



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN UNA
CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR

Milton Anibal Lema Chicaiza

TUTOR

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

QUITO – ECUADOR
2019

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Milton Anibal Lema Chicaiza declaro ser autor del trabajo de titulación con el nombre “DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN UNA CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO”, como requisito para optar al grado Ing. Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI - UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra serán compartidos entre mi persona y la universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 23 días del mes de febrero de 2019 firmo conforme:

Autor: Milton Anibal Lema Chicaiza

Firma:

Número de cédula: 1713816419

Dirección: Pichincha, Quito, Chillogallo, Promoción Familiar

Correo Electrónico: miltonlema76@hotmail.com

Teléfono: 0998175151

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación “DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN UNA CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO” presentado por Milton Anibal Lema Chicaiza para optar por el título de Ingeniero Industrial

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito 23 de febrero del 2019

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro por los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito 23 de febrero de 2019

Milton Anibal Lema Chicaiza
CI 1713816419

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autoriza su impresión y empastado, sobre el tema “DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECÁNICA EN UNA CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO”, previo a la obtención del título de Ingeniero Industria, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito de 2019

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

VOCAL

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Feliciano y Matea

A mi hermano el Ing. Vicente Lema (q.e.p.d)

A mi sobrino Patricio Lema (q.e.p.d)

A mis hijos Gabriel y Cristian Lema

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo incondicional y su humildad que me dieron la fortaleza a seguir adelante.

A mis hermanas y mis sobrinos por su espíritu de superación a seguir adelante para culminar este objetivo.

A mis cuñados por sus consejos a no desmayar a pesar de los duros momentos que se tiene en la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
EXECUTIVE SUMMARY.....	xvi
DIAGNÓSTICO	1
LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN UNA CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO	1
Descripción	1
Formulación del problema	2
Justificación.....	2
OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
MARCO TEÓRICO.....	4

Medio Ambiente y Factores Ambientales.....	4
Factores Bióticos y Factores Abióticos.....	4
Factores físicos.....	4
Ruido.....	5
Vibración.....	7
Iluminación	7
Temperatura	8
Calor.....	9
Frío	10
Control Automático.....	10
Elementos de los Sistemas de Control	12
La variable controlada.....	12
Controlar	12
Plantas	13
Procesos.....	13
Perturbaciones	13
Sistema de control.....	14
Tipos de sistemas de control.	14
Sistema de control en lazo abierto	15
Sistema de control en lazo cerrado.....	15
Elementos del Sistema de Control	16
Comparador.....	16
Controlador	16
Actuador.....	16
Planta.....	16

Medidor	16
PLC	17
Componentes de un Plc	18
Procesador	18
Memoria	18
Datos de Proceso	18
Datos de Control	18
Contactor	20
Partes de un Contactor	20
Relé térmico	22
Breaker	23
METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO	25
PROPUESTA	26
Elementos a seleccionarse en el tablero de control	26
Control de Temperatura Calefacción	26
Principales Parámetros de Programación.....	29
Control de Temperatura Refrigeración	29
Principales Parámetros de Programación.....	32
Cálculo de Parámetros para el Funcionamiento de la Unidad de Climatización	34
Cálculo de la Corriente Nominal en el Compresor	34
Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para el Compresor.....	34
Cálculo de la Corriente del Relé Térmico para el Contactor del Compresor...	34
Cálculo de la Corriente del Breaker para el Contactor del Compresor.....	35
Cálculo de la Corriente Nominal en el Evaporador	35

Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para el Evaporador.....	36
Cálculo de la Corriente del Breaker para el Contactor del Evaporador	36
Cálculo de la Corriente Nominal de las Resistencias.....	36
Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para las Resisencias	37
Cálculo de la Corriente del Rele Térmico para el Contactor de las Resistencias	37
Cálculo de la corriente para el Breaker Principal de las Resistencias.....	37
Cálculo para el número de luminarias.....	38
Procedimiento de la Manipulación.....	40
RESULTADOS	42
Principales resultados obtenidos del diagnóstico	42
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Riesgo	5
Tabla 2. Decibeles vs Tiempo de Exposición	6
Tabla 3. Límite de transmisión de vibraciones	7
Tabla 4. Niveles de luxes	8
Tabla 5. Condiciones de temperatura.....	9
Tabla 6. Especificaciones técnicas control de temperatura.....	27
Tabla 7. Mapa de Teclas Facilitadas	28
Tabla 8. Tabla de Parámetros.....	28
Tabla 9. Tabla de Especificaciones Técnicas.....	30
Tabla 10. Tabla de Indicaciones y Teclas	31
Tabla 11. Tabla de Parámetros.....	33
Tabla 12. Pruebas en ambiente frio.....	42
Tabla 13. Pruebas en ambiente caliente	42
Tabla 14. Pruebas de iluminación lámparas (led) tipo tubo.....	43
Tabla 15. Pruebas de iluminación tipo bombilla (led)	43
Tabla 16. Medición de corrientes.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Control de planta	14
Figura N° 2. Control Lazo Abierto.....	15
Figura N° 3. Control lazo cerrado	15
Figura N° 4. Estructura de un PLC.....	17
Figura N° 5. PLC SIMATIC S7 1200	19
Figura N° 6. Conexión entradas PLC	19
Figura N° 7. Conexión salidas PLC	20
Figura N° 8. Contactor	21
Figura N° 9. Partes de un Contactor.....	22
Figura N° 10. Relé Térmico	23
Figura N° 11. Breaker.....	24
Figura N° 12. Control de Temperatura MT-512	26
Figura N° 13. Control de Temperatura (display/sensor)	27
Figura N° 14. Indicaciones y Teclas.....	27
Figura N° 15. Control de Temperatura MT-530 E.....	30
Figura N° 16. Indicaciones y Teclas.....	30
Figura N° 17. Conexiones Eléctricas.....	31
Figura N° 18. Mapa de Teclas Facilitadas.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Plano eléctrico (circuito de control)	47
Anexo N° 2. Plano eléctrico (circuito de fuerza)	48
Anexo N° 3. Potencia activa.....	49
Anexo N° 4. Factor de potencia	50
Anexo N° 5. Capacidad de corriente de los contactores (Ict).....	51
Anexo N° 6. Protecciones térmicas ajustables contra sobrecarga	52
Anexo N° 7. Valores para cálculo de breakers.....	53
Anexo N° 8. Elección de contactores	54
Anexo N° 9. Elección de relés térmicos	55
Anexo N° 10. Elección de breaker	56
Anexo N° 11. Cálculo de la potencia	57
Anexo N° 12. Constante plano altura de trabajo (h').....	58
Anexo N° 13. Altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias (h).....	59
Anexo N° 14. Coeficiente de mantenimiento.....	60
Anexo N° 15. Cálculo del índice del local	61
Anexo N° 16. Cálculo del coeficiente de utilización	62
Anexo N°17. Definición del flujo luminoso total	63
Anexo N° 18. Cálculo del número de luminarias.....	64
Anexo N° 19. Datos fabricante lámpara.....	65
Anexo N° 20. Cronograma de mantenimiento preventivo	66

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN
UNA CABINA ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO**

AUTOR: Milton Anibal Lema Chicaiza.

TUTOR: Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo consta de elementos que aseguran el buen funcionamiento de la cabina dado por: dos breakers de 20A, y uno de 4A, dos contactores de 9A, y uno de 18A, selectores de 2 posiciones (ON/OFF), luces piloto, relés térmicos de 5.5 A – 8 A y 9A – 15A , y lo más importante de la automatización es el controlador de temperatura de la marca FULL GAUGE el cual fue seleccionado para este trabajo. Para los implementos de la automatización en dicha cabina se toma en cuenta la corriente nominal que va a consumir cada equipo que la conforma, basados en la práctica profesional como en la teoría se llega a dimensionar todos los componentes para su correcto funcionamiento. Al hablar de los PLCs se toma en cuenta para la variación de temperatura a los controladores, ya que cuenta con sus respectivas entradas, y salidas similares a las de un PLCs. En la parte de iluminación se tiene las lámparas led de tubo de 1600 lúmenes de 18 W. En la cabina se tiene de igual forma una luminaria tipo bombilla tecnología led de 18 W para comparar su comportamiento frente a la luminaria tipo tubo, sin dejar atrás la cantidad de luxes para esta cabina bajo la normativa ecuatoriana 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

Palabras claves: automatización, cabina, corriente, voltaje, controlador de temperatura.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TOPIC: DESIGN OF ELECTROMECHANICAL AUTOMATION IN A
MULTIPURPOSE ERGONOMIC CABIN

AUTHOR: Milton Anibal Lema Chicaiza.

TUTOR: ENG. Pablo Elicio Ron Valenzuela MSc.

EXECUTIVE SUMMARY

The present work consists of elements that ensure the proper operation of the cabin given by: two Breakers of 20A, and one of 4A, two contactors of 9A and one of 18A, selector switches of 2 positions (ON/OFF), pilot lights, thermal relays from 5.5 to 8 and 9 to 15 A. In addition, the most important thing about automation is the FULL GAUGE brand temperature controller, selection is for this work. For the automation implements in this cabin is taken into account the nominal current that will consume each equipment that conforms it, based on the professional practice as in the theory one reaches to dimension all the components for its correct operation. When talking about the PLCs taken into account for the temperature variation to the controllers, as it has their respective inputs, as their outputs similar to those of a PLCs. In the lighting part, you have the LED tube lamps of 1600 lumens of 18 W. In the cockpit is similarly a light bulb type LED technology 18 W to compare its behavior against the luminaire type tube, without leaving behind the amount of lexes for this cabin under the Ecuadorian regulations 2393, safety and health Regulations of Workers and improving the working environment.

Key word: automation, cabin, current, voltage, controller of temperatura.

DIAGNÓSTICO

LA AUTOMATIZACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN UNA CABINA

ERGONÓMICA MULTIPROPÓSITO

Descripción

El control automático tiene su primer antecedente con el regulador de Watt, sistema que controla la velocidad de una turbina de vapor (1774), a partir de este acontecimiento se empieza a dedicar los estudios prácticos sobre el control automático.

El control industrial surge con la necesidad de requerir y mantener las variables de sus procesos en un determinado rango, a fin de llegar a sus objetivos en cada proceso, el control sobre estas variables se lo hace de forma manual, el operador visualiza el estado del proceso mediante indicadores ubicados en las cañerías, recipientes y equipos. El operador conoce el valor deseado de la variable a controlar, y en función al error toma sus propias decisiones correctivas sobre el elemento final de control. (Ogata, 2010)

A medida que los procesos crecen en las industrias se vuelve más complejo el control sobre las variables, y por ende se requiere mayor cantidad de mano de obra. El primer intento de reemplazar al hombre en las tareas de control se realiza a través de elementos mecánicos, como lo es válvulas de control de nivel flotante.

A medida que la industria crece, surge la necesidad de tener más información en forma ordenada y accesible. De esta forma surge los primeros tableros de control, cerca de los equipos de procesos y transportando la variable a medir hasta el indicador instalado en el panel

En todas las empresas manufactureras existe una diversidad de puestos de trabajo, en el cual el trabajador está expuesto a múltiples riesgos físicos tales como la iluminación, ventilación, ruido, las mismas que deben enmarcarse de acuerdo a

condiciones ideales del trabajo y del trabajador con el fin de evitar la posibilidad de el desarrollo de una enfermedad profesional.

En la actualidad los puestos de trabajo no son evaluados técnicamente debido al desconocimiento de los que hacen seguridad y salud en el trabajo, además de ello no se cuentan con cabinas ergonómicas que permitan la evaluación de los riesgos físicos que inciden en el bienestar y en el confort del trabajador.

Se debe tomar en cuenta que el confort del trabajador en cualquier puesto, debe ser analizado con el fin de brindar ambientes saludables y con ello hacer que éstos sean productivos.

Por tales motivos siempre será primordial contar con equipos que permita la evaluación del puesto de trabajo y que éste responda a las necesidades y requerimientos del trabajador.

Formulación del problema

¿Cómo implementar la automatización de los equipos en la cabina ergonómica para la evaluación de factores físicos que inciden en los puestos de trabajo y en el bienestar y confort de los trabajadores?

Justificación

La automatización de la cabina ergonómica es de suma **importancia** porque permitirá variar las condiciones de los factores de riesgo físico como: la temperatura interna de la cabina, el nivel de iluminación, entre otros; con el fin de evaluar diferentes puestos de trabajo.

El presente estudio de caso tiene **trascendencia** para el control de los riesgos físicos por cuanto se contará con equipos que permitan modificar los factores ambientales como son la iluminación y climatización de una cabina ergonómica

multipropósito que inciden en el confort laboral y salud de los trabajadores en los diferentes puestos de trabajo.

Este estudio es **factible** debido a que los estudiantes desarrollarán prácticas desde un panel de control, en el cual se logrará controlar variables que le permitan simular condiciones ideales de trabajo, para la reducción de fatiga y esfuerzos en el operador.

Los **beneficiarios** de la construcción de la cabina ergonómica serán los trabajadores de diferentes puestos de trabajo a más de ello se lo utiliza para fines didácticos, de igual forma a los futuros profesionales y docentes de las instituciones educativas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar la automatización de equipos electromecánicos en la cabina ergonómica multipropósito.

Objetivos específicos

- Determinar parámetros de diseño de los factores de riesgos físicos tales como: la iluminación, temperatura en la cabina ergonómica.
- Seleccionar los equipos de automatización en los rangos de diseño y funcionalidad.
- Realizar un análisis de los equipos en su funcionamiento normal con lo calculado.

MARCO TEÓRICO

Medio Ambiente y Factores Ambientales

Se relaciona a todo lo que le rodea a cualquier objeto o persona, el ser humano está expuesto a un conjunto de condiciones físicas, químicas, biológicas, sociales, culturales y económicas que difieren del lugar que se encuentre, la infraestructura, la estación, el momento del día y la actividad que está realizando.

Los factores ambientales son todos los elementos que interactúa en la vida diaria del planeta. Existen dos grandes grupos de factores ambientales, factores bióticos y factores abióticos.

Factores Bióticos y Factores Abióticos

Los factores bióticos se relacionan con todos los seres vivos sobre su interacción, sus interrelaciones e implicaciones de convivencia entre ellos mismos.

Este tipo de factores se clasifica en tres grandes tipos: productores, consumidores y descomponedores.

Los factores abióticos son los que no tienen vida el cual no necesita de una interacción con otros seres vivos para existir, estos factores son los que permiten que los seres vivos puedan interactuar entre ellos. Se clasifican en físicos, químicos y biológicos,

Factores físicos

En todo lugar de trabajo se encuentran factores físicos que inciden a su alrededor, es decir entre el ambiente y las personas existe una interacción que puede causar daño si sobrepasan los niveles adecuados en un equilibrio normal, que a su vez pasan a ser riesgos físicos.

Tabla 1. Factores de Riesgo

FACTORES DE RIESGO	COMENTARIO
Condiciones generales e infraestructura sanitaria del lugar de trabajo	Aspectos ambientales, salubridad, agua potable, comedores etc.
Condiciones de seguridad	Condiciones que influyen en los accidentes, características de máquinas, equipos y herramientas, riesgos fuentes de energía
Riesgos del ambiente físico	Condiciones físicas de trabajo, que pueden ocasionar accidentes y enfermedades, como el ruido, vibraciones, iluminación y condiciones de temperatura.
Carga de trabajo	Exigencias en las tareas, esfuerzos físicos, posturas de trabajo, manipulación de carga.

Fuente: (Parra, 2003)

Elaborado por: Investigador

Los principales factores del ambiente físico se tienen:

- Ruido
- Vibraciones
- Iluminación
- Condiciones de temperatura (calor – frío)
- Radiaciones

Para todo ese tipo de factores físicos se debe tomar en cuenta los “límites permisibles”, este factor de riesgos ambientales se debe medir con instrumentos adecuados y expresarlos en unidades distintas para cada riesgo.

Ruido

Es un sonido molesto que puede producir algún daño en el trabajador. En todo lugar de trabajo se tiene un nivel de ruido, en el cual no todo este ruido puede pasar a ser un riesgo. Un nivel de ruido X produce sordera después de un determinado tiempo de exposición a la que esté el individuo, la permanencia de un ruido molesto aumenta la sensación de fatiga al término de una jornada laboral, de igual forma aumenta la monotonía del trabajo, dificulta la comunicación, obliga a tomar posturas inadecuadas, repercute psicosocialmente en los trabajadores que a

su vez puede ocasionar que la persona cometa errores, daños y es un agente que surge como consecuencia a los accidentes laborales. (Parra, 2003)

Maneras que se genera un ruido

- Transporte de materiales efectuado con fuerza, presión o velocidad.
- Por la vibración de cuerpos sólidos.
- Cuando vibran las superficies pequeñas emiten menos ruido que las grandes.
- Objetos grandes alcanza mayor velocidad al caer, produciendo mayor ruido de impacto.

Para medir el ruido se utiliza el instrumento de medida llamado sonómetro que mide los “niveles de presión sonora” expresado en decibeles.

Los trabajadores pueden permanecer expuestos al ruido en un determinado tiempo, según el nivel de presión sonora.

Tabla 2. Decibeles vs Tiempo de Exposición

DECIBELES	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN
85	8 horas
88	4 horas
91	2 horas
94	1 hora
97	30 minutos
100	15 minutos
103	7.5 minutos

Fuente: (Parra, 2003)

Elaborado por: Investigador

Vibración

La vibración se relaciona a una oscilación mecánica que se transmite al cuerpo humano. Toda máquina, herramienta, vehículo, que utilice motor tiene el riesgo de producir vibración, y por ende producir ruido.

Generalmente las herramientas manuales con motor, pueden oscilar a frecuencias altas y por ende la vibración entra en contacto directamente con la persona a través de las manos y los brazos, la vibración también se da a través de máquinas empotradas hacia el piso, el cual transmite de forma global a todo el cuerpo. Las personas que están expuestas directamente a una vibración sufren problemas en el aparato del equilibrio, si son extremidades como las manos y los brazos puede producir lesiones musculares y articulares, que si se van acumulando por el tiempo llega a ser una enfermedad musculo esqueléticas (Parra, 2003)

El aparato de medida se llama acelerómetro el cual entrega un índice de vibración llamado Law, medido en decibeles.

Tabla 3. Límite de transmisión de vibraciones

USO DE LA EDIFICACIÓN RECEPTORA	NIVELES PERMISIBLES DE TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES law (db)	
	DIURNO	NOCTURNO
hospitalario, educativo, cultural	83	80
Residencial, hospedaje	89	86
Oficinas	95	95
Comercial	101	101
Industrial	107	107

Fuente: ISO 2631

Elaborado por: Investigador

Iluminación

Toda actividad laboral requiere de un nivel de iluminación de acuerdo al lugar donde se realice dicha actividad. Se combinará el uso de la luz natural y artificial,

una iluminación general es la que permite ver sin dificultad a su alrededor para su desempeño asegurando un óptimo confort visual.

Condiciones necesarias para una buena iluminación

- Cantidad de luz adecuada
- No producir deslumbramiento
- Contraste suficiente para identificar figura y fondo

La unidad de medida de la iluminación es el lux, y su aparato de medida es el luxómetro. La medición se lo realiza a 75 cm del piso.

Tabla 4. Niveles de luxes

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios, lugares de paso
50 luxes	operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materiales, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos
100 luxes	Cuando sea necesario una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y caldero, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles como: talleres de metal mecánica, costura, industrial de conserva, imprentas
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como, trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de dealles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contrste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería

Fuente: Normativa ecuatoriana decreto N° 2393

Elaborado por: Investigador

Temperatura

El nivel de temperatura en un ambiente será dado a consecuencia de que se va a desarrollar en este entorno. Los cambios de temperatura en un año a razón de las

estaciones climáticas, incide directamente en los comportamientos de los seres vivos.

Tabla 5. Condiciones de temperatura

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA °C	VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE m/s	HUMEDAD RELATIVA %
VERANO	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
INVIERNO	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

Fuente: (Parra, 2003)

Elaborado por: Investigador

La condición térmica se relaciona con los intercambios térmicos del cuerpo humano con el ambiente, en función de la actividad metabólica de la persona y su vestimenta térmica dando a lugar un confort térmico. La condición térmica influye directamente por el calor y el frío

Calor

Al calor se lo considera factor de riesgo físico cuando la temperatura corporal se eleva por encima de los 38 °C, el cuerpo humano genera calor de forma natural, para evitar el incremento de calor interno el cuerpo realiza mecanismos automáticos de regulación. (Parra, 2003)

En cada lugar de trabajo el calor puede exceder según su actividad el cual pone en riesgo a la persona, para que el calor se transmita con mayor o menor intensidad se relaciona directamente con la velocidad del aire.

A esto se debe tomar en cuenta en bajar la temperatura interior con una buena ventilación del lugar, el consumo de agua, si es posible disminuir la actividad física, de igual forma realizar las pausas convenientes de la persona, utilizar la ropa adecuada con el fin de evitar posibles riesgos de accidentes.

Se debe tomar en cuenta algunos aspectos para la prevención del calor a considerar: (Parra, 2003)

- Reducir la exposición al calor al mínimo posible, se debe dar en tiempos mínimos de exposición.
- Utilizar medios externos controlados para bajar la temperatura.
- Aumentar la ventilación del lugar que se encuentre.
- Proveer de ropa térmica adecuada.
- Realizar pausas para reducir la actividad y reponer líquidos.
- Controlar niveles de humedad.

Frío

El frío se basa en el mismo principio del calor, el cuerpo humano debe mantener una temperatura exterior de los 36°C, si esta temperatura exterior baja a su límite permisible conlleva a poner en riesgo la vida humana. (Parra, 2003)

La pérdida de calor es mayor mientras más baja es la temperatura externa y mayor es la velocidad del viento, conllevando a que el calor se disipe en menor tiempo.

El frío puede causar un riesgo de congelamiento, incomodidad, disminuye la sensibilidad de la piel, produce efectos sobre el aparato respiratorio y obliga al cuerpo a un mayor esfuerzo muscular y por ende un riesgo de lesiones musculares, cardiovasculares como la hipotermia. (Parra, 2003)

Control Automático

El control automático en la actualidad es muy importante en cualquier proceso manufacturero. Esta ha conllevado a mejorar todo sistema que se desee implementar.

En la actualidad todo proceso cuenta con un automatismo desde un sistema vehicular, robótico, hasta una operación industrial, donde se maneje variables de control como son la temperatura, presión, luminosidad, humedad, flujo etc.

En estos casos todo proceso se los puede acoplar o mejorar en un sistema de control automático con sus respectivos componentes.

Breve historia de la teoría y práctica del control.

El primer trabajo significativo en control automático fue el regulador de velocidad centrífugo de James Watt (escoses) para el control de la velocidad de una máquina de vapor, en el siglo dieciocho.

En 1922, Minkowsky trabajó en controladores automáticos para el guiado de embarcaciones, y mostró que la estabilidad puede determinarse a partir de las ecuaciones diferenciales que describen el sistema.

En 1932, Nyquist diseñó un procedimiento relativamente simple para determinar la estabilidad de sistemas en lazo cerrado

En 1934, Hazen, quien introdujo el término servomecanismos para los sistemas de control de posición, capaces de seguir con precisión una entrada cambiante.

En los años cuarenta y cincuenta muchos sistemas de control industrial utilizaban controladores PID para el control de la presión, de la temperatura, etc.

A comienzos de la década de los cuarenta Ziegler y Nichols establecieron reglas para sintonizar controladores PID, las denominadas reglas de sintonía de Ziegler-Nichols. A finales de los años cuarenta y principios de los cincuenta, se desarrolló por completo el método del lugar de las raíces propuesto por Evans.

Un controlador PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial.

En 1952 se desarrolla el control numérico CN desarrollado en Massachusetts Instituto de Tecnología para el control de ejes de máquinas y herramientas.

Hacia 1960, debido a la disponibilidad de las computadoras digitales fue posible el análisis en el dominio del tiempo de sistemas complejos.

La teoría de control moderna, se basa ya en el análisis el dominio del tiempo y la síntesis a partir de variables de estados.

Durante los años comprendidos entre 1960 y 1980, se investigó a fondo el control óptimo tanto de sistemas determinísticos como estocásticos, así como el control adaptativo y con aprendizaje de sistemas cumple.

Elementos de los Sistemas de Control

La variable controlada

Es la cantidad o condición que se mide y se controla, a la variable controlada se le va a dar valores en los que éste debe trabajar o efectuar su trabajo, esto quiere decir que la variable controlada es la salida del sistema, como variable controlada se tiene la temperatura, presión, caudal etc.

En la cabina ergonómica la variable controlada es la temperatura, y sus valores oscilan de acuerdo al controlador de temperatura en grados centígrados.

Controlar

Significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado.

En la cabina el que va a controlar la variable manipulada es el controlador de temperatura.

Plantas

Es el entorno donde se va aplicar un sistema de control, de igual forma puede ser parte de un equipo o elementos que lo conforman de una máquina, cuyo objetivo es realizar una operación designada. (Ogata, 2010)

Se puede llamar planta a cualquier objeto físico que se va a controlar (como un dispositivo mecánico, un horno de calefacción, un reactor químico o una nave espacial).

Procesos

Se llama proceso a cualquier operación que se va a controlar, mediante las variables manipuladas, consta de una serie de acciones o movimientos controlados. Algunos ejemplos son los procesos químicos, económicos y biológicos.

Perturbaciones

Es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es una entrada.

La perturbación se puede dar principalmente en la fuente que va a censar, es decir que el sensor de temperatura manda una señal errónea al controlador de temperatura.

Sistema de control

Desde el punto de vista de la teoría de control, un sistema o proceso está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales de entrada.

Es importante resaltar el hecho de que no es necesario conocer el funcionamiento interno, o cómo actúan entre sí los diversos elementos, para caracterizar el sistema. Para ello, solo se precisa conocer la relación que existe entre la entrada y la salida del proceso que realiza el mismo (principio de caja negra). El aspecto más importante de un sistema es el conocimiento de su dinámica, es decir, cómo se comporta la señal de salida frente a una variación de la señal de entrada. Un conocimiento preciso de la relación entrada/salida permite predecir la respuesta del sistema y seleccionar la acción de control adecuada para mejorar.

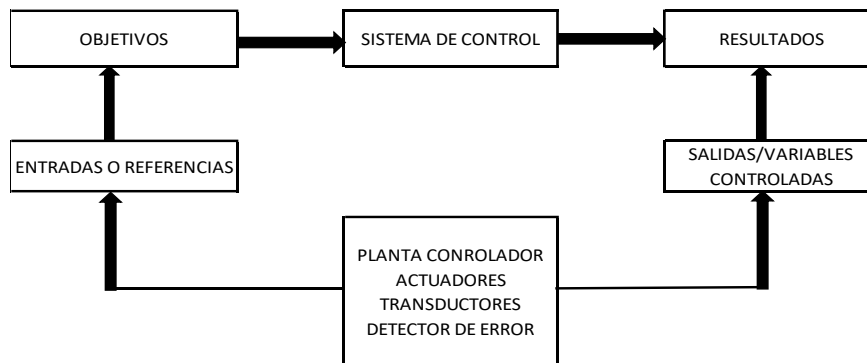


Figura N° 1.Control de planta
Fuente: (Ogata, 2010)
Elaborado por: Investigador

Tipos de sistemas de control.

Dependiendo del tratamiento que el sistema de control realiza con la señal de salida, pueden distinguirse dos tipos de controles generales: sistemas en lazo abierto y sistemas en lazo cerrado.

Sistema de control en lazo abierto

En este tipo de sistemas, la salida no tiene efecto alguno sobre la acción de control.

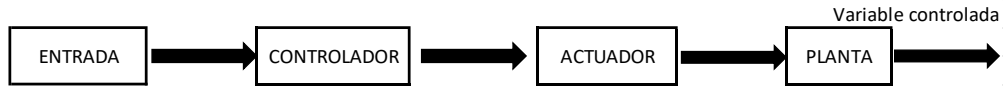


Figura N° 2.Control Lazo Abierto

Fuente: (Ogata, 2010)

Elaborado por: Investigador

En un sistema de lazo abierto la salida no se compara con la entrada de referencia, por ello cada entrada corresponderá a una operación prefijada sobre la señal de salida. Se puede asegurar entonces que la exactitud del sistema depende en gran manera de la calibración del mismo y la presencia de perturbaciones provocará que éste no cumpla la función asignada.

Sistema de control en lazo cerrado

En este tipo de sistemas, la salida tiene efecto sobre la acción de control. A este efecto se le denomina retroalimentación.

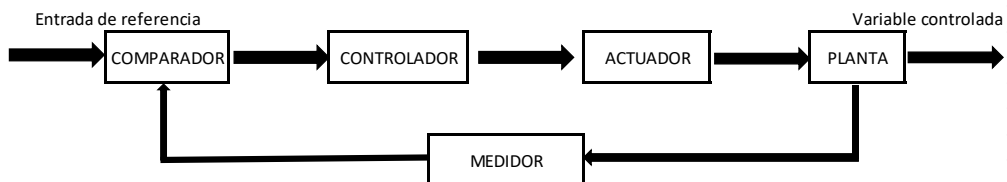


Figura N° 3. Control lazo cerrado

Fuente: (Ogata, 2010)

Elaborado por: Investigador

La principal ventaja de los sistemas de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas de lazo abierto.

La señal controlada debe retroalimentarse y compararse con la entrada de referencia, tras lo cual envía a través del sistema una señal de control, que será

proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal medida a la salida, con el objetivo de corregir el error o desviación que pudiera existir.

Elementos del Sistema de Control

Comparador

Elemento en el cual es la entrada de las dos señales, tanto la señal a controlar como la señal retroalimentada, es decir la señal de salida de todo el sistema.

Para nuestro efecto en la cabina ergonómica la señal de entrada es la temperatura.

Controlador

En todo sistema el controlador es la parte fundamental ya que va a realizar el control necesario para dicha función. Uno de los controladores más conocidos en la actualidad es el PLC

En la cabina ergonómica el PLC está representado por el controlador de temperatura.

Actuador

En esta parte del sistema, el actuador está representado por el contactor, elemento electromecánico que sirve de paso para la energía eléctrica, es el que ejecuta la acción.

Planta

Es el entorno donde se va a realizar o aplicar dicho sistema de control, para el presente caso la planta es la cabina ergonómica.

Medidor

Es el elemento que va a medir físicamente la variable manipulada, el sensor es uno de esos elementos, también está el transductor. El transductor está conformado internamente por un sensor. El transductor entrega una señal normalizada ya sea de voltaje, corriente o resistencia.

Físicamente solo el sensor, entrega una medición en el instante, es decir entrega una señal análoga.

PLC

EL PLC es un Controlador Lógico Programable, posee una memoria interna programable para el almacenamiento de instrucciones, funciones etc. Se lo puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de forma cíclica, es decir que puede ser interrumpido para realizar otra tarea y posteriormente regresa al proceso anterior de donde se quedó. (Moreno, Curso 061)

Este tipo de controlador es utilizado en todo tipo de industria manufacturera, donde la decisión y la acción debe ser muy rápida para responder en tiempos reales, donde se requiera una alta confiabilidad de funcionamiento en todo su proceso.

El PLC es utilizado donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez.

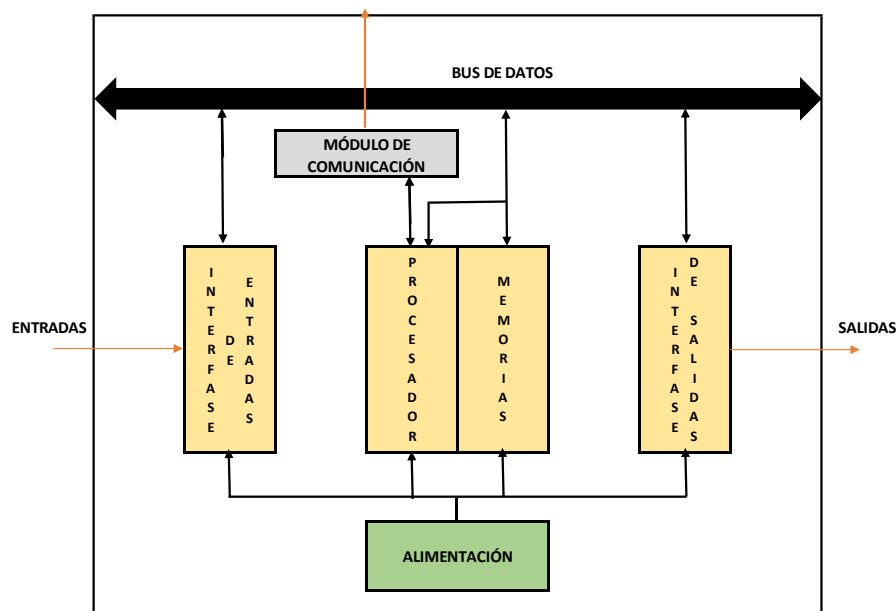


Figura N° 4. Estructura de un PLC

Fuente: (Moreno, Curso 061)

Elaborado por: Investigador

Componentes de un Plc

Procesador

Es la parte fundamental del PLC, es decir es el “cerebro”, es el responsable de la ejecución de todos programas desarrollados por el usuario. El procesador ejecuta el programa asignado por el usuario

Mantiene la comunicación con sus componentes internos la memoria, microprocesador, entradas y salidas.

Ejecuta programas de autodiagnóstico.

Para realizar todas estas funciones el PLC cuenta con un **sistema operativo**, que es un programa escrito por el fabricante en el cual el usuario no tiene acceso, es decir es una memoria no volátil.

Memoria

La función principal de las memorias es la de almacenar y retener la información, es decir donde toda la información es almacenada, de igual forma debe ser capaz de almacenar:

Datos de Proceso

- Señales de entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de Control

- Instrucciones de usuario, programa.
- Configuración del autómeta.

El PLC maneja un software STEP7, fácil de entender para todos los usuarios, con un lenguaje de programación KOP y FUP

KOP

Este tipo de programación se basa en un lenguaje de programación por medio de contactos, es decir de un sistema electromecánico se pasa a dibujar en el PLC.

FUP

Esta programación se basa en funciones de compuertas lógicas AND, OR y NOT, es decir que de un sistema electromecánico se pasa a función de compuertas lógicas.

En todos los PLC a las entradas se les conoce como I1, I2, I3, Etc. De igual forma a las salidas se les conoce como Q1, Q2, Q3, Etc. Dependiendo la cantidad de entradas y salidas que tenga el PLC. Internamente posee toda clase de temporizadores, relés auxiliares conocidos como marcas y entradas para señales análogas.



Figura N° 5. PLC SIMATIC S7 1200

Fuente: Catálogo SIEMENS

Elaborado por: Investigador

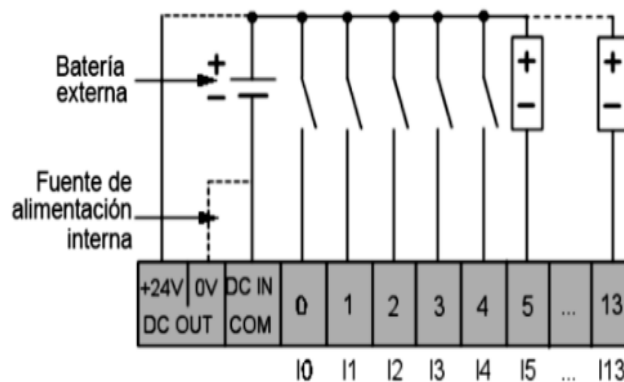


Figura N° 6. Conexión entradas PLC

Fuente: Catálogo SIEMENS

Elaborado por: Investigador

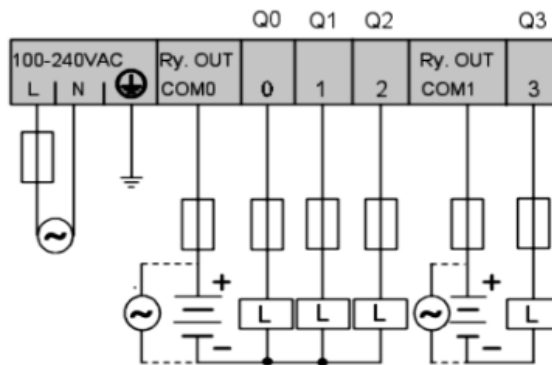


Figura N° 7. Conexión salidas PLC
Fuente: Catálogo SIEMENS
Elaborado por: Investigador

Contactor

El contactor es un actuador el cual se conecta y se desconecta eléctricamente, ya sea con carga o en vacío accionado por una fuente de energía, en condiciones de trabajo el accionamiento no debe ser la humana, su función principal consiste en cerrar y abrir circuitos eléctricos principalmente de motores.

La capacidad que tiene un contactor va a depender de la corriente que va a circular por sus contactos principales.

Partes de un Contactor

Carcaza: está fabricado de un material aislante, sobre el cual se coloca el resto de los componentes del contactor, es decir es toda la estructura del contactor.

Circuito Magnético: está constituido por la bobina núcleo y la armadura, en el cual transforma la energía eléctrica, en un campo magnético que es capaz de cerrar la armadura atrayéndolo hacia el núcleo.

Bobina: está constituido por un arrollamiento de alambre de cobre, que al aplicar una tensión (voltaje) crea un campo magnético. La tensión que se aplica a las bobinas se tiene en corriente alterna de 110 y 220 voltios Vac como en corriente

continua de 24 voltios Vcd. A la bobina se le conoce con la nomenclatura de A1 y A2 bornes donde se va a conectar el voltaje necesario.

Núcleo: su función es la de mantener el campo magnético producido por la bobina, está constituido por varias láminas de acero al silicio con el fin de atraer la armadura.

Armadura: es la parte móvil donde se alojan el resto de los contactos, el cual al abrir o cerrar la armadura los contactos de igual forma se cierran o se abren.

Para que se cierre el circuito eléctrico pasa a través de sus contactos principales como sus secundarios.

Contactos Principales: se los denomina 1/L1/R, 3/L2/S, 5/L3/T (parte superior del contactor)

2/T1/U, 4/T2/V, 6/T3/W (parte inferior del contactor) ya que estos van a soportar la corriente necesaria que pasa por estos contactos, principalmente a estos contactos va conectado el circuito de fuerza o potencia, es decir la alimentación hacia un motor.

Contactos auxiliares: en estos contactos va el circuito de mando o de control, generalmente se tiene un NO (contacto normalmente abierto) nomenclatura 43/44 y un NC (contacto normalmente cerrado) nomenclatura 21/22, por estos contactos va a circular una corriente mínima. Según su aplicación se puede acoplar bloques de contactos auxiliares al contactor principal con sus contactos NO y NC.

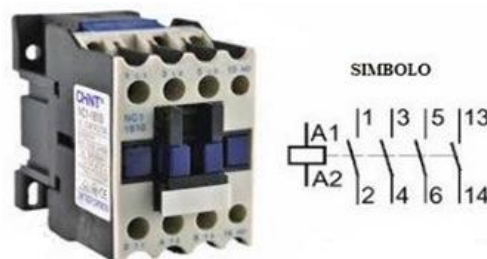


Figura N° 8. Contactor
Fuente: Catálogo Schneider
Elaborado por: Investigador

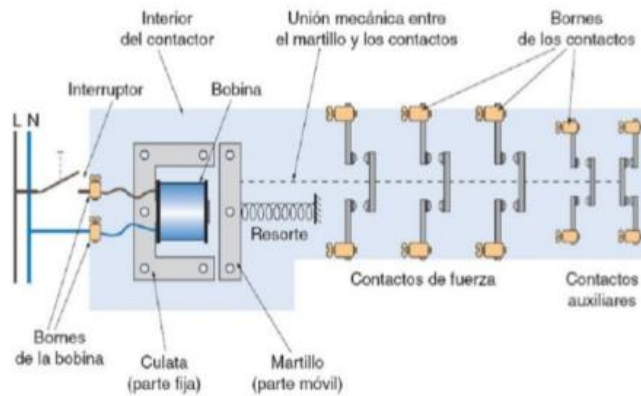


Figura N° 9. Partes de un Contactor
Fuente: Catálogo Schneider
Elaborado por: Investigador

Relé térmico

El relé térmico es un dispositivo de seguridad contra la sobrecarga que se conecta directamente en los contactos de fuerza de la parte inferior del contactor, es decir que si hay alguna sobrecarga éste actúa abriendo los contactos principales.

Al hablar de sobrecarga se entiende que el valor de la corriente nominal de un motor empieza a elevarse, éste a su vez tiene en la parte interior de los contactos un bimetálico que se va calentando gradualmente por efectos de la corriente, hasta que se abren los contactos de fuerza, el dimensionamiento del relé térmico se da a través de la corriente de carga que va a circular por estos contactos.

Consta de un pulsador de reset (color azul) que, al actuar el relé térmico, después de un tiempo se debe pulsar el reset para que se habilite los contactos de fuerza, siempre y cuando se haya corregido la falla. De igual forma tiene sus contactos auxiliares un NO y NC que controla el circuito de mando o control.

En el contacto NC se debe conectar en serie el circuito de fuerza que alimenta hacia la bobina (A1) del contactor. Cuando actúa el relé térmico el NC se abre permitiendo desenergizar la bobina del contactor y por ende abriendo los contactos de fuerza del contactor.

El contacto NO de igual forma se conecta en serie a un circuito de mando, que cuando se activa el relé térmico el NO se cierra para que active un sistema de alarma indicando que se activó el relé térmico, para proseguir a revisar dicha avería.



Figura N° 10. Relé Térmico

Fuente: Catálogo Schneider

Elaborado por: Investigador

Breaker

El breaker o disyuntor es un dispositivo termo magnético de seguridad contra el corto circuito y la sobrecarga. El corto circuito se da cuando se topan entre si dos fases o una fase hace contacto a tierra. La sobrecarga se da cuando supera los límites de corrientes nominales de todo un circuito eléctrico. En su parte interior consta de un bimetálico que al incrementar la corriente de sus valores permitidos abre los contactos de fuerza, físicamente la palanca del breaker se coloca en una posición intermedia, para poder colocar en su operación normal se debe bajar la palanca y volver a subir.

Adicional consta de una cámara apaga chispa que, al tener un corto circuito la chispa que se produce, ésta se apaga en dicha cámara permitiendo que el bimetálico no se funda. El breaker puede actuar cuantas veces se produzca las averías, a diferencia del fusible que solo actúa una sola vez, ya que el bimetálico que tiene interiormente se rompe cuando se produce una avería.



Figura N° 11. Breaker
Fuente: Catálogo Schneider
Elaborado por: Investigador

Glosario

Biótico. - Es el medio donde existe vida y por ende organismos vivos o relacionados con ellos.

Abiótico. - Es el medio que no permite recibir ningún ser vivo.

METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO

Enfoque cualitativo – cuantitativo – experimental

Cualitativo. – El enfoque cualitativo se aplicará en el desarrollo del marco teórico considerando las partes que conforman la cabina ergonómica multipropósito; además se tomará en cuenta la teoría de los componentes tales como: controladores de temperatura, breakers, contactores, relé térmico, selectores, luces piloto, lámparas, gabinete eléctrico, supervisores de voltaje.

Se revisa todas las cualidades que poseen todos los elementos a considerar en la cabina ergonómica multipropósito para su desempeño normal en las pruebas a realizarse.

Cuantitativo. – El enfoque cuantitativo se dará acorde a sus respectivos parámetros, dimensiones y capacidades de los elementos electromecánicos tales como: voltaje, corriente, potencia, costos, facilidad de programación etc. En base al marco teórico de los elementos se dará prioridad a los componentes que tengan sus condiciones acordes a las pruebas de funcionamiento que se va a tener cuando se realice las respectivas pruebas de funcionamiento de la cabina ergonómica multipropósito, estas pruebas tendrán relación a temperaturas y niveles de luxes.

Experimental. – El enfoque experimental se tendrá en cuenta al determinar valores de pruebas de la cabina ergonómica multipropósito en pleno funcionamiento, se dará rangos de temperaturas, así como niveles de luxes para tener en cuenta sus alcances máximos y mínimos de operación normal, sin descuidar los riesgos físicos que éste puede ocasionar al realizar experimentalmente sus pruebas respectivas de funcionamiento.

PROPUESTA

Elementos a seleccionarse en el tablero de control

Control de Temperatura Calefacción

La parte fundamental para este control de temperatura en la cabina ergonómica se tiene el controlador de temperatura, este elemento se va a encargar de todo el manejo en sí de la calefacción que se desee manejar, en la práctica real éste pasaría a ser el que controla el equipo.

Los parámetros a tomar en cuenta para la selección del controlador de temperatura que funcionará en la cabina son los siguientes:

- Rango de temperatura : 2°C – 40°C para el interior de la cabina.
- Voltaje de alimentación : 115 – 220 V (monofásico)
- Potencia de carga : 1.5 Hp equivalente a 1119 W.

El controlador de temperatura que se utiliza es de la marca FULL GAUGE modelo MT- 512 E 2HP en el cual se puede realizar deshielos por parada del compresor (deshielo natural) y forzar deshielos manualmente. Posee un relé interno de salida equivalente a 16 A para accionar cargas de hasta 2 Hp de potencia, de igual forma puede ser configurado para calefacción.



Figura N° 12. Control de Temperatura MT-512

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador



Figura N° 13. Control de Temperatura (display/sensor)
Fuente: Catálogo Full Gauge
Elaborado por: Investigador

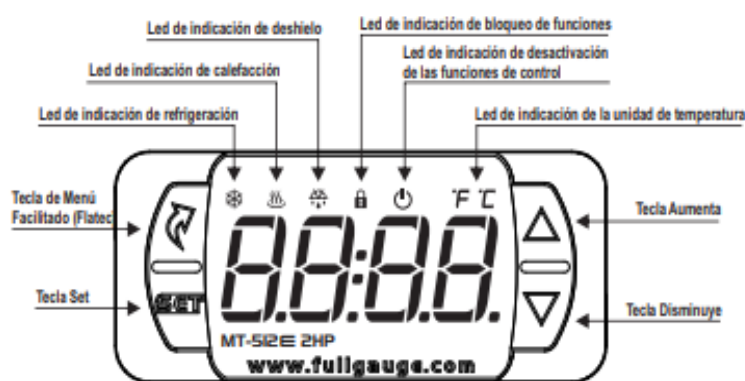


Figura N° 14. Indicaciones y Teclas
Fuente: Catálogo Full Gauge
Elaborado por: Investigador






Tabla 6. Especificaciones técnicas control de temperatura

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Alimentación	MT-512 2HP: 115 o 230 Vac \pm 10% (50/60Hz) MT-512 2HP: 12 O 24 Vdc o Vac \pm 10%
Temperatura de operación	0 a 50°C (32 a 122°F)
Humedad de operación	10 a 90% HR (sin condensación)
Resolución	0,1°C
Corriente máxima de carga	16 A para cargas resistivas y 12 A para inductivas
Potencia máxima de la carga	2 HP
Grado de protección	IP 65 (frontal)
Dimensiones (mm)	76x34x77mm (ancho, alto, profundidad)

Fuente: Catálogo Full Gauge
Elaborado por: Investigador

Cuando el controlador se energize por primer vez o esté en la operación normal, las siguientes teclas sirven para el acceso rápido de las siguientes funciones.

Tabla 7. Mapa de Teclas Facilitadas

	Presionada por 5 segundos: activa/desactiva las funciones de control.
	Presionada por 2 segundos: ajuste del setpoint.
	Toque corto: muestra el proceso actual.
	Toque corto: muestra las temperaturas mínima y máxima (registro).
	Presionado al mismo tiempo: acceso a la selección de funciones.

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Tabla 8. Tabla de Parámetros

TABLA DE PARÁMETROS					
Fun	Descripción	Min	Máx.	Unid	Estándar
F01	Códigos de acceso				
F02	Temperatura deseada Setpoint	0	50	°C	4
F03	Desplazamiento de indicación (Offset)	0	5	°C	0
F04	Mínimo Setpoint permitido al usuario	0	50	°C	-5
F05	Máximo Setpoint permitido al usuario	0	50	°C	75
F06	Diferencia de control (histéresis)	0,1	20	°C	1
F07	Modo de operación	0-refrig	1-calef	-	0-refrig
F08	Tiempo mínimo de salida conectada	no	999	seg	20
F09	Tiempo mínimo de salida desconectada	no	999	seg	20
F10	Tiempo de refrigeración (intervalo entre deshielos)	1	999	min	240
F11	Tiempo de deshielo	no	999	min	30
F12	Estado inicial al energizar el instrumento	0-refrig	1-deshielo	-	0-refrig
F13	Indicación de temperatura trabada durante el deshielo	no	yes	-	no
F14	Retardo en la energización del instrumento	no	240	min	no
F15	tiempo adicional al final del primer ciclo	no	240	min	no
F16	Situación del compresor con el sensor damnificado	0	2	-	0
F17	Tiempo de compresor conectado en caso de error	1	999	min	15
F18	Tiempo de compresor desconectado en caso de error	1	999	min	15
F19	Intensidad del filtro digital	no	9	-	no
F20	Tiempo para bloqueo de las funciones	no	60	seg	no
F21	Desconexión de las funciones de control	no	4	-	no

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Principales Parámetros de Programación

- F01 en esta función es prioridad ya que es el acceso principal a los otros parámetros de funciones, se accede con el código 123 más SET.
- F02 en esta función se da el valor deseado de temperatura a lo que va a trabajar la unidad de refrigeración.
- F06 en esta función se da el valor de la diferencia de temperatura, es decir que en la F02 se da un valor de 4°C, con F06 se da un valor de 1°C se tiene un alcance con un valor de 5°C el control de temperatura manda a prender al equipo, y cuando esté en los 4°C el control de temperatura manda a apagar al equipo.
- F07 se determina en qué modalidad va a trabajar el controlador de temperatura en 0 = refrigeración o en 1 = calefacción.
- Para el presente caso debe ser **1 = calefacción**

Control de Temperatura Refrigeración

El controlador de temperatura que se utiliza es de la marca FULL GAUGE modelo MT- 530 E, el cual posee tres salidas, una para control de temperatura, una segunda para control de humedad y una tercera para salida auxiliar, la cual actúa como una segunda etapa en el control.

Los parámetros a tomar en cuenta para selección del controlador de temperatura son los siguientes:

- Rango de temperatura : 2°C – 40°C
- Humedad de control: 10 a 85%
- Voltaje de alimentación : 115 – 220 v (monofásico)
- Potencia de carga : 1.5 Hp

Sus sensores de humedad y temperatura se unen en un solo bulbo, lo que reduce el espacio de instalación, de igual forma el bloqueo respectivo de sus parámetros, y por último cuenta con una alarma audible (buzzer).



Figura N° 15. Control de Temperatura MT-530 E

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Tabla 9. Tabla de Especificaciones Técnicas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Alimentación	MT-530 E: 115 o 230 Vac \pm 10% (50/60Hz)
	MT-530 E: 12 O 24 Vdc o Vac \pm 10%
Temperatura de operación	0 a 50°C (32 a 122°F)
Humedad de control	10 a 85 % HR \pm 5 %
Humedad de operación	10 a 85 % HR (sin condensación)
Resolución	0,1°C
Corriente máxima por salida	Therm: 16(8)A / 250 Vac 1 HP
	Humid: 5(3)A / 250 Vac 1/8 HP
	Aux: 5(3)A / 250 Vac 1/8 HP
Dimensiones (mm)	76x34x77mm (ancho, alto, profundidad)

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

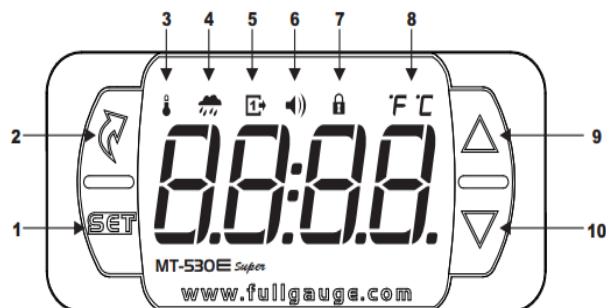


Figura N° 16. Indicaciones y Teclas

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Tabla 10. Tabla de Indicaciones y Teclas

INDICACIONES Y TECLAS	
Nº	Función
1	Tecla SET
2	Tecla de Menú Facilitado
3	Led de indicación de salida Temperatura
4	Led de indicación de salida Humedad
5	Led de indicación de salida Auxiliar
6	Led de indicación de salida Buzzer
7	Led de indicación de funciones de bloqueo
8	Led de indicación de la unidad de temperatura
9	Tecla Aumenta
10	Tecla Disminuye

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

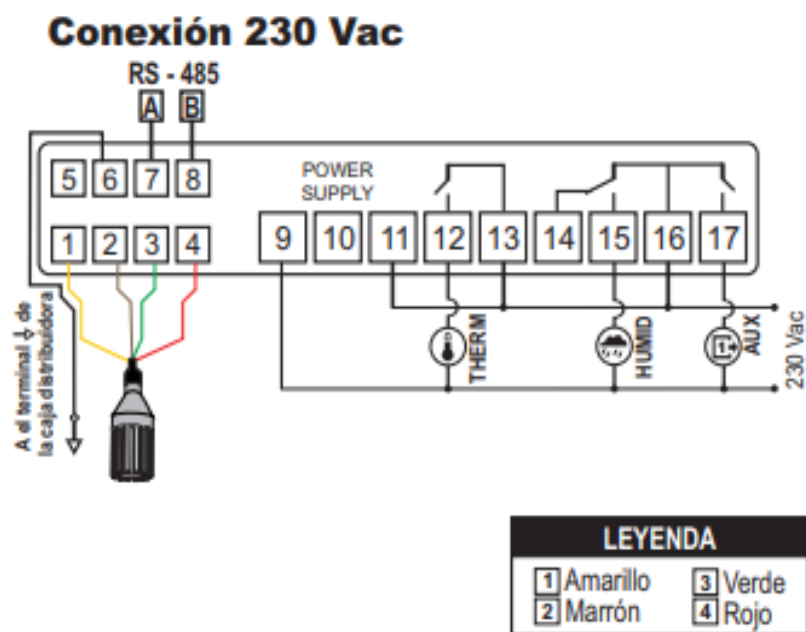


Figura N° 17. Conexiones Eléctricas

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador







	Pulse por 2 segundos: Ajuste del setpoint.
	Pulsación breve: Conmutar exhibición de temperatura o humedad para 4s.
	Pulse por 2 segundos: Cuando el buzzer está activo inhibe la alarma.
	Pulsación breve: Visualización de los registros de las medidas mín. y máx.
	Pulse por 2 segundos: Mientras se muestran los archivos, borrar la historia.
	Introduce la selección de funciones.

Figura N° 18. Mapa de Teclas Facilitadas

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Principales Parámetros de Programación

- F01 en esta función es prioridad ya que es el acceso principal a las otros parámetros de funciones, se accede con el código 123 más SET.
- Pulsar la tecla SET por dos segundos aparece las letras SP1; con el valor en pantalla se selecciona las teclas hacia arriba o hacia abajo para dar el valor deseado de temperatura de refrigeración se pulsa la tecla SET y se queda grabado el valor a trabajar.
- F02 se determina en qué modalidad va a trabajar el controlador de temperatura en 0 = refrigeración o en 1 = calefacción.
- En este caso debe ser **0 = refrigeración**
- F03 y F04 muestra el límite en valores de temperatura tanto para lo mínimo como para lo máximo, es decir no deben cambiarse estos valores.
- Con 2°C de trabajo en el parámetro F05 se programa a 3°C el controlador de temperatura actúa de la siguiente manera: cuando se tiene 5°C el compresor se prende y cuando llega a 2°C el compresor se apaga.

Tabla 11. Tabla de Parámetros

TABLA DE PARÁMETROS MT-530					
Fun	Descripción	Mín	Máx	Unidad	Estándar
F01	Código de Acceso: 123	-99	999	-	-
F02	Modo de operación de termostato (salida THERM)	0 - refriger	1 - calent	-	0 - refriger
F03	Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)	0	50	°C	0
F04	Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)	0	50	°C	50
F05	Diferencia de control (histéresis) del termostato	0,1	20	°C	1,5
F06	Retardo mínimo para activar la salida THERM	no	999	seg	no
F07	Modo de operación de la salida HUMID (humidostato)	0 - deshum	1 - humid	-	1 - humid
F08	Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidostato)	0	100	%HR	0
F09	Máximo setpoint permitido al usuario final (humidostato)	0	100	%HR	100
F10	Diferencia de control (histéresis) del humidostato	0,1	20	%HR	5
F11	Retardo mínimo para activar la salida HUMID	no	999	seg	no
F12	Tiempo de humidificación activada	0	999	seg	5
F13	Tiempo de humidificación desactivada	0	999	seg	5
F14	Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)	0	10	-	5
F15	Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	0
F16	Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	100
F17	Diferencia de control (histéresis) de la salida AUX	0,1	20	-	5
F18	Retardo mínimo para activar la salida AUX	no	999	seg	no
F19	Base de tiempo del timer de la salida AUX	0	3	-	0
F20	Tiempo de salida AUX activada	0	999	seg	5
F21	Tiempo de salida AUX desactivada	0	999	seg	5
F22	Alarma de temperatura ambiente baja	0	50	°C	0
F23	Alarma de temperatura ambiente alta	0	50	°C	50
F24	Alarma de húmedo ambiente baja	0	100	%HR	0
F25	Alarma de humedad ambiente alta	0	100	%HR	100
F26	Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)	0	999	min	0
F27	Modo de operación del Buzzer	0	1	-	1
F28	Punto de actualización del Buzer por baja temperatura	0	50	°C	0
F29	Punto de actualización del Buzer por alta temperatura	0	50	°C	50
F30	Punto de actualización del Buzer por baja humedad	0	100	%HR	0
F31	Punto de actualización del Buzer por alta humedad	0	100	%HR	100
F32	Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma	no	999	min	no
F33	Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma	no	999	min	no
F34	Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar la alarma	no	999	min	no
F35	Tiempo de Buzer ligado	0	999	seg	0
F36	Tiempo de Buzer desligado	0	999	seg	0
F37	Tiempo de indicado del Buzer al ligar el controlador	0	999	min	0
F38	Condición de las salidas en caso de alarma	0	1	-	0
F39	Modo de visualización	0	2	-	0
F40	Corrimiento de indicación de la temperatura (offset)	-5	5	°C	-9
F41	Corrimiento de indicación de la humedad (offset)	-20	20	%HR	-20
F42	Tiempo para bloquear las funciones	no	60	seg	no
F43	Desactivación de las funciones de control	no	2	-	no
F44	Dirección del instrumento en la red RS-485	1	247	-	1

Fuente: Catálogo Full Gauge

Elaborado por: Investigador

Cálculo de Parámetros para el Funcionamiento de la Unidad de Climatización

Con el dato de potencia del compresor que es de 1 ½ HP se prosigue al cálculo de los otros componentes necesarios para el tablero de control eléctrico.

Cálculo de la Corriente Nominal en el Compresor

Se tiene que 1 Hp equivale a 746 W

En un 1 ½ Hp se tiene 1119 W

$$P = V * In * \cos\phi \quad (\text{sistema monofásico}) \quad (\text{Anexo 3})$$

$$1140 \text{ W} = 220 \text{ V} * In * 0,86 \quad (\text{Anexo 4})$$

$$In = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$In = \frac{1119 \text{ W}}{220 \text{ V} * 0,86}$$

$$In = 5.9 \text{ Amp}$$

Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para el Compresor

$$Ic = In * 1.37 \quad (\text{Anexo 5})$$

$$Ic = 5.9 * 1.37$$

$$Ic = 8.08 \text{ Amp}$$

Se debe colocar un contactor para una corriente de **9 Amp bobina 220 V** existente en el mercado, según catálogo. (Anexo 8)

Cálculo de la Corriente del Relé Térmico para el Contactor del Compresor

$$I \text{ rele térmico} = In * 1,15 \quad (\text{Anexo 6})$$

$$I_{\text{rele térmico}} = 5.9\text{Amp} * 1,15$$

$$I_{\text{rele térmico}} = \mathbf{6.78\text{ Amp}}$$

Se debe colocar un relé térmico regulable para una corriente de **5.5 – 8 Amp** existente en el mercado. (Anexo 9)

Cálculo de la Corriente del Breaker para el Contactor del Compresor

Se debe multiplicar la I_n x 3 veces ya que se considera en el momento del arranque al energizar el equipo.

$$I_{\text{breaker}} = I_n * 3 \quad (\text{Anexo 5})$$

$$I_{\text{breaker}} = 5.9\text{ Amp} * 3$$

$$I_{\text{breaker}} = \mathbf{17.7\text{Amp}}$$

Se debe colocar un breaker de dos polos para una corriente de **20 Amp** existente en el mercado, según catálogo. (Anexo 10)

Cálculo de la Corriente Nominal en el Evaporador

El evaporador es el elemento en el cual se dispersa el aire frío como caliente, para el aire frío estará comandado por el control de temperatura – frío MT-512, para el aire caliente estará comandado por el control de temperatura – calefacción MT-530.

El evaporador tiene 3 motores ventiladores con una potencia total de 99 watt.

$$P = V * I_n * \cos\phi \quad (\text{sistema monofásico}) \quad (\text{Anexo 3})$$

$$99 = 220 * I_n * 0.86 \quad (\text{Anexo 4})$$

$$I_n = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$I_n = \frac{99}{220 * 0.86}$$

$$I_n = \mathbf{0.52 \text{ Amp}}$$

Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para el Evaporador

$$I_v = I_n * 1.37 \quad (\text{Anexo 5})$$

$$I_v = 0.52 * 1.37$$

$$I_v = \mathbf{0.71 \text{ Amp}}$$

Se debe colocar un contactor para una corriente de **9 Amp** existente en el mercado (Anexo 8)

Cálculo de la Corriente del Breaker para el Contactor del Evaporador

Se debe multiplicar la I_n x 3 veces ya que se considera en el momento del arranque al energizar el equipo.

$$I_{breaker} = I_n * 3 \quad (\text{Anexo 7})$$

$$I_{breaker} = 0.53 \text{ Amp} * 3$$

$$I_{breaker} = \mathbf{1.59 \text{ Amp}}$$

Se debe colocar un breaker dedos polos para una corriente de **4 Amp** existente en el mercado. (Anexo 10)

Cálculo de la Corriente Nominal de las Resistencias

De igual forma el evaporador consta de varias resistencias internas de 2000 watts en total el cual sirve para la calefacción.

$$P = V * I_n \quad (\text{Anexo 11})$$

$$2000 = 220 * I_n$$

$$I_n = \frac{P}{V}$$

$$I_n = \frac{2000}{220}$$

$$I_n = \mathbf{9.09 \text{ Amp}}$$

Cálculo de la Corriente en el Contactor a Utilizar para las Resistencias

$$I_r = I_n * 1.37 \quad (\text{Anexo 5})$$

$$I_r = 9.09 * 1.37$$

$$I_r = \mathbf{12.45 \text{ Amp}}$$

Se debe colocar un contactor para una corriente de **18 Amp bobina 220 v** existente en el mercado. (Anexo 8)

Cálculo de la Corriente del Relé Térmico para el Contactor de las Resistencias

$$I_{\text{rele térmico}} = I_n * 1,15 \quad (\text{Anexo 6})$$

$$I_{\text{rele térmico}} = 9.09 \text{ Amp} * 1,15$$

$$I_{\text{rele térmico}} = \mathbf{10.45 \text{ Amp}}$$

Se debe colocar un relé térmico regulable para una corriente de **09 -13 Amp** existente en el mercado. (Anexo 9)

Cálculo de la corriente para el Breaker Principal de las Resistencias

$$I_{\text{Breaker}} = I_r$$

$$I_{\text{Breaker}} = \mathbf{12.45 \text{ Amp}}$$

Se debe colocar un breaker de dos polos para una corriente de **20 Amp** existente en el mercado, teniendo en cuenta que son resistencias. (Anexo 10)

Cálculo para el número de luminarias.

Dimensiones de la cabina ha considerar para sus respectivos cálculos.

$a = 2.0$ mts de ancho

$b = 2.50$ mts de largo

$H = 2.35$ mts de altura

Altura del plano de trabajo al suelo h'

$h' = 0.85$ mts (Anexo 12)

Altura entre el plano de las luminarias y el techo

$d' = 0.10$ mts

Altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias

$h = H - (h' + d')$ (Anexo 12)

$h = 2.35 - (0.85 + 0.10)$

$h = 1.4$ mts

Nivel de iluminación medio en luxes

$E_m = 200$ luxes (Tabla N°4)

Flujo luminoso de tubo fluorescente (led) dato de fabricante

$\Phi_L = 1600$ lúmenes (Anexo 19)

Coefficiente de mantenimiento

$$C_m = 0.8 \text{ ambiente limpio} \quad (\text{Anexo 14})$$

Indice del local k (Anexo15)

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2(h+h')(a+b)}$$
$$k = \frac{3 \cdot 2 \cdot 2.5}{2(1.4 + 0.85)(2 + 2.5)}$$
$$k = 0.74$$

Coefficiente de utilización Cu (Anexo 16)

$$C_u = \frac{49 + 69 + 48 + 67}{4}$$
$$C_u = 0.58$$

Flujo luminoso total ΦT (Anexo 17)

$$\Phi T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Donde:

ΦT = Flujo luminoso que en un determinado local o zona necesita (en Lúmenes)

E_m = Nivel de iluminación (en lux)

S = Superficie a iluminar (a x b en m²)

C_u = Coeficiene de utilización

C_m = Coeficiene de mantenimiento

$$\Phi T = \frac{200 \cdot 5}{0.58 \cdot 0.8}$$

$$\Phi T = 2155.17 \text{ lúmenes}$$

Número de luminarias

(Anexo 18)

$$\#L = \frac{\Phi T}{n * \Phi L}$$

Donde:

#L = Número de luminarias

ΦT = Flujo luminoso

n = Número de lámparas que tiene la luminaria

ΦL = Flujo luminoso de una lámpara (fabricante)

$$\#L = \frac{2155.17}{2 * 1600}$$

$$\#L = 0.67$$

#L = 1 luminaria con dos lámparas de 18 W.

Para el control de los lúxes de la cabina ergonómica multipropósito se coloca un dimer el cual tiene una resistencia interna que no permite pasar todo el voltaje hacia los tubos fluorescentes dando a lugar que se varíe los lúxes de dicha luminaria.

Procedimiento de la Manipulación

Climatización

La nomenclatura que se utiliza a continuación se detalla en los respectivos planos de los Anexos 1 y 2.

Frío

- El controlador de temperatura para el frío esta dado por MT 530 de la marca FULL GAUGE
- Colocar en (1) los breakers F1 y F4

- La parte de control está energizado por el breaker F4
- Por el selector S1 pasa toda la alimentación para el control del MT 530 (bornes 9 y 7)
- MT 530 (borne 10) sale la señal para la selenoide que es el paso del gas hacia el evaporador
- Al dar paso de gas el presostato se cierra su contacto interno, posteriormente pasa por un NC (contacto normalmente cerrado) del relé térmico, llega la señal a la bobina del contactor del compresor (K1) como del evaporador (K2)
- De igual forma se energiza las luces piloto de los contactores del compresor y evaporador que pasa por un contacto NO (contacto normalmente abierto) indicando su funcionamiento.
- Luz piloto color rojo indica una falla que se haya producido en el compresor que pasa por un NO (contacto normalmente abierto) del relé térmico (F2)

Calor

- El controlador de temperatura para la calefacción esta dado por el MT 512 de la marca FULL GAUGE
- Colocar en (1) los breakers F3 y F4
- La parte de control está energizado por el breaker F4
- Por el selector S2 pasa toda la alimentación para el control del MT 512 (bornes 9 y 10)
- MT 512 (borne 16) sale la señal que pasa por un NC (contacto normalmente cerrado) del relé térmico (F6) hacia la bobina del contactor de las resistencias (K3) y el contacor del evaporador (K2)
- Luz piloto (H4) pasa por un NO (contacto normalmente abierto) del contactor de las resistencias (K3)

Iluminación

- Colocar en 1 el breaker (F5)
- La señal pasa por el dimer (D1), dando paso de corriente hacia la luminaria.

RESULTADOS

Principales resultados obtenidos del diagnóstico

Se realiza las pruebas necesarias a los equipos de la cabina ergonómica multipropósito, con el fin de experimentar los cambios de temperatura que se presenta dentro de la cabina, de igual forma se puede comprobar el correcto funcionamiento de la parte de automatización instalada en la cabina.

Se tiene una temperatura ambiente de 20°C dentro de la cabina.

Tabla 12. Pruebas en ambiente frio

ITEM	°C EQUIPO	HORA	TIEMPO (min)
1	20	9:55	
2	15	10:00	5
3	10	10:12	12
4	5	10:30	18
5	2	11:00	30

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Para las pruebas en calefacción se comienza desde una temperatura ambiente de 20.6°C dentro de la cabina.

Tabla 13. Pruebas en ambiente caliente

ITEM	°C EQUIPO	HORA	TIEMPO (min)
1	20,6	11:30	
2	25	11:35	5
3	30	11:55	20
4	35	12:02	7
5	40	12:23	21

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Para las pruebas de iluminación según la normativa 2393 se tiene 200 luxes en este tipo de ambiente, se realiza las pruebas con lámparas (led) tipo tubo dando como efecto destellos al variar la luminosidad y tipo bombilla (led) donde se tiene mucho mejor los resultados.

Tabla 14. Pruebas de iluminación lámparas (led) tipo tubo

	ITEM	LUXES	LUXES
Máximo	1	381	
Variación	2	286	307
	3	328	337
	4	341	357

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Pruebas de luminosidad con una lámpara tipo bombilla (led) con los luxes necesarios para la cabina.

Tabla 15. Pruebas de iluminación tipo bombilla (led)

	ITEM	LUXES
Máximo	1	225
	2	215
	3	163
	4	131
	5	112
	6	82
Mínimo	7	16

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Al realizar el protocolo de pruebas a nivel de iluminación se tiene:

- Las lámparas de tubo tipo led llega a un maximo de 381 luxes
- Al variar la luminosidad se tiene varios destellos al aplicar la operación con el dimer.
- Con la lámpara tipo bombilla led se tiene 225 luxes que esta de acuerdo a la normativa 2393, para este campo.
- Con la operación del dimer se llega a variar la luminosidad sin tener el efecto del destello.

Limitaciones del estudio de caso

El presente proyecto tiene un alcance a nivel de temperatura, en el cual se va a manejar rangos de 2°C hasta un valor de 40°C, teniendo en cuenta los posibles riesgos físicos que puede afectar al ser humano.

A nivel de luxes se tiene un máximo de 200 luxes el cual se lo va a variar simulando ambientes donde la luminosidad es deficiente.

CONCLUSIONES

- Los parámetros ambientales para lo que se diseña en la temperatura y en la iluminación trabajan en su normalidad.
- Los equipos de la automatización se selecciona en base a la corriente nominal calculada y su factor de seguridad que éstos tienen.
- Los controladores de temperatura trabajan, en sus rangos diseñados, y éstos pasan a ser el cerebro de toda la automatización.
- Al medir la corriente de consumo con la pinza amperimétrica en los equipos de la automatización, se verifica su funcionamiento normal de igual forma se comprueba con los datos calculados.
- Las corrientes medidas tienen una pequeña diferencia con la calculada ya que siempre va existir un pequeño margen de error.

Tabla 16. Medición de corrientes

	CORRIENTE CALCULADA (A)	CORRIENTE MEDIDA (A)
COMPRESOR	5,9	6,2
EVAPORADOR	0,52	0,56
RESISTENCIAS	9,09	9,3

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

RECOMENDACIONES

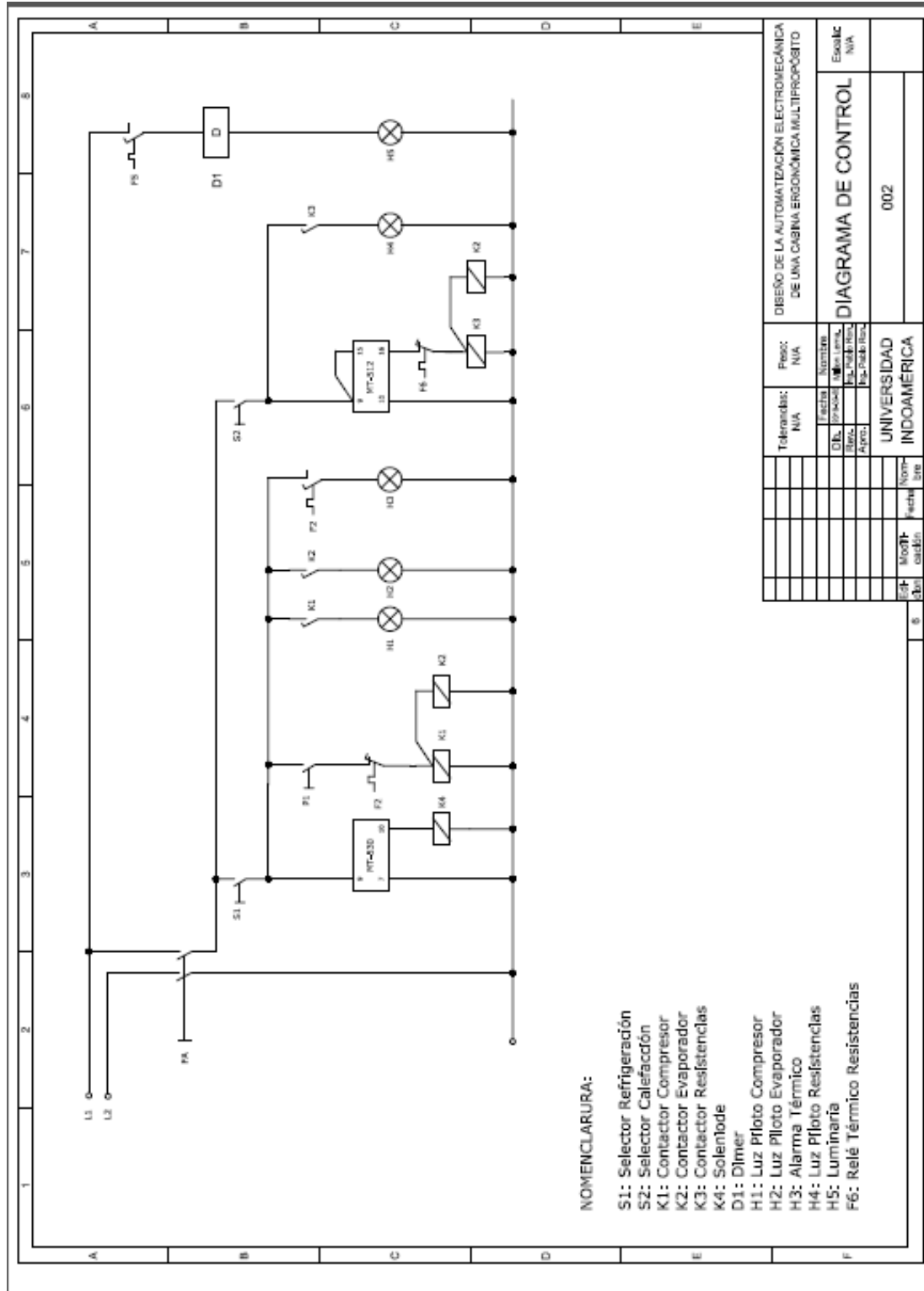
- En los parámetros a diseñar se debe tomar en cuenta rangos de operación de los controladores de temperatura, su voltaje de alimentación, su corriente, de igual forma sus protecciones eléctricas necesarias para cada equipo.
- Para dimensionar los equipos eléctricos siempre se debe tomar en cuenta sus corrientes de operación, posteriormente seleccionar el adecuado según los catálogos técnicos existentes en el mercado.
- Realizar una inspección visual general de los equipos en un cierto período para evitar posibles fallos.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo de los principales componentes en la automatización de la cabina ergonómica. (Anexo 20)

BIBLIOGRAFÍA

- Cabanes, Castilla.** Luminotecnica. *Cálculo según el método de lúmenes.*
- Gauge, Full. 2018.** MT - 512 E 2Hp. 2018.
- Martínez, Esteban Amador. 1987.** *Electrotecnia Básica.* Habana : Pueblo y Educación, 1987.
- Mejoramiento, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y. 1993.** Decreto 2393. 1993.
- Moreno, M. Curso 061.** *Controlador Lógico Programable (PLC).* Wilde . Buenos Aires . Argentina : s.n., Curso 061.
- Norma ISO 2631-1 - LADEP. [En línea]
- Ogata, Katsuhiko. 2010.** *Ingeniería de control moderna.* Madrid (España) : Miguel Martín-Romo, 2010.
- Parra, Manuel. 2003.** *Conceptos básicos en salud laboral.* Santiago : SBN 92-2-314239-3, 2003.
- Schneider. 1999.** Manual Electrotécnico. *Telemecanique.* 1999.
- Sumelec. 2014.** Lista de Precios . Quito : s.n., 2014.

ANEXOS

Anexo N° 1. Plano eléctrico (circuito de control)



Anexo N° 3. Potencia activa

Potencia activa

en continua	$P = UI$
en monofásica	$P = UI \cos \phi$
en trifásica	$P = UI \sqrt{3} \cos \phi$

- con P : potencia activa en vatios
U : tensión en voltios (en trifásica, tensión entre fases)
I : corriente en amperios
 $\cos \phi$: factor de potencia del circuito

Potencia reactiva

en monofásica	$Q = UI \sin \phi = UI \sqrt{1 - \cos^2 \phi}$
en trifásica	$Q = UI \sqrt{3} \sin \phi = UI \sqrt{3} \sqrt{1 - \cos^2 \phi}$

- con Q : potencia reactiva en voltamperios reactivos
U : tensión en voltios (trifásica: tensión entre fases)
I : corriente en amperios
 $\cos \phi$: factor de potencia del circuito

Potencia aparente

en monofásica	$S = UI$
en trifásica	$S = UI \sqrt{3}$

- con S : potencia aparente en voltamperios

Resistencia de un conductor

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- con R: resistencia del conductor en ohmios
 ρ : resistividad del conductor en ohmios-metros
l: longitud del conductor en metros
S: sección del conductor en metros cuadrados

Resistividad

$$\rho_{\theta} = \rho(1 + \alpha \Delta \theta)$$

- con ρ_{θ} : resistividad a la temperatura θ en ohmios-metros
 ρ : resistividad a la temperatura θ_0 en ohmios-metros
 $\Delta \theta$: $\theta - \theta_0$ en grados Celsius
 α : coeficiente de temperatura en grados Celsius a la potencia menos uno

Ley de Joule

$$W = RI^2 t \text{ en monofásica}$$

- con W: energía disipada en julios
R: resistencia del circuito en ohmios
I: corriente en amperios
t: tiempo en segundos

Reactancia inductiva de una inductancia sola

Fuente: Catálogo telemecanique

Anexo N° 4. Factor de potencia

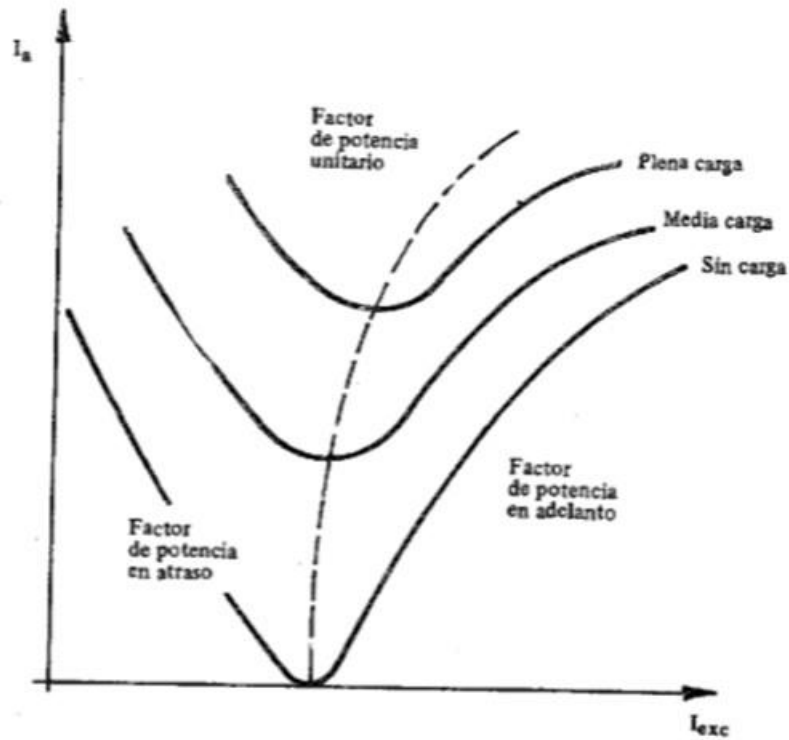


Fig. 12.16 Curvas "V" de un motor síncrono.

Los cálculos deben ser realizados bajo las siguientes condiciones:

- 1) Factor de potencia 0,5 en atraso.
- 2) Factor de potencia unitario.
- 3) Factor de potencia 0,866 en adelanto.

Fuente: Electrotécnica básica

Autor: Esteban Amador

Anexo N° 5. Capacidad de corriente de los contactores (Ict)

– *Para motores trifásicos de 110 y 220 V*

$$I_{ct} = 1,08 \cdot I_{n,m} \quad (10.1)$$

– *Para motores asíncronos trifásicos de 440 V y motores monofásicos de 115, 220 o 440 V*

$$I_{ct} = 1,37 \cdot I_{n,m} \quad (10.2)$$

donde:

$I_{n,m}$ - corriente nominal del motor alimentado a través del contactor magnético que se selecciona (en amperes).

Fuente: Electrotécnica básica (Cabanés)

Autor: Esteban Amador

Anexo N° 6. Protecciones térmicas ajustables contra sobrecarga

Motores en los cuales no se especifica el dato de factor de servicio, o se establece que poseen $S.F. = 1.0$
Motores con $S.F. = 1.15$

$$\begin{array}{l} 1.15 I_{n, \text{nom}} \\ 1.25 I_{n, \text{nom}} \end{array}$$

Nota:

$I_{n, \text{nom}}$ es la corriente nominal del motor a proteger, en amperes.
Estos valores máximos han sido tomados sobre la base de una temperatura ambiental de 40 °C, aunque en algunos países se considera dicha temperatura base de 35 °C.

Fuente: Electrotécnica básica

Autor: Esteban Amador

Anexo N° 7. Valores para cálculo de breakers

<i>Tipos de motores</i>	<i>Método de arranque</i>	<i>Fusible Valor máximo</i>	<i>Disyuntor Valor máximo</i>
(1) Motores de corriente directa Rotor bobinado	Arrancador Resistores en rotor	$1.5 I_{nom}$	$1.5 I_{nom}$
(2) Motores con letra de código A	Arranque directo		
(3) Motores monofásicos y trifásicos de jaula de ardilla y sincrónicos	Arranque directo o por resistores	$3.0 I_{nom}$	$2.5 I_{nom}$
(4) Motores monofásicos y trifásicos de jaula de ardilla y sincrónicos. Letras de código de la F a la V, inclusive	Arranque directo o por resistores		

Fuente: Electrotécnica básica

Autor: Esteban Amador

Anexo N° 8. Elección de contactores

Guía de elección		LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95		
Contactores													
Empleo en categoría AC-1	Corriente de empleo máxima según IEC 947-1 (para una frecuencia de 600 ciclos de maniobras por hora)												
	Con cable de sección	mm ²	4	4	6	6	10	16	25	25	50	50	
	Corriente de empleo	≤ 40 °C	A	25	25	32	32	50	60	80	80	125	125
	según la temperatura ambiente	≤ 55 °C	A	20	20	28	28	44	55	70	70	100	100
		≤ 70 °C	A	17	17	22	22	35	42	58	58	80	80
Aumento de la corriente de empleo por conexión en paralelo de los polos													
Aplicar a las corrientes que figuran a continuación los siguientes coeficientes, que tienen en cuenta el reparto a menudo desigual entre los polos:													
2 polos en paralelo: K = 1,6 3 polos en paralelo: K = 2,25 4 polos en paralelo: K = 2,8													
Empleo en categoría AC-3	Corriente y potencia de empleo (temperatura ambiente ≤ 55 °C)												
	Corriente de empleo máxima	≤ 440 V	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	Potencia nominal	220/230 V	kW	8,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		240 V	kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	de empleo P	380/400 V	kW	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	(potencias normalizadas)	415 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	25	37	45	45
		440 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	30	37	45	45
	de los motores)	500 V	kW	5,5	7,5	10	15	18,5	22	30	37	55	55
	660/690 V	kW	5,5	7,5	10	15	18,5	30	33	37	45	45	
Frecuencias máximas de ciclos de maniobras (en función de la potencia de empleo y del factor de marcha) (θ ≤ 55 °C)													
Factor de marcha	Potencia de empleo												
≤ 0,85 %	P		1.200	1.200	1.200	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	750	750	
	0,5 P		3.000	3.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.000	2.000	
≤ 0,25 %	P		1.800	1.800	1.800	1.800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
Empleo en categoría AC-2 y AC-4 (Ue ≤ 690 V)	Corriente cortada máxima (en función de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras (1) y del factor de marcha) (θ ≤ 55 °C) (2)												
	De 150 y 15% a 300 y 10%	A	30	40	45	75	80	110	140	160	200	200	
	De 150 y 20% a 600 y 10%	A	27	36	40	67	70	96	120	148	170	170	
	De 150 y 30% a 1.200 y 10%	A	24	30	35	58	60	80	100	132	145	145	
	De 150 y 55% a 2.400 y 10%	A	19	24	30	45	50	62	80	110	120	120	
De 150 y 85% a 3.000 y 10%	A	16	21	25	40	45	53	70	90	100	100		
(1) No sobrepasar la frecuencia máxima de ciclos de maniobras mecánicas.													
(2) Para las temperatura superiores a 55 °C, utilizar en las tablas de elección un valor de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras igual al 80% del valor.													

Fuente: Catálogo telemecanique

Anexo N° 9. Elección de relés térmicos

RELÉS TÉRMICOS TIPO "R2-D"


Botón de reset / perilla

Auto - manual

Contactos 1NA + 1NC

Compensados y diferenciales


Normas: IEC 292/947/VDE 0660/JEM 1356-5/BS 88

Imagen	Referencia	Regulación	Para contactor	Empaque
	R2-D1305	0.63-1A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1306	1.0-1.6A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D13X6	1.25-2A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1307	1.6-2.5A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1308	2.5-4A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1310	4-6A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1312	5.5-8A.	C1-D09 C1-D32	1

Descripción				
Imagen	Referencia	Regulación (amperios)	Para contactor	Empaque
	R2-D1314	7-10A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1316	9-13A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1321	12-18A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1322	17-25A.	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D1353	23-32A. (pequeño)	C1-D09 C1-D32	1
	R2-D3353	23-32A. (grande)	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3355	30-40A.	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3357	37-50A.	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3359	48-65A.	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3361	55 -70A.	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3363	63-80A.	C1-D40 C1-D95	1
	R2-D3365	80-93A.	C1-D40 C1-D95	1
	TH-120/80	72-96A.	Montaje independiente	1
	TH-120/105	80-130A.	Montaje independiente	1
	TH-120/130	100-160A.	Montaje independiente	1

Fuente: Catálogo sumelec

Anexo N° 10. Elección de breaker

Descripción				
Imagen	Referencia	Corriente nominal	Cap. Ruptura 240 v (Icu)	Empaque
1 polo				
	C60N 1P 1A	1 A.	6 KA	12
	C60N 1P 2A	2 A.	6 KA	12
	C60N 1P 3A	3 A.	6 KA	12
	C60N 1P 4A	4 A.	6 KA	12
	C60N 1P 6A	6 A.	6 KA	12
	C60N 1P 10A	10 A.	6 KA	12
	C60N 1P 16A	16 A.	6 KA	12
	C60N 1P 20A	20 A.	6 KA	12
	C60N 1P 25A	25 A.	6 KA	12
	C60N 1P 32A	32 A.	6 KA	12
	C60N 1P 40A	40 A.	6 KA	12
	C60N 1P 50A	50 A.	6 KA	12
C60N 1P 63A	63 A.	6 KA	12	
2 polos				
	C60N 2P 1A	1 A.	6 KA	6
	C60N 2P 2A	2 A.	6 KA	6
	C60N 2P 3A	3 A.	6 KA	6
	C60N 2P 4A	4 A.	6 KA	6
	C60N 2P 6A	6 A.	6 KA	6
	C60N 2P 10A	10 A.	6 KA	6
	C60N 2P 16A	16 A.	6 KA	6
	C60N 2P 20A	20 A.	6 KA	6
	C60N 2P 25A	25 A.	6 KA	6
	C60N 2P 32A	32 A.	6 KA	6
	C60N 2P 40A	40 A.	6 KA	6
	C60N 2P 50A	50 A.	6 KA	6
	C60N 2P 63A	63 A.	6 KA	6
	NC-100H 2P 50A	50 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1
	NC-100H 2P 63A	63 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1
NC-100H 2P 80A	80 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	
NC-100H 2P 100A	100 A. (Tipo Grueso)	20 KA	1	

Fuente: Catálogo sumelec

Anexo N° 11. Cálculo de la potencia

1.1.6 POTENCIA

A la razón de cambio de la energía J con respecto al tiempo se le denomina potencia, y su unidad en el sistema MKS es el watt o joule por segundo, es decir:

$$p = \frac{dJ}{dt} \text{ watt, o joule/s} \quad (1.5)$$

Resolviendo para J en la ecuación (1.4) y sustituyendo el resultado en la ecuación (1.5), se obtiene:

$$p = v \frac{dq}{dt} \text{ watt o joule/s} \quad (1.6)$$

De acuerdo con lo establecido en la ecuación (1.2):

$$p = v i \text{ watt o joule/s} \quad (1.7)$$

En la práctica, tanto los voltajes como las corrientes son funciones del tiempo, por tanto puede considerarse la energía total que se transfiere, sobre la base de la ecuación (1.5) como:

$$J = \int_0^t p \, dt = \int_0^t v i \, dt \text{ watt-segundo o joule} \quad (1.8)$$

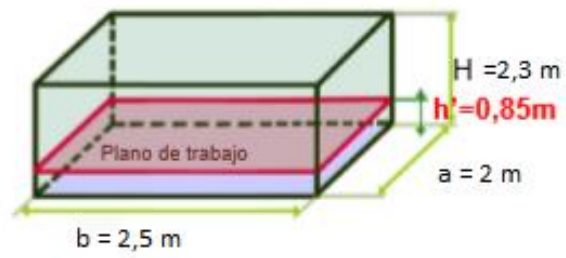
En el caso en que los voltajes y las corrientes no varíen con el tiempo, la ecuación (1.8) se reduce a:

$$J = V I t \text{ joule} \quad (1.9)$$

Fuente: Electrotécnica básica

Autor: Esteban Amador

Anexo N° 12. Constante plano altura de trabajo (h')

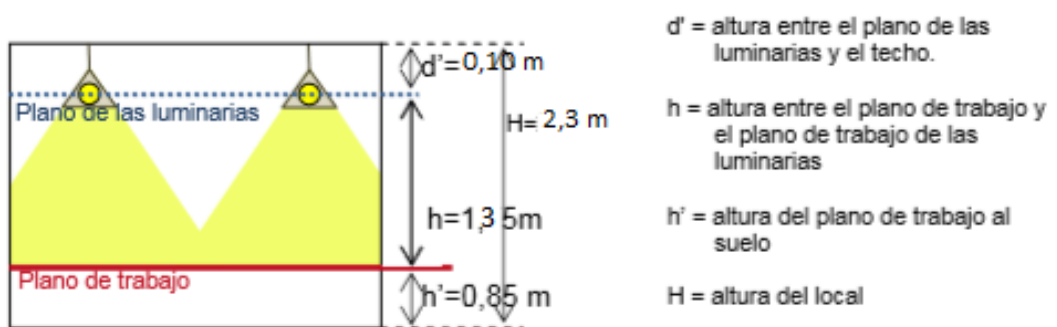


En tu caso, como tienes un aula donde se va a dar clase, considera: $h' = 0,85 \text{ m}$.

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N° 13. Altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias
(h)



Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabane

Anexo N° 14. Coeficiente de mantenimiento

Ambiente	Coeficiente de mantenimiento Cm
Limpio	0,8
Sucio	0,6

En el aula se toma como un ambiente limpio por lo que se toma 0.8

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N° 15. Cálculo del índice del local

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N° 16. Cálculo del coeficiente de utilización

Techo	0,70	0,70	0,70	0,50	0	
Pared	0,70	0,50	0,20	0,20	0	
Suelo	0,50	0,20	0,20	0,10	0	
k	0,6	77	58	49	48	45
k	1,0	100	77	69	67	63
k	1,5	116	91	84	80	77
k	2,5	129	100	95	90	86
k	3,0	133	103	99	93	89

Este valor es un porcentaje

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N°17. Definición del flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m²).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (C_u) y de mantenimiento (C_m), que se definen a continuación:

C_u = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N° 18. Cálculo del número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Donde:

NL = número de luminarias

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Fuente: Luminotécnica cálculo según el método de lúmenes

Autor: Castilla Cabanes

Anexo N° 19. Datos fabricante lámpara

Tubos LED

LED Tube 18W T8 DL UNV VIDR

P24250

DATOS ÓPTICOS	DATOS FÍSICOS	DATOS ELECTRICOS
ANGULO DE APERTURA	CLASIFICACIÓN IP	CONSUMO TOTAL DE POTENCIA (W)
170°	IP20	18W
FLUJO LUMINOSO (lm)	COLOR	VOLTAJE
1600lm	Bianco	100 - 240VAC
TIPO DE DISTRIBUCIÓN	CASQUILLO/BASE	EFICACIA
Directo Simétrico	G13	89lm/W
IRC	DIMENSIONES/ (mm)	TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACIÓN
80Ra	1199 x 28	50°
VIDA ÚTIL	CHASIS	FACTOR DE POTENCIA
25000h	Cubierta de vidrio opalizado	0.5
TEMPERATURA DE COLOR		
4000K - 6500K		

Fuente: Sylvania

Anexo N° 20. Cronograma de mantenimiento preventivo

EQUIPO	ACTIVIDAD	Primer Mes				Segundo mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Breaker	Ajuste	■				■			
	Limpieza				■				■
Contactor	Ajuste		■				■		
	Limpieza interna				■				■
Relé térmico	Ajuste			■				■	
Control de temperatura	Ajuste			■				■	

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador