a ESSALUD, ONP y AFP.
- Realizar otras funciones que sean de su competencia.

b) Jefe de Almacén:

- Dirigir en las actividades de ingreso de mercadería, reposición, atención de pedidos y transporte de los mismos.
- Utilizar y operar adecuadamente los equipos de trabajo, en cualquier momento que esto sea requerido y ante cualquier emergencia.
- Supervisar las actividades del personal del cliente durante las actividades de ingreso y retiro de mercadería.
- Controlar los stocks de los materiales almacenados comunicando continuamente al cliente sobre los movimientos y saldos.
- Velar por el buen uso y conservación de instalaciones, instrumentos y equipos.
- Operar los equipos según sea el requerimiento y ante cualquier emergencia, portando los equipos de protección personal, procurando su seguridad y reportando cualquier anomalía o defecto en los equipos.
- Ajustar los parámetros de los equipos del sistema frigorífico de acuerdo a los productos en cámara.
- Llevar el control de material de propiedad del cliente, asegurando su conservación y cuidado.
- Verificar que el stock mínimo de insumos y materiales utilizados durante el servicio.
- Realizar otras funciones que sean de su competencia o que le sean encomendadas por su superior.

c) **Ayudante de Despacho:**

- Cumplir el Manual de Organización y Funciones, así como el Manual de Normas y Procedimientos de su área, todo ello para garantizar el aprovisionamiento del almacén.
- Coordinar y ejecutar las actividades propias del almacén, como ingreso de mercadería, reposición, atención de pedidos y transporte de los mismos.
- Controlar y coordinar las funciones en la cadena de suministro.
- Organizar y ejecutar la preparación y distribución de pedidos.
- Controlar los stocks de los materiales almacenados e insumos a fin de evitar el desabastecimiento.
- Cuidar de su integridad física y de la de sus compañeros durante el desarrollo de sus actividades.
- Utilizar y operar adecuadamente los equipos de trabajo y reportar cualquier anomalía o defecto en los mismos.
- Llevar el control de material de propiedad del cliente, asegurando su conservación y cuidado.
- Realizar otras funciones que sean de su competencia o que le sean encomendadas por su superior.

3.1.2.3. Tiempo empleado en accionar el sistema frigorífico

Actualmente la tarea de accionar el sistema frigorífico, ajustar sus parámetros y reportar cualquier avería en estos, recae sobre el jefe de almacén, quien es personal calificado y de confianza para la empresa.

Los motivos por cuales una cámara es accionada son:

- a. Largos periodos de picking.
- b. Mantenimiento.
- c. Limpieza.
- d. Procesos dentro cámara
- e. Solicitud del cliente.
- f. Imprevistos.
- g. Averías.

El procedimiento para encender o apagar el sistema de refrigeración consiste en: primero, el colaborador corroborará que el motivo está dentro de los establecidos por la empresa, de no ser así se comunicará con su superior inmediato, el cual le indicará como proceder, seguidamente, procederá a ponerse los elementos de protección personal (EPP), luego se dirigirá hacia el área de máquinas, una vez ahí seguirá el proceso correcto del encendido o apagado del sistema frigorífico, el colaborador retorna a la oficina, en la computadora conectada a los controladores comprueba que se haya accionado correctamente, por último, se retira los elementos de protección personal y continúa con sus otras labores. Este procedimiento comprende un periodo de tiempo 35 minutos y se realiza en un área poco segura.

3.1.3. Especificación de los servicios prestados

3.1.3.1. Servicio ofertado

Almacenamiento de productos refrigerados y congelados.

3.1.3.2. Especificaciones del servicio

- a. Capacidad 1500 toneladas.
- b. 5 cámaras frigoríficas con racks para un total de 1400 posiciones.
- c. Temperaturas entre -28°C y 5°C .
- d. Pallets estándar de 1.00x1.20x1.20 m. De 1000 Kg.
- e. Control de cámaras las 24 horas del día.
- f. Servicio de montacargas.
- g. Amplio patio de maniobras.

3.1.3.3. Garantía

Se garantiza la conservación de la temperatura acordada durante todo el tiempo de almacenamiento del producto.

3.1.4. Proveedores y Clientes

3.1.4.1. Proveedores

a) Sermerin

Es una empresa proveedora de servicios de mantenimiento de equipos de refrigeración industrial, tanto preventivos como correctivos, situada en la ciudad de Arequipa.

b) Fri Cold SAC

Es una empresa dedicada a proyectos industriales y especialista en refrigeración con 12 años de experiencia en la actividad orientada a la provisión de soluciones integrales para el sector industrial, la cual brinda servicio de mantenimiento preventivo para equipos de refrigeración.

c) Lo Justo SAC

Lo Justo SAC cuenta vasta experiencia en el campo de la calibración de instrumentos de medición de diferentes magnitudes que son empleados en diversos procesos en todo tipo de industria. Fundada en 1997, Lo Justo SAC ha venido evolucionando enfocándose a la entrega y realización de servicios metrológicos, siempre orientados a las necesidades y requerimientos de sus clientes, de acuerdo a las características específicas de sus negocios, de las normas y procedimientos vigentes.

3.1.4.2. Clientes

Por cláusulas de confidencialidad Husky SAC no brinda la razón social de sus clientes, no obstante, los rubros de estos son:

a) Mineras

Industrias mineras líderes de la región hacen uso del almacenamiento frigorífico de la empresa para distintos materiales que requieran ser conservados a cierta temperatura.

b) Productores ganaderos

Las más reconocidas marcas de industria de producción de carnes (aves, cerdos, res, embutidos, etc.) hacen uso del servicio de almacenaje de la empresa Husky SAC, para la conservación de sus variados productos.

c) Productores agrícolas

Las distintas productoras agrícolas que trabajan con Husky SAC hacen uso de los servicios de la empresa para almacenamiento, así como para realizar variados procesos. Estas productoras a la vez son distribuidoras nacionales como también exportadoras.

d) Distribuidoras de alimentos congelados

Husky SAC además trabaja con empresas que traen productos de otras partes del país para su distribución, como empresas que importan productos para ser también distribuidos. Haciendo uso del almacenamiento de congelados.

e) Restaurantes

Varios prestigiosos restaurantes hacen uso de los almacenes para guardar sus distintos productos para su conservación óptima y brindar la mejor calidad a sus usuarios.

f) Catering

Las empresas de catering son otros de los clientes de Husky SAC por el volumen manejado en sus procesos usan el almacenamiento frigorífico para mejorar su eficiencia y logística.

3.2. Instalaciones

3.2.1. Ubicación

Husky SAC está ubicada en una zona estratégica del Parque Industrial de Arequipa, muy cerca del principal acceso de camiones de la ciudad y al mismo tiempo conectado con las principales vías de Arequipa. La dirección es Jacinto Ibañez 315 Megacentro Int. C-108, Parque Industrial, Arequipa.

En la actualidad una de las vías más importantes de la ciudad está cerrada por obras que durarán aproximadamente dos años más, por lo cual la gran ventaja de tener una buena ubicación ha sido desvalorada, aunque aún sigue siendo un punto estratégico, trae consigo inconvenientes tanto para los clientes como para la propia empresa, es decir, que para llegar a la locación a ciertas horas resulta de gran dificultad en cuanto al tiempo, es por ello que se está optando por realizar toda la logística de transporte tanto de ingreso como salida preferentemente por la madrugada.

3.2.2. Infraestructura

La empresa cuenta con cinco cámaras frigoríficas cada una cuenta con un área promedio de 116 metros cuadrados (7.4 metros de ancho y 15.8 metros de largo) y una altura de 5.2 metros. Además de un amplio patio de maniobras.

El lugar donde se ubica el área de máquinas está en la parte posterior de las cámaras fuera del área construida el lugar fue acondicionado encima de unas pozas ubicadas en el recinto por temas de diseño, tal como se muestra en la foto de la Figura N°20 y detalladamente en el plano de la Figura N°21.

3.2.2.1. Ingreso principal

Figura N° 12: Ingreso principal de la empresa Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2. Patio de maniobras

Figura N° 13: Patio de maniobras al momento de la recepción de productos en la empresa Husky SAC.



Fuente: Husky SAC

3.2.2.3. Oficina

Figura N° 14: Oficina de la empresa Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.4. Pasadizo

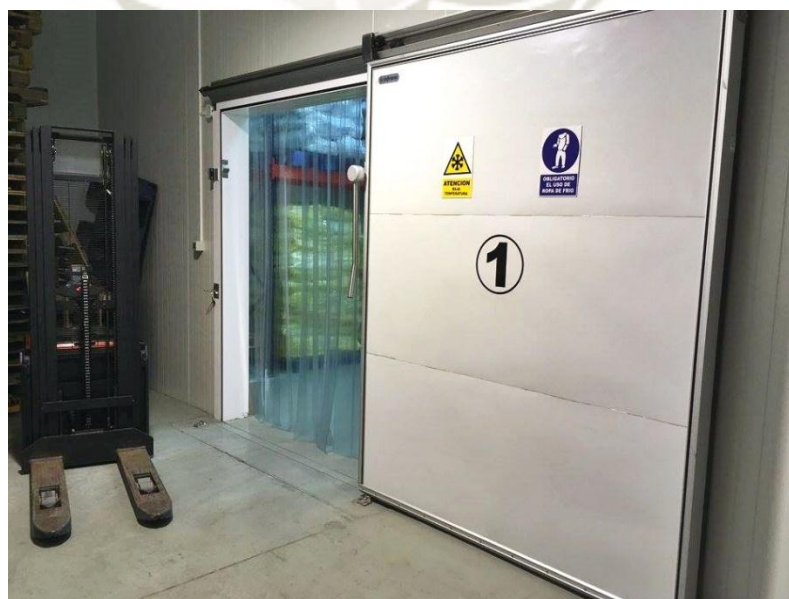
Figura N° 15: Pasadizo de las cámaras de la empresa Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

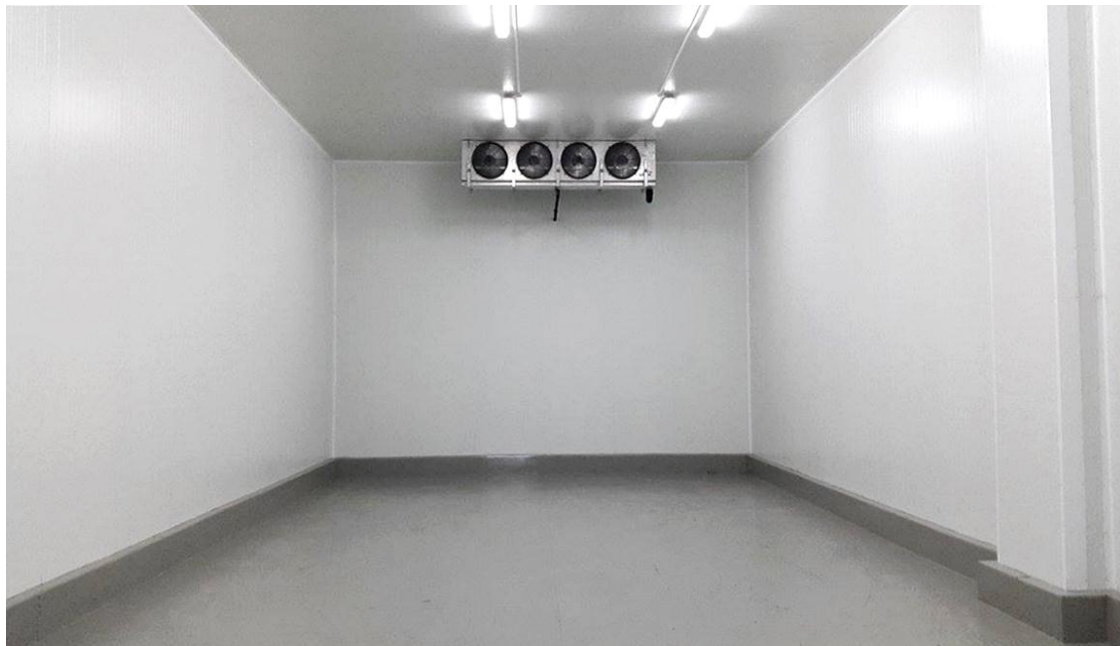
3.2.2.5. Cámaras

Figura N° 16: Puerta de la Cámara 1 de la empresa Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 17: Cámara vacía de la empresa Husky SAC.



Fuente: Husky SAC.

Figura N° 18: Cámara con productos en sacos paletizado en la empresa Husky SAC.



Fuente: Husky SAC

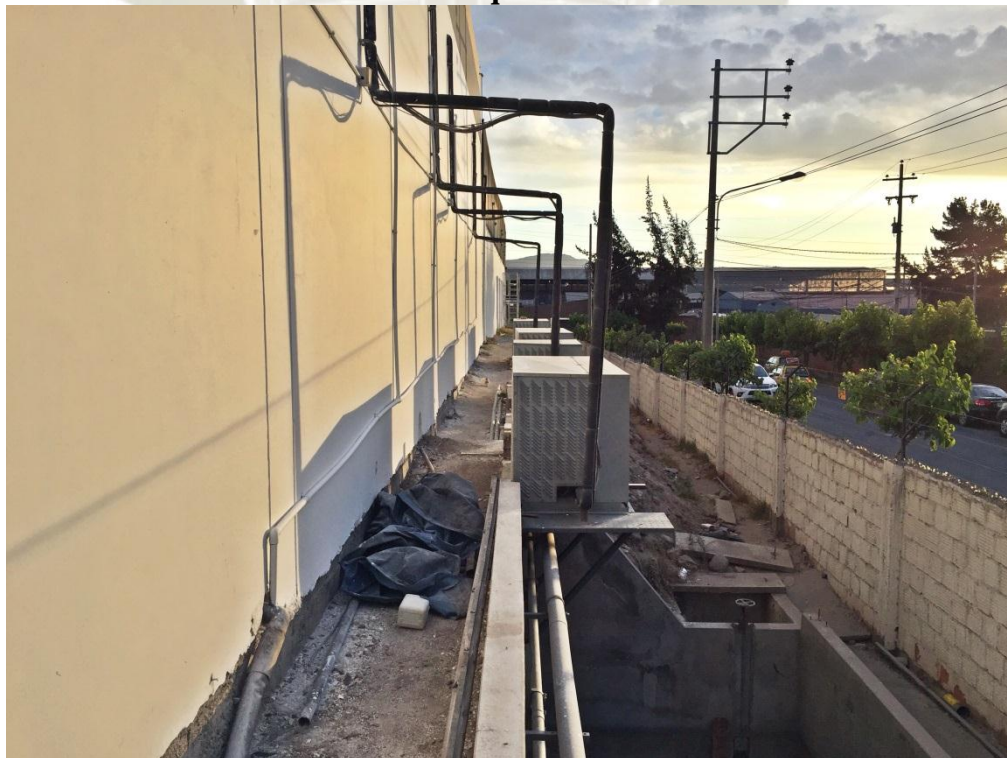
Figura N° 19: Cámara con productos en cajas paletizado en la empresa Husky SAC.



Fuente: Husky SAC.

3.2.2.6. Área de máquinas

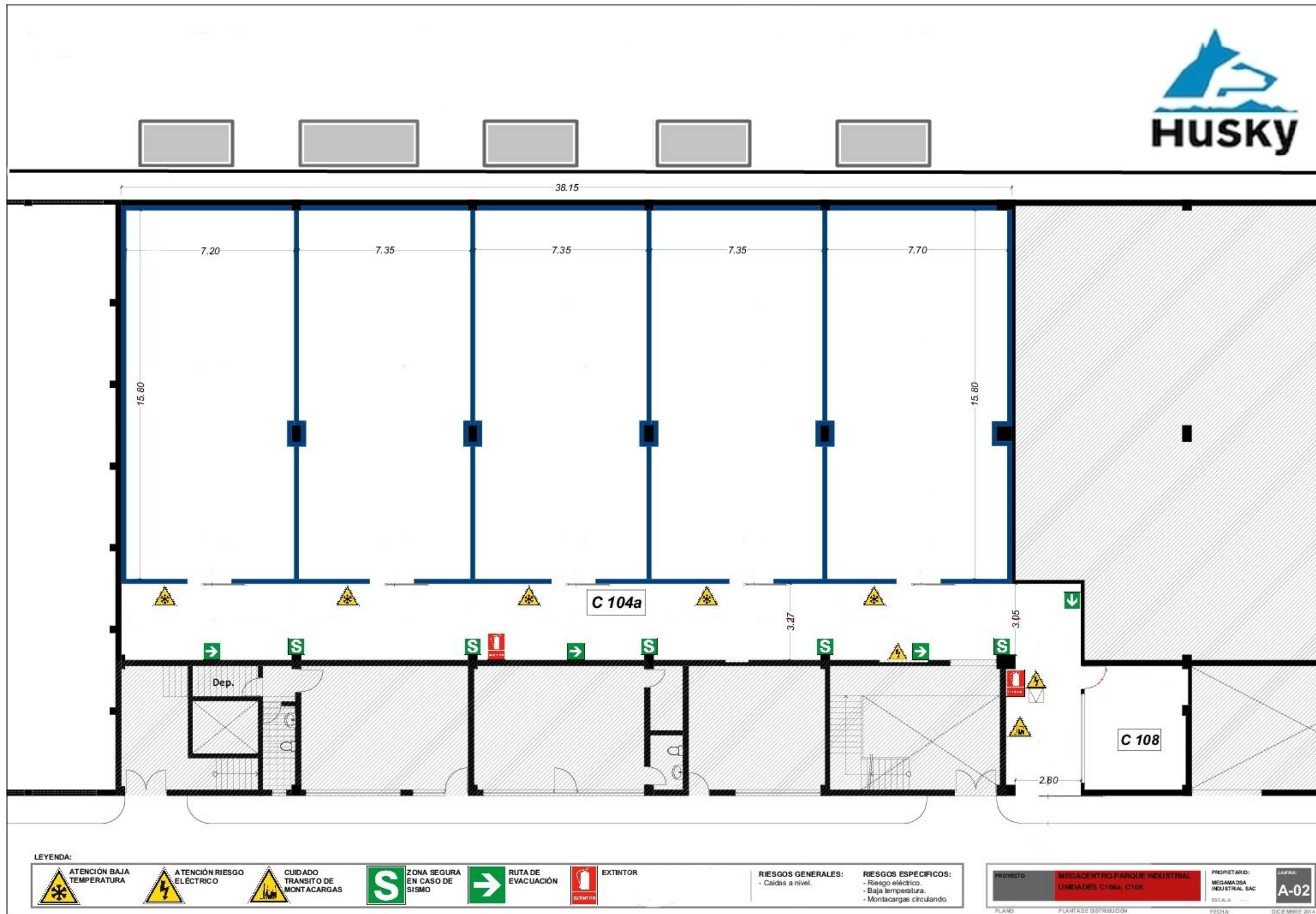
Figura N° 20: Área de máquinas situadas en la parte posterior y exterior al área de máquinas.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Plano de la empresa Husky SAC

Figura N° 21: Plano de la empresa Husky SAC



Fuente: Husky SAC.

3.3. Equipos

3.3.1. Compresor

3.3.1.1. Compresor semihermético Copeland Discus 2DL3R78KE

a) Características

- Voltaje: 460 V
- Número de fases: 3
- Frecuencia: 60 Hz
- Amperaje de carga nominal: 13.8 A

3.3.2. Condensador

3.3.2.1. Unidad de condensación HTSD-0750HSM

a) Características de los ventiladores

- Voltaje: 460 V
- Número de fases 3
- Frecuencia: 60 Hz
- Amperaje de carga nominal: 2.2 A

3.3.3. Evaporador

3.3.3.1. Evaporador MK 44E-420

a) Características de los ventiladores

- Cantidad 4
- Voltaje: 460 V

- Número de fases 3
- Frecuencia: 60 Hz
- Amperaje de carga nominal: 2.4 A

b) Características de las resistencias

- Voltaje: 460 V
- Número de fases 3
- Frecuencia: 60 Hz
- Amperaje de carga nominal: 14.4 A

3.3.4. Sistema de control

3.3.4.1. Controlador Full Gauge MT-512 Ri plus

a) Características

- Alimentación: 115/230 V AC \pm 10% (50/60 Hz)
- Temperatura de control: -50 – 75°C
- Corriente máxima: NA 16(8)A/250 V AC 1 HP, NC 8A/250 V AC
- Temperatura de Operación: 0 hasta 50°C
- Humedad de Operación: 10 hasta 90% HR

b) Funcionamiento

Controla la temperatura por parada de compresor, es decir que según la temperatura seteada y el diferencial, se activa o desactiva el compresor, tiene una salida serial para comunicación con Sitrad.

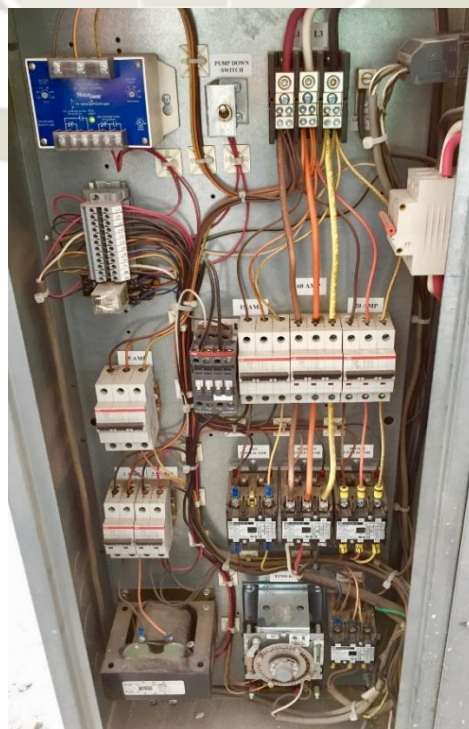
3.3.4.2. Sitrad

Es el software de los controladores de Full Gauge, el cual nos permite administrar a distancia las instalaciones de refrigeración. Con Sitrad podemos monitorear, configurar, evaluar y almacenar de forma continua los datos de refrigeración, así como modificar los distintos parámetros de operación.

Sitrad también cuenta con la versión para el celular: Sitrad Mobile, con la que puedes tener todos los beneficios de Sitrad pero en el celular y mediante internet desde cualquier parte del mundo, al momento del diagnóstico la empresa Husky SAC no puede acceder a ella puesto que para su uso es necesario que se cuente con una IP fija.

3.4. Tablero eléctrico actual

Figura N° 22: Estado del tablero al momento del diagnóstico.



Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Instrumentación

4.1.1. Módulos de código abierto

4.1.1.1. Arduino Nano

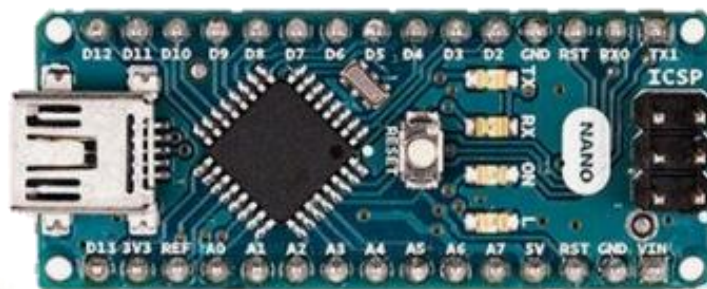
a) Características

- Microcontrolador: ATmega328
- Arquitectura: AVR
- Voltaje de operación: 5 V
- Voltaje de entrada: 7-12V
- Pines I/O digitales: 22
- Pines I/O digitales PWM: 6
- Corriente DC por pin I/O: 40 mA
- Memoria flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Velocidad de Reloj: 16 MHz

b) Funcionamiento

Arduino Nano es una placa de microcontrolador, compacta y completa, compatible con placa de pruebas (protoboard) está basado en ATmega328 (Arduino Nano 3.X), Cuenta con 22 pines de entrada/salida, un cristal de cuarzo de 16 MHz, funciona con un cable USB Mini-B, no cuenta con un conector de alimentación de CC. Para su uso solo basta con conectarlo con una computadora mediante un cable USB.

Figura N° 23: Arduino Nano.



Fuente: Arduino (2018) <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

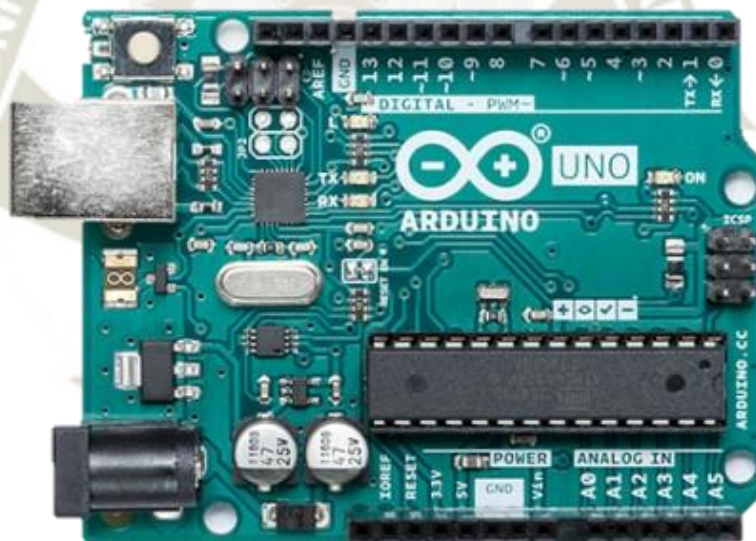
4.1.1.2. Arduino Uno

a) Características

- Microcontrolador: ATmega328P
- Tensión: 5 V
- Voltaje de entrada (recomendado): 7-12 V
- Voltaje de entrada (límite): 6-20 V
- Pines I/O digitales: 14
- Pines I/O digitales PWM: 6
- Pines de entrada analógica: 6
- Corriente DC por pin I/O: 20 mA
- Memoria flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Velocidad de Reloj: 16 MHz

b) Funcionamiento

Arduino Uno es una placa de microcontrolador que se basa en ATmega328P. Cuenta con 14 pines de entrada/salida, 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, conexión USB, un conector de alimentación, programación ICSP y un botón de reinicio. Arduino Uno tiene todo lo necesario para respaldar al microcontrolador. Para su uso solo basta con conectarlo con una computadora mediante un cable USB, con un adaptador de AC a DC o con una batería.

Figura N° 24: Arduino Uno.

Fuente: Arduino (2018) <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

4.1.1.3. Arduino Mega

a) Características

- Microcontrolador: ATmega1280
- Tensión: 5 V
- Voltaje de entrada (recomendado): 7-12 V
- Voltaje de entrada (límite): 6-20 V
- Pines I/O digitales: 54
- Pines I/O digitales PWM: 14
- Pines de entrada analógica: 16
- Corriente DC por pin I/O: 40 mA
- Memoria flash: 128 KB
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- Velocidad de Reloj: 16 MHz

b) Funcionamiento

Arduino Mega es una placa de microcontrolador que se basa en ATmega1280. Cuenta con 54 pines de entrada/salida, 16 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, conexión USB, un conector de alimentación, programación ICSP y un botón de reinicio. Arduino Mega tiene todo lo necesario para respaldar al microcontrolador. Para su uso solo basta con conectarlo con una computadora mediante un cable USB, con un adaptador de AC a DC o con una batería. Programable con Arduino Software.

Figura N° 25: Arduino Mega.



Fuente: Arduino (2018) <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>

4.1.1.4. Software Arduino IDE

a) Características

- Versión: 1.8.5
- Entorno: Java
- Compatible con: Windows, Mac OS X, Linux

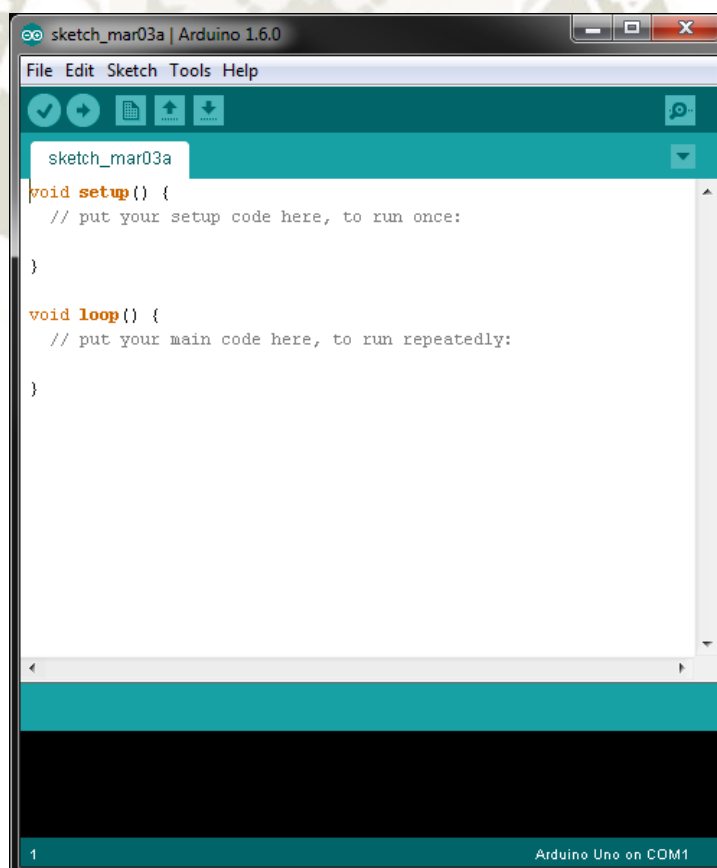
b) Funcionamiento

El software de código abierto de Arduino IDE ayuda a programar de manera fácil y práctica, a la vez subirlo a las distintas placas de microcontroladores Arduino resulta sencillo. Puede ejecutarse en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno usado por el software de Arduino es Java y está basado en Processing y otros softwares de código abierto.

c) Herramientas

- Verificar: Compila toda la programación para validar y encontrar errores.
- Subir: Sube el programa al módulo microcontrolador.
- Nuevo: Abre una nueva ventana de programación.
- Abrir: Abre un archivo guardado.
- Salvar: Guarda el programa en un archivo.
- Monitor Serial: Seguimiento en tiempo real del programa.

Figura N° 26: Software Arduino IDE.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Módulo Ethernet W5100

4.1.2.1. Características

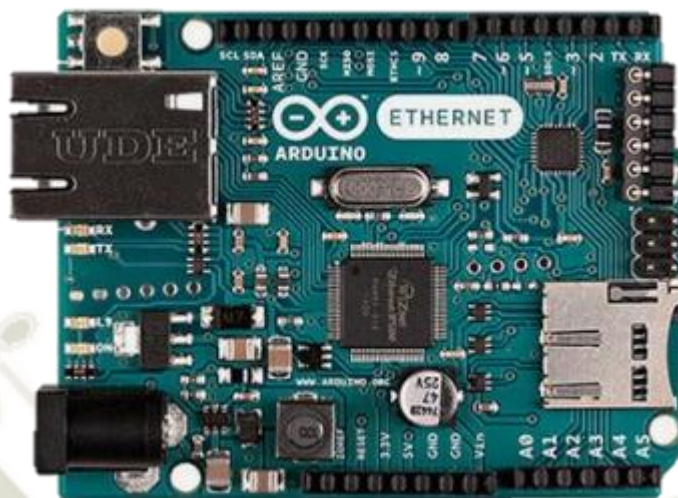
a) Shield Ethernet W5100

- Integrado: Wiznet W5100
- Microcontrolador: ATmega1280
- Voltaje de operación: 5 V
- Voltaje de entrada (recomendado): 7-12 V
- Voltaje de entrada (límite): 6-20 V
- Pines I/O digitales: 14
- Pines de salida digitales PWM: 4
- Pines de entrada analógica: 6
- Corriente DC por pin I/O: 40 mA
- Corriente DC por pin de 3.3 V: 50 mA
- Memoria flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Velocidad de Reloj: 16 MHz
- Controlador Ethernet Embebido W5100 TCP/IP

4.1.2.2. Funcionamiento

El módulo Ethernet W5100 permite conectar un módulo Arduino a una red Ethernet, es decir es el hardware que implementa la pila de protocolos TCP/IP, está basada en el integrado Wiznet W5100, usando los pines 11, 12, 13 y 14 para comunicarse con el integrado para comunicarse con este, cuenta con conector RJ45.

Figura N° 27: Módulo Ethernet W5100.



Fuente: Arduino (2018) <https://store.arduino.cc/usa/arduino-ethernet-rev3-without-poe>

4.1.3. Reloj Digital RTC3231

4.1.3.1. Características

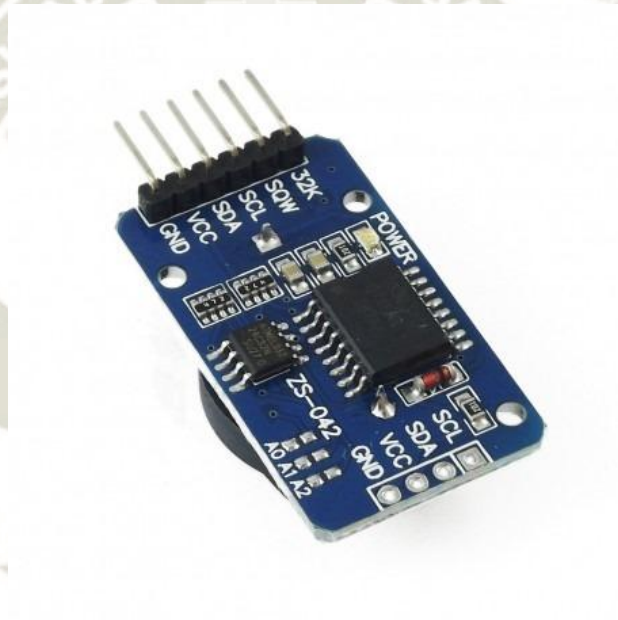
a) RTC DS 3231

- Voltaje de Operación: 3.3V - 5V
- RTC de alta precisión DS3231 con oscilador interno.
- Exactitud Reloj: 2ppm
- Dirección I2C del DS3132: Read(11010001)
Write(11010000)
- EEPROM AT24C32: 4 KB
- Salida de onda cuadrada programmable.
- Conexión para Arduino Uno: SCL - A5, SDA - A4, VCC - 5V, GND – GND.

4.1.3.2. Funcionamiento

El RTC, por sus siglas en inglés reloj en tiempo real (Real Time Clock), permite agregar tiempo a un programa, por ejemplo, fecha, hora, si bien los controladores tienen contadores internos no son tan exactos como un RTC dedicado. Mide el tiempo a través de un oscilador de cristal y tiene como ventajas: disminuir el trabajo del sistema principal, bajo consumo de energía y precisión.

Figura N° 28: RTC DS 3231.



Fuente: Maxim Integrated (2018) <https://www.maximintegrated.com/>

4.1.4. Sensor de temperatura PT100

4.1.4.1. Características

El sensor de temperatura PT100 es un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohmios de resistencia, cuando aumenta la temperatura también incrementa la resistencia eléctrica. El PT100 industrial es de forma encapsulada, es decir cubierta por un tubo de acero inoxidable o de otro material y en el extremo opuesto se encuentran los terminales eléctricos. Otra característica es si bien los PT100 son de precio elevado y en la parte mecánica no tan rígidos como las termocuplas, son superiores en especial para aplicaciones de bajas temperaturas. Por último, PT100 ofrece entregar presiones de una décima de grado.

4.1.4.2. Especificaciones

- a) PT100 - SS316 – ¼” – 2.5”
- Material de la vaina: Acero Inoxidable 316
 - Diámetro del bulbo: ¼”
 - Largo del bulbo: 2.5”
 - Largo del cable: 3 m.

4.1.4.3. Funcionamiento

Para encontrar la temperatura correspondiente a la resistencia eléctrica se usan tablas puesto que el incremento de la resistencia del platino, si bien no es lineal es creciente.

Figura N° 29: Sensor de temperatura PT100.



Fuente: Arian (2018) <http://www.arian.cl/>.

4.1.5. Actuadores Mecánicos

4.1.5.1. Contactor Trifásico Schneider TeSys D LC1D65AP7

a) Características

- Corriente termica I_{th} : 80 A
- Corriente nominal 380/400V: 65 A
- Tension de aislamiento: 690 V
- Composición de los contactos auxiliares: 1 NA + 1 NC
- Potencia de motores trifasicos de jaula 380/400V: 30 KW
- Rango de operación: 3600 ciclos/hora
- Durabilidad eléctrica: 1.45×10^6 ciclos
- Durabilidad mecánica 6×10^6 ciclos

b) Funcionamiento

Los Contactores de la serie NC1 son dispositivos con capacidad de cortar elevadas intensidades de corriente eléctrica de un motor o carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Capaces de conectar motores hasta 95A. Las dimensiones y su diseño fueron mejorados para tener un producto final superior.

Figura N° 30: Contactor Trifásico Schneider TeSys D LC1D65AP7.



Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/en/product/download-pdf/LC1D65AP7>

4.1.5.2. Relé Encapsulado Scheneider RUMC31P7**a) Características**

- Gama de Producto: Zelio Relé
- Nombre corto de dispositivo: RUM
- Tipo y composición de contactos: 3 C/O
- Voltaje del circuito de control: 230 V CA
- Corriente térmica nominal: 10A en -40°C – 55°C

- Resistencia de la bobina: 6.8 KOhms
- Voltaje máximo de conmutación: 250 V
- Coeficiente de utilización: 20%
- Vida eléctrica: 100×10^3 cicloc
- Vida mecánica 5×10^6 ciclos
- Consumo medio: 3 VA en 60 Hz
- Forma de pin: Cilíndrico
- Botón de prueba bloqueable

b) **Funcionamiento**

El relé encapsulado Scheneider RUMC31P7 es un relé de tipo electromecánico, su funcionamiento es a través de un electro imán que permite la basculación de la cápsula, que al ser activado, abre y cierra los contactos según su configuración

Figura N° 31: Relé Encapsulado Scheneider RUMC31P7.



Fuente: Scheneider Electric Data Sheet RUMC31P7 (2018) <https://www.schneider-electric.com/en/product/...pdf/RUMC31P7>

4.1.5.3. Modulo relé 2 canales SRD-12VDC-SLC

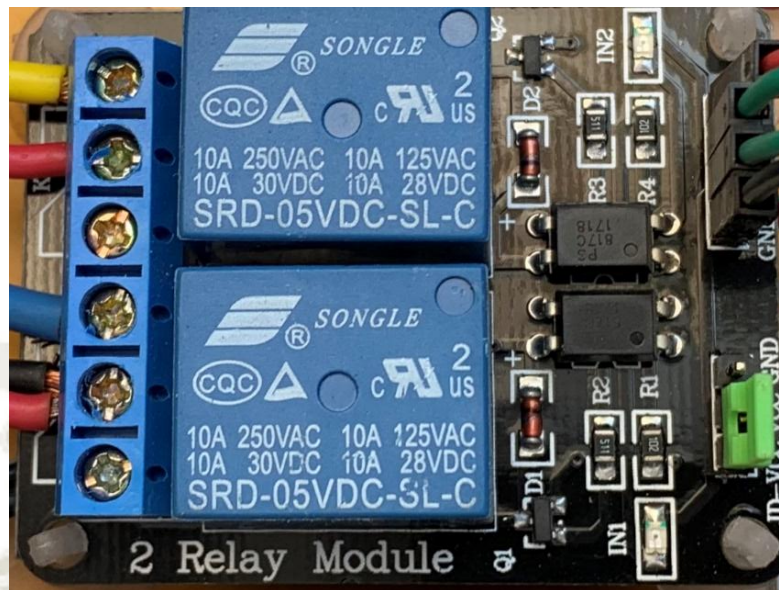
a) Características

- Voltaje de Alimentación: 12 V DC
- Señal de Control: TTL (3.3 V o 5 V)
- Para activar salida NO: 0 Voltios
- Número de Relés (canales): 2 CH
- Código Relés: Songle SRD-12VDC-SL-C
- Capacidad máxima: 10 A / 250 V AC, 10 A / 30 V DC
- Corriente máxima: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Entradas Optoacopladas
- Indicadores LED de activación

b) Funcionamiento

El módulo posee 2 relés Songle, con capacidad de manejar cargas de hasta 250V/10A. Cada canal tiene aislamiento eléctrico mediante un optoacoplador y un indicador de estado por medio de un led. Este módulo relé activa la salida, normalmente abierta NO por sus siglas en inglés (Normally Open), al recibir un “0” lógico (0 Voltios) y desactiva la salida con un “1” lógico (5 voltios).

Figura N° 32: Modulo relé 2 canales SRD-12VDC-SLC.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Actuador de Estado Sólido

4.1.6.1. Relé Estado Sólido 8 canales SSR G3MB-202P

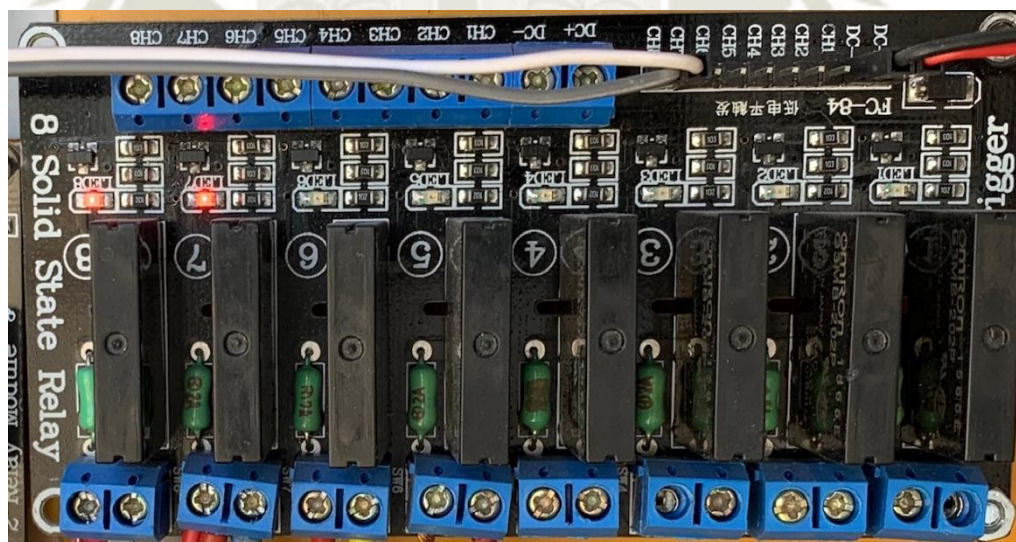
a) Características

- Modelo SSR: G3MB-202P
- Voltaje de Alimentación: 5 V DC
- Corriente de trabajo: 12.5 mA
- Voltaje de control: ON (0V-1.5V) OFF (2.5V-5V)
- Voltaje de la Carga máximo: 240 V AC
- Corriente de la carga máxima: 2 A por relé
- Número de Relés: 8
- Salida: Normalmente Abierto (NO)
- Tiempo de acción: 1 ms

b) Funcionamiento

Los relés de Estado Sólido, por sus siglas en inglés SSR (Solid State Relay). El funcionamiento interno de un relé de estado sólido es el siguiente: al aplicar un voltaje de control (5 V) en la entrada del relé de estado sólido, se enciende un led interno que ilumina y activa un fototransistor o fotodiodo, de esta forma permite el paso de corriente, que a su vez activa un tiristor, que es el dispositivo que finalmente permite el paso de corriente en la carga. El aislamiento óptico por optoacoplador, que permite que el circuito de control esté eléctricamente aislado de la carga.

Figura N° 33: Relé Estado Sólido 8 canales SSR G3MB-202P.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. Dynamic DNS

4.1.7.1. Características

Con Dynamic DNS o DNS dinámico a medida que las direcciones IP que se usan para acceder a distintos dispositivos cambian, Dyn DNS se encarga de actualizarlo, asegurando siempre la conexión. Dyn DNS elimina las molestias y el error humano que se asocian con el seguimiento de direcciones IP dinámicas y permite evitar la compra de IP fijos, que suelen ser de costo muy elevado.

4.1.7.2. Aplicaciones

Dynamic DNS es una solución la cual permite elegir un host único y vincularlo a cualquier dispositivo compatible con IP (router, cámara de vigilancia, termostato, computadora, etc). Por lo tanto, con Dyn DNS podemos: recuperar archivos y aplicaciones desde cualquier lugar, monitorear un sistema de seguridad, proporcionar soporte técnico a computadoras de forma remota, soluciones domóticas.

4.1.8. Comunicación TCP/IP

4.1.8.1. Protocolo TCP/IP

De lo explicado por el portal de IBM (2018), los protocolos de comunicación establecen normas para procedimiento y mensajes, que permiten el intercambio de información entre programas de aplicación y máquinas. Por lo tanto, las máquinas deben cumplir estas normas

para que el mensaje pueda ser interpretado por el sistema principal de recepción.

El protocolo TCP/IP se interpreta en término de niveles o capas.

a) Capa de aplicación

En esta capa, los programas de aplicación envían corrientes de datos o mensajes a uno de los protocolos TCP (Transmission Control Protocol) o UDP (User Datagram Protocol) de la capa de transporte de Internet.

b) Capa de transporte

En la capa de transporte los protocolos TCP o UDP dividen los mensajes en partes más pequeñas llamadas paquetes, se añade una dirección de destino para pasar a la siguiente capa, capa de red de Internet.

c) Capa de red

Se colocan los paquetes en un datagrama de IP, se añade la cabecera y cola del datagrama, decide si enviará el datagrama a un destino directamente o a una pasarela y a continuación el datagrama a la capa de interfaz de red.

d) **Capa de interfaz de red**

Esta capa recibe los datagramas IP y los transmite mediante un hardware de red específico como tramas.

e) **Hardware**

Son por ejemplo redes en anillo o redes Ethernet.

Para el sentido inverso, es decir desde el hardware hasta la capa de aplicación, cada capa retira la información de la cabecera correspondiente. En un entorno real los sistemas principales de red envían y reciben datos simultáneamente.

4.1.8.2. **Puertos de Comunicación**

Los números de puerto se usan para tener un registro de las distintas conversaciones que hay en la red simultáneamente, por lo que las aplicaciones son establecidas mediante una dirección única en el equipo llamado puerto, codificada en 16 bits. De esta forma con la dirección IP se puede identificar un equipo único en la red y con el puerto se especifica la aplicación donde se envía la información.

4.1.9. **Router Mikrotik hEX lite**

4.1.9.1. **Características**

El router hEX lite o RB750r2 es un pequeño router ethernet de 5 puertos, el cual es asequible, pequeño y de fácil uso. Probablemente el MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo) más accesible en el mercado.

4.1.9.2. Especificaciones

a) Mikrotik hEX lite

- Código del producto: RB750r2
- Frecuencia nominal del CPU: 850 MHz
- Núcleos del CPU: 1
- RAM: 64 MB
- Puertos 10/100 Ethernet: 5
- CPU: QCA9531-BL3A-R
- Voltaje de Alimentación: 6 – 30 V
- Sistema Operativo: RouterOS

Figura N° 34: Router Mikrotik hEX lite



Fuente: Mikrotik (2018) <https://mikrotik.com/product/RB750r2#fndtn-gallery>

4.2. Descripción del desarrollo del proyecto

4.2.1. Descripción del diseño

En la búsqueda de dar solución a la problemática de no contar con un acceso remoto para el accionamiento del arranque del sistema frigorífico, se hallaron posibles soluciones, las mismas que tenían ciertas limitaciones en su funcionamiento, la mayoría de soluciones implicaba que la empresa cuente con una IP fija, la misma que es brindada por los operadores ISP (Internet Service Provider), no obstante el costo de este servicio es muy elevado en la ciudad de Arequipa, para ello se encontró una herramienta alternativa llamada Dyn DNS, la cual permite enmascarar la IP pública del modem de internet de la empresa, puesto que en la actualidad las IP públicas brindadas por los ISP van cambiando aleatoriamente, finalmente Dyn DNS permite capturar la IP dinámica y asignarle una URL (Uniform Resource Locator), permitiendo así tener acceso a un router mediante la URL creada. Por otro lado, para accionar los equipos electrónicamente se requiere un microcontrolador y este apoyado por un módulo Ethernet para poder conectarse con el router, todo conectado a través protocolo TCP/IP, logrando así accionar mediante el microcontrolador actuadores mecánicos.

Seguidamente se planteó una solución al sistema de defrost actual de la empresa, ya que su accionamiento era mecánico, teniendo en cuenta que el accionamiento del arranque es a través de protocolo TCP/IP se decidió hacer uso del mismo protocolo, por medio de otro microcontrolador y un módulo Ethernet, para poder accionar actuadores mecánicos que cumplan la función del proceso de defrost.

4.2.2. Descripción de la implementación

Una vez fijados los criterios se procedió a la implementación secuencial según la importancia del diseño general.

Primero se implementó un router Microtik en la oficina principal de la empresa y se reorganizó la red local, además también se reorganizó todo el direccionamiento IP con asignación de puerto, seguidamente se adquirió un servicio anual de Dyn DNS y se realizó las configuraciones correspondientes.

Segundo, se instalaron los dispositivos dentro de un tablero metálico hermético, este tablero electrónico, se implementó en el área de máquinas de la empresa, después se realizó la instalación un contactor trifásico en la línea principal de entrada del tablero eléctrico existente paralelo a eso se instaló un sensor de temperatura PT100 dentro de la cámara frigorífica adosada a la resistencia eléctrica del defrost.

Tercero, se realizó la interconexión del tablero electrónico con el tablero eléctrico existente, además se probó el direccionamiento IP y por último se realizaron pruebas, correcciones y modificaciones de todo el sistema.

4.3. Parámetros de acceso remoto y control

Para la implementación del acceso remoto se tomaron en cuenta algunos criterios principales como: velocidad de conexión, pérdida de datos, latencia de respuesta e interfaz del usuario.

- Velocidad de conexión: Husky SAC actualmente cuenta con una velocidad de 8 Mbps con tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), todo esto gestionado a través un modem router TP Link TD-W8901N, el cual cuenta con firmware de la empresa Movistar, este firmware por pertenecer a la empresa operadora tiene limitaciones de acceso y control.

- **Perdida de datos:** Se testeó el acceso a los equipos a través de la red LAN (Red de área local) y WAN (Red de área amplia), hallando perdidas por el tipo de cable y conectores, los cuales se tuvieron que modificar para su buen funcionamiento.
- **Latencia de respuesta:** Se realizó el escaneó de IP y testeó de redes, es decir realizó Ping a los dispositivos de acceso remoto y cada host de la empresa, para verificar su correcto funcionamiento.
- **Interfaz del usuario:** Se realizaron sendas interfaces para el arranque y defrost, de modo que sean de manipulación simple para el operador, todo esto a través de dos portales web.

4.4. Configuración de acceso remoto por protocolo TCP/IP

Para la configuración de la conexión entre la cámara de refrigeración con el exterior y para realizar el monitoreo (Husky - Internet) se ha realizado una configuración de una red VPN básica con un Mikrotik RB 750. El cual es un router comercial de 5 puertos.

Dicho puerto está encargado de realizar la asignación y direccionamiento de puertos al realizar el ingreso desde internet.

Figura N° 35: Portal web Mikrotik.



Fuente: Mikrotik (2018) <https://mikrotik.com>.

Tabla N° 4: Asignación de puertos.

EQUIPO	Dirección URL	Puerto Local / VPN	IP Local
Router MikroTIK	http://huskysac.dyndns.tv/	http 80 / 80	192.168.1.1
Remote Control Power	http://huskysac.dyndns.tv:5011	http 80 / 5011	192.168.1.150
SITRAD	http://huskysac.dyndns.tv:165	http 80 / 165	192.168.1.190

Fuente: Elaboración propia.

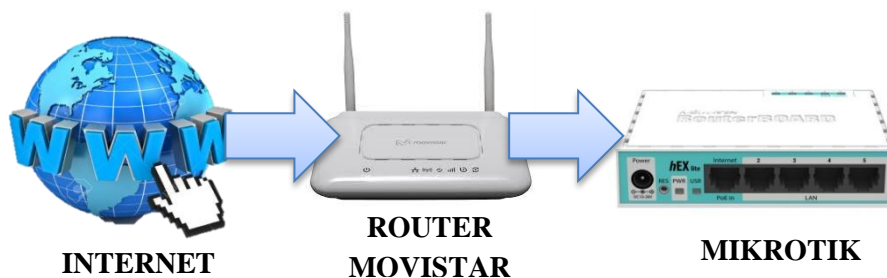
En la Tabla N°4, se muestra las direcciones configuradas para cada equipo en Husky SAC y la configuración de asignación de puertos de ingreso y salida dentro de la red LAN de la empresa.

4.4.1. Configuración Mikrotik RB750

Para la configuración básica del router RB 750 de Mikrotik se realizó una serie de pasos con el fin de poder configurar de manera exitosa el equipo. Husky SAC al poseer un servicio IPS por medio de tecnología ADSL se necesitó poder convertir la señal ADSL a Ethernet para poder recién trabajarla en el router Mikrotik, es decir, realizaremos la configuración en modo bridge al equipo de Movistar.

Todo esto ya que Mikrotik solo cuenta con entradas Ethernet.

Figura N° 36: Esquema general de trabajo para acceso remoto.



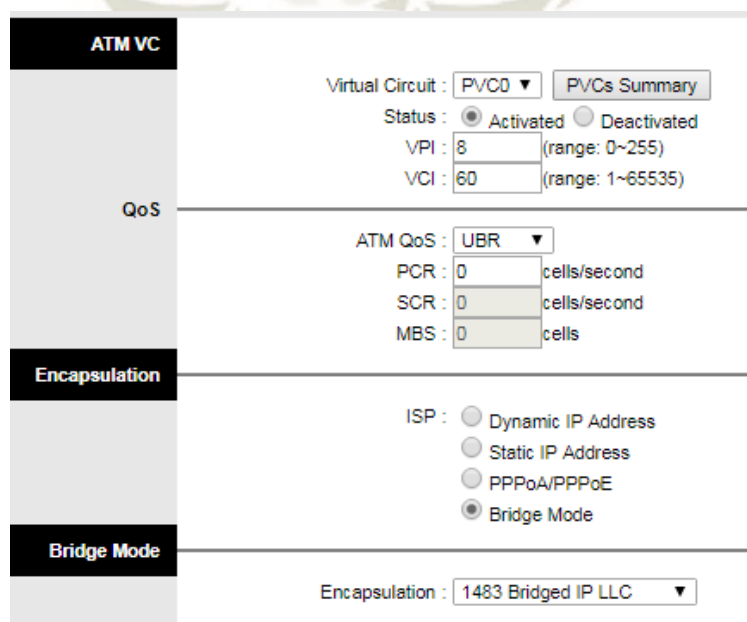
Fuente: Elaboración propia.

Como primer paso, se realizó una verificación de la conexión a internet en la Oficina de la empresa Husky SAC; obteniendo resultados de una conexión domiciliar de 8 Mbps, los cuales tienden a sufrir variaciones y picos de velocidad durante el transcurso del día, esto posiblemente afecte la transferencia de datos o pérdida de paquetes. Así mismo, se verificó y constató que el servicio de internet a disposición es brindado es a través del operador Movistar con una línea ADSL.

La conexión a internet puede realizarse a través de cualquier dispositivo ya que únicamente es necesario un acceso a internet para que el router Mikrotik realice el ruteo general y así pueda convertirse en el router principal.

Configurar el modem router de Movistar en modo bridge, para ello ingresaremos al portal web del equipo a través de su dirección IP original 19.168.1.1. Una vez dentro nos iremos al apartado de Configuración, ahí en el apartado Encapsulación seleccionaremos la opción “Bridge Mode”, seguidamente se guardará.

Figura N° 37: Cambio modem TP Link a modo bridge.



The screenshot shows a configuration page with the following settings:

- ATM VC:** Virtual Circuit: PVC0, P/Cs Summary
- Status:** Activated, Deactivated
- VPI:** 8 (range: 0~255)
- VCI:** 60 (range: 1~65535)
- QoS:** ATM QoS: UBR
- PCR:** 0 cells/second
- SCR:** 0 cells/second
- MBS:** 0 cells
- Encapsulation:**
 - Dynamic IP Address
 - Static IP Address
 - PPPoA/PPPoE
 - Bridge Mode
- Bridge Mode:** Encapsulation: 1483 Bridged IP LLC

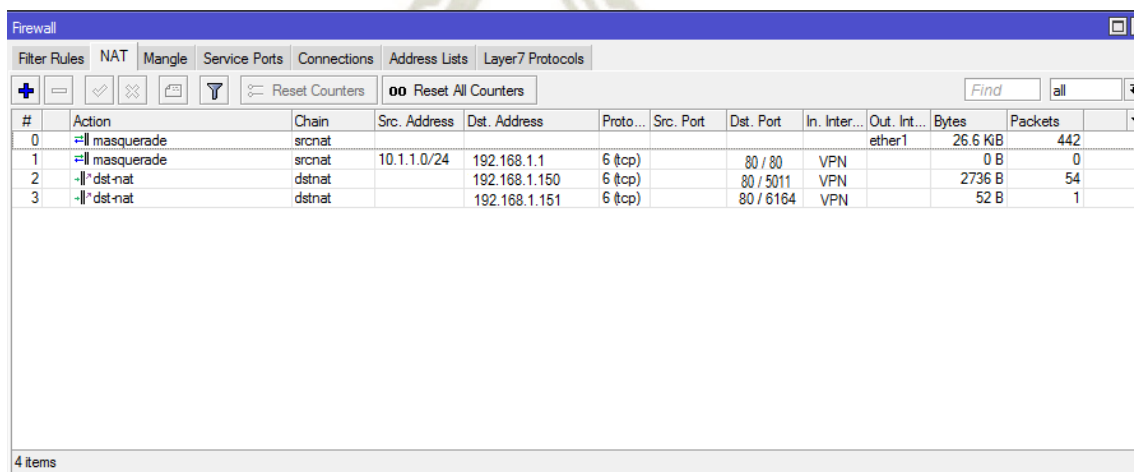
Fuente: Elaboración propia.

Dicha configuración permitirá liberar de forma general la conexión de la red local hacia el exterior, ya que al no hacer la traducción de direcciones de red o NAT (Network Address Translation), únicamente modula la señal de internet para poder usarla a partir de ahí. Una vez realizado el cambio se tiene que realizar el cambio de IP al equipo ya que a partir de ahora el Mikrotik se le considerara como puerta de enlace, así que llevará la IP 192.168.1.1 antiguamente también usada por el modem de Movistar.

En modo bridge, el equipo ya no realizará gestión, es decir, abrir puertos, porque todo pasará sin restricciones a través del equipo. Por ese motivo es recomendable que cuando el router está en este modo bridge de operación se ejecute un firewall en el Mikrotik por seguridad del usuario.

Seguidamente, se configura el equipo Mikrotik RB 750 como router principal, ya que a través de un puerto Ethernet del modem de Movistar (TP Link) entregará la entrada de red de área amplia WAN (Wide Area Network) principal hacia el Mikrotik, seguidamente se configuró el Mikrotik a fin de asignarle las IP, puertos de entrada y salida como se muestra en la Tabla N°3.

Figura N° 38: Reglas de ruteo NAT en el Mikrotik.



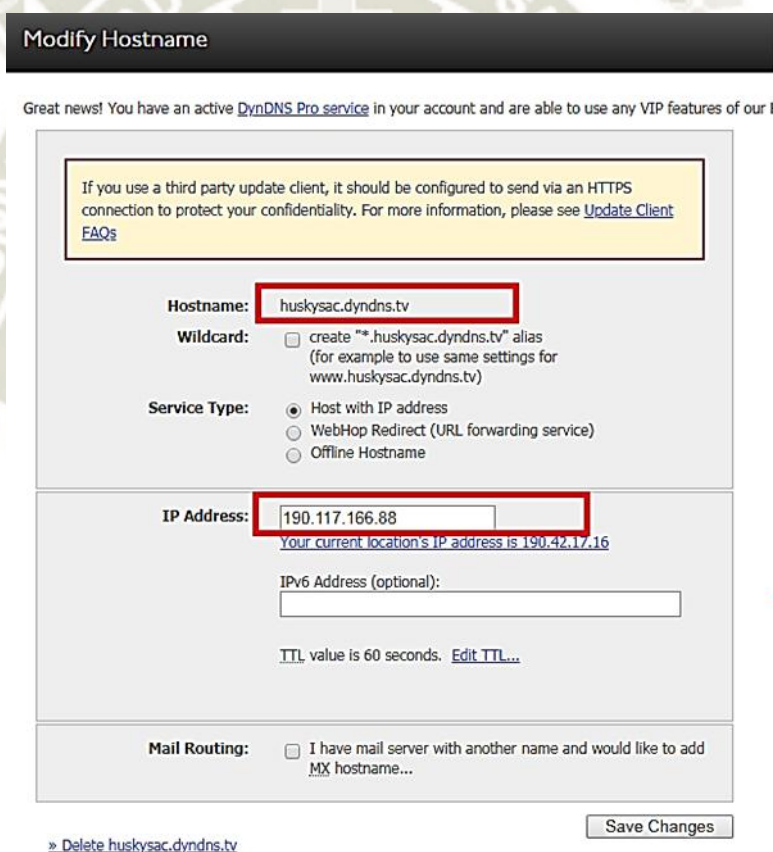
#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Bytes	Packets
0	masquerade	srcnat							ether1	26.6 KiB	442
1	masquerade	srcnat	10.1.1.0/24	192.168.1.1	6 (tcp)		80 / 80	VPN		0 B	0
2	-dst-nat	dstnat		192.168.1.150	6 (tcp)		80 / 5011	VPN		2736 B	54
3	-dst-nat	dstnat		192.168.1.151	6 (tcp)		80 / 6164	VPN		52 B	1

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se registró el router Mikrotik RB750 con usuario y contraseña de Dyn DNS para poder acceder a la dirección IP pública; es decir, que cuando accedamos al router a través de su IP pública, este a través de direccionamiento de traducción de direcciones de red NAT nos direccionará hacia los equipos con puerto 80.

Se puede trabajar sin Dyn DNS para el enrutamiento, pero en vías de asegurar la conexión y de que no se pierda la dirección pública del equipo enmascararemos la IP pública con dirección URL.

Figura N° 39: Asignación de URL para enmascarar IP pública.



The screenshot shows the 'Modify Hostname' configuration page for a DynDNS Pro service. The page includes a notification about an active service, a warning about using third-party update clients, and configuration fields for Hostname, Wildcard, Service Type, IP Address, IPv6 Address, and Mail Routing. The 'Host with IP address' service type is selected, and the IP address '190.117.166.88' is entered. A 'Save Changes' button is visible at the bottom right.

Great news! You have an active [DynDNS Pro service](#) in your account and are able to use any VIP features of our f-

If you use a third party update client, it should be configured to send via an HTTPS connection to protect your confidentiality. For more information, please see [Update Client FAQs](#)

Hostname:

Wildcard: create "*.huskysac.dyndns.tv" alias (for example to use same settings for www.huskysac.dyndns.tv)

Service Type: Host with IP address
 WebHop Redirect (URL forwarding service)
 Offline Hostname

IP Address:
Your current location's IP address is 190.42.17.16

IPv6 Address (optional):

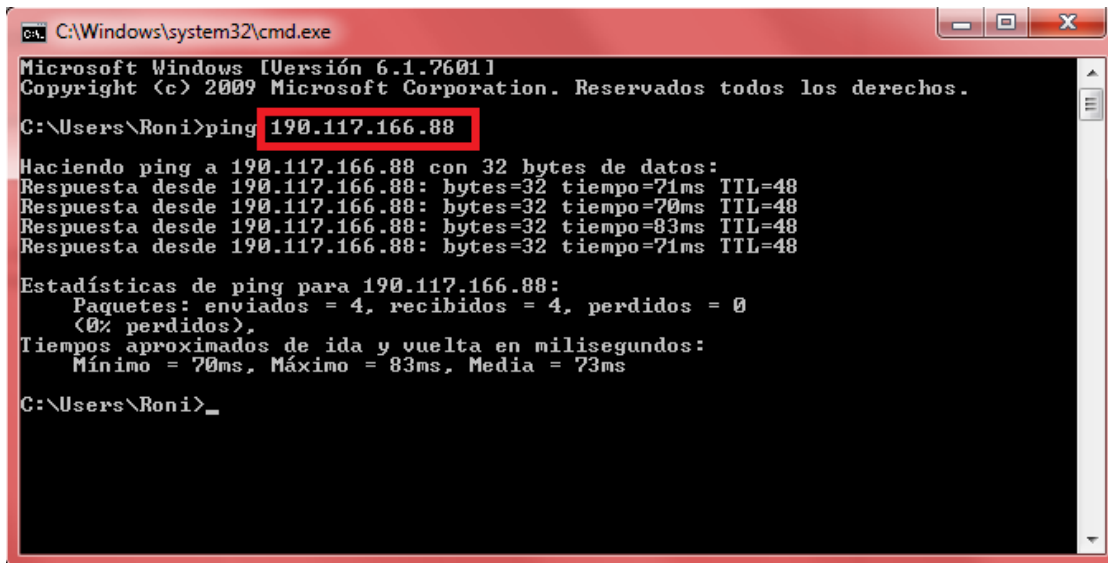
TTL value is 60 seconds. [Edit TTL...](#)

Mail Routing: I have mail server with another name and would like to add MX hostname...

[» Delete huskysac.dyndns.tv](#)

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 40: Ping a IP pública de router Mikrotik.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Roni>ping 190.117.166.88

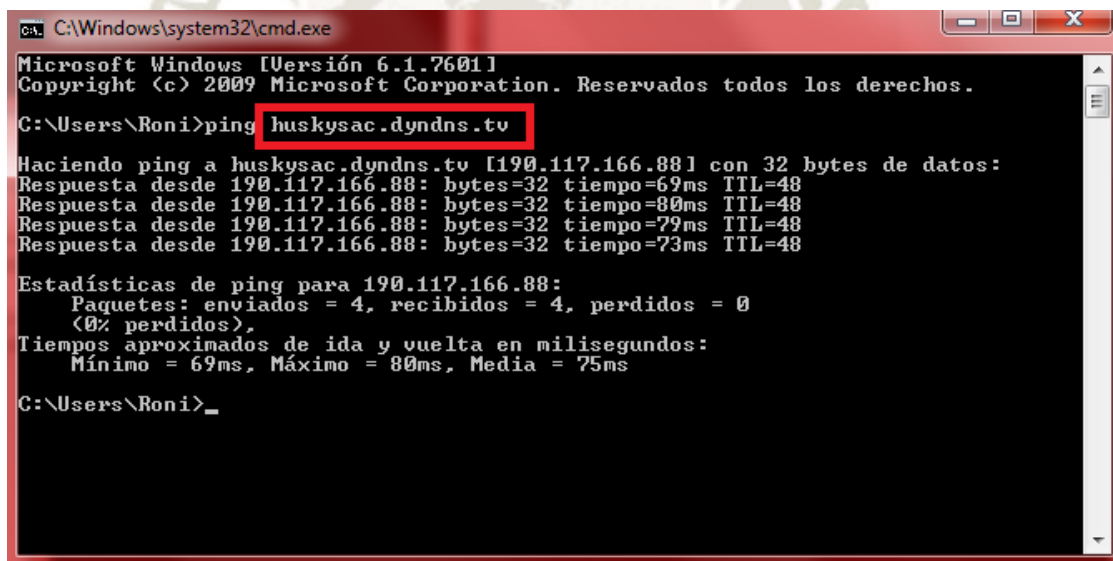
Haciendo ping a 190.117.166.88 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=71ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=70ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=83ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=71ms TTL=48

Estadísticas de ping para 190.117.166.88:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 70ms, Máximo = 83ms, Media = 73ms

C:\Users\Roni>_
    
```

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 41: Ping a URL con Dyn DNS.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Roni>ping huskysac.dyndns.tv

Haciendo ping a huskysac.dyndns.tv [190.117.166.88] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=69ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=80ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=79ms TTL=48
Respuesta desde 190.117.166.88: bytes=32 tiempo=73ms TTL=48

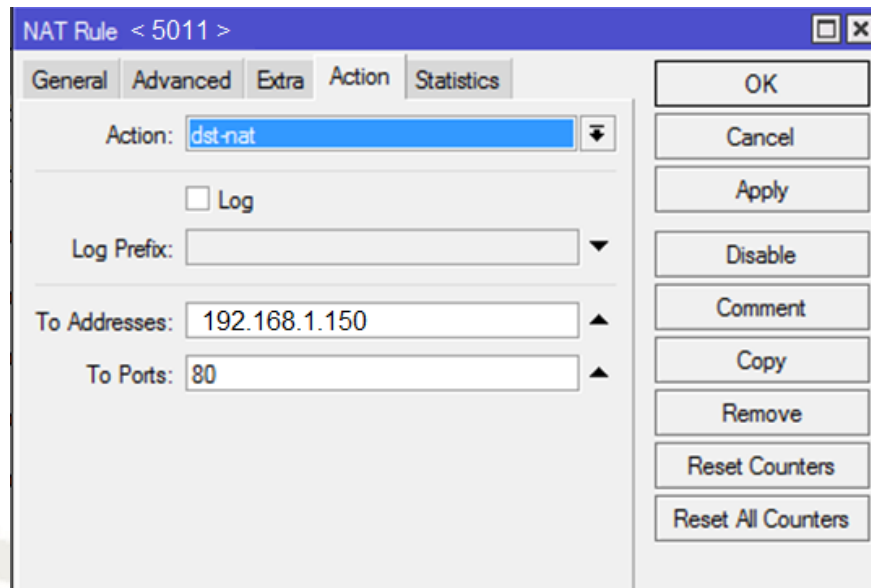
Estadísticas de ping para 190.117.166.88:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 69ms, Máximo = 80ms, Media = 75ms

C:\Users\Roni>_
    
```

Fuente: Elaboración propia

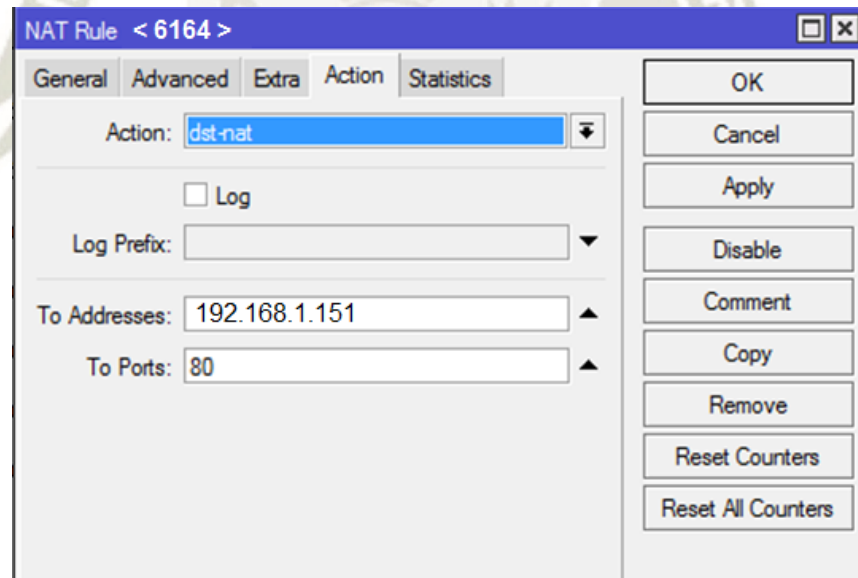
Finalmente, asignamos las IP's en el apartado NAT de nuestro Mikrotik RB750 a cada equipo según nuestra configuración, aquí asignamos un IP extra para que el programa Sitrad de control de refrigeración que se usa en la empresa, de esta forma este pueda contar con un IP fijo.

Figura N° 42: Asignación de IP para controlador de encendido.



Fuente Elaboración propia.

Figura N° 43: Asignación de IP para programa Sitrad.

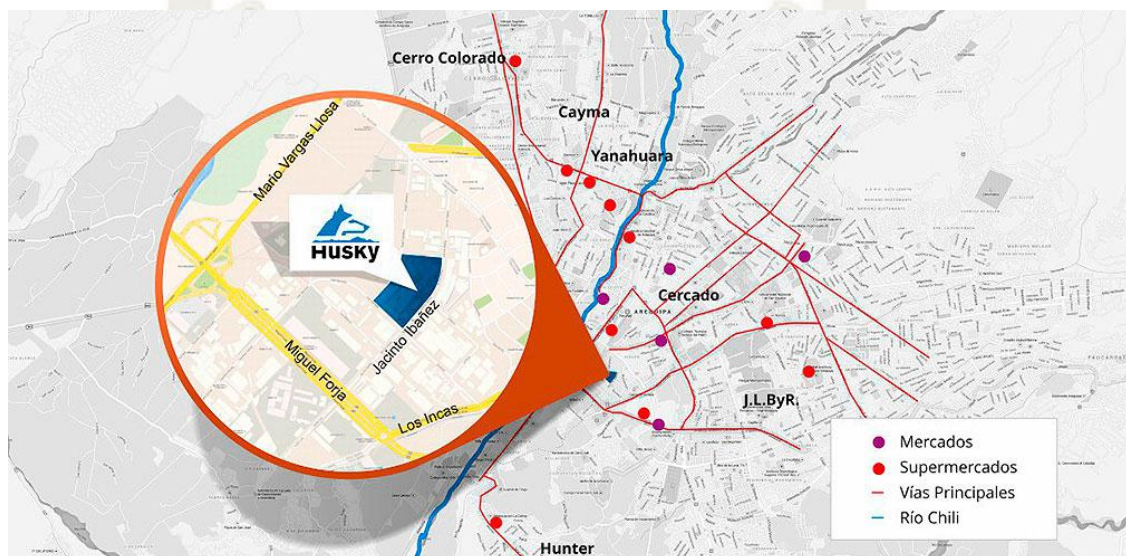


Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Instalación de Mikrotik y ubicación en Husky SAC

Para la instalación y localización se tomaron en cuenta algunos requerimientos según la ubicación de la conexión de internet y la ubicación del tablero eléctrico que se instalaría.

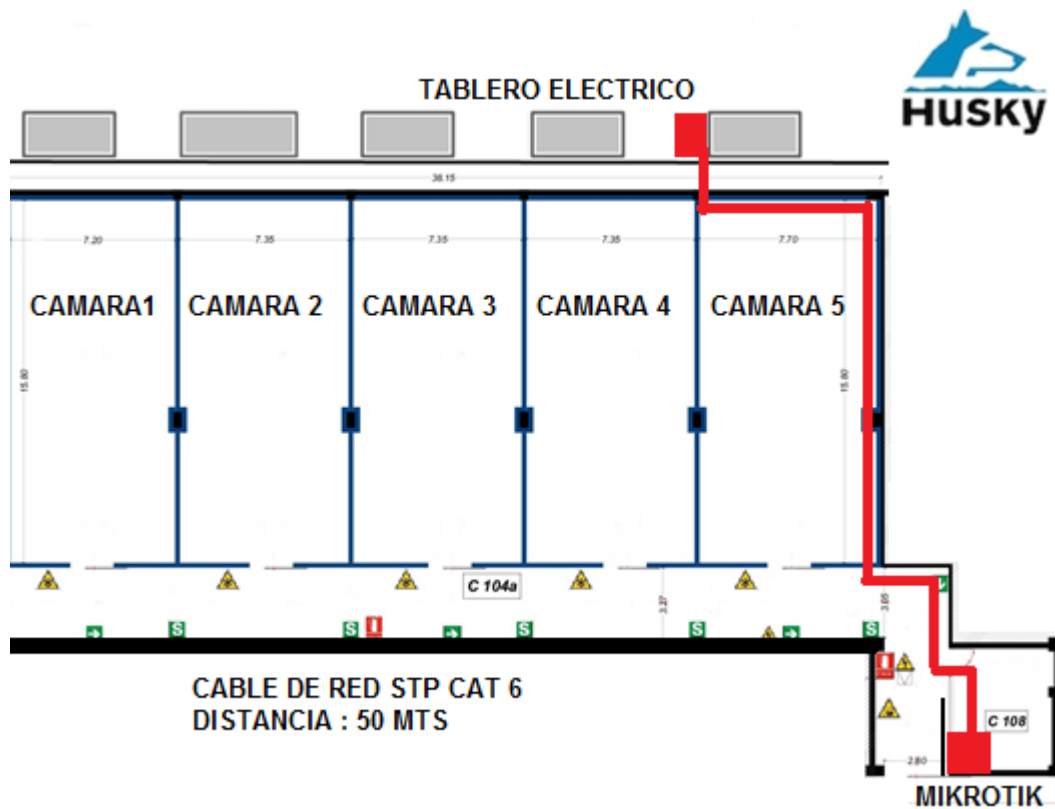
Figura N° 44: Ubicación geográfica de Husky SAC.



Fuente: Husky SAC.

Como se muestra en la Figura N° 44, Husky SAC se encuentra dentro de una zona industrial en la ciudad de Arequipa, en el mismo se ubica la oficina principal, así como las cámaras de refrigeración la cual se automatizará para realizar el encendido remoto y control de defrost, patrón que se tomó muy en cuenta para el diseño de una pequeña red segura para prever las posibles incidencias de interferencias ocasionadas por actuadores eléctricos por ser una zona altamente industrial.

Figura N° 45: Ubicación de modem y tablero eléctrico en Husky SAC.



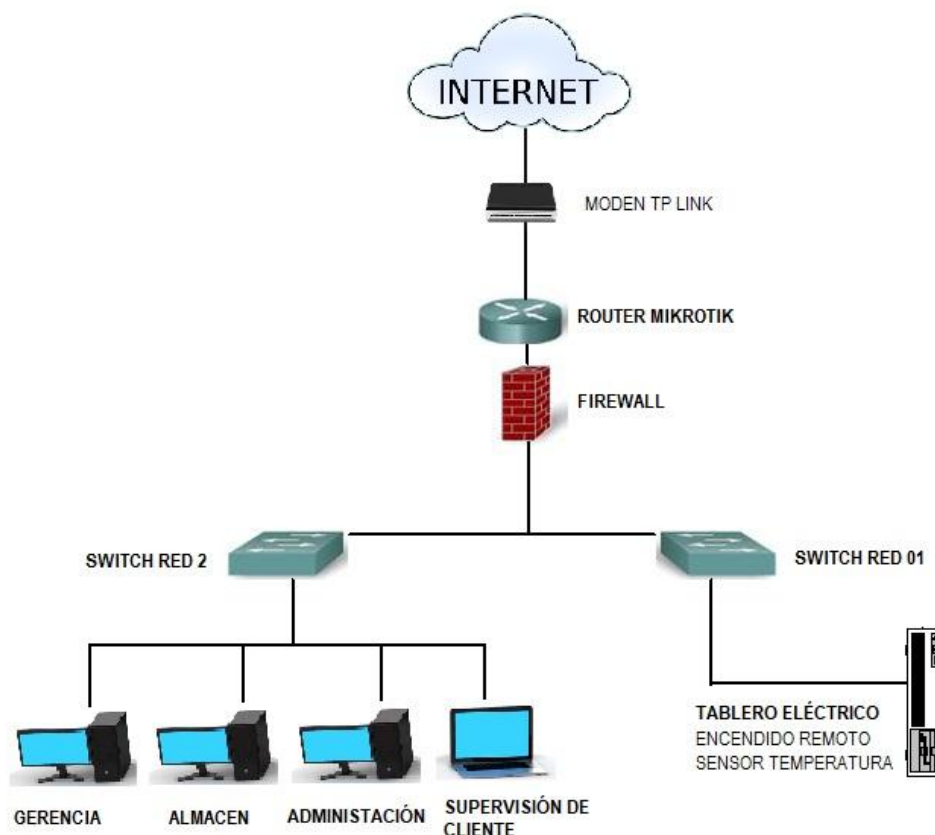
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°45, se observa que el punto de acceso a internet se encuentra dentro de la oficina de gerencia, ahí mismo se realizó la instalación del router Mikrotik RB 750, ya que el modem del operador de Movistar se encontraba en un inicio en ese lugar.

Además, se utilizó el cable Dixon 9066 categoría 6 STP de doble apantallado de aluminio para el tramo de 50 metros el cual consta de cuatro conductores calibre 23 AWG separados por una cruceta interior de policarbonato, todo esto para evitar la interferencia eléctrica de posibles actuadores en el lugar ya que la zona es una zona altamente industrial.

Para asegurar el correcto funcionamiento, se hizo una reorganización en la red local de la empresa. Asignación de IP para evitar posibles conflictos en la red y testeo de velocidad.

Figura N° 46: Organización de red en la empresa Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

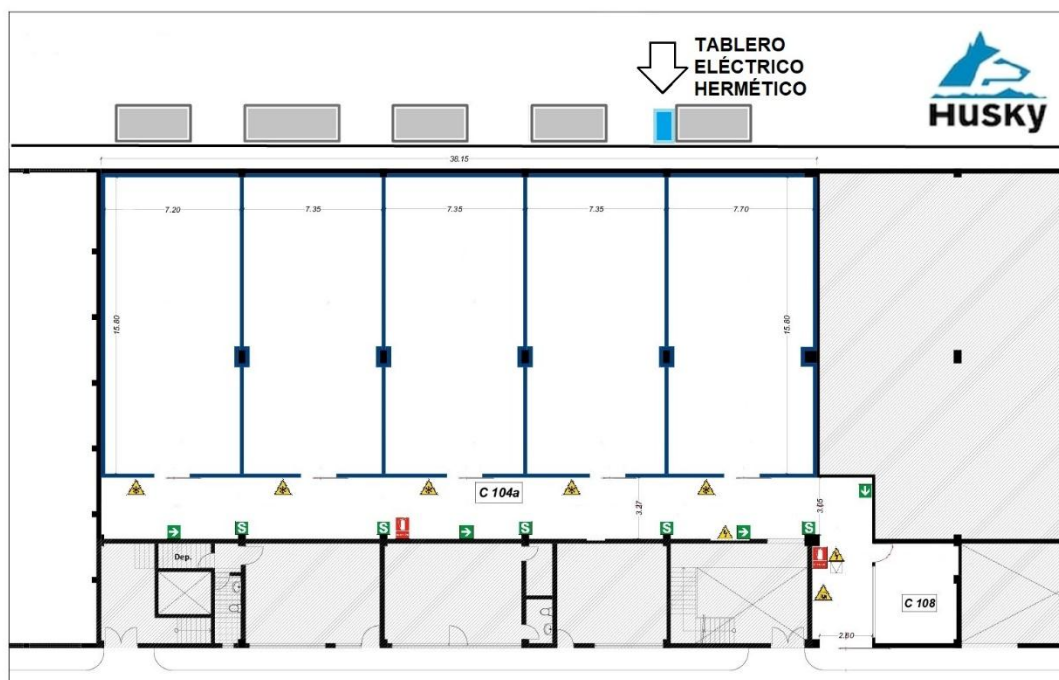
4.5. Configuración de control de actuadores

El firmware desarrollado para los microcontroladores ATmega se enfocó en la conexión Ethernet, esto para el control remoto y accionamiento del sistema de defrost, todo esto es posible gracias a la gran estandarización con la que trabajan dichos controladores, es así como podemos conseguir a través de una conexión Ethernet salida hacia actuadores y lectura de diversos sensores. Para ello se hizo uso del módulo Ethernet W5100, el cual posibilita la conexión entre usuario final y el microcontrolador.

4.5.1. Plano de ubicación de tablero eléctrico hermético en Husky SAC

Se realizó la instalación de un tablero eléctrico hermético, con el fin de evitar filtraciones de agua dentro de los componentes electrónicos ya que dicho dispositivo fue instalado en la parte de atrás de la empresa, donde también están instaladas los condensadores y compresores de gas refrigerante.

Figura N° 47: Ubicación del tablero eléctrico en Husky SAC.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 48: Instalación del tablero eléctrico.

Fuente Elaboración propia.

4.5.2. Programación sobre Ethernet W5100 para el Encendido Remoto

El firmware o código desarrollado para el microcontrolador ATmega32 o Arduino Uno, se enfocó en una conexión de tipo alámbrica ethernet, el cual posibilita el acceso remoto para realizar el encendido de la cámara, esto último a través de relés encapsulados. Apoyándonos en la tecnología que ya existe, se usó un módulo Ethernet con chip W5100 el cual ofrece la interfaz Ethernet a través de un conector RJ45 clásico.

4.5.2.1. Librerías IDE para acceso remoto

Las librerías utilizadas fueron parte de la implementación ya que ayudan y posibilitan la reducción de código, es decir, son bloques de códigos ya compilados.

a) Liberia SPI

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <SPI.h>
```

Es un protocolo de datos en serie síncrono utilizado por los microcontroladores para comunicarse rápidamente con uno o más dispositivos periféricos en distancias cortas. También se puede usar para la comunicación entre dos microcontroladores.

Con una conexión SPI, siempre hay un dispositivo maestro (generalmente un microcontrolador) que controla los dispositivos periféricos. Normalmente, hay tres líneas comunes a todos los dispositivos:

MISO (Master In Slave Out) - La línea esclava para enviar datos al maestro,

MOSI (Master Out Slave In) - La línea Master para enviar datos a los periféricos,

SCK (Serial Clock) - Los pulsos de reloj que sincroniza la transmisión de datos generada por el maestro y una línea específica para cada dispositivo:

SS (Slave Select): el pin en cada dispositivo que el maestro puede usar para habilitar y deshabilitar dispositivos específicos.

b) Liberia Ethernet

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

#include <Ethernet.h>

La librería Ethernet es la usada para manejar el Ethernet shield que implementa la pila de protocolos TCP/IP y dentro de Arduino se implementan los protocolos en la capa de aplicación. La librería se usa entre otras cosas para mandar por Ethernet el protocolo programado en Arduino.

La librería Ethernet se compone de cinco clases, cada una con sus métodos.

- **Ethernet Class:** Inicializa la librería ethernet y las configuraciones de red.
- **IPAddress Class:** Trabaja con IPs locales y remotas. Facilita el trabajo con direcciones IPs.
- **Server Class:** Crea un servidor que puede mandar y recibir datos de los clientes conectados.
- **Client Class:** Crea un cliente que se conecta a un servidor y puede mandar y recibir datos.
- **EthernetUDP Class:** Habilita el envío y recepción de mensajes UDP.

c) Librería EEPROM

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción

#include <EEPROM.h>

El microcontrolador en la placa Arduino tiene EEPROM: memoria cuyos valores se guardan cuando la placa se apaga (como un disco duro pequeño). Esta biblioteca le permite leer y escribir esos bytes.

La EEPROM es una memoria no volátil que dispone el microcontrolador de Arduino que nos permite guardar datos para poder recuperar en caso de pérdida de alimentación de nuestro dispositivo.

La gran desventaja que tiene la EEPROM es que tiene un número limitado de escrituras, por lo que debemos calcular cuántas veces se va a escribir en ella para calcular su vida útil con nuestro programa. Además, la velocidad de lectura y escritura es inferior que en la SRAM y Flash.

Cuenta con las siguientes instrucciones:

- **EEPROM Clear:** Borra los bytes en la EEPROM.
- **EEPROM Read:** Lee la EEPROM y envía sus valores a la computadora.
- **EEPROM Write:** Almacena valores desde una entrada analógica a la EEPROM.
- **EEPROM Crc:** Calcula el CRC de los contenidos de la EEPROM como si fuera una matriz.
- **EEPROM Get:** Obtiene valores de EEPROM e imprime como flotante en serie.

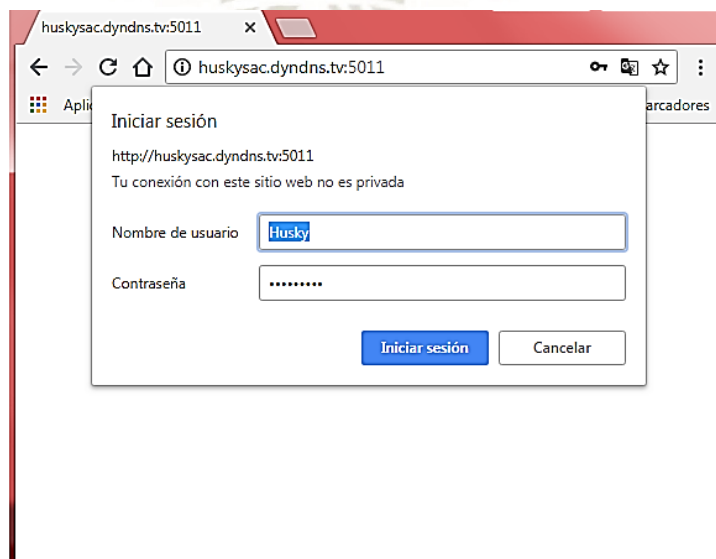
- **EEPROM Iteration:** Comprenda cómo recorrer las ubicaciones de memoria EEPROM.
- **EEPROM Put:** Poner valores en EEPROM usando semántica variable.
- **EEPROM Update:** Almacena los valores leídos de A0 en EEPROM, escribiendo el valor solo si es diferente, para aumentar la vida de EEPROM.

4.5.2.2. Código para microcontrolador Arduino Uno

El firmware que se desarrolló para el control de encendido remoto se tomó en cuenta algunas condiciones de operación ya que el acceso únicamente debería ser posible por personal autorizado, ya que la cámara en mención maneja recursos de almacenamiento en la cámara de refrigeración.

a) Acceso por usuario y contraseña

Figura N° 49: Portal web de acceso al encendido remoto.



Fuente: Elaboración propia.

Para ello se creó un algoritmo básico el cual permite loguear un usuario y contraseña y en fin de poder cifrarlo para darle un nivel más de seguridad se codifico en Base64.

Tabla N° 5: Usuario y contraseña codificada en Base64

Usuario	Husky
Contraseña	husky2017

Fuente: Elaboración propia.

b) Código asignación de IP y puerto

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <EEPROM.h>
const int pinLed1 = 2;
const int pinLed2 = 3;
const int pinLed3 = 7;
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = { 192, 168, 1, 150 };
```

Se asigna el IP 192.168.1.150 para el encendido remoto, mediante la programación en el Arduino Uno.

c) Código restricción de usuario y contraseña

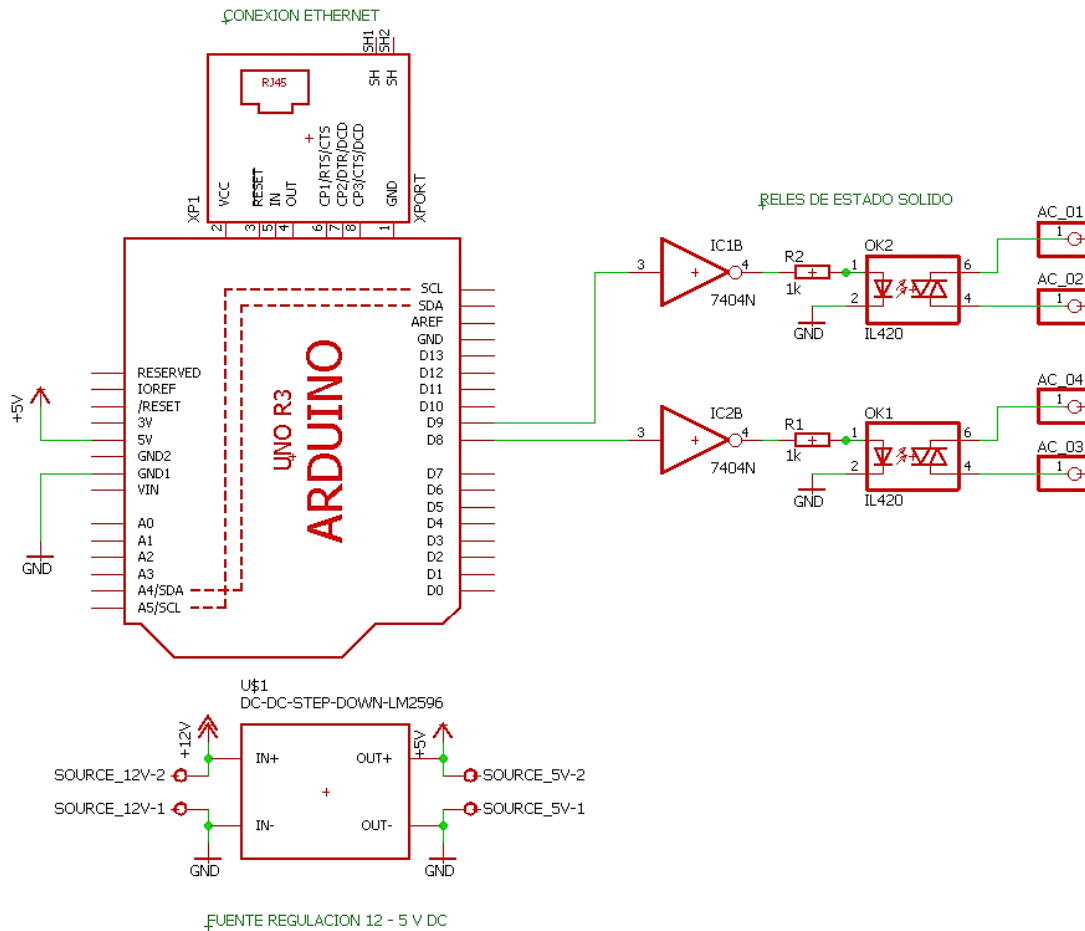
```
// Inicializacion
}
if (c == '\n') {
currentLineIsBlank = true;
if (strstr(linebuf,"Authorization: Basic")>0 && strstr(linebuf,"
SHVfa3k6aHVza3kyMDE1")>0)
authenticated=true;
memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
charcount=0;
}

//Condicion verdadera de usuario y contraseña
client.println(F("HTTP/1.1 200 OK")); //send new page
client.println(F("Content-Type: text/html"));
client.println(F("Refresh: 5"));
client.println();
client.println(F("<HTML>"));
client.println(F("<HEAD>"));
.
.
client.println(F("</HEAD>"));

//Condicion falsa de usuario y conatrseña
else if
```

4.5.2.3. Diagrama eléctrico de encendido remoto

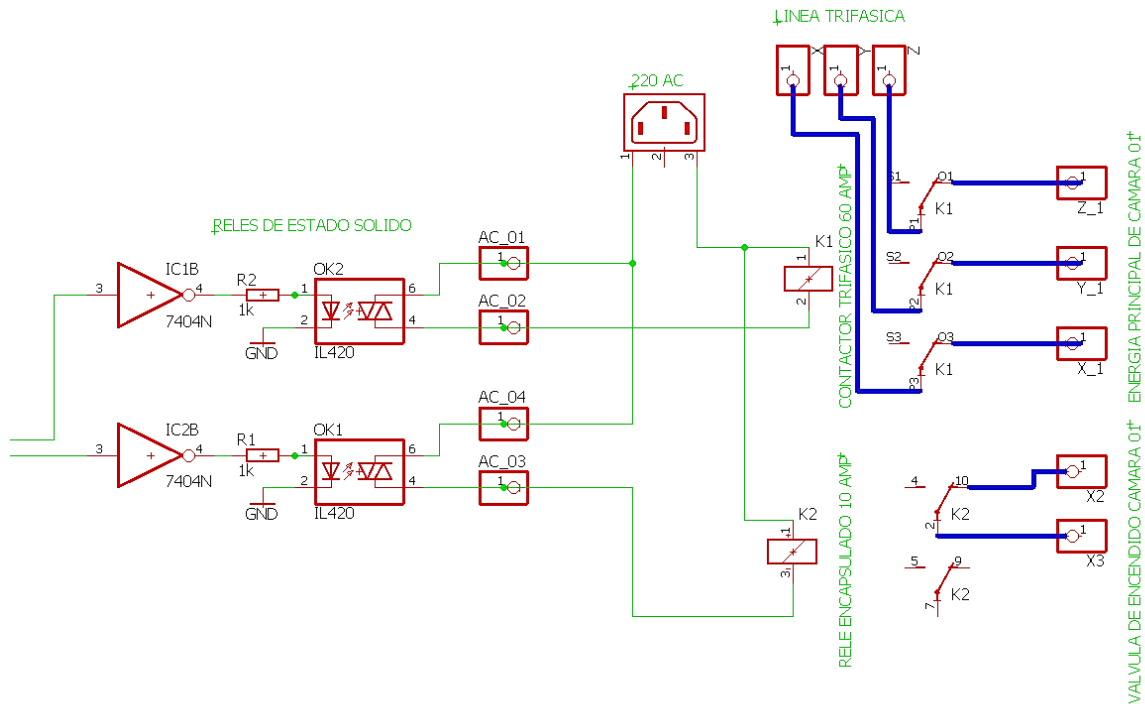
Figura N° 50: Diagrama eléctrico del encendido remoto.



Fuente: Elaboración propia.

La conexión de encendido remoto únicamente dependerá de la entrada Ethernet el cual viene desde el router Mikrotik quien le asigna su IP pública para poder ingresar remotamente; seguidamente, a través del portal web creado en el Firmware se accionarán dos salidas electrónicas para el accionado de 01 contactor trifásico (llave general) y 02 válvula solenoide (llave de arranque de cámara).

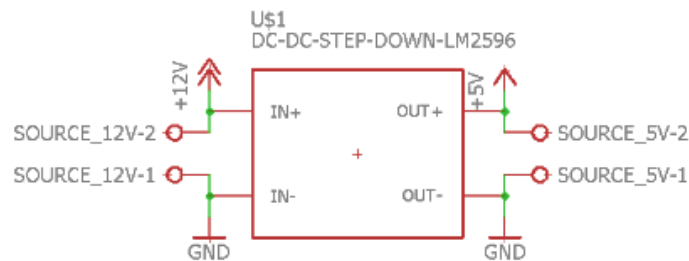
Figura N° 51: Diagrama eléctrico del encendido remoto.



Fuente: Elaboración propia.

Además, se usaron módulos reguladores de tensión, ya que como fuente principal se usó adaptadores de AC a 12 VDC los cuales tenían que ser ajustados a 5 V para los microcontroladores, dichos reguladores trabajan con el IC LM2596.

Figura N° 52: Regulador de tensión VDC para alimentación de relés de estado sólido.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Programación para Encendido Manual

Tomando en cuenta que el accionar remoto ya se había independizado completamente se decidió implementar un encendido manual dentro del tablero hermético, en caso de presentarse paros por emergencia y/o mantenimientos en la cámara frigorífica o en el peor de los casos que el acceso de internet haya caído.

4.5.3.1. Código para microcontrolador Arduino Nano

Se realizó la programación en un mini controlador Arduino Nano, el cual también cuenta con una memoria EEPROM capaz de retener información, esto se consideró ya que, en una supuesta falla de energía, el microcontrolador pueda guardar los últimos estados, y poder restaurar dichos estados cuando la energía retorne en la estación.

Se realiza también el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <EEPROM.h>
```

a) Código asignación de IP y puerto.

```
#include <EEPROM.h>
int ledPinA = 8;
int ledPinB = 9;
const int buttonApin = 2;
const int buttonBpin = 3;
const int buttonCpin = 4;
const int buttonDpin = 5;
// byte leds = 0;
void setup()
{
  pinMode(ledPinA, OUTPUT);
  pinMode(ledPinB, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPinA, EEPROM.read(1));
  digitalWrite(ledPinB, EEPROM.read(2));
  pinMode(buttonApin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonBpin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonCpin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonDpin, INPUT_PULLUP);
}
```

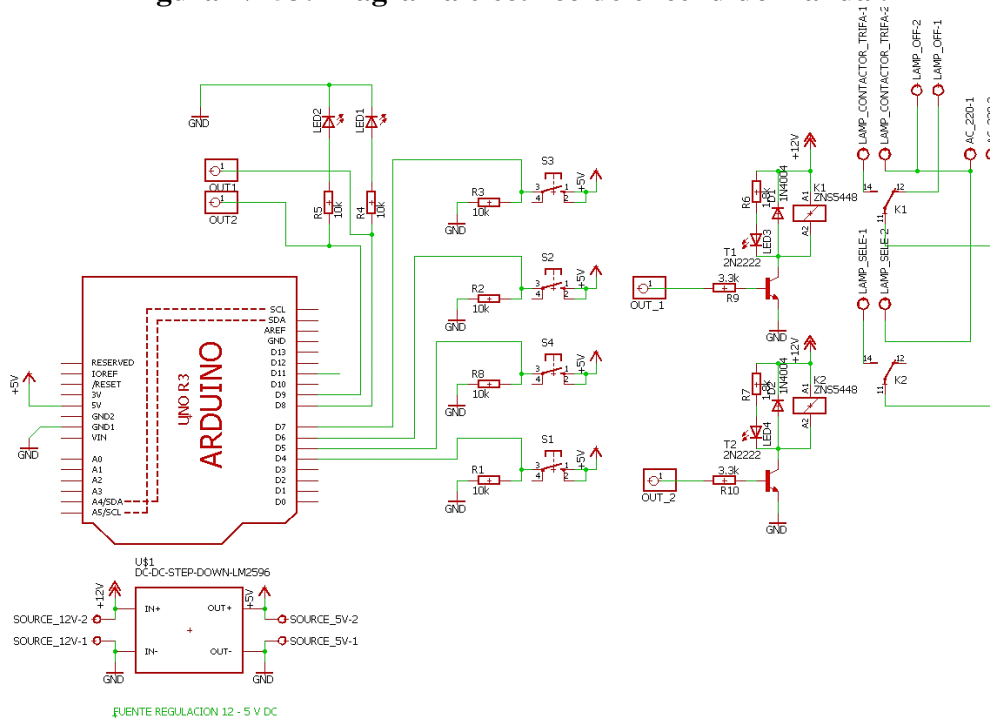
b) Código de encendido manual para Arduino Nano.

```
void loop()
{
  /// primer boton
  if (digitalRead(buttonApin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinA, HIGH);
    EEPROM.write(1,1);
  }
  if (digitalRead(buttonBpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinA, LOW);
    EEPROM.write(1,0);
  }
  /// segundo boton
  if (digitalRead(buttonCpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinB, HIGH);
    EEPROM.write(2,1);
  }
  if (digitalRead(buttonDpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinB, LOW);
    EEPROM.write(2,0);
  }
}
```

Tal como se puede apreciar en el código se tomaron en cuenta cuatro botones para realizar la lectura de los estados de este, cada uno de ellos con una configuración de entrada pull up y como salidas, dos salidas digitales, partiendo del mismo principio del arranque remoto.

4.5.3.2. Diagrama eléctrico de encendido manual

Figura N° 53: Diagrama eléctrico de encendido manual.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Programación en Ethernet W5100 para el control del defrost y monitoreo de temperatura

Para realizar el control de defrost y monitoreo de temperatura de la cámara se realizó nuevamente el uso de módulo W5100 el cual nos permite el acceso al control y monitoreo del microcontrolador, para este caso se usó el microcontrolador Arduino Mega, el cual a través de un portal web de la misma manera que el encendido remoto es capaz de controlar, monitorear el trabajo del programa.

Teniendo en cuenta que el sistema trabajara con tiempos de activación y desactivación, se está realizando el trabajo de programación apoyado en un dispositivo RTC, el cual nos permite obtener una medida de tiempo muy precisa además que el sistema de reloj es independientemente del microcontrolador, así como del suministro de energía por el trabajo que desempeña.

4.5.4.1. Librerías para el control del defrost y monitoreo de temperatura

Se usaron algunas librerías anteriormente mencionadas:

- a. Librería Ethernet
- b. Librería SPI
- c. Librería EEPROM

Para defrost se usaron dos librerías nuevas de gran importancia, librería Wire para el acceso al reloj en tiempo real y la librería Control.h que se encarga de realizar el proceso de control del sistema.

a) Librería WIRE

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <Wire.h>
```

b) Librería DS3231

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <DS3231.h>
```

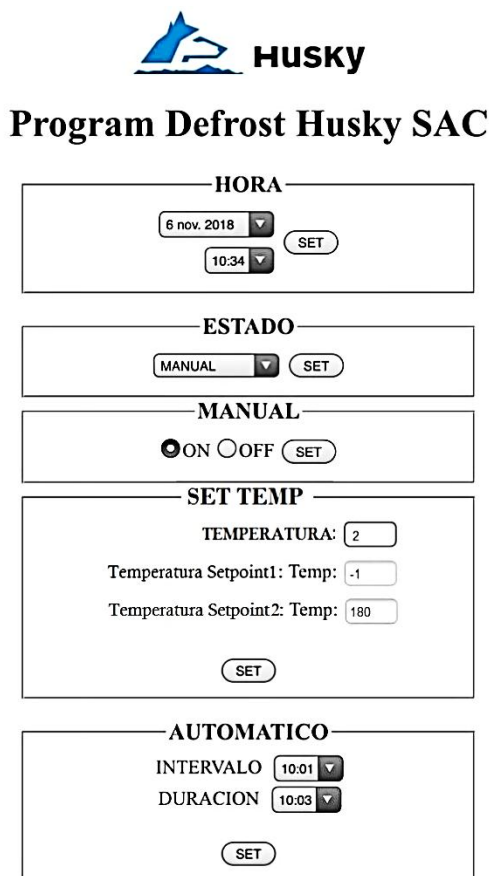
c) Librería MAX31865

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <MAX31865.h>
```

4.5.4.2. Programación para la interfaz web

Figura N° 54: Interfaz web del controlador de defrost.



HUSKY

Program Defrost Husky SAC

HORA

6 nov. 2018

10:34

ESTADO

MANUAL

MANUAL

ON OFF

SET TEMP

TEMPERATURA:

Temperatura Setpoint1: Temp:

Temperatura Setpoint2: Temp:

AUTOMATICO

INTERVALO

DURACION

Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de la programación del sistema de defrost se consideró también contar con un respaldo web para monitoreo y control, ya que es necesario cambiar los parámetros en el controlador, por lo que la idea de cargar un nuevo firmware al microcontrolador cada que se quiera programar el defrost resultaría tedioso, es así que el portal web nos ayuda a realizar la programación con más comodidad, además de ser una interfaz más amigable para el usuario y/o personal sin instrucción técnica.

a) Código para asignación de IP sistema defrost

```
#include <EEPROM.h> // librería para guardar valores de los últimos
estados
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h> // Librería para creacion de interfaz WEB
#include <Wire.h> // Comunicación para RTC
//variables ethernet
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
byte gateway[] = {192,168,1,1};
byte subnet[]= {255,255,255,0};
char cadena_char[100];
String cadena_string;
IPAddress ip(192,168,1,190);
EthernetServer server(80);
```

En la programación de la interfaz web para el sistema defrost se asignó IP en rango de clase C para que se pueda acceder al mismo desde la red interna de la empresa, así mismo no se le asignó control de usuario y contraseña ya que la programación del sistema defrost se realiza en horarios de oficina y respaldado en los parámetros de los productos que ingresan a la cámara, es decir, la necesidad de programar valores de defrost remotamente no tiene gran importancia como el encendido y apagado.

b) Código de interfaz web

```
("HTTP/1.1 200 OK");
    client.println ("Content-Type: text/html");
    client.println ("Connection: close");
    client.println ("Refresh: 10");
    client.println ( );
    client.println("<HEAD>");
    client.println("<TITLE>Husky SAC</TITLE>");//TITULO DE PESTAÑA
    client.println("<h1><center><img border=\"0\"src=\"http://huskysac.com/img/logo.png\"
/></center></h1>");
    client.println("<h1 align=center>Program Defrost Husky SAC</h1>");//TITULO
    client.println("<form>");
    client.println("<center>");
    client.println("<fieldset style=width:350px>");
    client.println("<legend><h3>HORA</h3></legend>");
    client.println("<table><tr><td align=center><input type=date name=date value=\">");
    client.print(ano);
    client.print("-");
    client.print(printDigito(mes));
    client.print("-");
    client.print(printDigito(dia));
    client.println("></td><td rowspan=2 valign=center><input type=submit
value=SET></td></tr>");
    client.println("<tr><td align=right><input type=time name=time value=\">");
    client.print(printDigito(hora));
    client.print(":");
    client.print(printDigito(minuto));
    client.print(":");
    client.print(printDigito(segundo));
    client.println("></td></tr></table></fieldset>");
    client.println("</center>");
    client.println("</form>");
```

En la creación del portal web se programó un código básico en HTML5 el mismo que puede ser reconocido por el Arduino.

Para facilitar el uso del operario la interfaz web conto con un menú con cinco segmentos:

- Hora.
- Estado.
- Manual.
- Control por temperatura.
- Control por tiempo.

Figura N° 55: Segmento de hora y fecha del interfaz web.



Fuente: Elaboración propia.

c) Código para asignación de hora y fecha

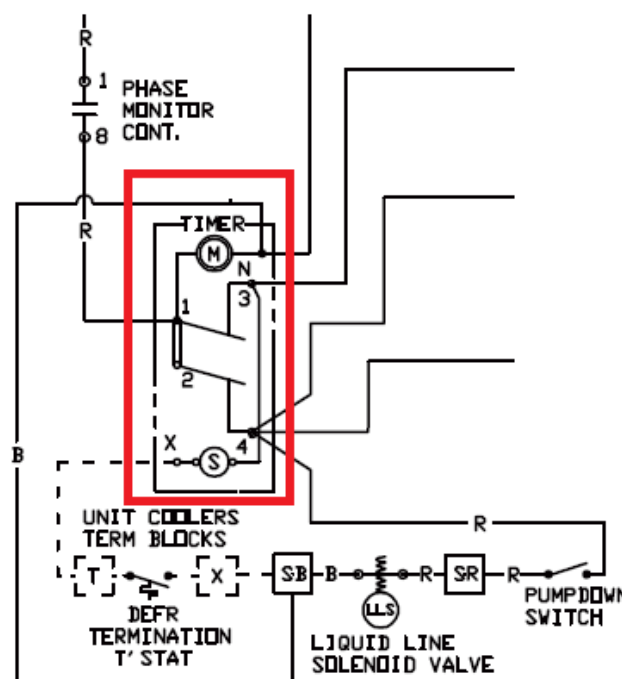
```
#include <Wire.h>           //Comunicación RTC y Microcontrolador
#include <math.h>           // Transformaciones matematicas de valores
//variables de tiempo
unsigned char segundo, minuto, hora, dia_sem, dia, mes;
unsigned int anyo;
unsigned long millis_antes_camara = 0, millis_antes_50_seg = 0, millis_antes_RTC = 0;
void escribir_hora()
{
  Wire.beginTransmission(0x68);
  Wire.write(0);
  Wire.requestFrom(0x68, 7);
  Wire.write(bin_to_bcd(0));
  Wire.write(bin_to_bcd(minuto));
  Wire.write(bin_to_bcd(hora));
  Wire.write(bin_to_bcd(dia_sem));
  Wire.write(bin_to_bcd(dia));
  Wire.write(bin_to_bcd(mes));
  Wire.write(bin_to_bcd(anyo));
  Wire.endTransmission();
}

void leer_hora()
{
  segundo = bcd2bin(Wire.read());
  minuto = bcd2bin(Wire.read());
  hora = bcd2bin(Wire.read());
  dia_sem = Wire.read();
  dia = bcd2bin(Wire.read());
  mes = bcd2bin(Wire.read());
  anyo = bcd2bin(Wire.read()) + 2000;
}
```

Para la asignación del tiempo y programación del reloj se estableció variables de entrada para cada parámetro, es decir, segundo, minuto, hora, día, mes, año. Todo esto para cuando se establezca una hora mediante el portal web, esta misma quede guardado en el microcontrolador que posee el RTC3231 y alimentada por la pila, finalmente el módulo RTC posee una memoria EEPROM la cual no se está dando uso.

4.5.4.3. Circuito eléctrico implementación defrost

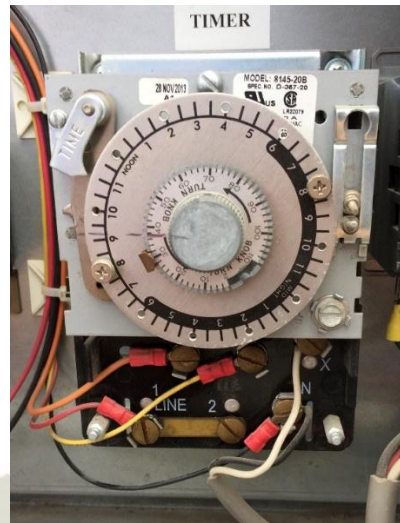
Figura N° 56: Diagrama eléctrico del timer mecánico en el circuito del sistema frigorífico original.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°56 se puede ver en el cuadro rojo el timer mecánico con el que cuenta el sistema original.

Figura N° 57: Timer mecánico en el circuito del sistema frigorífico original.



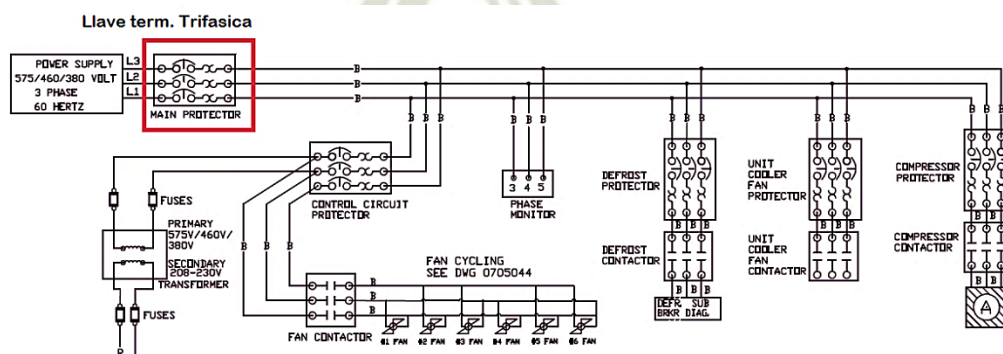
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura N°57, el defrost con el que cuenta la cámara frigorífica es un sistema de tiempo mecánico, que se activa según la regulación horaria de las perillas entre tiempo y duración

4.5.5. Instalación de actuadores mecánicos

4.5.5.1. Circuito eléctrico de actuadores mecánicos

Figura N° 58: Diagrama del circuito eléctrico del sistema frigorífico original.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°58, se aprecia dentro del cuadro rojo la llave termomagnética trifásica.

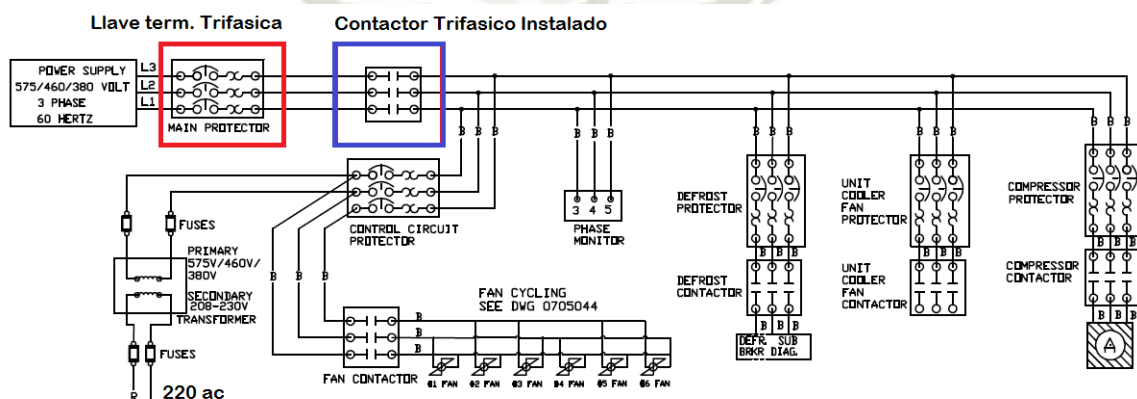
Figura N° 59: Foto del tablero eléctrico del sistema frigorífico original.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura N°58 y la figura N°59 antes de la implementación del contactor trifásico Schneider el sistema solo contaba llave termomagnética trifásica como interruptor principal del sistema.

Figura N° 60: Diagrama del circuito eléctrico del sistema frigorífico modificado.

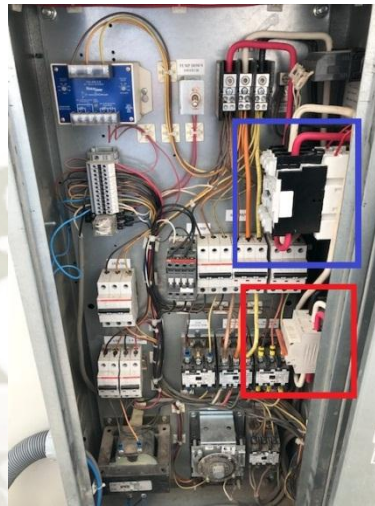


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°60, se aprecia dentro del cuadro rojo la llave termomagnética trifásica y dentro del cuadro azul podemos observar el contactor trifásico a implementar.

También se observa que dicho contactor fue instalado seguido de llave termomagnética trifásica, que fue dejada para ser usada como protección del sistema ante un cortocircuito.

Figura N° 61: Foto del tablero eléctrico del sistema frigorífico modificado.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°61 se observa el contactor trifásico implementado.

4.6. Modelamiento de control

En el apartado del control del sistema de Defrost se aplicó sistemas de control para la automatización, en este caso el modelamiento fue directamente digital, es decir, se aplicaron herramientas digitales existentes (librería Control.h) en fin de poder dar solución a la necesidad de accionamiento automático del defrost de la empresa.

El punto de partida para realizar las variaciones de control fue la temperatura en la cámara frigorífica y activación del defrost, el cual consiste en el accionamiento on-off de una resistencia trifásica, la misma que tiene como principal función por medio del calor generado derretir el hielo formado en los evaporadores, para que el sistema no se trabe o interrumpa por la creación del hielo.

4.6.1. Acciones de Control

4.6.1.1. Variables de Funcionamiento

a) Temperatura

La temperatura está siendo obtenida por medio de un sensor análogo PT100 el cual se instaló en la rejilla de la resistencia trifásica, todo esto dentro de la cámara frigorífica.

Figura N° 62: Instalación de la conexión del sensor de temperatura en el área de máquinas.



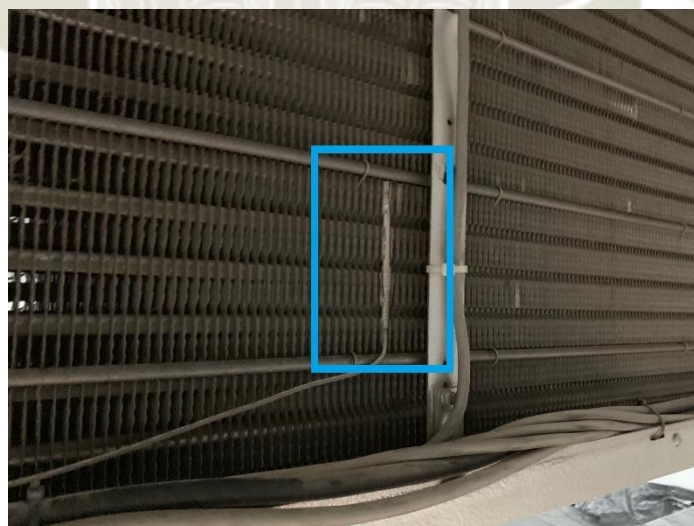
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 63: Instalación del sensor de temperatura en la cámara.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 64: Sensor de temperatura PT100 instalado en cámara.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.1.2. Aplicación de control on-off por software

Para la puesta en marcha del control on-off se usó la librería <Control_v1.h>, tomando en cuenta lo que el trabajo de investigación representa, se adaptó a la necesidad como un control on-off, para cumplir con lo requerido por el sistema, ya que la importancia de la precisión de la temperatura en escalas de décimas es innecesaria.

a) Librería Control v1.0

Se realiza el llamado mediante la siguiente instrucción:

```
#include <Control_v1.h>
```

En el desarrollo del código fuente la calibración fue realizada únicamente calibrando los valores seteados, como quiera que fuera que la sintonización se realiza a través de software.

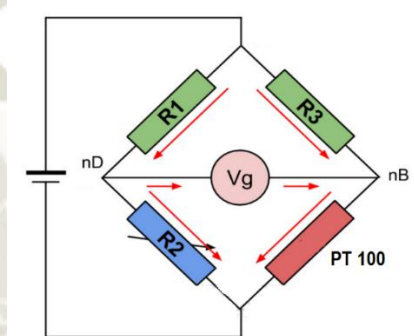
```
float TempR; // Temperatura actual leída
int setpoint1 = 180 ; // Temperatura deseada "set point"
int setpoint2 = -1 ; // Temperatura deseada "set point"
float error_actual = 0; // Variables de ERROR
float error_anterior = 0;
float t_muestreo = 1000; //Tiempo de muestreo [ms] // Tiempo estable 5s
//=====Constantes del control ON OFF =====
//Recordar que la constante setpoint1 y setpoint2 debe ser hallada previamente según el
comportamiento del sistema en lazo cerrado
```

4.6.2. Cálculo de resistencia de PT100

Para el cálculo del sensor PT100 se realizó el cálculo mediante el puente de Wheatstone para lo cual se tomaron los siguientes parámetros para calcular lo necesario.

Cabe mencionar que la temperatura promedio que se trabaja la cámara frigorífica está en el rango de -15 a 15 grados Celsius, por lo cual los cálculos y pruebas realizadas están en el rango mencionado.

Figura N° 65: Puente de Wheatstone aplicado a PT100.



Fuente: Elaboración propia.

4.6.2.1. Cálculo de resistencia PT100 para temperatura de operación de cámara frigorífica.

Teniendo en cuenta que el material del sensor PT100 es de platino asumimos que su coeficiente de temperatura del conductor es 0.00385.

$$R_3 = R_1$$

$$R_3 = 100 \Omega$$

$$RTD = PT100\alpha = 0.00385$$

$$V_{AB} = 10 V$$

$$T_1 = -15 \text{ } ^\circ C$$

$$T_2 = 0 \text{ } ^\circ C$$

$$T_3 = 15 \text{ } ^\circ C$$

a) Valor de la RTD a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$R_{RTD} = 100(1 + \alpha T)$$

$$R_{RTD} = 100[1 + 0.00385(-15)]$$

$$R_{RTD} = 94.22\ \Omega$$

b) Valor de la RTD a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$R_{RTD} = 100(1 + \alpha T)$$

$$R_{RTD} = 100[1 + 0.00385(0)]$$

$$R_{RTD} = 100\ \Omega$$

c) Valor de la RTD a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$R_{RTD} = 100(1 + \alpha T)$$

$$R_{RTD} = 100[1 + 0.00385(15)]$$

$$R_{RTD} = 105.77\ \Omega$$

De acuerdo con los valores obtenidos se realizó la siguiente tabla de datos.

Tabla N° 6: Valores de las resistencias según temperatura para un rango de -15°C a 15°C.

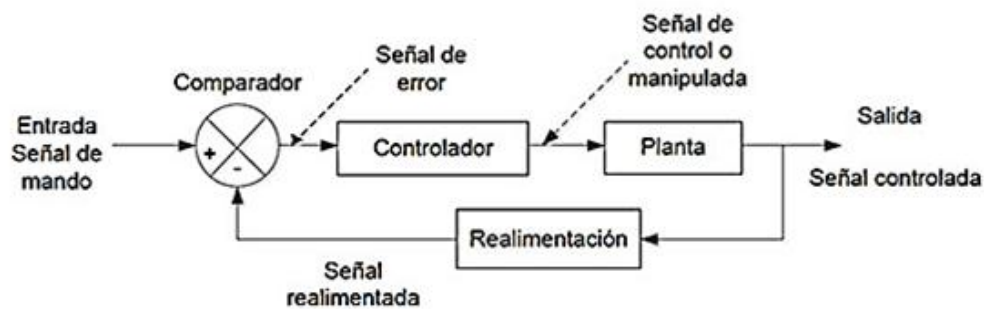
Temperatura °C	Resistencia (Ω)
-15	94.225
-14	94.61
-13	94.995
-12	95.38
-11	95.765
-10	96.15
-9	96.535
-8	96.92
-7	97.305
-6	97.69
-5	98.075
-4	98.46
-3	98.845
-2	99.23
-1	99.615
0	100
1	100.385
2	100.77
3	101.155
4	101.54
5	101.925
6	102.31
7	102.695
8	103.08
9	103.465
10	103.85
11	104.235
12	104.62
13	105.005
14	105.39
15	105.775

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Diagrama de bloques

Se diseñó el sistema de regulación de temperatura que tiene como función principal mantener constante una temperatura estable en la cámara frigorífica de acuerdo con un punto de operación programado (set point).

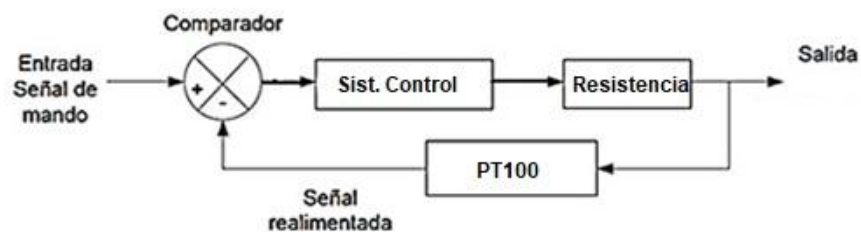
Figura N° 66: Diagrama de bloque control on-off con retroalimentación.



Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la utilización de software y hardware se controla la temperatura de la resistencia. Para ello se mide la temperatura por medio de un PT100 y la compara con el valor deseado de referencia y genera una señal de control que en este caso sería una señal de error.

Figura N° 67: Diagrama de bloques de la resistencia eléctrica del sistema de defrost.

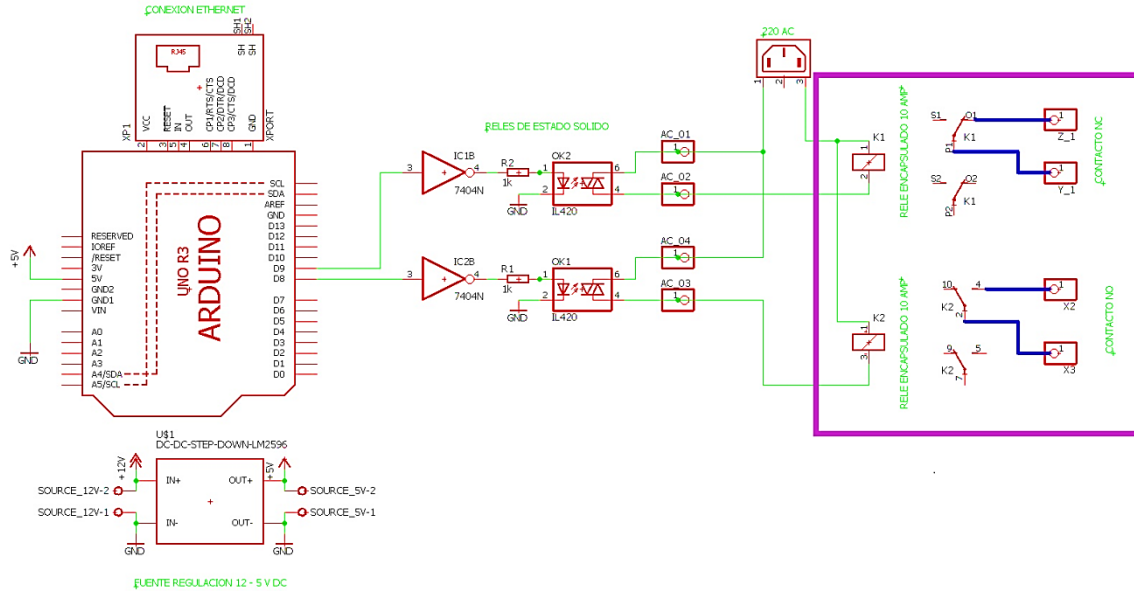


Fuente: Elaboración propia.

La señal de error es la diferencia de la señal de referencia con el valor medido al cual se le aplica una acción de control on-off.

4.6.4. Circuito eléctrico Defrost

Figura N° 68: Diagrama eléctrico del sistema de defrost.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior podemos observar el recuadro donde ubicamos los dos relés encapsulados los cuales por la configuración de contactos realizará la conmutación que realizaba el timer mecánico.

4.6.5. Ecuación de función de transferencia

Para poner en funcionamiento el controlador on.off se deben fijar los siguientes parámetros:

- La temperatura deseada SP1.
- La temperatura deseada SP2.
- El tiempo de ciclo t_c (el tiempo de ciclo está definido en el código empleado en arduino).

4.7. Análisis de funcionamiento

4.7.1. Análisis de funcionamiento de encendido remoto

4.7.1.1. Prueba de latencia

Se realizaron pruebas de conexión y latencia al acceso remoto, ya que como parte del sistema su tiempo de acceso es importante para brindar soporte en caso de emergencia. Las pruebas se realizaron con ayuda de un equipo móvil.

Tabla N° 7: Tiempo de conexión del módulo monitoreo y control.

Tipo de acceso	Tiempo de reinicio sistema	Tiempo de acceso al sistema
Red GPRS / 2G (lento)	15 segundos	5 segundos
Red 3G (estable)	15 segundos	10 segundos
Red 4G (inestable)	3 segundos	10 segundos

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla N°7 la conexión más segura para realizar los cambios remotos es la red móvil de 4G ya que su tiempo de acceso es en menor tiempo y el tiempo del reinicio del sistema de igual manera, logrando así poder acceder y reiniciar el sistema en menor tiempo posible en caso se presente algún problema.

4.7.2. Análisis de funcionamiento de encendido manual

Para el desempeño del encendido manual se instaló un interruptor manual de tres posiciones dentro del tablero eléctrico; el cual, tomando en cuenta la importancia de generar un paro de emergencia o un paro programado (mantenimiento de cámara frigorífica) facilitaría el proceso.

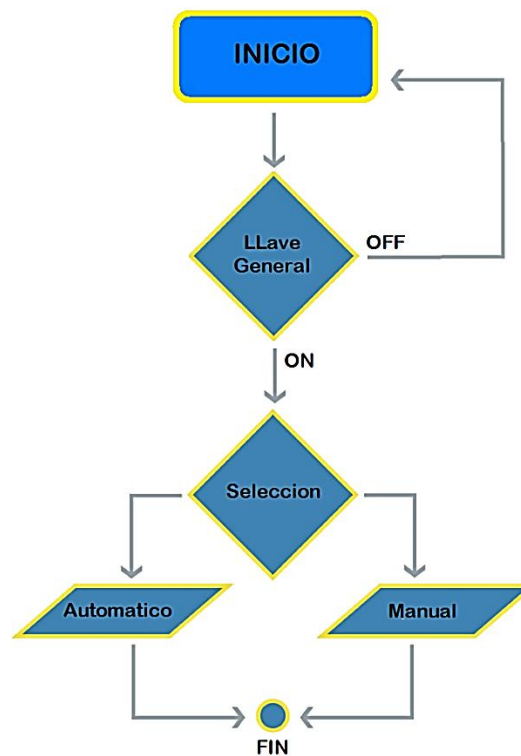
Figura N° 69: Interruptor de tres posiciones.



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de flujo siguiente podemos observar la función que desempeña dicho interruptor.

Figura N° 70: Diagrama de flujo encendido manual.



Fuente: Elaboración propia.

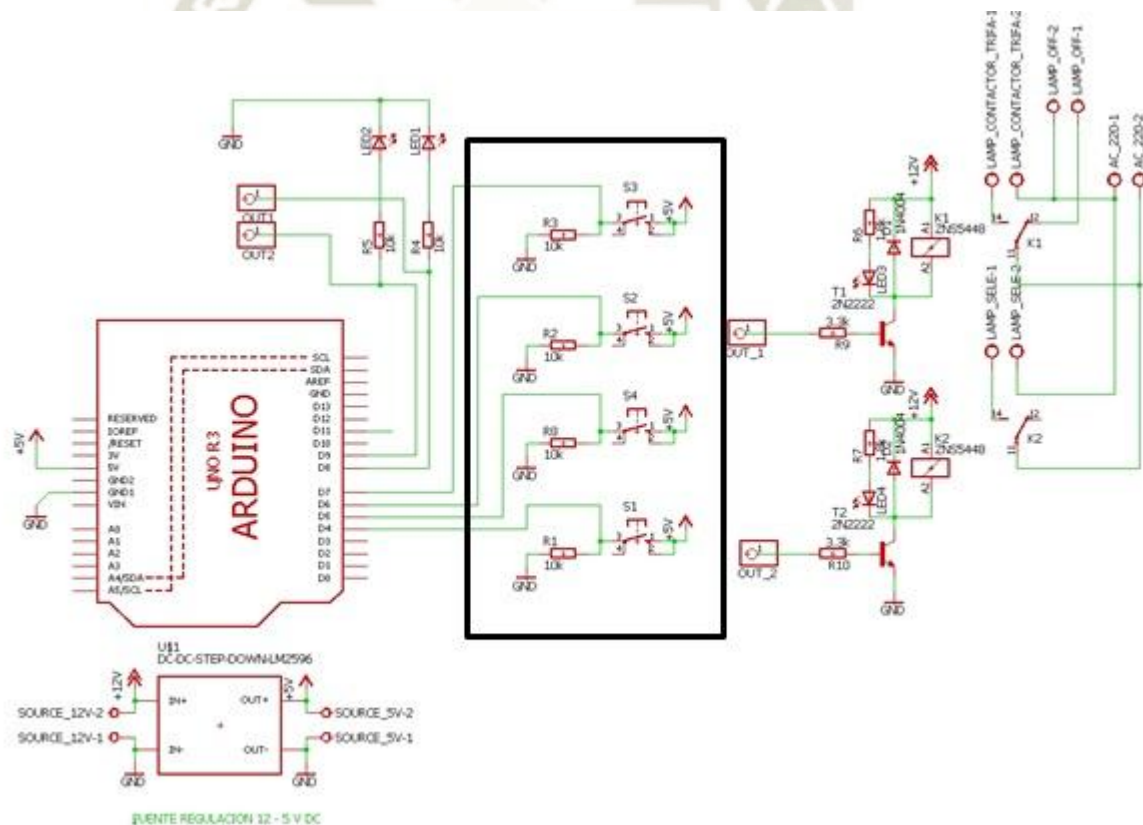
La figura N°70 indica la función que cumple el interruptor, donde podremos seleccionar entre “Automático” y “Manual “, de acuerdo al uso y/o funcionamiento.

4.7.2.1. Pruebas y errores.

En la prueba realizada se pudo constatar la presencia de un error el cual fue de ruido eléctrico generado por el compresor de gas de la cámara frigorífica, el mismo que se encuentra a lado del tablero hermético instalado.

Se realizó una revisión general del sistema donde se encontró un error de diseño en el accionamiento manual, el cual consiste en la configuración de accionamiento de pulsadores manuales.

Figura N° 71: Dettale de pulsadores en el diagrama eléctrico del encendido manual.



Fuente: Elaboración propia.

$$V = I * R$$

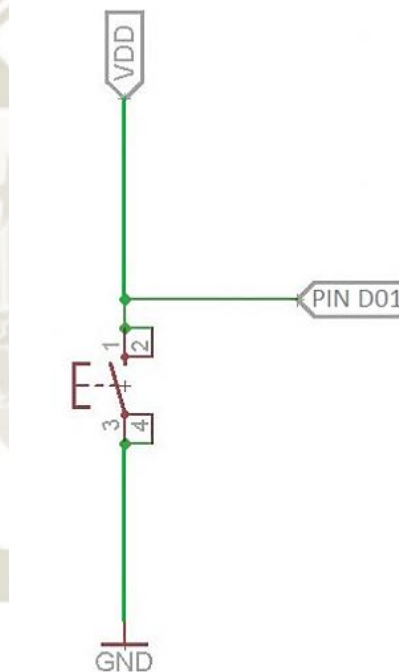
$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_1 = \frac{5 V}{0.04 A}$$

$$R_1 = 125 \Omega$$

Una vez encontrado el valor de R1 se reconfiguro las cuatro entradas para S1, S2, S3 y S4.

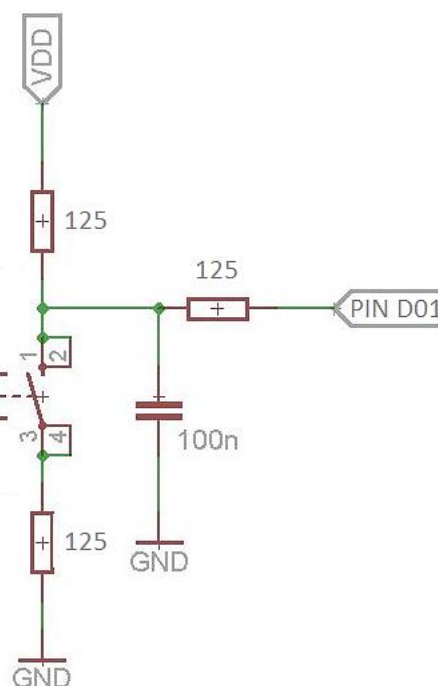
Figura N° 72: Entrada de microcontrolador sin configuración Pull-up.



Fuente: Elaboración propia.

Además se agregó un condensador con el fin mantener el estado anterior del pulsador.

Figura N° 73: Entrada de microcontrolador con configuración Pull-up.



Fuente: Elaboración propia.

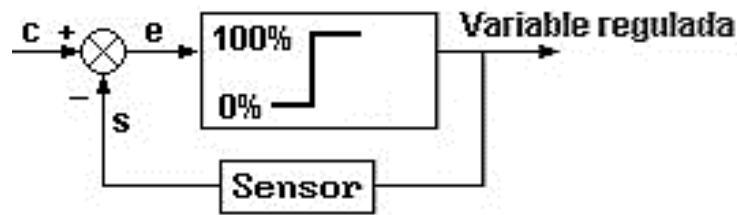
Una vez realizado el cambio se observó que la anomalía que presentaban los relés K1 y K2 dejaron de persistir.

4.7.3. Análisis de funcionamiento de sistema defrost

Para la prueba de defrost, teniendo en cuenta que el sistema trabaja con un control on-off se optó por la utilización de un sistema de control on-off con histéresis.

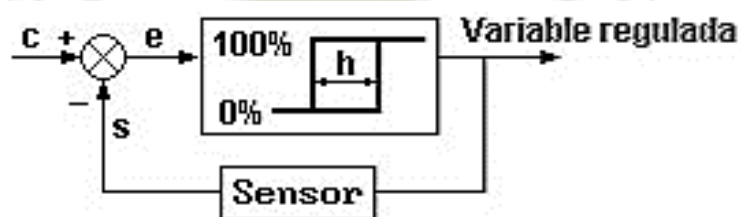
El fenómeno de histéresis es la diferencia de temperaturas establecida automáticamente entre el encendido y el apagado de un sistema o viceversa.

Figura N° 74: Control on-off sin histéresis.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 75: Control on/off con histéresis.



Fuente: Elaboración propia.

Usando como referencia el fenómeno de histeresis se tomo en cuenta dos valores para la programacion del sistema frigorifico.

Setpoint 1: 180° C, como temperatura maxima alcanzada para la desactivacion del defrost.

Setpoint 2: -1° C, como temperatura minima alcanzada para la activacion del defrost, en este caso es el valor mas importante ya que es el punto de congelamiento de la camara y como quiera que fuera que el sistema defrost se acciona para evitar el congelamiento y formaciond y hielo dentro de la camara, el valor seteado se programo a -1° C.

Es así que cuando el sensor PT100 ordena el encendido del defrost, inmediatamente el sistema en general se desactiva y viceversa nuevamente.

Cada regulador (Setpoint 1 y Setpoint 2) necesita una temperatura de conexión y desconexión diferente.

4.7.3.1. Pruebas y errores

Tomando en cuenta el Setpoint 1 180°C se realizó prueba de errores con respecto a la desactivación del defrost, tomando como referencia un pirómetro.

Tabla N° 8: Mediciones para una temperatura de 180°C.

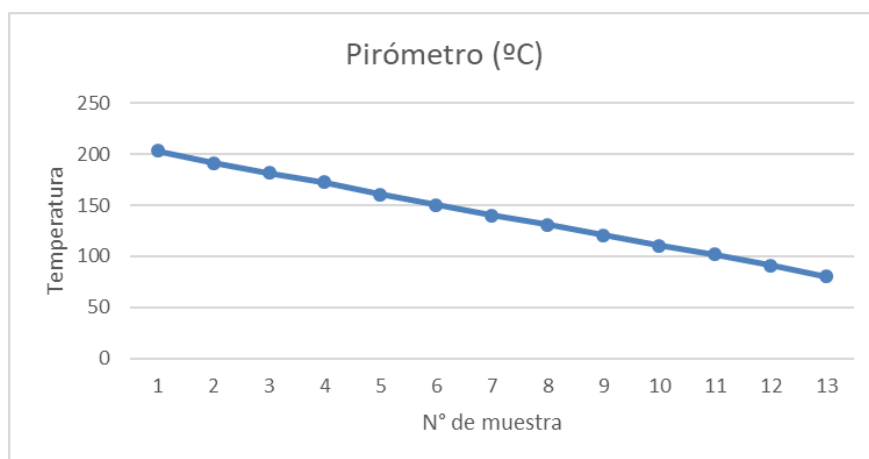
N°	Pirómetro (°C)	Sensor PT100 (°C)	Error (%)
1	203.1	202.4	0.3447
2	191.2	190.6	0.3138
3	181.9	180.2	0.9346
4	172.4	171.6	0.4640
5	160.7	159.3	0.8712
6	150.2	149.3	0.5992
7	140.2	139.8	0.2853
8	130.9	130.1	0.6112
9	120.7	119.3	1.1599
10	110.3	110.2	0.0907
11	101.6	100.9	0.6890
12	91.2	90.4	0.8772
13	80.2	79.8	0.4988

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar la variación existente entre el pirómetro, como instrumento de verificación y el sensor PT100, así mismo se puede observar el margen de error entre ambos sensores.

A continuación se muestran los gráficos de mediciones de temperaturas para 180°C y -1°C.

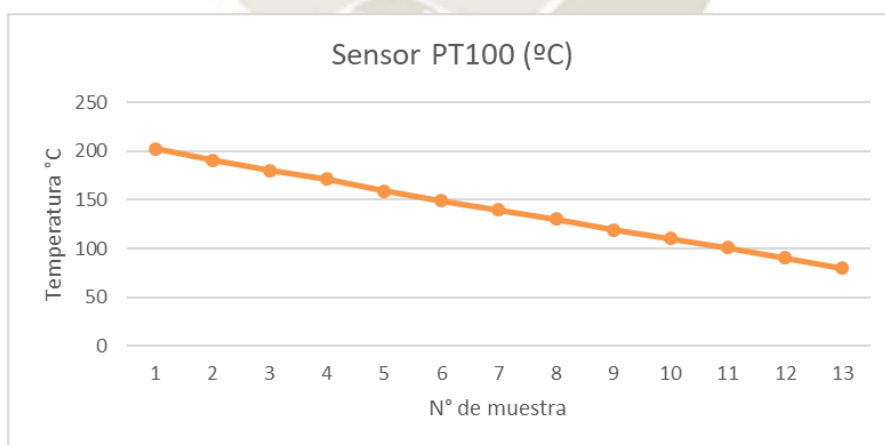
Figura N° 76: Medición de temperatura para 180°C con un pirómetro.



Fuente; Elaboración propia.

Curva característica de medición con pirómetro profesional, para lo cual se realizaron 13 muestras en un trascurso de 10 s de intervalo entre cada medición. En un rango de 80°C a 200°C, por llegar a los 180°C como temperatura límite para la desactivación del defrost (resistencia eléctrica)

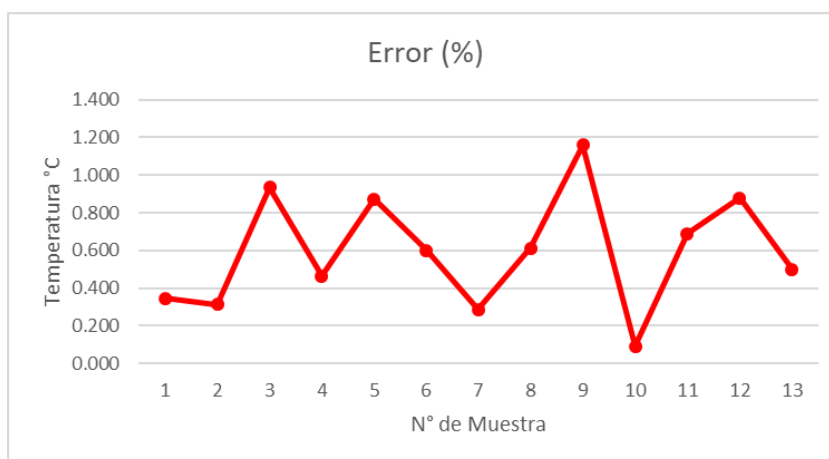
Figura N° 77: Medición de temperatura para 180°C registrada por el PT100.



Fuente: Elaboración propia.

Curva característica de medición con sensor PT100, para lo cual se realizaron 13 muestras en un trascurso de 10 s de intervalo entre cada medición. De la misma forma el intervalo de medición fue entre 80°C a 200°C.

Figura N° 78: Error entre las mediciones del pirómetro y el PT100.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 78 se puede observar la curva característica de error entre las mediciones del pirómetro y el sensor PT100, para el rango de error entre 80°C y 200°C

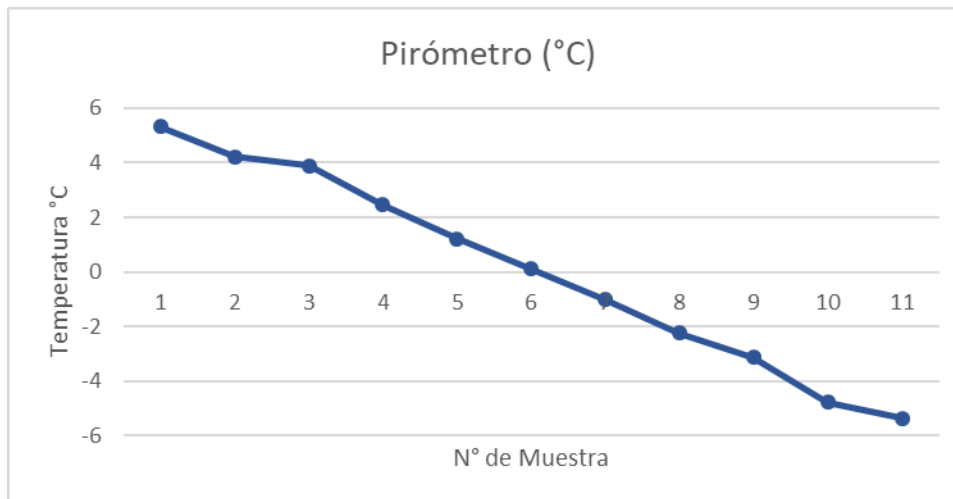
Nuevamente tomando el Setpoint 2 de -1°C se realizó mediciones de errores con respecto a la activación del defrost.

Tabla N° 9: Mediciones para una temperatura de -1°C.

N°	Pirómetro (°C)	Sensor PT100 (°C)	Error (%)
1	5.32	4.89	8.083
2	4.22	3.95	6.398
3	3.89	3.25	16.452
4	2.45	2.24	8.571
5	1.22	0.99	18.852
6	0.12	0.10	16.667
7	-1.02	-1.01	0.980
8	-2.25	-2.01	10.667
9	-3.13	-2.98	4.792
10	-4.77	-4.29	10.063
11	-5.36	-5.03	6.157

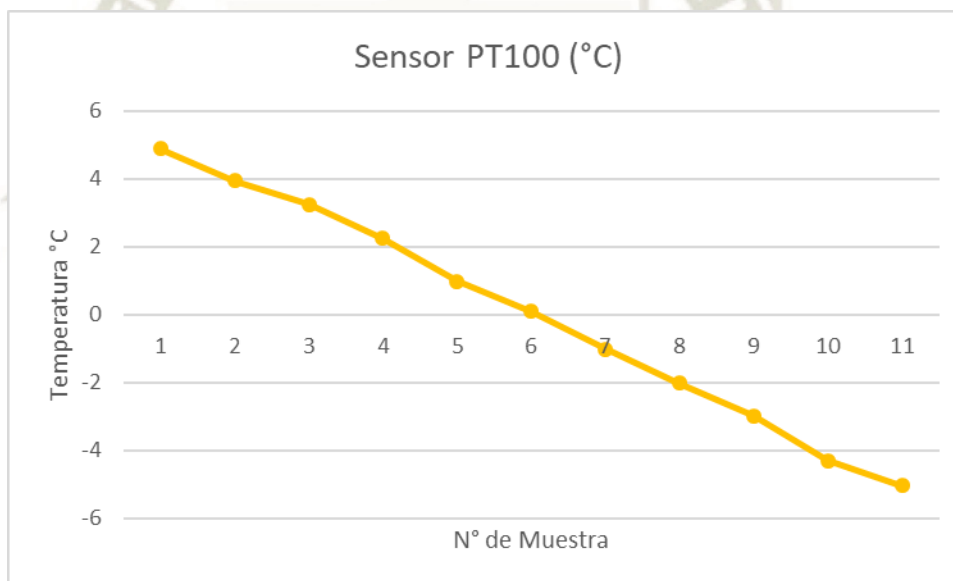
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 79: Medición de temperatura para -1°C con un pirómetro.



Fuente: Elaboración propia.

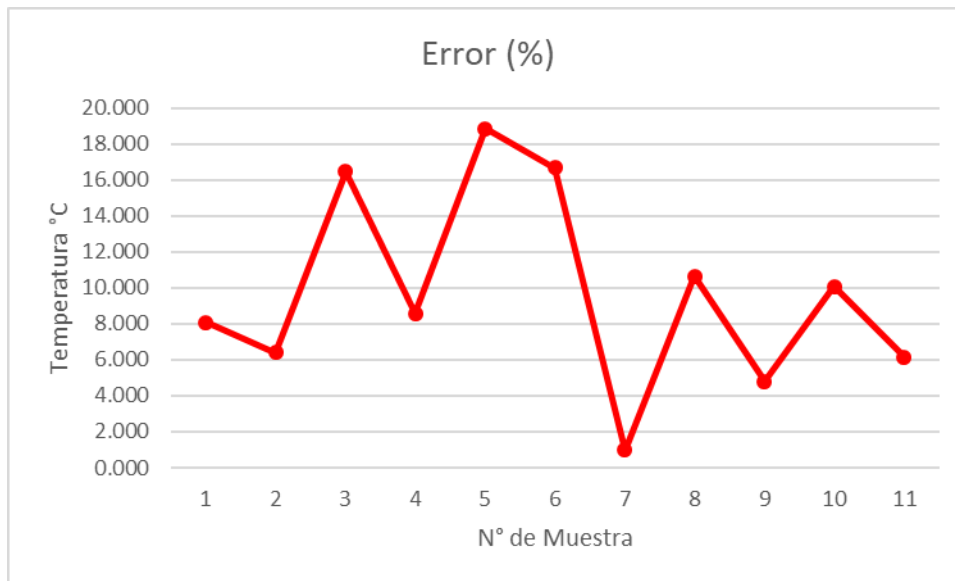
Figura N° 80 Medición de temperatura para -1°C registrada por el PT100.



Fuente Elaboración propia.

En la figura N°79 y la figura N°80 observamos nuevamente que el comportamiento tanto del pirometro, como del sensor PT100, no presentan gran variación, es decir, de esta manera verificamos que el sistema esta apto para su operación.

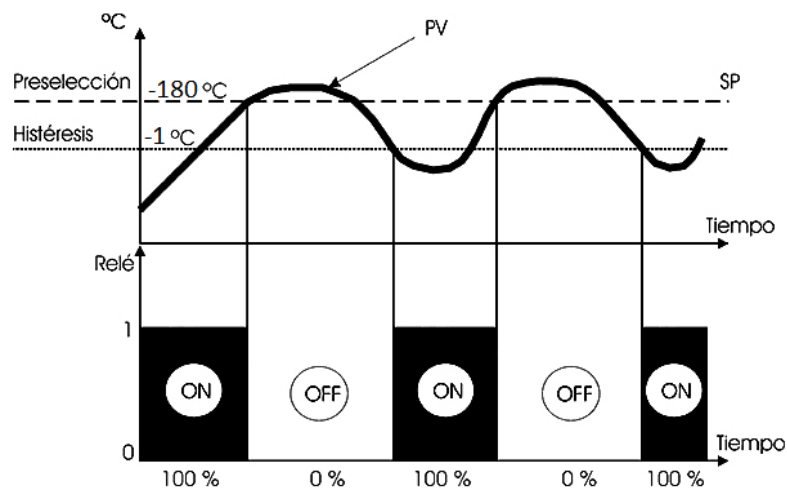
Figura N° 81: Error entre las mediciones del pirómetro y el PT100.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica siguiente podemos observar los estados logicos de activacion y desactivacion del sistema defrost, asi mismo los rangos de operación del sistema on-off.

Figura N° 82: Funcionamiento del control on-off con histéresis para -1°C y 180°C.



Fuente: Elaboración propia.

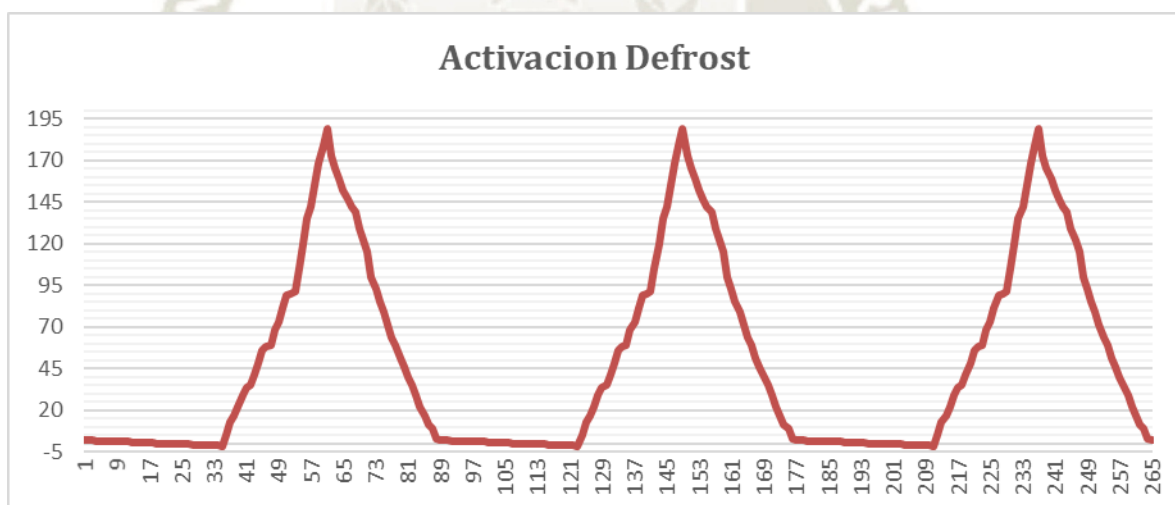
En la figura N°82 se ha considerado los valores de SP = 180 °C (valor de la preselección) y una histéresis de -1 °C.

Cuando la temperatura real está por debajo del valor de 180 °C, el relé de salida está activo y se suministra energía eléctrica a la resistencia calefactora.

Por lo tanto la temperatura aumenta. Cuando llega a 180 °C, el relé se desactiva y la temperatura sube por inercia térmica durante un tiempo.

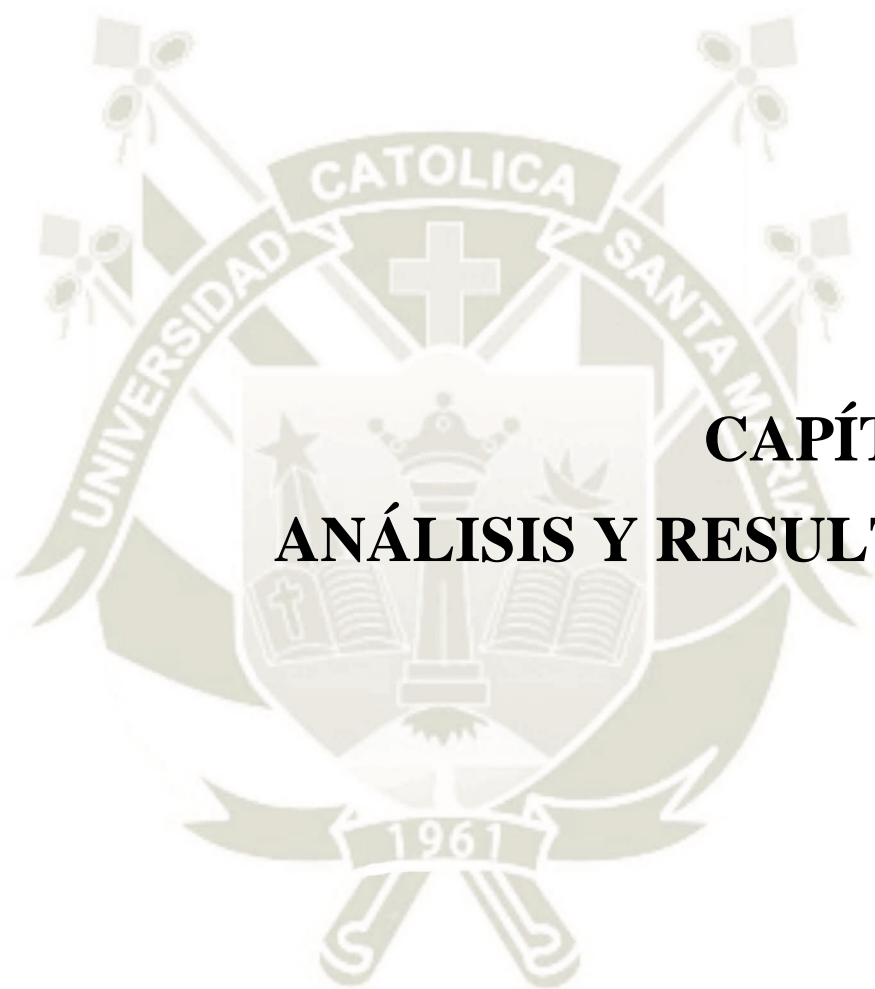
Este ciclo se repite continuamente mientras esté en funcionamiento el regulador.

Figura N° 83: Activación de defrost.



Fuente: Elaboración propia.

En el figura N°83 podemos apreciar las activaciones registradas, del sistema defrost para 270 muestra con un periodo entre muestras de 10 s, haciendo un total de 45 minutos de monitoreo, lo cual nos dio un resultado de 03 activaciones en un lapso de 45 minutos, haciendo esto activaciones mas eficientes de las que realizaba el timer mecanico.



CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Aporte

Luego de la implementación del trabajo de investigación, se ha constatado la contribución a la empresa Husky SAC, ya que cubre las necesidades requeridas por la institución. Aportando al desarrollo de tecnología, ya que se diseñó un sistema automático en función a trabajo que realizaba la empresa, mediante sistemas mecánico-eléctricos, electrónicos y sistemáticos.

Primero, resaltar que se solucionó la necesidad de requerir contratar dos operarios para cubrir las dieciséis horas laborales restantes en las cuales las cámaras frigoríficas permanecen sin supervisión técnica. Por lo que el operador tenía que acercarse al área de máquinas para poder accionar los equipos, ajustar parámetros y dar solución a cualquier imprevisto y/o emergencia, todo ello en un área poco segura.

Seguidamente, el sistema instalado ya es considerado una herramienta muy útil para realizar el trabajo de forma rápida y eficiente, para el operador técnico a cargo. Al personal competente se le instruyó en el uso de estas nuevas herramientas y pudieron evidenciar su practicidad y el ahorro de tiempo en realizar estas labores por lo que se tiene mayor productividad y seguridad de los colaboradores dentro de la empresa.

5.1.1. Aporte técnico

Desde el punto de vista técnico, los controladores para arranque y defrost con supervisión remota en el sistema frigorífico son considerados una herramienta útil para el operador y más aún para la empresa, para asegurar su correcto funcionamiento fue importante hacer uso de los protocolos de comunicación TCP/IP.

La IP publica montada no solo ayudo a realizar los accesos remotos, sino que además trajo más beneficios a nivel de soporte de monitoreo, debido a que la empresa posee tecnología brasileña de la marca Full Gauge, en los controladores de temperatura de las cámaras de

refrigeración, dichos controladores poseen un software de fábrica que se usa para el monitoreo, llamado Sitrad, este también requería una IP fija y puerto asignado al servidor, esto era necesario para poder dar soporte online a cada una de las cámaras, es decir que adicionalmente al acceso de encendido remoto se logró implementar el monitoreo total de las cinco cámaras con su software Sitrad.

Las interfaces web de los sendos controladores, se programaron con HTML5, los cuales nos proporcionar una interacción amigable con el usuario.

5.1.2. Aporte institucional

Tomando en cuenta la aportación institucional que se ha generado para la empresa Husky SAC y proyectada directamente hacia el manejo de personal técnico; es decir, la necesidad de cubrir el lapso de horas restantes.

Además, hay que mencionar que el aporte hacia la instrucción indirectamente está generando un ahorro del pago de dos técnicos de turno. A partir de este punto, realizaremos una estimación del gasto que se ha ahorrado en la contratación de dos técnicos para las dieciséis horas restantes.

Tabla N° 10: Presupuesto estimado de dos técnicos operarios.

Personal	Sueldo Bruto Fijo Mensual	Gratificación Julio	Gratificación Diciembre	Costo de EPP anual	Costo Total Anual
Técnico 1	S/ 1200	S/ 1035	S/ 1035	S/ 300	S/ 16770
Técnico 2	S/ 1200	S/ 1035	S/ 1035	S/ 300	S/ 16770
Total					S/ 33540

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la Tabla N°10, el costo total anual estimado de ahorro por parte de la empresa Husky SAC, únicamente para dos operarios técnicos asciende a una suma total de 33 540.00 soles anuales. El sueldo bruto fijo mensual incluye el pago de seguro y el aporte de CTS por parte de la empresa.

5.2. Accionamiento del sistema frigorífico con el controlador de arranque implementado

5.2.1. Procedimiento de accionamiento remoto

Para el encendido y/o apagado del sistema frigorífico, se ingresa a la interfaz web, seguidamente se coloca el usuario y contraseña, después se procede con la secuencia correspondiente, es decir, para el encendido primero se activa la llave general y luego la válvula selenoide y para el apagado de forma inversa, la interfaz web permite al usuario ver en tiempo real el estado de los parámetros de accionamiento.

5.2.2. Tiempo empleado en el accionamiento del sistema frigorífico con el controlador de arranque implementado

El tiempo para accionar el arranque del sistema frigorífico es de 2 minutos.

5.2.2.1. Relación entre el tiempo empleado para el accionamiento antes y después de la implementación

Se extrae del diagnóstico situacional de la empresa que el tiempo empleado para el accionamiento del arranque del sistema frigorífico antes de la implementación era de 35 minutos y el tiempo empleado después de la implementación es de 2 minutos, por la tanto:

$$\text{Relación de tiempo} = \frac{2}{35}$$

$$\text{Relación de tiempo} = 0.057$$

$$\text{Relación de tiempo porcentual} = 0.057 * 100\%$$

$$\text{Relación de tiempo porcentual} = 5.714\%$$

Por consiguiente el tiempo empleado después de la implementación representa solo 5.714% del tiempo que se empleaba en las condiciones iniciales, mejorando de esta manera el rendimiento del sistema.

5.3. Costos y presupuestos

5.3.1. Costos

En la realización de costos, se ha tomado en cuenta los gastos de mano de obra como gasto aproximado, asumiendo que si el proyecto hubiera sido realizado por un ingeniero en acompañamiento de un técnico para la realización de circuitos, prueba y ensamblaje; por otra parte, el costo de los materiales ha sido una redacción verídica el cual ha sido asumido en su totalidad por el suscrito, para la implementación del trabajo de tesis.

5.3.1.1. Costo de mano de obra

Para calcular el coste de la mano de obra, basta con aplicar el número de días que trabajo cada persona, por el salario respectivo; todo esto está estimado ya que la realización total fue realizada por el suscrito.

Tabla N° 11: Costos estimados de mano de obra

Mano de Obra	Días	Salario (soles/día)	Total (soles)
Ingeniero	30	150	4500
Técnico	20	100	2000
Costo Total de Mano de Obra			6500

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla N°11, el costo estimado de la mano de obra asciende a un total de 6.500.00 soles, ya que hubiera sido necesario que el personal sea calificado, los mismos habrían sido requeridos porque el trabajo hubiera sido realizado por personal ajeno a la institución.

5.3.1.2. Costo total de materiales

Para la ejecución de este proyecto, se ha empleado un ordenador personal tipo PC y una impresora Epson, para la elaboración de toda la documentación necesaria. También se incluyen los gastos de material fungible y de oficina.

Los costos referentes a los materiales utilizados se reflejan en la Tabla N°12. La cual arroja un costo total de 2760.00 soles los cuales han sido afrontados por el suscrito en el desarrollo de proyecto de grado y con fines de automatizar el accionamiento así como el monitoreo del arranque y defrost de la empresa Husky SAC.

Tabla N° 12: Costos verídicos realizados en adquisición de materiales para implementación.

Item	Componentes	Costo S/
1	Arduino Nano	30.00
2	Arduino Uno	40.00
3	Arduino Mega	50.00
4	Modulo Ethernet W5100	40.00
5	RTC 3231	30.00
6	PT100	125.00
7	Contactador Trifasico Schneider 65 Amp	1100.00
8	4 relés Encapsulado Scheneider RUMC31P7	320.00
9	Módulo relé 2 canales SRD-12VDC-SLC	20.00
10	Relé estaso solido 8 canales SSR G3MB-202P	75.00
11	Router Mikrotik hEX Lite	250.00
12	Cuenta Dyn DNS por 1 año	180.00
13	Caja metálica hermética	300.00
14	50 metros de Cable UTP categoría 5	60.00
15	15 metros de Cable Vulcanizado Calibre 12	75.00
16	50 metros de Cable eléctrico calibre 16	50.00
17	Pulsadores	10.00
18	Swtich	5.00
TOTAL		2760.00

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3. Costo total

Entonces, tenemos que el presupuesto de ejecución material se basa en el cálculo sumatorio de los costes de la mano de obra y los costes de los materiales tenemos.

Tabla N° 13: Presupuesto de ejecución total.

Concepto	Importe (soles)
Costo total de materiales	2760.00
Costo total de mano de obra	6500.00
Presupuesto de ejecución total	9260.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla N°13 el costo total de ejecución asciende a 9.260.00 soles el cual cumple la función de control y monitoreo remoto de la cámara frigorífica, así mismo podemos observar que el gasto anual de la contratación de personal asciende a un monto de 33 540 soles anuales teniendo en cuenta que el monto es muy elevado para ser asumido por la institución, la decisión de optar por la implementación es la mejor opción desde el punto de vista costo beneficio.

Por la tanto el beneficio proyectado en un año será:

$$\text{Beneficio} = 33540 - 9260$$

$$\text{Beneficio} = 24280$$

Conociendo el costo total de proyecto detallado en la tabla N°13 de 9 260.00 soles, el costo-beneficio será:

$$B/C = \frac{24280}{9260}$$

$$B/C = 2.62$$

CONCLUSIONES

Después del análisis de los resultados obtenidos con el sistema implementado en la cámara frigorífica en la empresa Husky SAC, se detallan a continuación las conclusiones del presente trabajo de investigación:

PRIMERA: Se diseñaron e implementaron los controladores de arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa, por medio de la optimización del controlador de arranque se puede ahora accionar el sistema desde cualquier lugar además de poder supervisar su estado y su correcto funcionamiento, por lo que el tiempo empleado para su accionamiento se ha reducido en gran medida, además con la automatización del controlador del defrost, que ahora se acciona de manera digital con el soporte de una interfaz web, la cual permite opciones de control automático de desercarcho que pueden realizarse por tiempos programados o por temperatura, a la vez dicha interfaz web permite supervisar los parámetros de temperatura y el estado del controlador; todas estas mejoras del sistemas tuvieron como premisa garantizar la seguridad del personal, por lo que se evidencia la mejora del rendimiento del sistema y con ello un incremento importante de la eficiencia operativa de la empresa.

SEGUNDA: Se diseñaron satisfactoriamente los controladores de arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico, mediante el diagnóstico situacional de la empresa, el cual contribuyó a conocer a fondo las necesidades de esta y plantear los parámetros necesarios para su posterior implementación, así lograr dicho objetivo, cumpliendo con los requerimientos de la empresa Husky SAC.

TERCERA: Se implementaron los controladores de arranque y defrost con supervisión remota de un sistema frigorífico, para su correcta ejecución la instalación a nivel de hardware de microcontroladores se realizó por medio de protocolos de comunicación TCP/IP con lo que se puede a también contar con una supervisión remota a través de interfaces web desarrolladas con HTML5.

- CUARTA: Se realizó un estudio del estado del sistema de refrigeración antes de la implementación de los controladores de arranque y defrost, por medio de la observación y análisis, se pudo apreciar que sus instalaciones eléctricas eran correctas sin embargo sus componentes de arranque y defrost eran mecánicos, lo cual limitaba el sistema y por la parte operativa hacía deficiente los procesos; una vez culminada la implementación de los controladores se realizó un estudio al sistema que ha ratificado la importancia de la necesidad de la automatización en la empresa Husky SAC, así como en la industria en general.
- QUINTA: Se está supervisando las variables y/o parámetros obtenidos directamente de los controladores de arranque y defrost del sistema frigorífico vía remota en tiempo real, dicha supervisión viene trayendo una serie de beneficios tanto institucionales como operativos, ya que a la fecha ya no se requiere que el personal técnico esté presente a tiempo completo en almacén o este se apersona a el área de máquinas en caso de alguna emergencia.
- SEXTA: Se realizó un estudio económico con el que se evidencia el impacto crematístico positivo de dicho estudio, determinado en valores cuantitativos; una parte importante de la implementación de los controladores de arranque y defrost del sistema frigorífico de la empresa Husky SAC de la ciudad de Arequipa, es el indicador beneficio/costo, el cual nos dio un valor estimado de 2.62 proyectado a un año, lo cual demuestra que el beneficio es mayor que el costo, por lo tanto este viene favoreciendo a la empresa.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Realizar una verificación de factibilidad para la implementación en las cuatro cámaras frigoríficas restantes de Husky SAC, teniendo en cuenta que el sistema cubre las necesidades básicas del proyecto; aún se requiere controlar y monitorear parámetros del sistema de refrigeración que no fueron mencionadas en el presente trabajo de investigación.
- SEGUNDA:** Rediseñar la estructura implementada de los microcontroladores (PCB), puesto que al cumplir funciones diferentes cada microcontrolador, la independencia de estos generan errores al trabajar simultáneamente.
- TERCERA:** Implementar un controlador de mayor nivel, que cumplan con los requerimientos del sistema (Raspberry pi). En fin, de evitar bucles infinitos (reinicios), puesto que se ha identificado que los módulos Arduino y su compilador IDE al ser dispositivos de entrenamiento, poseen limitaciones con respecto a su hardware a nivel industrial.
- CUARTA:** Según los datos obtenidos en el estudio de rentabilidad realizado, proponer la automatización total de la cámara de refrigeración, ya que su funcionamiento aún sigue dependiendo de algunos dispositivos netamente mecánicos y/o manuales.
- QUINTA:** Realizar una implementación de interfaz de adquisición de datos de temperatura, en diferentes ubicaciones dentro de la cámara frigorífica, dado que la temperatura dentro de la cámara se distribuye de manera asimétrica y como consecuencia esto produce activaciones innecesarias del defrost, es decir, la medición de una sola muestra de temperatura en una sola ubicación dentro de la cámara es en algunos casos incierta.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Alarcón C., José (1998). Tratado práctico de refrigeración automática. Decimosegunda Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 165.

Ananthanarayanan P. N. (2013). Basic Refrigeration an Air Conditioning. Cuarta Edición. McGraw Hill Education. Nueva Delhi, India p. 611-615.

Boccardo, Renzo (2006). Creatividad en la Ingeniería de Diseño. Primera Edición. Equinoccio Editorial. Caracas, Venezuela. p, 48-50.

Buqué M., Francesc (2008). Manuales prácticos de refrigeración. Tomo IV. Primera Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 66-72.

Franco L., Juan M. (2006). Manual de refrigeración. Primera Edición. Editorial Reverté. Barcelona, España. p, 33-157.

Giménez L., Ricard (2005). Frío industrial mantenimiento y servicios a la producción. Primera Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 97.

Godse, Atul P., Godse, Deepali A. (2008). Microcontollers. Primera Edición. Technical Publications Pune. Pune, India. p, 7-23.

González H., Hugo G. (2013). Sistemas de control en tiempo continuo y discreto. Tercera Edición. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey. Monterrey, México. p, 9-12.

Kamal, Raj (2011). Microcontollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design. Segunda Edición. Pearson. Delhi, India. p, 3-15.

Laudon, Kenneth C., Laudon, Jane P. (2014). Management Information Systems. Decimotercera Edición. Pearson. Nueva York, Estados Unidos. p, 572.

Menacho V., Antonio (2013). Sistemas de alimentación ininterrumpida. Primera Edición. Ediciones Paraninfo. Madrid, España, p, 184-189.

- Milani M., Rodolfo (1997). Diseño para nuestra realidad. Primera Edición. Ediciones de la Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. p, 14.
- Miranda B., Ángel L. (2012). Manual técnico de refrigerantes. Primera Edición. Ediciones Marcombo. Barcelona, España. p, 27-29.
- Miranda B., Ángel L., Rufes Martínez (2004). Ciclos de Refrigeración. Primera Edición. Grupo Planeta Ediciones Ceac. Barcelona, España. p, 15-17.
- Ñeco G., Ramón P. (2003). Apuntes de sistemas de control. Primera Edición. Editorial Club Universitario. Elche, España. p, 4-7.
- Ogata, Katsuhiko (2010). Ingeniería de control moderna. Quinta Edición. Pearson Educación. Madrid, España. p, 7-8.
- Padero M., Manuel (2013). Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales. Primera Edición. Ediciones Paraninfo. Madrid, España. p, 11-12.
- Pérez C., David (2014). Puesta en marcha y regulación de instalaciones frigoríficas. Primera Edición. IC Editorial. Málaga, España. p, 17-23.
- Potter, Merle C., Somerton Craig W. (2012). Termodinâmica para Engenheiros. Tercera Edición. Bookman Editora. São Paulo, Brasil. p, 244-251.
- Rodríguez M., Luis (2004). Diseño: estrategia y táctica. Primera Edición. Siglo XXI Editores. México DF, México. p, 49-61.
- Valdivia M., Carlos (2012). Sistemas de control continuos y discretos. Primera Edición. Editorial Paraninfo. Madrid, España. p, 13-14.
- Villanueva M., Rafael (2004). Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración. Primera Edición. Editorial Club Universitario. San Vicente, España. p, 15-16.
- Whitman, William C., Johnson, William M. (2006). Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado I. Primera Edición. Ediciones Paraninfo. Madrid, España. p, 16-25.

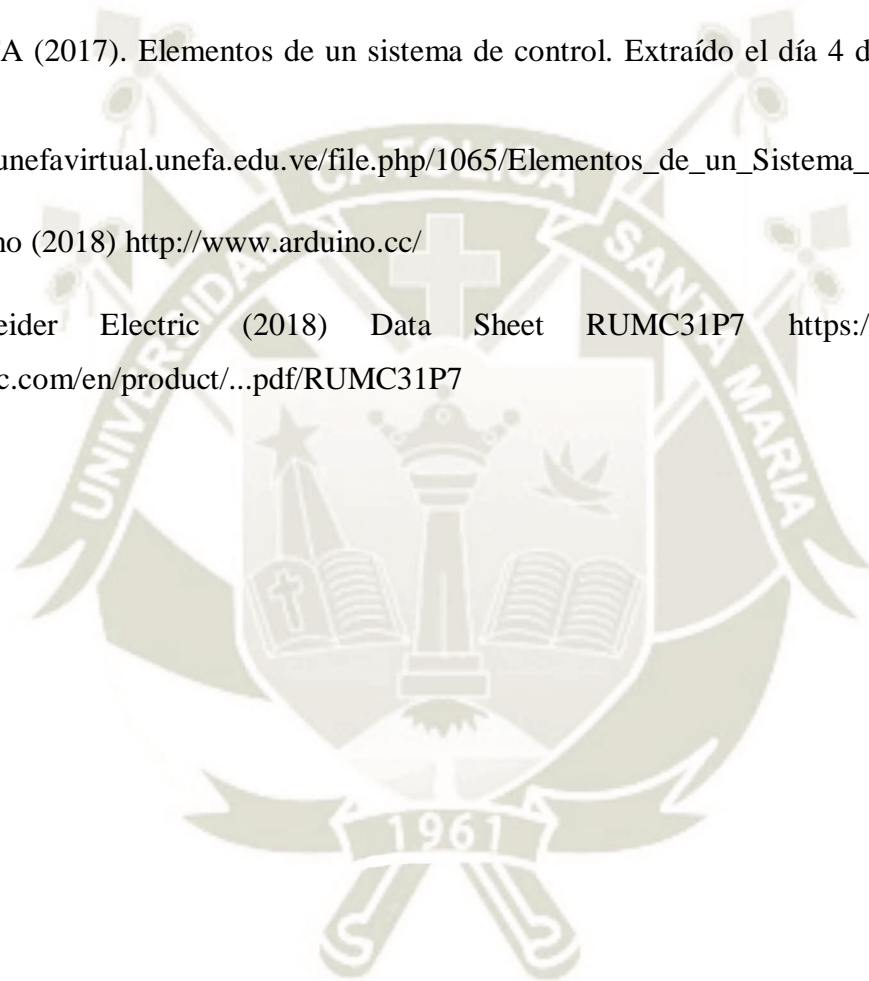
Webs

Adobe Creative Suit 5 (2010) Conceptos de Implementación y Aprovisionamiento. Segunda Edición. Adobe Systems Incorporated. California, Estados Unidos. p, 5. http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/creativesuite/pdfs/ES/Conceptual_DP.pdf

UNEFA (2017). Elementos de un sistema de control. Extraído el día 4 de agosto del año 2017 del http://unefavirtual.unefa.edu.ve/file.php/1065/Elementos_de_un_Sistema_de_Control.pdf

Arduino (2018) <http://www.arduino.cc/>

Schneider Electric (2018) Data Sheet RUMC31P7 <https://www.schneider-electric.com/en/product/...pdf/RUMC31P7>

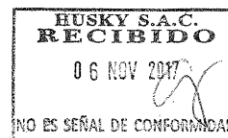


ANEXOS

ANEXO 1

Arequipa, 06 de noviembre del 2017

Señor
Ernesto Gygax Pérez
Gerente General de Husky SAC
Presente.-



Asunto: Solicito autorización para realizar proyecto de tesis en la empresa Husky SAC e instalación de un tablero metálico en el área de máquinas.

Por medio del presente, me dirijo a usted para solicitar hacer uso de la información y de las instalaciones de la empresa, así como la implementación de un tablero metálico, como parte de mi proyecto de tesis para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico.

Así mismo debo indicarle que el proyecto en mención tiene como objetivo controlar y monitorear de forma remota, el arranque y defrost del sistema frigorífico de una cámara de la empresa, dejo constancia que dicha implementación no afecta de ninguna forma el funcionamiento ni operación de los equipos del sistema de refrigeración, por el contrario permitirá que el arranque pueda ser accionado desde que cualquier lugar donde se encuentre el operario y el defrost será optimizado para que cambie de funcionamiento mecánico a electrónico.

Por el expuesto, quedo a la espera de su aceptación.

Atentamente,



Juan Fabrizio Valencia Delgado

DNI N°: 74170692

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2



Arequipa, 13 de noviembre del 2017

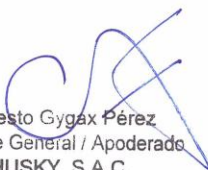
Señor
Juan Fabrizio Valencia Delgado
Presente.-

Asunto: Autorizo la realización del proyecto de tesis y la instalación de un tablero metálico en el área de máquinas.

De mi mayor consideración, en atención a su solicitud con fecha 06 de noviembre del presente, tratándose de su trabajo de tesis profesional. La empresa, AUTORIZA la realización del proyecto de tesis y la instalación de un tablero metálico en el área de máquinas. A partir de la fecha y con fines estrictamente académicos para lo cual se le asigna la cámara número 5, así como los equipos de este.

En consecuencia, le reitero que dicho trabajo no debe inferir el funcionamiento de nuestros equipos.

Atentamente,


Ernesto Gygax Pérez
Gerente General / Apoderado
HUSKY S.A.C.

www.huskysac.com

Jacinto Ibañez 315. Parque Industrial, Arequipa - Telef. +51 54 221368 - Email: info@huskysac.com

Fuente: La empresa.

ANEXO 3

```
#include <EEPROM.h>

int ledPinA = 8;
int ledPinB = 9;
const int buttonApin = 2;
const int buttonBpin = 3;
const int buttonCpin = 4;
const int buttonDpin = 5;
// byte leds = 0;
void setup()
{
  pinMode(ledPinA, OUTPUT);
  pinMode(ledPinB, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPinA, EEPROM.read(1));
  digitalWrite(ledPinB, EEPROM.read(2));
  pinMode(buttonApin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonBpin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonCpin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonDpin, INPUT_PULLUP);
}
void loop()
{
  /// primer boton
  if (digitalRead(buttonApin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinA, HIGH);
    EEPROM.write(1,1);
  }
  if (digitalRead(buttonBpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinA, LOW);
    EEPROM.write(1,0);
  }
  /// segundo boton
  if (digitalRead(buttonCpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinB, HIGH);
    EEPROM.write(2,1);
  }
  if (digitalRead(buttonDpin) == LOW)
  {
    digitalWrite(ledPinB, LOW);
    EEPROM.write(2,0);
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <EEPROM.h>
const int pinLed1 = 2;
const int pinLed2 = 3;
const int pinLed3 = 7;

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = { 192, 168, 1, 150 };
byte gateway[] = { 192, 168, 1, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };

EthernetServer server(80);

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ;
  }

  Ethernet.begin(mac, ip);
  server.begin();
  Serial.print("server is at ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());

  pinMode(pinLed1, OUTPUT);
  pinMode(pinLed2, OUTPUT);
  pinMode(pinLed3, INPUT);
  ///
  ///
  digitalWrite(pinLed1, EEPROM.read(1));
  digitalWrite(pinLed2, EEPROM.read(2));
}

void SendOKpage(EthernetClient &client)
{
  client.println(F("HTTP/1.1 200 OK"));
  client.println(F("Content-Type: text/html"));
  client.println(F("Refresh: 5"));
  client.println();
  client.println(F("<HTML>"));
  client.println(F("<HEAD>"));
}
```

Fuente: Elaboración propia.

```

        client.println(F("<meta name='apple-mobile-web-app-capable' content='yes' />"));
        client.println(F("<meta name=\"apple-mobile-web-app-status-bar-style\"
content=\"default\">"));
        client.println(F("<meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width, user-
scalable=no\">"));
        client.println(F("<TITLE>Husky SAC</TITLE>"));
        client.println(F("</HEAD>"));
        client.println(F("<BODY>"));
        client.println(F("<center>"));
        client.println(F("<h4><img border=\"0\" src=\"http://huskysac.com/img/logo.png\"
/></h4>"));
        client.println(F("<H1>Control Power Husky SAC CAM-1</H1>"));
        client.println(F("<hr />"));
        client.println(digitalRead(pinLed3) == HIGH ? "MANUAL" : "AUTOMATICO");
        client.println(F("<br />"));
        client.print(F("<H2>ESTADO LLAVE GENERAL =</H2>"));
        client.println(digitalRead(pinLed1) == LOW ? "ON" : "OFF");

        client.println(F("<br/>"));
        client.println(F("<br/>"));
        client.println(F("<button style=width:100px;height:40px
onClick=location.href='./?data1=0'>ON</button>"));
        client.println(F("<button style=width:100px;height:40px
onClick=location.href='./?data1=1'>OFF</button>"));

        client.println(F("<br/>"));
        client.print(F("<H2>ESTADO LLAVE VALVULA =</H2>"));
        client.println(digitalRead(pinLed2) == LOW ? "ON" : "OFF");
        client.println(F("<br />"));
        client.println(F("<br/>"));
        client.println(F("<button style=width:100px;height:40px
onClick=location.href='./?data1=2'>ON</button>"));
        client.println(F("<button style=width:100px;height:40px
onClick=location.href='./?data1=3'>OFF</button>"));
        client.println(F("<br/><br/>"));
        client.println(F("<br/>"));
        client.println(F("<hr />"));
        client.println(F("<p>Created by Valencia Fabrizio. UCSM</p>"));
        client.println(F("<a href='http://huskysac.dyndns.tv:6164/'>ACTUALIZAR</a>"));

        client.println(F("</center>"));
        client.println(F("</BODY>"));
        client.println(F("</HTML>"));

    }

```

Fuente: Elaboración propia.

```
void SendAuthenticationpage(EthernetClient &client)
{
    client.println("HTTP/1.1 401 Authorization Required");
    client.println("WWW-Authenticate: Basic realm=\"Secure Area\"");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println("Connection: close");
    client.println();
    client.println("<!DOCTYPE HTML>");
    client.println("<HTML> <HEAD> <TITLE>Error</TITLE>");
    client.println("</HEAD> <BODY><H1>401 Unauthorized.</H1></BODY> </HTML>");
}

char linebuf[80];
int charcount=0;
boolean authenticated=false;

void loop() {
    // listen for incoming clients
    EthernetClient client = server.available();
    if (client) {
        Serial.println("new client");
        memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
        charcount=0;
        authenticated=false;
        // an http request ends with a blank line
        boolean currentLineIsBlank = true;
        String cadena = ""; //inicio final
        while (client.connected()) {
            if (client.available()) {
                char c = client.read();
                linebuf[charcount]=c;
                if (charcount<sizeof(linebuf)-1) charcount++;
                Serial.write(c);

                if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
                    if (authenticated)
                        SendOKpage(client);
                    else
                        SendAuthenticationpage(client);
                    break;
                }
            }
            if (c == '\n') {
                currentLineIsBlank = true;
            }
        }
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

```
        if (strstr(linebuf,"Authorization: Basic")>0 &&
        strstr(linebuf,"SHVza3k6aHVza3kyMDE4")>0)
            authenticated=true;
            memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
            charcount=0;
        }
        else if (c != '\r') {

            currentLineIsBlank = false;
        }

if (cadena.length()<50)
{
    cadena.concat(c);

    int posicion = cadena.indexOf("data");
    String command = cadena.substring(posicion);

    if (command == "data1=0")
    {
        digitalWrite(pinLed1, LOW);
        EEPROM.write(1,0);
    }
    else if (command == "data1=1")
    {
        digitalWrite(pinLed1, HIGH);
        EEPROM.write(1,1);
    }

    if (command == "data1=2")
    {
        digitalWrite(pinLed2, LOW);
        EEPROM.write(2,0);
    }

    else if (command == "data1=3")
    {
        digitalWrite(pinLed2, HIGH);
        EEPROM.write(2,1);
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

```
    }  
  }  
  
  delay(1);  
  
  client.stop();  
  Serial.println("client disconnected");  
}  
}
```

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5

```

#include <Eeprom.H>           // Librería Para Guardar Valores De Los Últimos
Estados
#include < Max31865.H >
#include <Spi.H>
#include <Ethernet.H>        // Librería Para Creacion De Interfaz Web
#include <Wire.H>            // Comunicación Para Rtc
#include <Rtc3231>           // Reloj Tiempo Real
#include <Wire.H>            //Comunicación Rtc Y Microcontrolador
#include <Math.H>           // Transformaciones Matematicas De Valores

//Variables Ethernet
Byte Mac[] = {0xde, 0xad, 0xbe, 0xef, 0xfe, 0xed};
Byte Gateway[] = {192,168,1,1};
Byte Subnet[]= {255,255,255,0};
Char Cadena_Char[100];
String Cadena_String;
IpAddress Ip(192,168,1,190);

Ethernetserver Server(80);

//Variables De Tiempo
Float Tempr; // Temperatura Actual Leída
Int Setpoint1 = 180 ; // Temperatura Deseada "Set Point"
Int Setpoint2 = -1 ; // Temperatura Deseada "Set Point"
Float Error_Actual = 0; // Variables De Error
Float Error_Anterior = 0;
Float T_Muestreo = 1000; //Tiempo De Muestreo [Ms] // Tiempo Estable 5s
//=====Constantes Del Control On Off =====

#define Rom_Camara_Auto 4
#define Rom_Camara_On 5
#define Rom_Camara_Off 6
#define Rom_Defrost_Auto 7
#define Rom_Defrost_On 8
#define Rom_Defrost_Off 9

```

Fuente: Elaboración propia.

```
Unsigned Char Segundo, Minuto, Hora, Dia_Sem, Dia, Mes;
Unsigned Int Anyo;
Unsigned Long Millis_Antes_Camara = 0, Millis_Antes_50_Seg = 0, Millis_Antes_Rtc
= 0;
Void Escribir_Hora()
{
    Wire.Begintransmission(0x68);
    Wire.Write(0);
    Wire.Requestfrom(0x68, 7);
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(0));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Minuto));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Hora));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Dia_Sem));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Dia));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Mes));
    Wire.Write(Bin_To_Bcd(Anyo));
    Wire.Endtransmission();
}

Void Leer_Hora()
{
    Segundo = Bcd2bin(Wire.Read());
    Minuto = Bcd2bin(Wire.Read());
    Hora = Bcd2bin(Wire.Read());
    Dia_Sem = Wire.Read();
    Dia = Bcd2bin(Wire.Read());
    Mes = Bcd2bin(Wire.Read());
    Anyo = Bcd2bin(Wire.Read()) + 2000;
}

Void Setup()
```

Fuente: Elaboración propia.

```
{  
Wire.Begin(); //Para El Rtc  
Pinmode(Rom_Camara_Auto, Output);  
//Cargar Valores Almacenados Para Luz Puerta  
Defrost_1= Eeprom.Read(Rom_Camara_On)<<8 | Eeprom.Read(Rom_Camara_Off);  
Defrost_2= Eeprom.Read(Rom_Camara_On);  
If (Rom_Camara_Off)  
{  
}  
}  
  
Serial.Begin(9600);  
While(!Serial);  
Pinmode(Defrost_1, Output);  
Pinmode(Defrost_2, Output);  
Ethernet.Begin(Mac, Ip, Gateway, Subnet);  
Server.Begin();  
Serial.Print("Servidor En ");  
Serial.Println(Ethernet.Localip());  
}  
Void Loop()  
{  
Delay(2000);  
Float T = Pt100.Readtemperature();  
Ethernetclient Client = Server.Available();  
If (Client)  
{  
Serial.Println("Cliente Nuevo");  
Boolean Currentlineisblank = True;  
While (Client.Connected())  
{  
If (Client.Available())  
{  
Char C=Client.Read();  
If (Cadena_String.Length() <100)  
Cadena_String += C;  
Serial.Write(C);  
If (C == '\N' && Currentlineisblank)  
{
```

Fuente: Elaboración propia.

```

If(Cadena_String.IndexOf("?Date")>0)
{

Client.Println ("Http/1.1 200 Ok");
    Client.Println ("Content-Type: Text/Html");
    Client.Println ("Connection: Close");
    Client.Println ("Refresh: 10");
    Client.Println ( );

    Client.Println("<Head>");
    Client.Println("<Title>Husky Sac</Title>");//Titulo De Pestaña
Client.Println("</Head>");
Client.Println("<H1><Center><Img Border=\"0\" Src=\"Http://Huskysac.Com/Img/Logo.Png\"
/></Center></H1>");//Imagen Web
    Client.Println("<H1 Align=Center>Program Defrost Husky Sac</H1>");//Titulo

Client.Println("<Form>");
    Client.Println("<Center>");
    Client.Println("<Fieldset Style=Width:350px>");
    Client.Println("<Legend><H3>Hora</H3></Legend>");
    Client.Println("<Table><Tr><Td Align=Center><Input Type=Date Name=Date Value=");
    Client.Print(Anyo);
    Client.Print("-");
    Client.Print(Printdigito(Mes));
    Client.Print("-");
    Client.Print(Printdigito(Dia));
    Client.Println("></Td><Td Rowspan=2 Valign=Center><Input Type=Submit
Value=Set></Td></Tr>");
    Client.Println("<Tr><Td Align=Right><Input Type=Time Name=Time Value=");
    Client.Print(Printdigito(Hora));
    Client.Print(":");
    Client.Print(Printdigito(Minuto));
    Client.Print(":");
    Client.Print(Printdigito(Segundo));
    Client.Println("></Td></Tr></Table></Fieldset>");
    Client.Println("</Center>");
    Client.Println("</Form>");

```

Fuente: Elaboración propia.

```

Client.Println("<Form>");
Client.Println("<Center>");
Client.Println("<Fieldset Style=Width:350px>");
Client.Println("<Legend><H3>Estado</H3></Legend>");
Client.Println("<Table><Tr><Td Align=Center>");//////////
//Client.Println("<Br/>");
Client.Println("<Select Name=(Estado)>");
Client.Println("<Option Value=Manual>Manual</Option>");
Client.Println("<Option Value=Pid>Pid</Option>");
Client.Println("<Option Value=Auto>Automatico</Option>");
//Client.Println("<Option Value Selected=Selected>Estado</Option>");
Client.Println("</Select>");
Client.Println("<Input Type=Submit Value=Set></Form>");
Client.Println("</Td></Tr></Table></Fieldset>");
Client.Println("</Center>");
Client.Println("</Form>");
//
Client.Println("<Form>");
Client.Println("<Center>");
Client.Println("<Fieldset Style=Width:350px>");
Client.Println("<Legend><H3>Manual</H3></Legend>");
Client.Println("<Table><Tr><Td Align=Center>");
//Client.Println("<Font Color='Black' Size='3'>Led On");
Client.Println("<Form Method=Get Name=Led>");
Client.Println("<Input Type=Radio Name=L Value=1 Checked=Checked>On");
Client.Println("<Input Type=Radio Name=L Value=2>Off");
Client.Println("<Input Type=Submit Value=Set></Form>");
Client.Println("</Td></Tr></Table></Fieldset>");
Client.Println("</Center>");
Client.Println("</Form>");
////
//Luz Entrada
Client.Println("<Form>");
Client.Println("<Center>");

```

Fuente: Elaboración propia.

```

Client.Println("<Fieldset Style=Width:350px>");
Client.Println("<Legend><H3>Set Temperatura</H3></Legend>");

Client.Println("Temperatura Actual:");
Client.Println("Temp: <Input Type=Text Size=5 Value=");
Client.Println(T);
Client.Println(" Readonly><Br>");
Client.Println("<Br/>");

Client.Println("<Form>Set Temp : <Input Type=Tel Name=Umb Size=5 Maxlength=5
Value=");
Client.Println(Rom_Camara_Auto);
Client.Println("<Br/>");
Client.Println("<Br/>");
Client.Println("<Tr><Td Colspan=2 Align=Center><Input Type=Submit
Value=Set></Td></Form>");

Client.Println("</Fieldset>");
Client.Println("</Center>");
Client.Println("</Form>");

Client.Println("<Form>");
Client.Println("<Center>");
Client.Println("<Fieldset Style=Width:350px>");
Client.Println("<Legend><H3>Automatico</H3></Legend>");
//Client.Println("<Br/>");

Serial.Println(Rom_Camara_Auto);
Serial.Println(Rom_Camara_On);
Serial.Println(Digitalread(Rom_Camara_Off));
Serial.Println("...");
Serial.Println(Rom_Camara_On);

```

Fuente: Elaboración propia.

```

Serial.Println(Rom_Camara_Auto);
Serial.Println(Rom_Defrost_Auto));
Serial.Println("...");
Serial.Println(Rom_Defrost_On));
Serial.Println(Rom_Defrost_Off);

Client.Print("<Align=Center>");
Client.Print("&Nbsp&Nbspintervalo&Nbsp&Nbsp<Input Type=Time Name=Time
Value=");
Client.Print(Printdigito(Rom_Defrost_On));
Client.Print(":");
Client.Print(Printdigito(Camara));
Client.Println("></Td></Tr>");
Client.Println("<Br/>");
Client.Print("&Nbsp&Nbspduracion&Nbsp&Nbsp<Input Type=Time Name=Off_Dor
Value=");
Client.Print(Printdigito(Camara_1));
Client.Print(":");
Client.Print(Printdigito(Rom_Defrost_Off));
Client.Println("></Td></Tr>");
Client.Println("<Br/>");
Client.Println("<Br/>");
Client.Println("<Tr><Td Colspan=2 Align=Center><Input Type=Submit
Value=Set></Td></Form>");
Client.Println("</Table>");
Client.Println("</Fieldset>");
Client.Println("</Center>");
Client.Println("</Form>");

Client.Println("</Body></Html>");

Delay(1);

```

Fuente: Elaboración propia.

```
Client.Stop();  
Cadena_String="";  
}  
}  
}  
}  
}
```

Fuente: Elaboración propia.

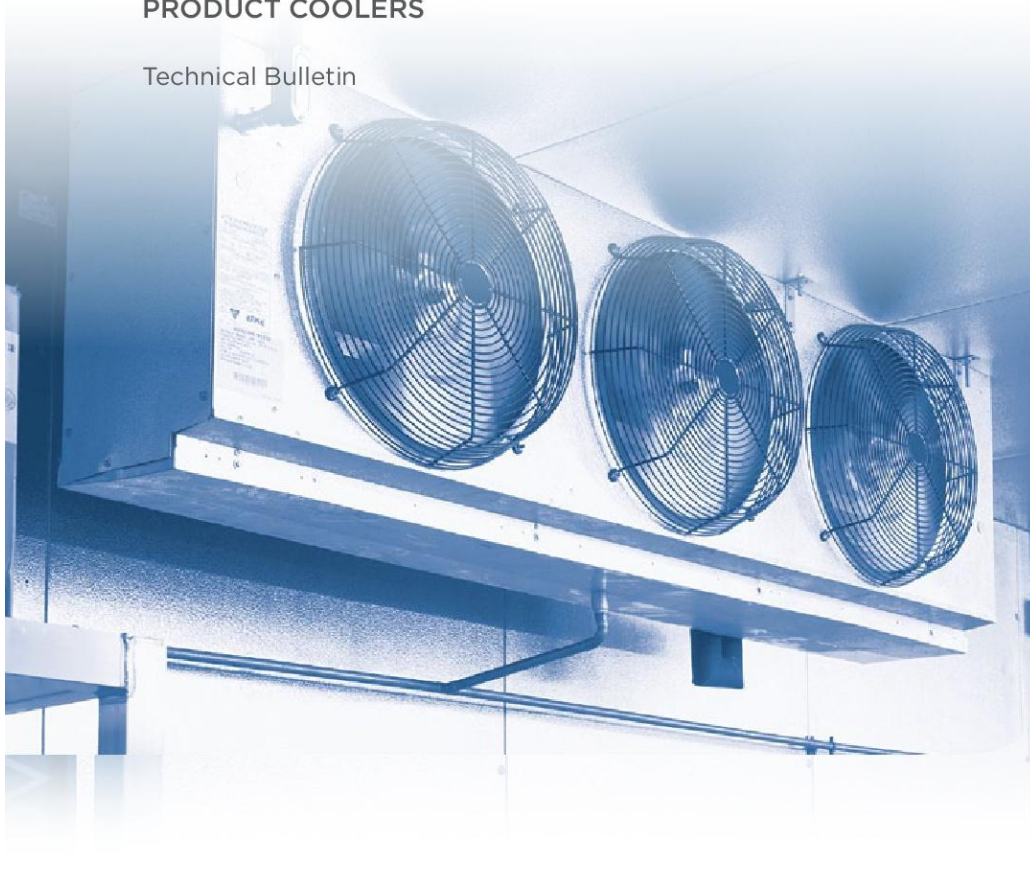
ANEXO 6



MK/MV Series

PRODUCT COOLERS

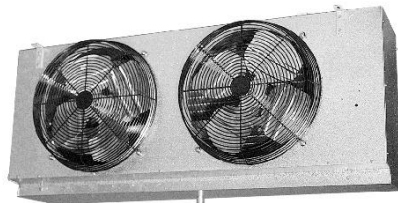
Technical Bulletin



Products that provide lasting solutions.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers



Medium Profile Unit Coolers for
Medium Size Coolers and Freezers

MK SERIES –

Designed for rooms that need lower velocity air-flow to avoid throwing water, or require less air volume.

Standard Features

- Ruggedly constructed cabinets are easily installed from ceilings or on hanger rods.
- Wide capacity range.
- Air defrost for medium temperature rooms.
- Electric or Hot Gas defrost for medium and low temperature rooms.
- 4, 6, and 8 fins per inch spacing.
- Aluminum drain pan and cabinet.
- Coated, corrosion-proof wire fan guards.
- Compartmented fan sections.
- Totally enclosed, lifetime lubricated PSC motors.
- Schraeder valve for easy super heat adjustment.

Optional Features

- Fan motors available with 115V, 230V or 460V single-phase.
- 2, 3, and 4 fan units may be wired for three-phase.
- Electric defrost heater available in 230V single or three-phase and 460V three-phase.
- EC motors.

Optional Accessories

- Long Air-Throw Adapters*
- Room Thermostat*
- TEV Thermostatic Expansion Valve**
- Defrost Time Clock*
- LLSV Liquid Line Solenoid Valve*
- SLHX Suction Liquid Heat Exchanger*

* Shipped Loose

**Factory Mounted or Shipped Loose

MV SERIES –

Specially designed to deliver low temperature air at extra-high velocity.

Standard Features

- Ruggedly constructed cabinets are easily installed from ceilings or on hanger rods.
- Wide capacity range.
- Electric defrost for low temperature rooms.
- 4 and 6 fins per inch spacing.
- Aluminum drain pan and cabinet.
- Coated, corrosion-proof wire fan guards.
- Compartmented fan sections.
- Totally enclosed, lifetime lubricated PSC motors.
- Schraeder valve for easy super heat adjustment.

Optional Features

- Fan motors available with 115V, 230V or 460V single-phase.
- 2, 3, and 4 fan units may be wired for three-phase.
- Electric defrost heater available in 230V single or three-phase and 460V three-phase.

Optional Accessories

- Long Air-Throw Adapters*
- Room Thermostat*
- TEV Thermostatic Expansion Valve**
- Defrost Time Clock*
- LLSV Liquid Line Solenoid Valve*
- SLHX Suction Liquid Heat Exchanger*
- EC motors.

* Shipped Loose

**Factory Mounted or Shipped Loose



MK/MV SERIES UNIT COOLERS 1
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

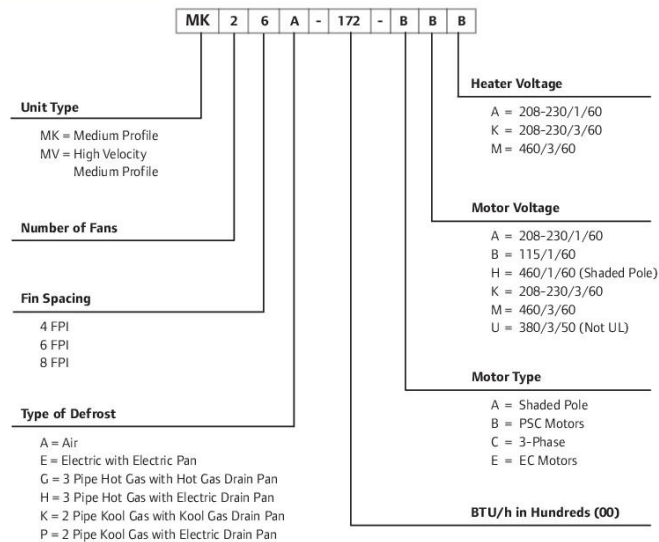
MK/MV Series Unit Coolers

Ordering Information

Specify When Ordering All Models

- Complete model number.
- Refrigerant R22, R404A, or R507.
- Room temperature.
- Saturated suction temperature.
- Electric service; Motors-Heaters-Control.
- Optional features.
- Optional accessories.

Model Key



2 MK/MV SERIES UNIT COOLERS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers

Air Defrost Medium Profile

MEDIUM TEMPERATURE										
MODEL	CAPACITY (BTUH)		AIR FLOW (CFM)	REFRIGERATION CONNECTIONS 10°F TD @ +25°F SST			DIMENSIONS (IN)			SHIPPING WGT. (LBS)
	@ 10° TD	@ 15° TD		LIQUID ODS	SUCTION ODS	REFRIG CHARGE (LBS)	L	W	H	
MK14A-68	6,800	10,200	3,245	1/2	7/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MK14A-94	9,400	14,100	3,060	1/2	7/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MK14A-121	12,100	18,150	2,960	1/2	7/8	4	38.00	19.00	26.75	130
MK16A-86	8,600	12,900	2,985	1/2	7/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MK16A-118	11,800	17,700	2,815	1/2	7/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MK16A-145	14,500	21,750	2,725	1/2	1-1/8	4	38.00	19.00	26.75	130
MK18A-98	9,800	14,700	2,860	1/2	7/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MK18A-133	13,300	19,950	2,710	1/2	7/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MK18A-160	16,000	24,000	2,625	1/2	1-1/8	4	38.00	19.00	26.75	130
MK24A-188	18,800	28,200	6,120	1/2	1-1/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK24A-242	24,200	36,300	5,920	1/2	1-1/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK26A-172	17,200	25,800	5,970	1/2	1-1/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK26A-236	23,600	35,400	5,630	1/2	1-1/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK26A-290	29,000	43,500	5,450	1/2	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK28A-196	19,600	29,400	5,720	1/2	1-1/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK28A-266	26,600	39,900	5,420	1/2	1-5/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK28A-320	32,000	48,000	5,250	5/8	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK34A-363	36,300	54,450	8,880	5/8	1-5/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK36A-354	35,400	53,100	8,445	5/8	1-5/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK36A-435	43,500	65,250	8,175	5/8	1-5/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK38A-393	39,300	58,950	8,130	5/8	1-5/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK38A-480	48,000	72,000	7,875	5/8	1-5/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK44A-484	48,400	72,600	11,840	5/8	1-5/8	11	119.00	19.00	26.75	470
MK46A-580	58,000	87,000	10,900	5/8	1-5/8	11	119.00	19.00	26.75	470
MK48A-640	64,000	96,000	10,500	5/8	1-5/8	11	119.00	19.00	26.75	470

Capacity Ratings are based on sensible heat removal with a TEV fed, medium frosted coil when:
 - SST (saturated suction temp.) is above -20°F. Derate 10% for -30°F SST.
 - TEV superheat does not exceed 10°F above SST.
 - Medium temp. selection - use 10 to 15°F TD. Low temp. selection - use 8 to 12°F TD. (TD is the temp. difference between room and SST)
 - Fan motor heat is not included in ratings - add 940 BTUH per fan to room load for MK units, or 1640 BTUH per fan to room load for MV units.
 - Derate 12% for 50 Hertz (0.88 multiplier) or increase TD to compensate for lower fan RPM - use 11.4°F for 10°F TD or 13.6°F for 12°F for TD.

MK/MV SERIES UNIT COOLERS **3**
 Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers

Electric Defrost Medium Profile

MEDIUM / LOW TEMPERATURE										
MODEL	CAPACITY (BTUH) @ 10° TD		AIR FLOW (CFM)	REFRIGERATION CONNECTIONS 10°F TD @ +25°F SST			DIMENSIONS (IN)			SHIPPING WGT. (LBS)
	-20 SST	+20 SST		LIQUID ODS	SUCTION ODS	REFRIG CHARGE (LBS)	L	W	H	
MK14E-60	6,000	6,800	3,245	1/2	1-1/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MK14E-82	8,200	9,400	3,060	1/2	1-1/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MK14E-105	10,500	12,100	2,960	1/2	1-1/8	4	38.00	19.00	26.75	130
MK16E-76	7,600	8,600	2,985	1/2	1-1/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MK16E-103	10,300	11,800	2,815	1/2	1-1/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MK16E-127	12,700	14,500	2,725	1/2	1-1/8	4	38.00	19.00	26.75	130
MK24E-120	12,000	13,600	6,490	5/8	1-5/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK24E-164	16,400	18,800	6,120	5/8	1-5/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK24E-210	21,000	24,200	5,920	5/8	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK26E-152	15,200	17,200	5,970	5/8	1-5/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK26E-206	20,600	23,600	5,630	5/8	1-5/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK26E-254	25,400	29,000	5,450	5/8	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK34E-246	24,600	28,200	9,180	7/8	1-5/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK34E-315	31,500	36,300	8,880	7/8	2-1/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK36E-309	30,900	35,400	8,445	7/8	1-5/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK36E-381	38,100	43,500	8,175	7/8	2-1/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK44E-420	42,000	48,400	11,840	7/8	2-1/8	11	119.00	19.00	26.75	470
MK46E-508	50,800	58,000	10,900	7/8	2-1/8	11	119.00	19.00	26.75	470
Low Temperature – Below +30°F Extra High Velocity										
MV14E-73	7,300	N/A	4,790	1/2	1-1/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MV14E-100	10,000	N/A	4,300	1/2	1-5/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MV14E-128	12,800	N/A	4,130	1/2	1-5/8	3	38.00	19.00	26.75	130
MV16E-93	9,300	N/A	4,405	1/2	1-1/8	2	38.00	19.00	26.75	115
MV16E-126	12,600	N/A	3,955	1/2	1-5/8	3	38.00	19.00	26.75	125
MV16E-155	15,500	N/A	3,800	1/2	1-5/8	3	38.00	19.00	26.75	130
MV24E-146	14,600	N/A	9,580	5/8	1-5/8	3	63.00	19.00	26.75	215
MV24E-200	20,000	N/A	8,600	5/8	1-5/8	4	63.00	19.00	26.75	225
MV24E-256	25,600	N/A	8,260	5/8	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MV26E-186	18,600	N/A	8,810	5/8	1-5/8	3	63.00	19.00	26.75	215
MV26E-252	25,200	N/A	7,910	5/8	1-5/8	4	63.00	19.00	26.75	225
MV26E-310	31,000	N/A	7,600	5/8	1-5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MV34E-300	30,000	N/A	12,900	7/8	1-5/8	6	92.00	19.00	26.75	330
MV34E-384	38,400	N/A	12,390	7/8	2-1/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MV36E-378	37,800	N/A	11,865	7/8	1-5/8	6	92.00	19.00	26.75	330
MV36E-465	46,500	N/A	11,400	7/8	2-1/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MV44E-512	51,200	N/A	16,520	7/8	2-1/8	10	119.00	19.00	26.75	470
MV46E-620	62,000	N/A	15,200	7/8	2-1/8	10	119.00	19.00	26.75	470

4 MK/MV SERIES UNIT COOLERS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers

Electric or Hot Gas Defrost Medium Profile

LOW / MEDIUM TEMPERATURE

MODEL	CAPACITY (BTUH) @ 10° TD		AIR FLOW (CFM)	REFRIGERATION CONNECTIONS 10° TD @ +25° SST				DIMENSIONS (IN)			SHIPPING WT. (LBS)
	-20 SST	+20 SST		LIQUID ODS	SUCTION ODS	KG-HG-TEE ODS	REFRIG CHARGE (LBS)	L	W	H	
MK14()-60	6,000	6,800	3,245	1/2	1-1/8	1/2	2	38.00	19.00	26.75	115
MK14()-82	8,200	9,400	3,060	1/2	1-1/8	1/2	3	38.00	19.00	26.75	125
MK14()-105	10,500	12,100	2,960	1/2	1-1/8	1/2	4	38.00	19.00	26.75	130
MK16()-76	7,600	8,600	2,985	1/2	1-1/8	1/2	2	38.00	19.00	26.75	115
MK16()-103	10,300	11,800	2,815	1/2	1-1/8	1/2	3	38.00	19.00	26.75	125
MK16()-127	12,700	14,500	2,725	1/2	1-1/8	1/2	4	38.00	19.00	26.75	130
MK24()-120	12,000	13,600	6,490	5/8	1-5/8	5/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK24()-164	16,400	18,800	6,120	5/8	1-5/8	5/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK24()-210	21,000	24,200	5,920	5/8	1-5/8	5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK26()-152	15,200	17,200	5,970	5/8	1-5/8	5/8	4	63.00	19.00	26.75	215
MK26()-206	20,600	23,600	5,630	5/8	1-5/8	5/8	5	63.00	19.00	26.75	225
MK26()-254	25,400	29,000	5,450	5/8	1-5/8	5/8	6	63.00	19.00	26.75	240
MK34()-246	24,600	28,200	9,180	7/8	1-5/8	7/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK34()-315	31,500	36,300	8,880	7/8	2-1/8	7/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK36()-309	30,900	35,400	8,445	7/8	1-5/8	7/8	7	92.00	19.00	26.75	330
MK36()-381	38,100	43,500	8,175	7/8	2-1/8	7/8	8	92.00	19.00	26.75	350
MK44()-420	42,000	48,400	11,840	7/8	2-1/8	7/8	11	119.00	19.00	26.75	470
MK46()-508	50,800	58,000	10,900	7/8	2-1/8	7/8	11	119.00	19.00	26.75	470

*Available Types of Defrost: (K) KGG - 2 Pipe Kool Gas with Kool Gas Pan, (H) HGE - 3 Pipe Hot Gas with Electric Pan, (G) HGG - 3 Pipe Hot Gas with Hot Gas Pan, (P) KGE - 2 Pipe Kool Gas with Electric Pan

Electric Data

MK MOTOR OPTIONS

	PSC STANDARD MOTOR						EC MOTOR				SHADED POLE			
	115/1		230/1		230/3*		115/1		230/1		460/1		460/3*	
	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS
1 Fan	3.2	193	1.6	202	-	-	1.9	137	1.1	129	0.9	205	-	-
2 Fan	6.4	385	3.2	404	2.8	404	3.7	273	2.1	257	1.8	410	1.6	410
3 Fan	9.6	528	4.8	607	2.8	607	5.6	410	3.2	386	2.7	615	1.6	615
4 Fan	12.8	770	6.4	809	4.2	809	7.4	546	4.2	514	3.6	820	2.4	820

MV MOTOR OPTIONS

	115/1		230/1		230/3*		115/1		230/1		460/1		460/3*	
	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS
1 Fan	4.2	414	3.0	417	-	-	4.5	359	2.5	353	1.5	430	-	-
2 Fan	8.5	827	6.0	833	5.2	833	9.0	717	5.0	707	3.0	860	2.6	860
3 Fan	12.7	1241	9.0	1250	5.2	1250	13.5	1076	7.5	1060	4.5	1290	2.6	1290
4 Fan	16.9	1655	12.0	1666	7.9	1666	18.0	1434	10.1	1414	5.0	1720	4.0	1720

NOTE: 3-Phase options are single phase motors wired for 3-phase operation.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers

Electric/Hot Gas Defrost Heater Data

LOW / MEDIUM TEMPERATURE							
MODEL	EDL HEATER AMPS (E)			EDL HEATER WATTS (E)		KGE-HGE DRAIN PAN (H,P) AMPS	
	230/1*	230/3*	460/3*	230V*	460V*	115/1	230/1*
MK14()-60	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000	4.3	2.2
MK14()-82	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000	4.3	2.2
MK14()-105	12.6	7.5	4.2	2,900	2,900	4.3	2.2
MK16()-76	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000	4.3	2.2
MK16()-103	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000	4.3	2.2
MK16()-127	12.6	7.5	4.2	2,900	2,900	4.3	2.2
MK24()-120	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800	7.0	3.5
MK24()-164	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800	7.0	3.5
MK24()-210	24.3	14.3	7.6	5,600	5,600	7.0	3.5
MK26()-152	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800	7.0	3.5
MK26()-206	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800	7.0	3.5
MK26()-254	24.3	14.3	7.6	5,600	5,600	7.0	3.5
MK34()-246	28.7	18.3	7.9	6,600	5,700	10.4	5.2
MK34()-315	36.5	21.5	11.3	8,400	8,400	10.4	5.2
MK36()-309	28.7	18.3	7.9	6,600	5,700	10.4	5.2
MK36()-381	36.5	21.5	11.3	8,400	8,400	10.4	5.2
MK44()-420	47.8	27.9	14.4	11,000	11,000	12.2	6.1
MK46()-508	47.8	27.9	14.4	11,000	11,000	12.2	6.1

LOW TEMPERATURE					
MODEL	EDL HEATER AMPS (E)			EDL HEATER WATTS (E)	
	230/1*	230/3*	460/3*	230V*	460V*
MV14E-73	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000
MV14E-100	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000
MV14E-128	12.6	7.5	4.2	2,900	2,900
MV16E-93	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000
MV16E-126	10.0	6.5	3.0	2,300	2,000
MV16E-155	12.6	7.5	4.2	2,900	2,900
MV24E-146	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800
MV24E-200	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800
MV24E-256	24.3	14.3	7.6	5,600	5,600
MV26E-186	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800
MV26E-252	19.1	12.2	5.3	4,400	3,800
MV26E-310	24.3	14.3	7.6	5,600	5,600
MV34E-300	28.7	18.3	7.9	6,600	5,700
MV34E-384	36.5	21.5	11.3	8,400	8,400
MV36E-378	28.7	18.3	7.9	6,600	5,700
MV36E-465	36.5	21.5	11.3	8,400	8,400
MV44E-512	47.8	27.9	14.4	11,000	11,000
MV46E-620	47.8	27.9	14.4	11,000	11,000

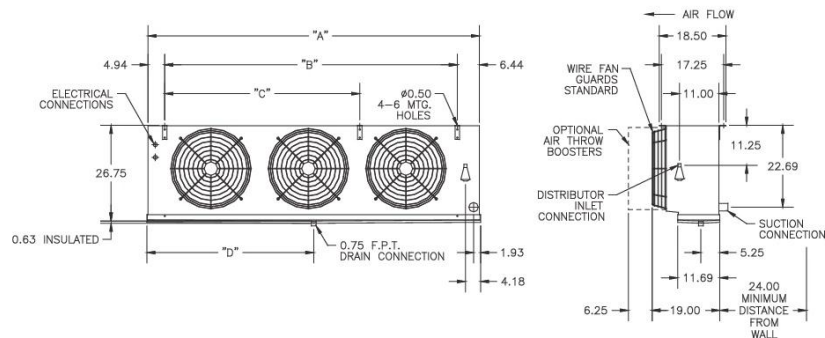
*CORRECTION FACTOR			
POWER	240/480	208	220/440
WATTAGE	1.09	0.82	0.91
AMPERAGE	1.04	0.90	0.96

6 MK/MV SERIES UNIT COOLERS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

MK/MV Series Unit Coolers

Dimensional Data



NOTE: Unit should be located a minimum of 24" from walls for best results.

Optional air throw booster(s) produce:
60 ft. air throw (MK)
75 ft. air throw (MV)

UNIT DIMENSIONS				
SIZE	A	B	C	D
1 FAN	38.375	27.000	—	19.188
2 FAN	63.375	54.000	—	32.688
3 FAN	92.375	81.000	54.000	46.188
4 FAN	119.375	108.000	54.000	59.688

Note: Dimensions in inches.

Common Replacement Parts

MK SERIES		MV SERIES	
PART	PART #	PART	PART #
MOTOR 115/230V	4410137	MOTOR 115/230V	4410166
MOTOR 460V	4410156	MOTOR 460V	4410167
FAN BLADE	4780316	FAN BLADE	4780317
FAN GUARD	4914790	FAN GUARD	4914790
AIR BOOSTER	4968156	AIR BOOSTER	4968156
EC MOTOR 115V	4410725	MOTOR 115/230V	4410725
EC MOTOR 230V	4410726	MOTOR 460V	4410726

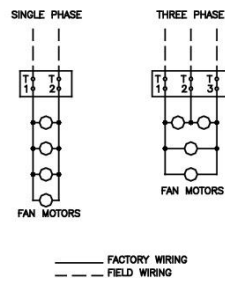
MK/MV SERIES UNIT COOLERS **7**
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

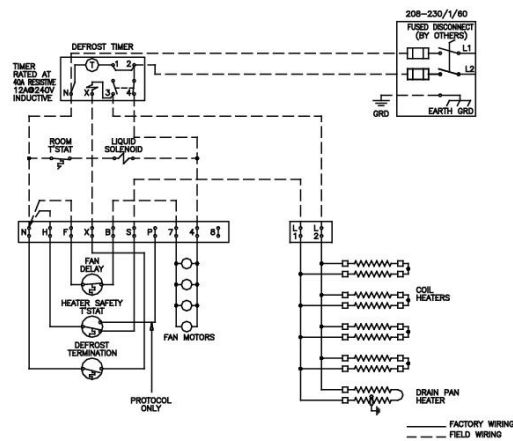
MK/MV Series Unit Coolers

Wiring Diagrams

AIR DEFROST WIRING



ELECTRIC DEFROST WIRING 208-230/1/60



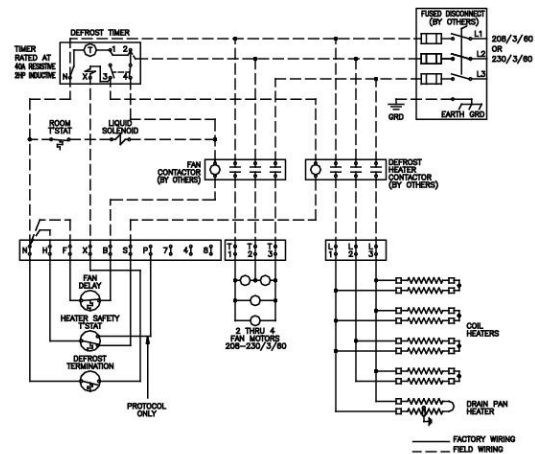
8 MK/MV SERIES UNIT COOLERS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

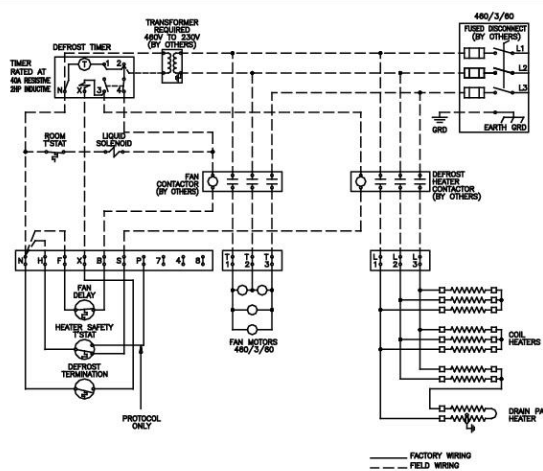
MK/MV Series Unit Coolers

Wiring Diagrams

ELECTRIC DEFROST WIRING
208-230/3/60



ELECTRIC DEFROST WIRING
208-230/3/60



MK/MV SERIES UNIT COOLERS 9
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

ANEXO 7

H-Series Condensing Units

HTSD Specifications

Copeland Discus - High Temperature - R-22																						
UNIT MODEL	COMPRESSOR MODEL	208/1/60			208/3/60			380/3/50			460/3/60			575/3/60			REF LINE CONNECTIONS	RCVR STD DIA/HGT	RCVR CAP LBS	EST SHIP WEIGHT LBS	DEFAULT CONDENSER	CABINET SIZE
		COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	LIQ IN	SUCT IN	OD IN						
H##D-0500HV	2DC3R53KE	-	-	-	22.3	4.4	10.4	2.2	10.4	2.2	7.7	1.8	1/2	1-3/8	8.5/8 x 30	53.9	800	C	MEDIUM			
H##D-0501HV	2DD3R65KE	-	-	-	22.3	4.4	10.5	2.2	10.5	2.2	7.9	1.8	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	800	C	MEDIUM			
H##D-0750HV	2DL3R78KE	-	-	-	31.6	4.4	13.8	2.2	13.8	2.2	13.2	1.8	5/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	800	D	MEDIUM			
H##D-0751HV	2DA3R89KE	-	-	-	32	6.8	14.1	3.4	14.1	3.4	13.3	2.7	5/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1250	E	LARGE			
H##D-1000HV	3DA3R10ME	-	-	-	41	6.8	20	3.4	20	3.4	16.5	2.7	5/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1250	E	LARGE			
H##D-1001HV	3DB3R15ME	-	-	-	48.6	8.5	26	4.4	26	4.4	16.5	2.7	7/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	F	X-LARGE			
H##D-1500HV	3DS3R17ME	-	-	-	48.2	8.7	29	4.4	29	4.4	23.6	3.5	7/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE			

Copeland Discus - Low Temperature - R-22																						
UNIT MODEL	COMPRESSOR MODEL	208/1/60			208/3/60			380/3/50			460/3/60			575/3/60			REF LINE CONNECTIONS	RCVR STD DIA/HGT	RCVR CAP LBS	EST SHIP WEIGHT LBS	DEFAULT CONDENSER	CABINET SIZE
		COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	LIQ IN	SUCT IN	OD IN						
H##D-0300LV	2DF3F16KE	-	-	-	25.8	2.5	16.8	2.5	8.1	1.3	8.1	1.3	6.7	1.0	1/2	1-3/8	6 x 23	21.4	800	B	MEDIUM	
H##D-0400LV	2DL3F20KE	-	-	-	26.3	2.5	10.2	1.3	10.2	1.3	7.7	1.0	5/8	1-3/8	6 x 30	27.9	800	B	MEDIUM			
H##D-0600LV	2DB3F25KE	-	-	-	28.2	2.5	13.3	1.3	13.3	1.3	9.6	1.0	5/8	1-3/8	6 x 30	27.9	800	B	MEDIUM			
H##D-0601LV	3DA3F28KE	-	-	-	30.3	4.4	13.7	2.2	13.7	2.2	10.5	1.8	5/8	1-3/8	8.5/8 x 30	53.9	800	C	MEDIUM			
H##D-0750LV	3DB3F33KE	-	-	-	31.5	6.8	16.1	3.4	16.1	3.4	11	2.7	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	1250	E	LARGE			
H##D-0900LV	3DF3F40KE	-	-	-	39	6.8	16.9	3.4	16.9	3.4	16.5	2.7	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	1250	E	LARGE			
H##D-1000LV	3DS3F46KE	-	-	-	42	6.8	18.6	3.4	18.6	3.4	16.8	2.7	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	1250	E	LARGE			
H##D-1500LV	4DL3F63KE	-	-	-	52.6	6.8	26.3	3.4	26.3	3.4	20.9	2.7	7/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1250	F	LARGE			
H##D-2200LV	4DT3F76KE	-	-	-	66	8.7	33	4.4	33	4.4	24.2	3.5	7/8	2-1/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE			

RECEIVER SIZE	RECEIVER SIZE AND CAPACITY			CABINET SIZE			
	R-22 (LBS)	R-404A/R-507 (LBS)	R-404A/R-507 FULL CAPACITY - 90% FULL	L	W	H	
A 6 x 12	12.8	11.1	11.1	SMALL	41.750	32.320	24.471
B 6 x 18	19.2	16.7	16.7	MEDIUM	48.000	34.705	41.946
C 6 x 23	24.6	21.4	21.4	LARGE	84.000	35.072	41.891
D 6 x 30	32.0	27.9	27.9	X-LARGE	99.000	35.002	54.424
E 8-5/8 x 30	62.0	53.9	53.9				
F 10-3/4 x 30	94.6	82.3	82.3				
G 10-3/4 x 38	122.0	106.2	106.2				
H 12-3/4 x 30	115.0	100.1	100.1				

14 H-SERIES CONDENSING UNITS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

H-Series Condensing Units

HTSD Specifications

Copeland Discus - High Temperature - R-404A																			
UNIT MODEL	COMPRESSOR MODEL	208/1/60			380/3/50			460/3/60			575/3/60			REF LINE CONNECTIONS	RCVR STD DIA/HGHT	RCVR CAP	EST SHIP WEIGHT	DEFAULT CONDENSER	CABINET SIZE
		COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA							L/O	SUCT	LBS	LBS
H#HD-0500HS	2DC3R33KE	-	-	-	10.4	2.2	10.4	2.2	7.7	1.8	12	1-3/8	8.5/8 x 30	53.9	800	C	MEDIUM		
H#HD-0501HS	2DD3R63KE	-	-	-	10.5	2.2	10.5	2.2	7.9	1.8	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	800	C	MEDIUM		
H#HD-0750HS	2DL3R78KE	-	-	-	13.8	2.2	13.8	2.2	13.2	1.8	5/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	800	D	MEDIUM		
H#HD-0751HS	2DA3R69KE	-	-	-	14.1	3.4	14.1	3.4	13.3	2.7	5/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1250	E	LARGE		
H#HD-1000HS	3DA3R78KE	-	-	-	20	3.4	20	3.4	16.5	2.7	7/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1250	E	LARGE		
H#HD-1200HS	3DF3R12ME	-	-	-	23.6	4.4	23.6	4.4	16.5	2.7	7/8	1-3/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE		
H#HD-1500HS	3DF3R15ME	-	-	-	23.6	4.4	23.6	4.4	23.6	3.5	7/8	1-5/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE		
H#HD-1501HS	3DS3R17ME	-	-	-	29	4.4	29	4.4	23.6	3.5	7/8	1-5/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE		

Copeland Discus - Low Temperature - R-404A																			
UNIT MODEL	COMPRESSOR MODEL	208/1/60			380/3/50			460/3/60			575/3/60			REF LINE CONNECTIONS	RCVR STD DIA/HGHT	RCVR CAP	EST SHIP WEIGHT	DEFAULT CONDENSER	CABINET SIZE
		COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA	COMP	FAN	RLA							L/O	SUCT	LBS	LBS
H#HD-0300LS	2DF3F16KE	25.8	2.5	16.8	2.5	8.1	1.3	8.1	1.3	6.7	1.0	1/2	1-3/8	6 x 23	21.4	800	B	MEDIUM	
H#HD-0400LS	2DL3F20KE	-	-	26.3	2.5	10.2	1.3	10.2	1.3	7.7	1.0	5/8	1-3/8	6 x 30	27.9	800	B	MEDIUM	
H#HD-0600LS	2DB3F25KE	-	-	28.2	4.4	13.3	2.2	13.3	2.2	9.6	1.8	5/8	1-3/8	6 x 30	27.9	800	C	MEDIUM	
H#HD-0601LS	3DA3F28KE	-	-	30.3	4.4	13.7	2.2	13.7	2.2	10.5	1.8	5/8	1-3/8	8.5/8 x 30	53.9	800	D	MEDIUM	
H#HD-0750LS	3DB3F33KE	-	-	31.5	6.8	16.1	3.4	16.1	3.4	11	2.7	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	1250	E	LARGE	
H#HD-0900LS	3DF3F40KE	-	-	39	6.8	16.9	3.4	16.9	3.4	16.5	2.7	5/8	1-3/8	10.3/4 x 30	82.3	1250	E	LARGE	
H#HD-1001LS	3DS3F47KE	-	-	45.2	6.8	22.6	3.4	22.6	3.4	19.8	2.7	7/8	1-5/8	12.3/4 x 30	100.1	1500	E	LARGE	
H#HD-1500LS	4DU3F63KE	-	-	52.6	6.8	26.3	3.4	26.3	3.4	20.9	2.7	7/8	1-5/8	12.3/4 x 30	100.1	1500	F	LARGE	
H#HD-2200LS	4DT3F76KE	-	-	66	8.7	33	4.4	33	4.4	24.2	3.5	7/8	2-1/8	12.3/4 x 30	100.1	1575	J	X-LARGE	

See page 14 for Cabinet Sizes, Receiver Sizes and Capacity.

H-SERIES CONDENSING UNITS 15

Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

H-Series Condensing Units

HTSD Performance

Copeland Discus - High Temperature - R-22

UNIT MODEL	AMB TEMP	EVAP TEMP = 0F		EVAP TEMP = 5F		EVAP TEMP = 10F		EVAP TEMP = 15F		EVAP TEMP = 20F		EVAP TEMP = 25F		EVAP TEMP = 30F		EVAP TEMP = 40F	
		CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]
HRHD-0600HV	95	22,843	2.88	26,439	3.20	30,034	3.42	34,304	3.62	38,273	3.81	43,301	4.00	46,028	4.18	53,448	4.35
HRHD-0600HV	95	23,242	2.92	27,038	3.24	30,531	3.46	34,801	3.66	38,770	3.85	43,799	4.04	46,525	4.22	54,055	4.39
HRHD-0750HV	95	33,842	4.42	39,849	4.77	44,685	5.11	49,727	5.43	55,017	5.74	61,576	6.03	67,325	6.35	74,893	6.64
HRHD-0750HV	95	39,387	4.93	45,664	5.32	51,640	5.70	58,675	6.02	65,669	6.34	73,306	6.63	80,602	6.92	89,354	7.14
HRHD-0750HV	95	50,071	6.51	58,723	6.86	67,374	7.21	76,845	7.58	86,314	7.91	96,133	8.21	105,974	8.50	115,615	8.79
HRHD-1000HV	95	70,982	9.12	81,194	9.61	91,419	10.10	100,292	10.59	110,158	11.07	120,770	11.54	130,382	12.00	150,692	12.43
HRHD-1000HV	95	80,510	10.38	90,965	10.95	101,419	11.53	113,440	12.08	125,460	12.63	138,170	13.18	150,692	13.73	168,002	14.17
HRHD-1500HV	105	20,988	3.05	23,880	3.30	27,423	3.54	31,320	3.78	35,225	4.03	39,864	4.26	44,103	4.47	48,173	4.68
HRHD-1500HV	105	24,079	3.61	27,971	3.90	31,862	4.18	36,251	4.46	40,440	4.73	45,000	5.00	50,589	5.27	56,262	5.52
HRHD-1500HV	105	30,628	4.58	35,820	4.86	40,814	5.33	45,847	5.71	51,080	6.08	57,057	6.42	63,033	6.75	69,522	7.09
HRHD-1500HV	105	35,261	5.08	40,821	5.36	46,290	5.72	51,959	6.05	58,099	6.36	64,472	6.68	70,924	7.00	78,171	7.32
HRHD-1500HV	105	41,091	5.81	47,427	6.22	53,590	6.61	60,294	6.98	67,424	7.34	74,981	7.76	83,291	8.15	92,553	8.52
HRHD-1000HV	105	56,624	8.15	65,697	8.61	70,689	9.06	79,079	9.54	87,569	10.01	96,876	10.44	106,563	10.86	117,267	11.30
HRHD-1000HV	105	66,169	9.66	74,710	10.20	83,251	10.74	93,418	11.30	103,984	11.85	115,337	12.40	127,130	12.94	140,491	13.46
HRHD-1500HV	105	75,697	10.95	85,441	11.61	95,215	12.27	105,381	12.90	117,567	13.53	130,414	14.12	143,280	14.71	157,444	15.30

Copeland Discus - Low Temperature - R-22

UNIT MODEL	AMB TEMP	EVAP TEMP = -40F		EVAP TEMP = -35F		EVAP TEMP = -30F		EVAP TEMP = -25F		EVAP TEMP = -20F		EVAP TEMP = -15F		EVAP TEMP = -10F		EVAP TEMP = -5F		EVAP TEMP = 0F	
		CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]
HRHD-0300LV	95	7,720	2.00	9,596	2.27	11,476	2.53	13,713	2.76	15,849	2.99	18,684	3.23	21,418	3.46	24,966	3.74	28,493	4.02
HRHD-0400LV	95	9,072	2.68	11,261	2.70	13,650	2.88	15,770	3.27	18,860	3.55	22,162	3.84	25,484	4.13	29,057	4.43	32,079	4.73
HRHD-0801LV	95	13,598	3.52	16,504	3.91	19,411	4.29	23,110	4.67	26,809	5.04	31,198	5.42	35,887	5.80	40,715	6.22	45,842	6.64
HRHD-0750LV	95	18,091	4.23	21,932	4.65	25,773	5.07	30,152	5.50	34,843	5.93	39,843	6.37	45,150	6.80	51,665	7.25	59,174	7.70
HRHD-1000LV	95	22,238	5.86	27,210	6.38	32,182	6.90	37,154	7.45	42,026	8.00	47,007	8.60	52,007	9.21	58,413	9.85	66,970	10.48
HRHD-1500LV	95	30,442	8.21	37,178	9.06	43,914	9.90	50,553	10.72	58,162	11.54	66,500	12.42	76,620	13.29	89,906	14.22	106,962	15.14
HRHD-2200LV	95	37,658	9.69	45,959	10.70	54,320	11.70	63,334	12.57	72,348	13.43	82,253	14.32	94,237	15.20	108,411	16.28	122,984	17.32
HRHD-0300LV	105	6,440	1.91	8,188	2.22	9,932	2.53	12,032	2.80	14,132	3.06	16,768	3.32	19,388	3.57	22,543	3.86	25,687	4.14
HRHD-0400LV	105	7,812	2.40	9,754	2.71	11,696	3.01	14,324	3.32	16,851	3.62	19,886	3.94	22,821	4.26	26,347	4.58	29,872	4.89
HRHD-0801LV	105	10,243	3.00	12,565	3.35	14,887	3.69	17,743	4.05	20,999	4.41	24,161	4.79	27,722	5.17	31,804	5.59	35,886	6.01
HRHD-0750LV	105	13,570	4.30	16,500	4.76	19,411	5.21	23,024	5.68	26,349	6.15	30,350	6.62	34,112	7.08	42,555	7.57	50,937	8.05
HRHD-1000LV	105	18,241	5.41	22,332	5.89	26,423	6.37	31,706	6.93	37,068	7.49	43,436	8.06	49,683	8.67	57,209	9.26	64,535	9.88
HRHD-1500LV	105	19,749	6.07	24,308	6.81	28,868	7.14	34,416	7.73	39,865	8.31	46,711	8.96	53,527	9.59	61,307	10.31	69,157	11.03
HRHD-2200LV	105	33,393	9.92	41,715	11.03	50,037	12.14	58,636	13.11	67,235	14.08	77,027	15.08	88,019	16.03	101,053	17.22	114,687	18.41

See page 14 for Cabinet Sizes, Receiver Sizes and Capacity.

16 H-SERIES CONDENSING UNITS
Specifications subject to change without notice.

Fuente: Krack (2018) <https://www.krack.com/>

H-Series Condensing Units

HTSD Performance

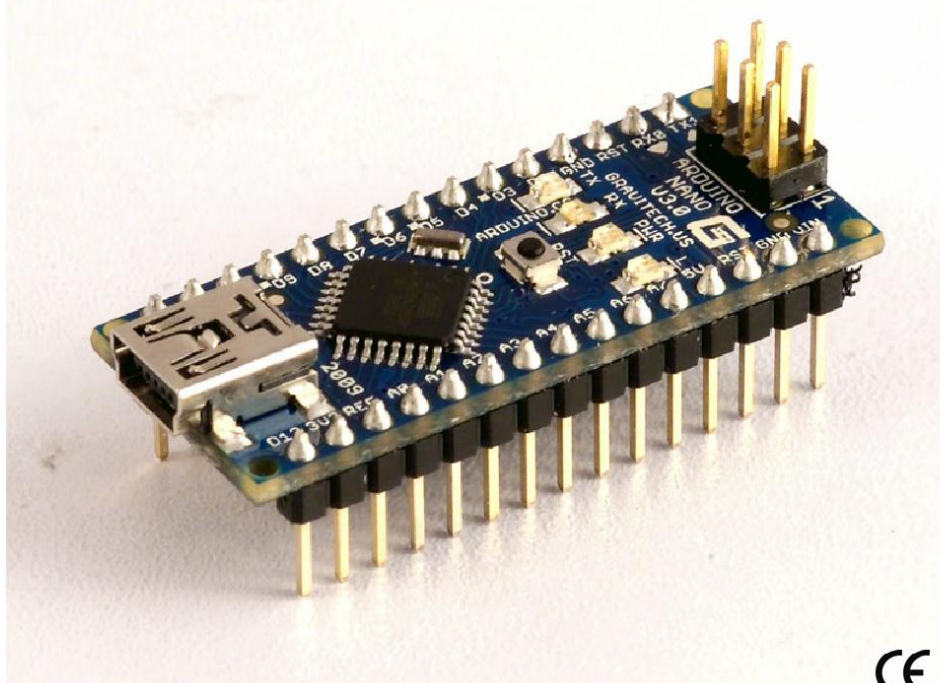
Copeland Discus - High Temperature - R-404A

UNIT MODEL	EVAP TEMP = 0F			EVAP TEMP = 5F			EVAP TEMP = 10F			EVAP TEMP = 15F			EVAP TEMP = 20F			EVAP TEMP = 25F			EVAP TEMP = 30F			EVAP TEMP = 35F			EVAP TEMP = 40F																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]	CAP [BTUH]	POW [KW]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
HRHD-0500HS	95	24,528	3.46	27,867	3.67	31,205	3.87	35,148	4.07	39,085	4.26	43,336	4.46	47,987	4.65	52,209	4.83	57,010	5.00	61,564	5.17	66,168	5.34	70,429	5.51	74,925	5.68	79,258	5.85	83,812	6.02	88,564	6.19	93,243	6.36	98,010	6.53	102,791	6.70	107,591	6.87	112,417	7.04	117,177	7.21	121,968	7.38	126,768	7.55	131,583	7.72	136,337	7.89	141,127	8.06	145,922	8.23	150,722	8.40	155,522	8.57	160,322	8.74	165,122	8.91	169,922	9.08	174,722	9.25	179,522	9.42	184,322	9.59	189,122	9.76	193,922	9.93	198,722	10.10	203,522	10.27	208,322	10.44	213,122	10.61	217,922	10.78	222,722	10.95	227,522	11.12	232,322	11.29	237,122	11.46	241,922	11.63	246,722	11.80	251,522	11.97	256,322	12.14	261,122	12.31	265,922	12.48	270,722	12.65	275,522	12.82	280,322	12.99	285,122	13.16	289,922	13.33	294,722	13.50	299,522	13.67	304,322	13.84	309,122	14.01	313,922	14.18	318,722	14.35	323,522	14.52	328,322	14.69	333,122	14.86	337,922	15.03	342,722	15.20	347,522	15.37	352,322	15.54	357,122	15.71	361,922	15.88	366,722	16.05	371,522	16.22	376,322	16.39	381,122	16.56	385,922	16.73	390,722	16.90	395,522	17.07	400,322	17.24	405,122	17.41	409,922	17.58	414,722	17.75	419,522	17.92	424,322	18.09	429,122	18.26	433,922	18.43	438,722	18.60	443,522	18.77	448,322	18.94	453,122	19.11	457,922	19.28	462,722	19.45	467,522	19.62	472,322	19.79	477,122	19.96	481,922	20.13	486,722	20.30	491,522	20.47	496,322	20.64	501,122	20.81	505,922	20.98	510,722	21.15	515,522	21.32	520,322	21.49	525,122	21.66	529,922	21.83	534,722	22.00	539,522	22.17	544,322	22.34	549,122	22.51	553,922	22.68	558,722	22.85	563,522	23.02	568,322	23.19	573,122	23.36	577,922	23.53	582,722	23.70	587,522	23.87	592,322	24.04	597,122	24.21	601,922	24.38	606,722	24.55	611,522	24.72	616,322	24.89	621,122	25.06	625,922	25.23	630,722	25.40	635,522	25.57	640,322	25.74	645,122	25.91	649,922	26.08	654,722	26.25	659,522	26.42	664,322	26.59	669,122	26.76	673,922	26.93	678,722	27.10	683,522	27.27	688,322	27.44	693,122	27.61	697,922	27.78	702,722	27.95	707,522	28.12	712,322	28.29	717,122	28.46	721,922	28.63	726,722	28.80	731,522	28.97	736,322	29.14	741,122	29.31	745,922	29.48	750,722	29.65	755,522	29.82	760,322	29.99	765,122	30.16	769,922	30.33	774,722	30.50	779,522	30.67	784,322	30.84	789,122	31.01	793,922	31.18	798,722	31.35	803,522	31.52	808,322	31.69	813,122	31.86	817,922	32.03	822,722	32.20	827,522	32.37	832,322	32.54	837,122	32.71	841,922	32.88	846,722	33.05	851,522	33.22	856,322	33.39	861,122	33.56	865,922	33.73	870,722	33.90	875,522	34.07	880,322	34.24	885,122	34.41	889,922	34.58	894,722	34.75	899,522	34.92	904,322	35.09	909,122	35.26	913,922	35.43	918,722	35.60	923,522	35.77	928,322	35.94	933,122	36.11	937,922	36.28	942,722	36.45	947,522	36.62	952,322	36.79	957,122	36.96	961,922	37.13	966,722	37.30	971,522	37.47	976,322	37.64	981,122	37.81	985,922	37.98	990,722	38.15	995,522	38.32	1000,322	38.49	1005,122	38.66	1009,922	38.83	1014,722	39.00	1019,522	39.17	1024,322	39.34	1029,122	39.51	1033,922	39.68	1038,722	39.85	1043,522	40.02	1048,322	40.19	1053,122	40.36	1057,922	40.53	1062,722	40.70	1067,522	40.87	1072,322	41.04	1077,122	41.21	1081,922	41.38	1086,722	41.55	1091,522	41.72	1096,322	41.89	1101,122	42.06	1105,922	42.23	1110,722	42.40	1115,522	42.57	1120,322	42.74	1125,122	42.91	1129,922	43.08	1134,722	43.25	1139,522	43.42	1144,322	43.59	1149,122	43.76	1153,922	43.93	1158,722	44.10	1163,522	44.27	1168,322	44.44	1173,122	44.61	1177,922	44.78	1182,722	44.95	1187,522	45.12	1192,322	45.29	1197,122	45.46	1201,922	45.63	1206,722	45.80	1211,522	45.97	1216,322	46.14	1221,122	46.31	1225,922	46.48	1230,722	46.65	1235,522	46.82	1240,322	46.99	1245,122	47.16	1249,922	47.33	1254,722	47.50	1259,522	47.67	1264,322	47.84	1269,122	48.01	1273,922	48.18	1278,722	48.35	1283,522	48.52	1288,322	48.69	1293,122	48.86	1297,922	49.03	1302,722	49.20	1307,522	49.37	1312,322	49.54	1317,122	49.71	1321,922	49.88	1326,722	50.05	1331,522	50.22	1336,322	50.39	1341,122	50.56	1345,922	50.73	1350,722	50.90	1355,522	51.07	1360,322	51.24	1365,122	51.41	1369,922	51.58	1374,722	51.75	1379,522	51.92	1384,322	52.09	1389,122	52.26	1393,922	52.43	1398,722	52.60	1403,522	52.77	1408,322	52.94	1413,122	53.11	1417,922	53.28	1422,722	53.45	1427,522	53.62	1432,322	53.79	1437,122	53.96	1441,922	54.13	1446,722	54.30	1451,522	54.47	1456,322	54.64	1461,122	54.81	1465,922	54.98	1470,722	55.15	1475,522	55.32	1480,322	55.49	1485,122	55.66	1489,922	55.83	1494,722	56.00	1499,522	56.17	1504,322	56.34	1509,122	56.51	1513,922	56.68	1518,722	56.85	1523,522	57.02	1528,322	57.19	1533,122	57.36	1537,922	57.53	1542,722	57.70	1547,522	57.87	1552,322	58.04	1557,122	58.21	1561,922	58.38	1566,722	58.55	1571,522	58.72	1576,322	58.89	1581,122	59.06	1585,922	59.23	1590,722	59.40	1595,522	59.57	1600,322	59.74	1605,122	59.91	1609,922	60.08	1614,722	60.25	1619,522	60.42	1624,322	60.59	1629,122	60.76	1633,922	60.93	1638,722	61.10	1643,522	61.27	1648,322	61.44	1653,122	61.61	1657,922	61.78	1662,722	61.95	1667,522	62.12	1672,322	62.29	1677,122	62.46	1681,922	62.63	1686,722	62.80	1691,522	62.97	1696,322	63.14	1701,122	63.31	1705,922	63.48	1710,722	63.65	1715,522	63.82	1720,322	63.99	1725,122	64.16	1729,922	64.33	1734,722	64.50	1739,522	64.67	1744,322	64.84	1749,122	65.01	1753,922	65.18	1758,722	65.35	1763,522	65.52	1768,322	65.69	1773,122	65.86	1777,922	66.03	1782,722	66.20	1787,522	66.37	1792,322	66.54	1797,122	66.71	1801,922	66.88	1806,722	67.05	1811,522	67.22	1816,322	67.39	1821,122	67.56	1825,922	67.73	1830,722	67.90	1835,522	68.07	1840,322	68.24	1845,122	68.41	1849,922	68.58	1854,722	68.75	1859,522	68.92	1864,322	69.09	1869,122	69.26	1873,922	69.43	1878,722	69.60	1883,522	69.77	1888,322	69.94	1893,122	70.11	1897,922	70.28	1902,722	70.45	1907,522	70.62	1912,322	70.79	1917,122	70.96	1921,922	71.13	1926,722	71.30	1931,522	71.47	1936,322	71.64	1941,122	71.81	1945,922	71.98	1950,722	72.15	1955,522	72.32	1960,322	72.49	1965,122	72.66	1969,922	72.83	1974,722	73.00	1979,522	73.17	1984,322	73.34	1989,122	73.51	1993,922	73.68	1998,722	73.85	2003,522	74.02	2008,322	74.19	2013,122	74.36	2017,922	74.53	2022,722	74.70	2027,522	74.87	2032,322	75.04	2037,122	75.21	2041,922	75.38	2046,722	75.55	2051,522	75.72	2056,322	75.89	2061,122	76.06	2065,922	76.23	2070,722	76.40	2075,522	76.57	2080,322	76.74	2085,122	76.91	2089,922	77.08	2094,722	77.25	2099,522	77.42	2104,322	77.59	2109,122	77.76	2113,922	77.93	2118,722	78.10	2123,522	78.27	2128,322	78.44	2133,122	78.61	2137,922	78.78	2142,722	78.95	2147,522	79.12	2152,322	79.29	2157,122	79.46	2161,922	79.63	2166,722	79.80	2171,522	79.97	2176,322	80.14	2181,122	80.31	2185,922	80.48	2190,722	80.65	2195,522	80.82	2200,322	80.99	2205,122	81.16	2209,922	81.33	2214,722	81.50	2219,522	81.67	2224,322	81.84	2229,122	82.01	2233,922	82.18	2238,722	82.35	2243,522	82.52	2248,322	82.69	2253,122	82.86	2257,922	83.03	2262,722	83.20	2267,522	83.37	2272,322	83.54	2277,122	83.71	2281,922	83.88	2286,722	84.05	2291,522	84.22	2296,32

ANEXO 8



Arduino Nano



Product Overview

The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.0) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by Gravitech.

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Enviroment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7



radiospares

RADIONICS



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>



Technical Specification



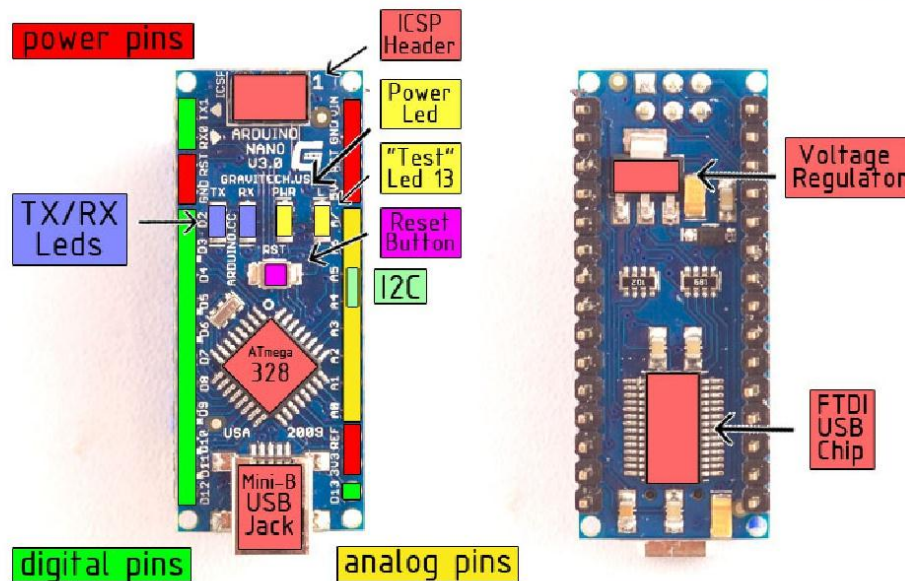
Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). *Note:* since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

Summary

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

the board



radiospares

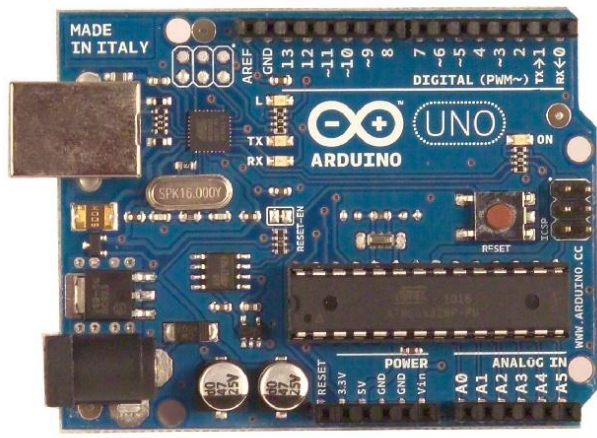
RADIONICS



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>

ANEXO 9

Arduino UNO 



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Enviroment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Enviromental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>

Technical Specification

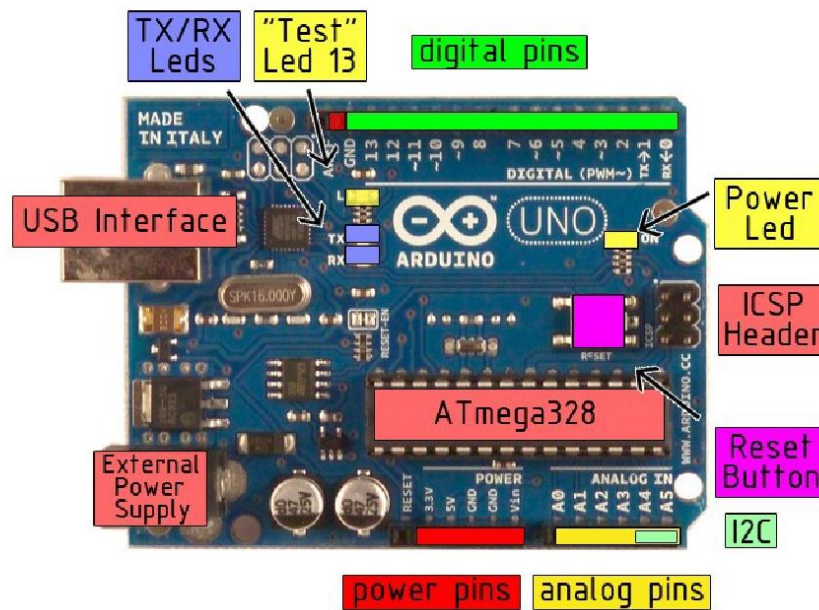


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

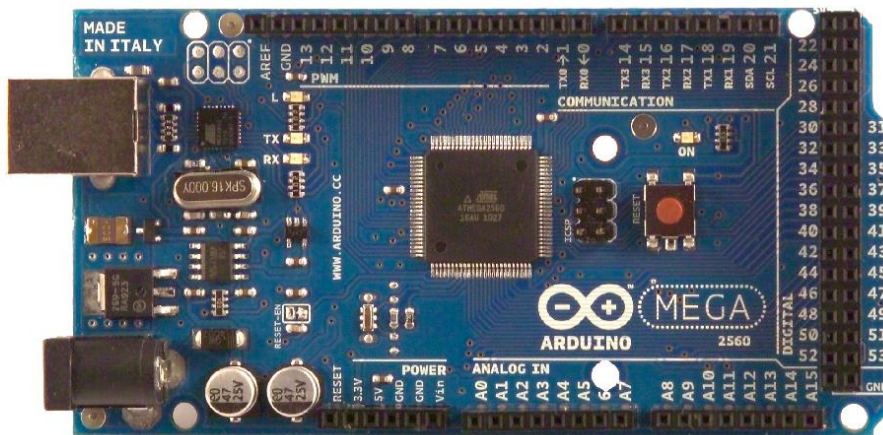
RADIONICS



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>

ANEXO 10

Arduino MEGA 2560 



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Enviroment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Enviromental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares

RADIONICS



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>

Technical Specification

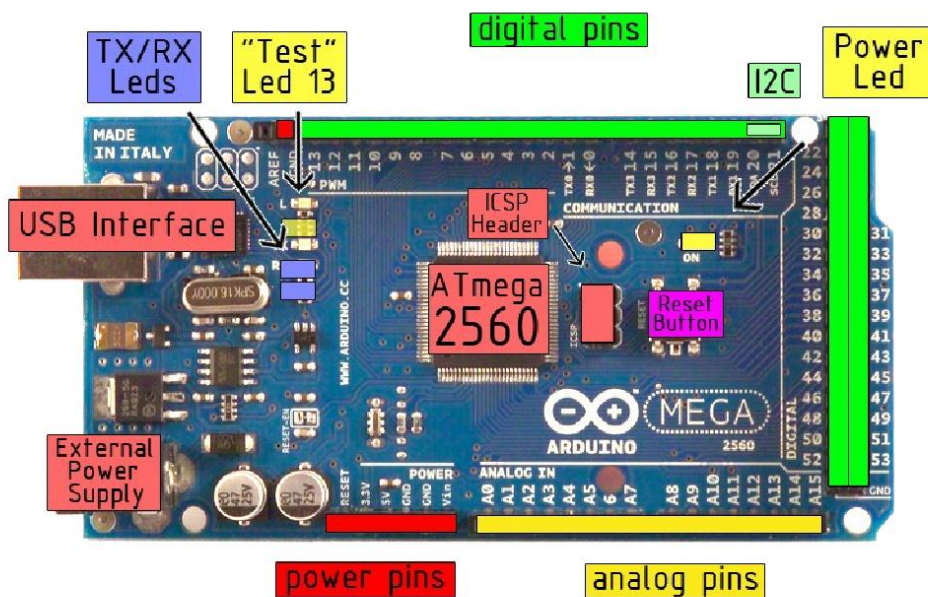


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Fuente: RS Components (2018) <http://www.rs-online.com/>

ANEXO 11



Tech Support: support@iteadstudio.com

W5100 Ethernet Shield

-A high performance Ethernet shield for Arduino

Overview



W5100 Ethernet shield is a WIZnet W5100 breakout board with POE and Micro-SD designed for Arduino platform. 5V/3.3V compatible operation voltage level makes it compatible with Arduino boards, leafmaple, and other Arduino compatible board.

Features

- With Micro SD interface
- 5V/3.3V double operational voltage level
- 10Mb/100Mb Ethernet socket with POE
- All electronic brick interface are broken out
- Operation temperature: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$

W5100 Ethernet shield

iteadstudio.com

2012-09-14

Fuente: Itead Studio (2018) <https://www.itead.cc/>

Specifications

PCB size	55.88mm X 68.58mm X 1.6mm
Indicators	TX,RX,COL,FEX,SPD,LNK
Power supply	5V
Communication Protocol	SPI
RoHS	Yes

Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	3V	-	5.5	VDC
Input Voltage VH:	3	-	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Current	-	-	100	mA

ANEXO 12

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a μP reset.

Benefits and Features

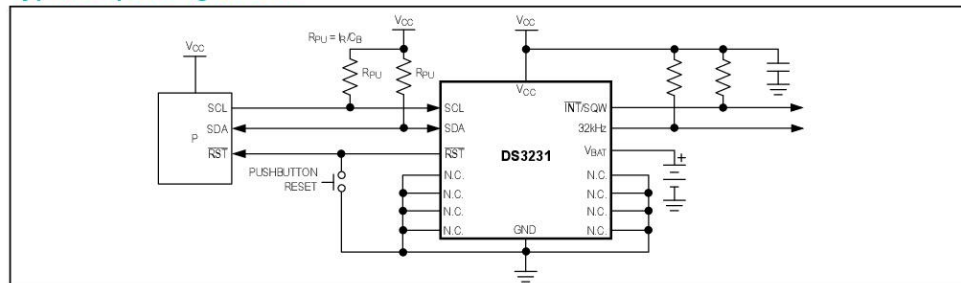
- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
 - Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
 - Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
 - Register for Aging Trim
 - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
 - Two Time-of-Day Alarms
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
 - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
 - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
 - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.

19-5170; Rev 10; 3/15



Fuente: Maxim Integrated (2018) <https://www.maximintegrated.com/>

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground	.....-0.3V to +6.0V	Junction Temperature	..... +125°C
Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) (Note 1)	73°C/W	Storage Temperature Range	..... -40°C to +85°C
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) (Note 1)	.....23°C/W	Lead Temperature (soldering, 10s)	.....+260°C
Operating Temperature Range		Soldering Temperature (reflow, 2 times max)	.....+260°C
DS3231S	.....0°C to +70°C	(see the <i>Handling, PCB Layout, and Assembly</i> section)	
DS3231SN	.....-40°C to +85°C		

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Recommended Operating Conditions

($T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V_{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V_{IH}		0.7 x V_{CC}		$V_{CC} + 0.3$	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V_{IL}		-0.3		0.3 x V_{CC}	V

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 2.3V$ to $5.5V$, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.) (Typical values are at $V_{CC} = 3.3V$, $V_{BAT} = 3.0V$, and $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I_{CCA}	(Notes 4, 5)	$V_{CC} = 3.63V$		200	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		300	
Standby Supply Current	I_{CCS}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 5)	$V_{CC} = 3.63V$		110	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		170	
Temperature Conversion Current	$I_{CCSCONV}$	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	$V_{CC} = 3.63V$		575	μA
			$V_{CC} = 5.5V$		650	
Power-Fail Voltage	V_{PF}		2.45	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, INT/SQW, SDA	V_{OL}	$I_{OL} = 3mA$			0.4	V
Logic 0 Output, RST	V_{OL}	$I_{OL} = 1mA$			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, INT/SQW, SDA	I_{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I_{LI}		-1		+1	μA
RST Pin I/O Leakage	I_{OL}	RST high impedance (Note 6)	-200		+10	μA
V_{BAT} Leakage Current (V_{CC} Active)	I_{BATLKG}			25	100	nA

Fuente: Maxim Integrated (2018) <https://www.maximintegrated.com/>

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V		32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δff _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	0°C to +40°C		±2	ppm
			>+40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δff _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	-40°C to <0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
			>+40°C to +85°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Voltage	Δf/V			1		ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	-40°C		0.7	ppm
			+25°C		0.1	
			+70°C		0.4	
			+85°C		0.8	
Temperature Accuracy	Temp	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-3		+3	°C
Crystal Aging	Δff _O	After reflow, not production tested	First year		±1.0	ppm
			0–10 years		±5.0	

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I _{BATA}	EOSC = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 5)	V _{BAT} = 3.63V		70	μA
			V _{BAT} = 5.5V		150	
Timekeeping Battery Current	I _{BATT}	EOSC = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT} (Note 5)	V _{BAT} = 3.63V	0.84	3.0	μA
			V _{BAT} = 5.5V	1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I _{BATTC}	EOSC = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT}	V _{BAT} = 3.63V		575	μA
			V _{BAT} = 5.5V		650	
Data-Retention Current	I _{BATTD}	EOSC = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C			100	nA

Fuente: Maxim Integrated (2018) <https://www.maximintegrated.com/>

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

AC Electrical Characteristics

(V_{CC} = V_{CC(MIN)} to V_{CC(MAX)} or V_{BAT} = V_{BAT(MIN)} to V_{BAT(MAX)}; V_{BAT} > V_{CC}; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Fast mode	100		400	kHz
		Standard mode	0		100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 7)	t _{HD:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Data Hold Time (Notes 8, 9)	t _{HD:DAT}	Fast mode	0		0.9	μs
		Standard mode	0		0.9	
Data Setup Time (Note 10)	t _{SU:DAT}	Fast mode	100			ns
		Standard mode	250			
START Setup Time	t _{SU:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t _R	Fast mode	20 +		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t _F	Fast mode	20 +		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		300	
Setup Time for STOP Condition	t _{SU:STO}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Capacitive Load for Each Bus Line	C _B	(Note 11)			400	pF
Capacitance for SDA, SCL	C _{I/O}			10		pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t _{SP}			30		ns
Pushbutton Debounce	PB _{DB}			250		ms
Reset Active Time	t _{RST}			250		ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t _{OSF}	(Note 12)		100		ms
Temperature Conversion Time	t _{CONV}			125	200	ms

Power-Switch Characteristics

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V _{CC} Fall Time; V _{PF(MAX)} to V _{PF(MIN)}	t _{VCCF}		300			μs
V _{CC} Rise Time; V _{PF(MIN)} to V _{PF(MAX)}	t _{VCCR}		0			μs
Recovery at Power-Up	t _{REC}	(Note 13)		250	300	ms

Fuente: Maxim Integrated (2018) <https://www.maximintegrated.com/>

ANEXO 13

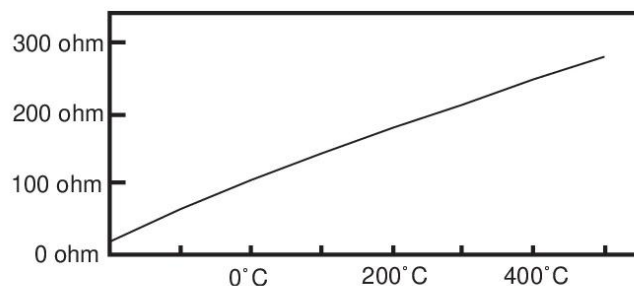


Pt100, su operación, instalación y tablas.

Que es un Pt100 ?

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normálmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vaina) , en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Ventajas del Pt100

Por otra parte los Pt100 siendo lévemente más costosos y mecánicamente no tán rígidoss como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

Conexión de la Pt100 Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto.
El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables R_c .

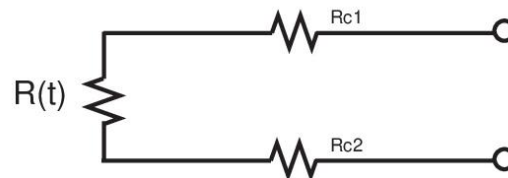
Con 2 hilos

El modo más sencillo de conexión (pero **menos recomendado**) es con solo dos cables.

En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable.

El lector medirá el total $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$ en vez de $R(t)$.

Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error en la lectura.



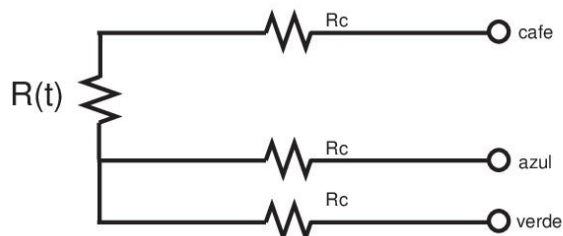
Por ejemplo si la temperatura es 90°C , entonces $R(t) = 134.7$ ohms, pero si el cable R_{c1} tiene 1.3 ohms y el R_{c2} tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será $134.7+1.3+1.2 = 137.2$ ohms y la lectura del instrumento será 96°C .

Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es 0.0193 ohms por metro.

Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será $15*2*0.0193 = 0.579$ ohms lo que inducirá un error de 1.5°C en la lectura.

Con 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es **el más común** y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

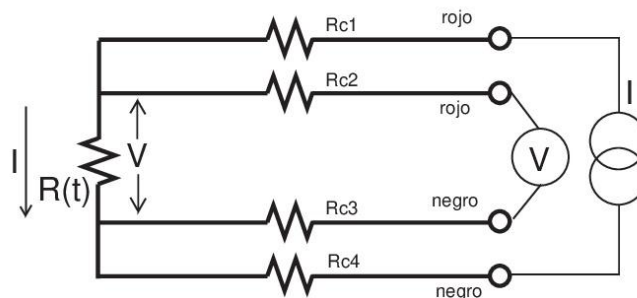


El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables cafe y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Con 4 hilos

El método de 4 hilos es el **más preciso** de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$.

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV = I_c * R_c = 0 * R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$.

Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

***Autocalentamiento
y corriente de
excitación***

Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente I llamada "**corriente de excitación**" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo.

Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ($P=I^2R$) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura.

Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor. Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 són del orden de 0.5°C por miliwatt generado cuando la Pt100 esta en aire sin circular y 0.05°C con la misma Pt100 en agua. La potencia de autocalentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, luego mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.

Los instrumentos ARIAN CL20, BT40 y CL47 suministran una corriente de excitación bastante baja de 0.18 mA

Precauciones

Finalmente se deben tener ciertas precauciones de limpieza y protección en la instalación de los Pt100 para prevenir errores por fugas de corriente.

Es frecuente que cables en ambientes muy húmedos se deterioren y se produzca un paso de corriente entre ellos a través de **humedad** condensada. Aunque mínima, esta corriente "fugada" hará aparecer en el lector una temperatura menor que la real.

Estas fugas también pueden ocurrir en óxido, humedad ó polvo que cubre los terminales.

Por la descripción hecha de los métodos de medición, queda claro que a diferencia de las termocuplas, **no es posible conectar 2 unidades lectoras a un mismo Pt100** pues cada una suministra su corriente de excitación.

En el momento de comprar un Pt100 se debe tener presente que existen **distintas calidades y precios** para el elemento sensor que va al extremo del Pt100. Los de mejor calidad están hechos con un verdadero alambre de platino, en tanto que existen algunos sensores económicos hechos en base a una pintura conductora sobre un sustrato de alumina (cerámica) Estos últimos son menos precisos.

En general no se debe montar un Pt100 en lugares sometidos a mucha **vibración** pues es probable que se fracture.

Pt 100 ohms										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: Arian (2018) <http://www.arian.cl/>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	212.03	212.39	212.74	213.10	213.45	213.81	214.16	214.52	214.88	215.23
310	215.59	215.94	216.29	216.65	217.00	217.36	217.71	218.07	218.42	218.77
320	219.13	219.48	219.84	220.19	220.54	220.90	221.25	221.60	221.96	222.31
330	222.66	223.01	223.37	223.72	224.07	224.42	224.77	225.13	225.48	225.83
340	226.18	226.53	226.88	227.24	227.59	227.94	228.29	228.64	228.99	229.34
350	229.69	230.04	230.39	230.74	231.09	231.44	231.79	232.14	232.49	232.84
360	233.19	233.54	233.89	234.23	234.58	234.93	235.28	235.63	235.98	236.32
370	236.67	237.02	237.37	237.72	238.06	238.41	238.76	239.11	239.45	239.80
380	240.15	240.49	240.84	241.19	241.53	241.88	242.23	242.57	242.92	243.26
390	243.61	243.95	244.30	244.65	244.99	245.34	245.68	246.03	246.37	246.72
400	247.06	247.40	247.75	248.09	248.44	248.78	249.12	249.47	249.81	250.16
410	250.50	250.84	251.19	251.53	251.87	252.21	252.56	252.90	253.24	253.58
420	253.93	254.27	254.61	254.95	255.29	255.64	255.98	256.32	256.66	257.00
430	257.34	257.68	258.02	258.37	258.71	259.05	259.39	259.73	260.07	260.41
440	260.75	261.09	261.43	261.77	262.11	262.45	262.78	263.12	263.46	263.80
450	264.14	264.48	264.82	265.16	265.49	265.83	266.17	266.51	266.85	267.18
460	267.52	267.86	268.20	268.53	268.87	269.21	269.54	269.88	270.22	270.55
470	270.89	271.23	271.56	271.90	272.24	272.57	272.91	273.24	273.58	273.91
480	274.25	274.58	274.92	275.25	275.59	275.92	276.26	276.59	276.93	277.26
490	277.60	277.93	278.26	278.60	278.93	279.26	279.60	279.93	280.26	280.60
500	280.93	281.26	281.60	281.93	282.26	282.59	282.93	283.26	283.59	283.92
510	284.25	284.58	284.92	285.25	285.58	285.91	286.24	286.57	286.90	287.23
520	287.56	287.90	288.23	288.56	288.89	289.22	289.55	289.88	290.21	290.54
530	290.86	291.19	291.52	291.85	292.18	292.51	292.84	293.17	293.50	293.82
540	294.15	294.48	294.81	295.14	295.47	295.79	296.12	296.45	296.78	297.10
550	297.43	297.76	298.08	298.41	298.74	299.07	299.39	299.72	300.04	300.37
560	300.70	301.02	301.35	301.68	302.00	302.33	302.65	302.98	303.30	303.63
570	303.95	304.28	304.60	304.93	305.25	305.58	305.90	306.22	306.55	306.87
580	307.20	307.52	307.84	308.17	308.49	308.81	309.14	309.46	309.78	310.11
590	310.43	310.75	311.07	311.40	311.72	312.04	312.36	312.68	313.01	313.33
600	313.65	313.97	314.29	314.61	314.93	315.26	315.58	315.90	316.22	316.54
610	316.86	317.18	317.50	317.82	318.14	318.46	318.78	319.10	319.41	319.73
620	320.05	320.37	320.69	321.01	321.33	321.65	321.96	322.28	322.60	322.92
630	323.24	323.55	323.87	324.19	324.51	324.82	325.14	325.46	325.78	326.09
640	326.41	326.73	327.04	327.36	327.67	327.99	328.31	328.62	328.94	329.25
650	329.57	329.89	330.20	330.52	330.83	331.15	331.46	331.78	332.09	332.41
660	332.72	333.04	333.35	333.66	333.98	334.29	334.61	334.92	335.23	335.55
670	335.86	336.17	336.49	336.80	337.11	337.43	337.74	338.05	338.36	338.68
680	338.99	339.30	339.61	339.92	340.24	340.55	340.86	341.17	341.48	341.79
690	342.11	342.42	342.73	343.04	343.35	343.66	343.97	344.28	344.59	344.90
700	345.21	345.52	345.83	346.14	346.45	346.76	347.07	347.38	347.68	347.99
710	348.30	348.61	348.92	349.23	349.53	349.84	350.15	350.46	350.77	351.07
720	351.38	351.69	352.00	352.30	352.61	352.92	353.22	353.53	353.84	354.14
730	354.45	354.75	355.06	355.37	355.67	355.98	356.28	356.59	356.89	357.20
740	357.51	357.81	358.12	358.42	358.72	359.03	359.33	359.64	359.94	360.25
750	360.55	360.85	361.16	361.46	361.77	362.07	362.37	362.68	362.98	363.28
760	363.59	363.89	364.19	364.49	364.80	365.10	365.40	365.70	366.01	366.31
770	366.61	366.91	367.21	367.51	367.81	368.12	368.42	368.72	369.02	369.32
780	369.62	369.92	370.22	370.52	370.82	371.12	371.42	371.72	372.02	372.32
790	372.62	372.92	373.22	373.52	373.82	374.12	374.42	374.71	375.01	375.31
800	375.61	375.91	376.21	376.50	376.80	377.10	377.40	377.70	377.99	378.29
810	378.59	378.88	379.18	379.48	379.77	380.07	380.37	380.66	380.96	381.26
820	381.55	381.85	382.14	382.44	382.74	383.03	383.33	383.62	383.92	384.21
830	384.51	384.80	385.10	385.39	385.69	385.98	386.27	386.57	386.86	387.16
840	387.45	387.74	388.04	388.33	388.62	388.92	389.21	389.50	389.79	390.09
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nota Técnica 4, rev. a, <http://www.arian.cl>

6

Fuente: Arian (2018) <http://www.arian.cl/>

ANEXO 14

Product data sheet
Characteristics

LC1D65AP7

TeSys D contactor - 3P(3 NO) - AC-3 - <= 440 V
65 A - 230 V AC 50/60 Hz coil



Main

Range	TeSys
Product name	TeSys D
Product or component type	Contactor
Device short name	LC1D
Contactor application	Motor control Resistive load
Utilisation category	AC-1 AC-3 AC-4
Poles description	3P
Pole contact composition	3 NO
[Ue] rated operational voltage	<= 300 V DC for power circuit <= 690 V AC 25...400 Hz for power circuit
[Ie] rated operational current	80 A (<= 60 °C) at <= 440 V AC AC-1 for power circuit 65 A (<= 60 °C) at <= 440 V AC AC-3 for power circuit
Motor power kW	11 kW at 400 V AC 50/60 Hz AC-4 30 kW at 380...400 V AC 50/60 Hz AC-3 37 kW at 500 V AC 50/60 Hz AC-3 37 kW at 660...690 V AC 50/60 Hz AC-3 18.5 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz AC-3
Motor power hp	40 hp at 460/480 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 5 hp at 115 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors 10 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors 20 hp at 200/208 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 20 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 50 hp at 575/600 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors
Control circuit type	AC 50/60 Hz
[Uc] control circuit voltage	230 V AC 50/60 Hz
Auxiliary contact composition	1 NO + 1 NC
[Uimp] rated impulse withstand voltage	Conforming to IEC 60947
Overvoltage category	III

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

Dec 2, 2018



1

Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/>

[I _{th}] conventional free air thermal current	80 A at ≤ 60 °C for power circuit 10 A at ≤ 60 °C for signalling circuit
I _{rms} rated making capacity	1000 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947 140 A AC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1 250 A DC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Rated breaking capacity	1000 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947
[I _{cw}] rated short-time withstand current	100 A 1 s signalling circuit 120 A 500 ms signalling circuit 140 A 100 ms signalling circuit 520 A ≤ 40 °C 10 s power circuit 900 A ≤ 40 °C 1 s power circuit 110 A ≤ 40 °C 10 min power circuit 260 A ≤ 40 °C 1 min power circuit
Associated fuse rating	125 A gG at ≤ 690 V coordination type 1 for power circuit 125 A gG at ≤ 690 V coordination type 2 for power circuit 10 A gG for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Average impedance	1.5 mΩ at 50 Hz - I _{th} 80 A for power circuit
[U _i] rated insulation voltage	600 V for power circuit certifications CSA 600 V for power circuit certifications UL 690 V for power circuit conforming to IEC 60947-4-1 690 V for signalling circuit conforming to IEC 60947-1 600 V for signalling circuit certifications CSA 600 V for signalling circuit certifications UL
Electrical durability	1.45 Mcycles 65 A AC-3 at U _e ≤ 440 V 1.4 Mcycles 80 A AC-1 at U _e ≤ 440 V
Power dissipation per pole	6.3 W AC-3 9.6 W AC-1
Protective cover	With
Mounting support	Plate Rail
Standards	CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508
Product certifications	CCC CSA GOST UL
Connections - terminals	Control circuit : screw clamp terminals 2 cable(s) 1...2.5 mm ² - cable stiffness: flexible - with cable end Control circuit : screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² - cable stiffness: flexible - without cable end Control circuit : screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² - cable stiffness: flexible - without cable end Control circuit : screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² - cable stiffness: flexible - with cable end Control circuit : screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² - cable stiffness: solid - without cable end Control circuit : screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² - cable stiffness: solid - without cable end Power circuit : screw connection 2 cable(s) 1...25 mm ² - cable stiffness: flexible - with cable end Power circuit : screw connection 2 cable(s) 1...25 mm ² - cable stiffness: solid - without cable end Power circuit : screw connection 2 cable(s) 1...25 mm ² - cable stiffness: flexible - without cable end Power circuit : screw connection 1 cable(s) 1...35 mm ² - cable stiffness: solid - without cable end Power circuit : screw connection 1 cable(s) 1...35 mm ² - cable stiffness: flexible - without cable end Power circuit : screw connection 1 cable(s) 1...35 mm ² - cable stiffness: flexible - with cable end
Tightening torque	Control circuit : 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver flat Ø 6 mm Control circuit : 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver Philips No 2 Power circuit : 8 N.m - on EverLink BTR screw connectors - cable 25...35 mm ² hexagonal 4 mm Power circuit : 5 N.m - on EverLink BTR screw connectors - cable 1...25 mm ² hexagonal 4 mm
Operating time	12...26 ms closing 4...19 ms opening
Safety reliability level	B10d = 1369863 cycles contactor with nominal load conforming to EN/ISO 13849-1 B10d = 20000000 cycles contactor with mechanical load conforming to EN/ISO 13849-1
Mechanical durability	6 Mcycles
Operating rate	3600 cyc/h at ≤ 60 °C

Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/>

Complementary

Coil technology	Without built-in suppressor module
Control circuit voltage limits	0.3...0.6 U _c drop-out at 60 °C, AC 50/60 Hz 0.8...1.1 U _c operational at 60 °C, AC 50 Hz 0.85...1.1 U _c operational at 60 °C, AC 60 Hz
Inrush power in VA	140 VA at 20 °C (cos φ 0.75) 60 Hz 160 VA at 20 °C (cos φ 0.75) 50 Hz
Hold-in power consumption in VA	13 VA at 20 °C (cos φ 0.3) 60 Hz 15 VA at 20 °C (cos φ 0.3) 50 Hz
Heat dissipation	4...5 W at 50/60 Hz
Auxiliary contacts type	Type mechanically linked (1 NO + 1 NC) conforming to IEC 60947-5-1 Type mirror contact (1 NC) conforming to IEC 60947-4-1
Signalling circuit frequency	25...400 Hz
Minimum switching current	5 mA for signalling circuit
Minimum switching voltage	17 V for signalling circuit
Non-overlap time	1.5 ms on de-energisation (between NC and NO contact) 1.5 ms on energisation (between NC and NO contact)
Insulation resistance	> 10 MOhm for signalling circuit

Environment

IP degree of protection	IP20 front face conforming to IEC 60529
Protective treatment	TH conforming to IEC 60068-2-30
Pollution degree	3
Ambient air temperature for operation	-5...60 °C
Ambient air temperature for storage	-60...80 °C
Permissible ambient air temperature around the device	-40...70 °C at U _c
Operating altitude	3000 m without derating in temperature
Fire resistance	850 °C conforming to IEC 60695-2-1
Flame retardance	V1 conforming to UL 94
Mechanical robustness	Vibrations contactor open 2 Gn, 5...300 Hz Vibrations contactor closed 4 Gn, 5...300 Hz Shocks contactor open 10 Gn for 11 ms Shocks contactor closed 15 Gn for 11 ms
Height	122 mm
Width	55 mm
Depth	120 mm
Product weight	0.86 kg

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS (date code: YYWW)	Compliant - since 0501 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available Product environmental
Product end of life instructions	Available End of life manual

Contractual warranty

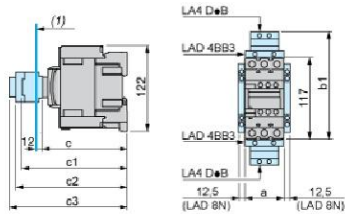
Warranty period	18 months
-----------------	-----------

Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/>

Product data sheet
Dimensions Drawings

LC1D65AP7

Dimensions



(1) Minimum electrical clearance

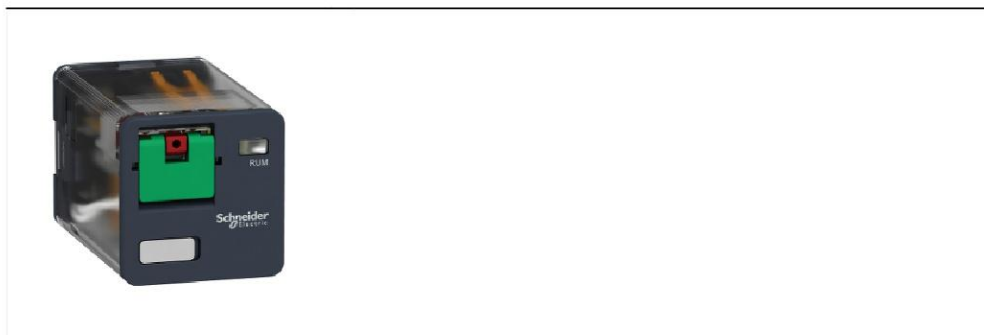
LC1		D40A...D65A
a		55
b1	with LA4 D•2	–
	with LA4 DB3 or LAD 4BB3	136
	with LA4 DF, DT	157
	with LA4 DM, DW, DL	166
c	without cover or add-on blocks	118
	with cover, without add-on blocks	120
c1	with LAD N (1 contact)	–
	with LAD N or C (2 or 4 contacts)	150
c2	with LA6 DK10, LAD 6DK	163
c3	with LAD T, R, S	171
	with LAD T, R, S and sealing cover	175

Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/>

ANEXO 15

Hoja de características del
producto
Características

RUMC31P7
universal plug-in relay - Zelio RUM - 3 C/O - 230
V AC - 10 A ((*))



Principal

Gama de producto	Zelio Relay
Nombre de serie	Universal
Tipo de producto o componente	Reles de conexión
Nombre corto del dispositivo	RUM
Tipo y composición de contactos	3 C/O
[Uc] tensión del circuito de control	230 V CA
Corriente térmica nominal	10 A en -40...55 °C
LED de estado	Sin
Tipo de control	Lockable test button ((*))
Coefficiente de utilización	20 %

Complementario

Forma del pin	Cilíndrico
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	250 V de acuerdo con IEC 300 V de acuerdo con UL 300 V de acuerdo con CSA
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV (1,2/50 µs)
Material de los contactos	AgNi
[Ie] Corriente nominal de empleo	10 A en Ue 28 V DC (NA) coordinación IEC 10 A en Ue 250 V AC (NA) coordinación IEC 5 A en Ue 28 V DC (NC) coordinación IEC 5 A en Ue 250 V AC (NC) coordinación IEC 10 A en 30 V DC de acuerdo con UL 10 A en 277 V AC de acuerdo con UL 10 A en 30 V DC de acuerdo con CSA 10 A en Ue 277 V AC (same polarity ((**))) coordinación CSA
Tensión máxima de conmutación	250 V de acuerdo con IEC
2 abrazaderas	10 A en 250 V AC 10 A en 28 V CC
Capacidad de conmutación máxima	2500 VA/280 W

11-jun-2018



1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

Fuente: Schneider Electric (2018) <https://www.schneider-electric.com/>

Capacidad mínima de conmutación	170 mW en 10 mA, 17 V
Tasa de funcionamiento	<= 18000 cycles/hour sin carga <= 1200 cycles/hour en carga
Durabilidad mecánica	5000000 ciclos
Durabilidad eléctrica	100000 ciclos para resistivo carg
Consumo medio en VA	3 en 60 Hz
9 mm triángulo inserto macho	>= 0,15 U _c CA
Duración de maniobra	20 ms a tensión nominal
Tiempo de rearme	20 ms a tensión nominal
Resistencia media	6800 Ohm en 20 °C +/- 15 %
Límites tensión de funcionamiento nominal	184...253 V CA
Categoría de protección	RT I
Datos de fiabilidad de seguridad	B 10d = 100000
Posición de funcionamiento	Cualquier posición
Peso del producto	0.086 kg
Presentación del dispositivo	Producto completo
Código de compatibilidad	RUM

Entorno


Fuerza dieléctrica	2000 V CA entre polos con Básico aislamiento 1500 V CA entre contactos con desconexión micro aislamiento 2500 V CA entre bobina y contacto con reforzado aislamiento
Certificaciones de producto	CSA RoHS UL REACH EAC
Normas	EN/IEC 61810-1 UL 508 CSA C22.2 No 14
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40...55 °C
Resistencia a las vibraciones	3 gn (f = 10...150 Hz), amplitud +/- 1 mm (sobre 5 ciclos en operación) 4 gn (f = 10...150 Hz), amplitud +/- 1 mm (sobre 5 ciclos no operativos)
Grado de protección IP	IP40
Grado de contaminación	2
Resistencia a los choques	10 gn para 11 ms en funcionamiento de acuerdo con EN/IEC 60068-2-27 10 gn para 11 ms sin funcionamiento de acuerdo con EN/IEC 60068-2-27

Sostenibilidad de la oferta

Estado de la oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Conforme - desde 1409 - Declaración de conformidad de Schneider Electric Declaración de conformidad de Schneider Electric
REACH	La referencia no contiene SVHC La referencia no contiene SVHC
Perfil ambiental del producto	Disponible Perfil medioambiental
Instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	No necesita operaciones específicas para reciclaje

ANEXO 16

SONGLE RELAY

	<p>RELAY ISO9002</p>	<p>SRD</p>
---	----------------------	-------------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

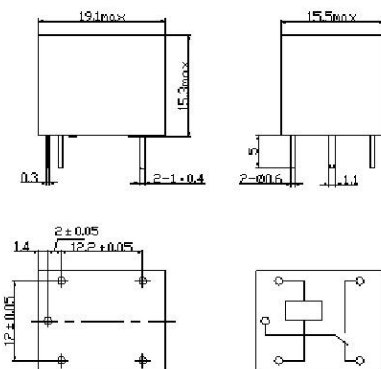
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B
				C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



Fuente: Songle Relay (2018) <http://www.songlerelay.com/>

6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance ($\Omega \pm 10\%$)	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

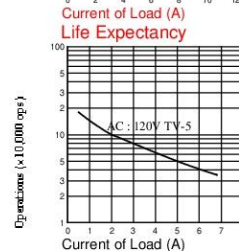
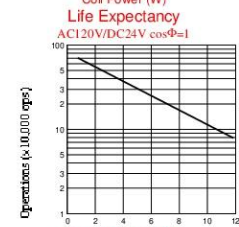
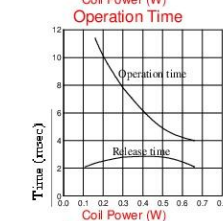
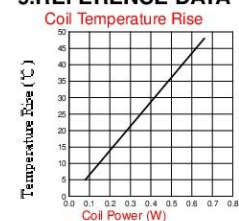
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC	10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock		
Endurance		100G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA



Fuente: Songle Relay (2018) <http://www.songlerelay.com/>

ANEXO 17

OMRON

Solid State Relay G3MB

Low cost Subminiature PCB mounting 2 amp Single in-line package (SIP) SSR

- Bottom is approximately 3 times smaller than G3M.
- Low cost "SIP" package switches up to 2A loads.
- Built in Snubber circuit and input resistor as option.
- Two footprints available for design flexibility.
- The G3MB-202PEG-4-DC20MA crosses directly to the Motorola M0C2A-60 series power triac.



Ordering Information

To Order: Specify input voltage at end of part number. Example: G3MB-202P-DC24

Isolation	Output terminal pitch	Zero cross	Input resistor	Built-in snubber circuit	Rated output load	Rated input voltage	Model
Phototriac	7.62 mm	Yes	Yes	Yes	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202P
		No				12 VDC	
			24 VDC				
	5.08 mm	Yes			2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202PL
						No		12 VDC
			24 VDC				
Yes		No	No	No	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202P-4
						12 VDC	
					24 VDC	G3MB-202PL-4	
					5 VDC		
					2 A at 100 to 240 VAC	N/A *(See Note)	G3MB-202PEG-4-DC20MA
					2 A at 100 to 240 VAC	N/A *(See Note)	G3MB-202PLEG-4-DC20MA

Note: 1. For versions without input voltage specified, a current limiting resistor must be placed in series with the input. See LED drive specifications and recommendations below.

2. TUV versions available. Contact your local Omron representative.

1 Solid State Relay **G3MB**

Fuente: Omron (2018) <https://www.omron.com/>

OMRON

Specifications

■ Input Rating

Models with Input Resistor

Rated voltage	Operating range	Input impedance
5 VDC	4 to 6 VDC	440 Ω \pm 20%
12 VDC	9.60 to 14.40 VDC	1k Ω \pm 20%
24 VDC	19.20 to 28.80 VDC	2.20k Ω \pm 20%

■ Output Rating

Model	Rated load voltage	Load voltage range	Load current	Surge current
G3MB-202	100 to 240 VAC	75 to 264 VAC	0.10 to 2 A	30 A (60 Hz, 1 cycle)

■ LED Drive Data

Models without Input Resistor

LED forward current	50 mA max.
Repetitive peak LED forward current	1 A max.
LED reverse voltage	5 V max.

■ Recommended LED Operating Conditions

Models without Input Resistor

	Min.	Standard	Max.
LED forward current	5 mA	10 mA	20 mA
Must drop voltage	0	—	1 V

■ Characteristics

Type		G3MB-202P G3MB-202PEG	G3MB-202PL G3MB-202PLEG
Operate time		1/2 of load power source cycle + 1 ms max.	1 ms max.
Release time		1/2 of load power source cycle + 1 ms max.	
Output ON voltage drop		1.60 V (RMS) max.	
Leakage current		1 mA max. at 100 VAC, 1.50 mA at 200 VAC	
Non-repetitive peak surge		30 A	
Output	PIV (V_{DRM})	600 V	
	di/dt	40 A/ μ s	
	dv/dt	100 V/ μ s	
	I^2t	4 A ² s	
Junction temperature (Tj)		125°C (257°F) max.	
Insulation resistance		1,000 M Ω min. at 500 VDC	
Dielectric strength		2500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute; 3750 VAC max., 1 second	
Vibration	Malfunction	10 to 55 Hz, 0.75 mm (0.03 in) double amplitude, approx. 5 G	
Shock	Malfunction	Approx. 100 G	
Ambient temperature	Operating	-30° to 80°C (-22° to 176°F) with no icing	
	Storage	-30° to 100°C (-22° to 212°F) with no icing	
Humidity	Operating	45% to 85% RH	
Weight		Approx. 5 g (0.18 oz)	

Note: Data shown are of initial value.

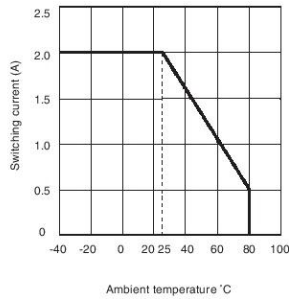
Solid State Relay **G3MB** 2

Fuente: Omron (2018) <https://www.omron.com/>

OMRON

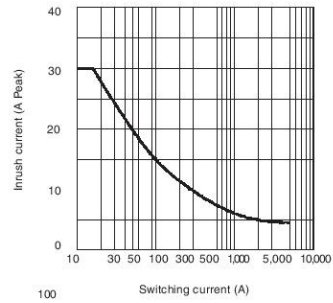
■ **Characteristic Data**

Load current vs. ambient temperature characteristics



Inrush current resistivity

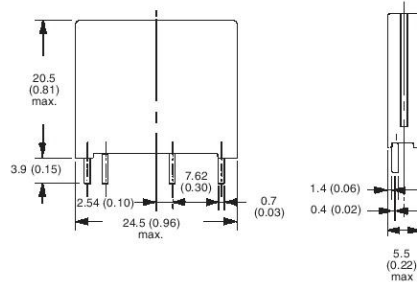
Non-repetitive (Keep the inrush current to half the rated value if it occurs repetitively.)



Dimensions

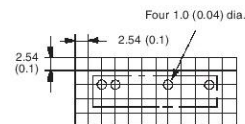
Unit: mm (inch)

■ **Relays**

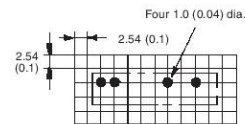


PCB Dimensions (Bottom view)

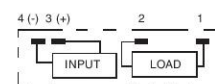
G3MB



G3MB (-4)



Terminal Arrangement/ Internal Connections (Bottom view)



3 Solid State Relay **G3MB**

Fuente: Omron (2018) <https://www.omron.com/>

OMRON

■ Approvals

UL (File No. E64562)

SSR Type	Input voltage	Load type	Load ratings
G3MB-102P	5 to 24 VDC	General purpose	2 A, 120 VAC
		Tungsten	1 A, 120 VAC
		Motor	1.60 FLA/9.60 LRA, 120 VAC
G3MB-202P		General purpose	2 A, 240 VAC
		Tungsten	1 A, 240 VAC
		Motor	1.60 FLA/9.60 LRA, 240 VAC
G3MB-202PL			
G3MB-202PEG			
G3MB-202PLEG			

CSA (File No. LR35535)

SSR Type	Input voltage	Load type	Load ratings
G3MB-102P	5 to 24 VDC	General purpose	2 A, 120 VAC
		Tungsten	1 A, 120 VAC
		Motor	1.60 FLA/8.60 LRA, 120 VAC
G3MB-202P		General purpose	2 A, 240 VAC
		Tungsten	1 A, 240 VAC
		Motor	1.60 FLA/8.60 LRA, 240 VAC
G3MB-202PL			

Note: 1. The rated values approved by each of the safety standards (e.g., UL and CSA) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.

2. In the interest of product improvement, specifications are subject to change.

Precautions

See General Information Section near the back of this catalog for Solid State Precautions.

Soldering must be completed within 10 seconds at 260°C or less.

Make sure that the space between the bottom of the relay and the PCB is 0.1 mm or less. When making holes on the PCB for the relay's edge terminals, the hole diameters should be slightly smaller than the actual diameters of the edge terminals. This will reduce unnecessary space between the bottom of the relay and the PCB.

To use the SSR output for phase control, select a model that does not incorporate a zero-cross function.

The SSR case serves to dissipate heat. When mounting more than three SSRs as a group, pay attention to the ambient temperature rise and install the Relays so that they are adequately ventilated. If poor ventilation is unavoidable, reduce the load current by half.

Protective Component

The input circuitry does not incorporate a circuit protecting the SSR from being damaged due to a reversed connection. Make sure that the polarity is correct when connecting the input lines.

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS. To convert millimeters into inches, divide by 25.4

Solid State Relay **G3MB** 4

Fuente: Omron (2018) <https://www.omron.com/>

ANEXO 18

MikroTik

hEX lite

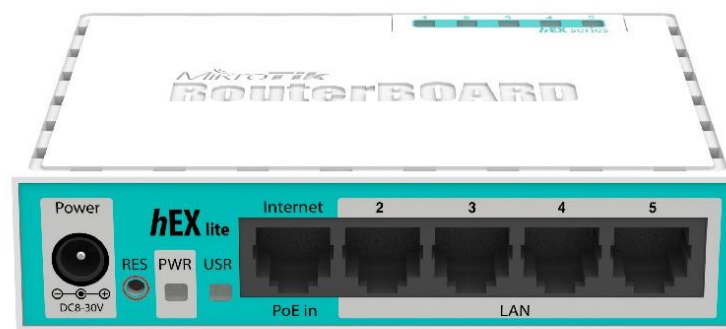
hEX lite

The hEX lite is a small five port ethernet router in a nice plastic case.

Not only this is an attractive looking tiny SOHO unit, its price is lower than the RouterOS license alone - there simply is no choice when it comes to managing your wired home network, the hEX lite has it all.



It's probably the most affordable MPLS capable router on the market! No more compromise between price and features - hEX lite has both. With its compact design and clean looks, it will fit perfectly into any SOHO environment.



hEX lite

1

Fuente: Mikrotik (2018) <https://mikrotik.com/>

MikroTik

hEX lite

Specifications

Product code	RB750r2
CPU nominal frequency	850 MHz
CPU core count	1
Size of RAM	64 MB
10/100 Ethernet ports	5
Switch chip model	QCA9531-BL3A-R
PoE in	Yes
Supported input voltage	6V - 30V
Dimensions	113 x 89 x 28mm
License level	4
Operating System	RouterOS
CPU	QCA9531-BL3A-R
Max Power consumption	2W
Suggested price	\$39.95

Included



12V 0.5A Power
adapter

hEX lite

2

Fuente: Mikrotik (2018) <https://mikrotik.com/>