



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

**DISEÑO DE TALLER DE INSTALACIONES DE
SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS PARA EL
PLANTEL CONALEP CHALCO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A :
ABUNDIO GUSTAVO GONZÁLEZ VELÁZQUEZ**

ASESOR:

ING. CONSTANTINO GARCIA ESCAMILLA

MÉXICO

2005

m. 342419



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Un ciclo que termina
para dar paso a otro nuevo
tan emocionante como el anterior
y desconocido por el momento.**

**como un legado de luz que guíe su camino, por ustedes y para
ustedes.**

Graciela

Karen y Gustavo

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1 ANTECEDENTES TEORICOS

1.1	Normas de instalaciones aplicables a escuelas.	1
1.2	Cálculo de circuitos eléctricos.	3
1.2.1	Circuitos de fuerza.	4
1.2.2	Circuitos de iluminación.	12
1.2.2.1	Definiciones y teoría de iluminación.	12
1.2.2.2	Método del flujo total para cálculo de alumbrado interior.	18
1.2.3	Red de tierra.	22
1.2.3.1	Funciones principales del sistema de tierra.	23
1.2.3.2	Componentes básicos de un sistema de tierra.	24
1.2.3.3	Disposición básica de la red de tierra.	27
1.3	Cálculo de circuitos neumáticos.	28

CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1	Estudio de necesidades.	33
2.1.1	Realizar levantamiento del área disponible.	34
2.1.2	Análisis del programa de la carrera .	36
2.1.3	Análisis de la demanda de la carrera .	38
2.2	Distribución de servicios.	39
2.3	Descripción de equipo necesario.	43
2.3.1	Equipo eléctrico.	43
2.3.2	Equipo hidráulico.	46
2.3.3	Equipo neumático.	47
2.3.4	Equipo de refrigeración.	49
2.3.5	Carga eléctrica	50
2.4	Descripción de la instalación eléctrica.	53
2.4.1	Instalación de fuerza.	54
2.4.2	Instalación de alumbrado.	54
2.4.3	Red de tierra	55
2.5	Descripción de instalaciones diversas.	55

CAPITULO 3 CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1	Instalación eléctrica de fuerza.	56
3.1.1	Análisis de carga.	56
3.1.2	Distribución de carga.	57
3.1.3	Cálculo de la instalación de fuerza.	61
3.1.4	Cuantificación de material.	69
3.2	Instalación de alumbrado.	70
3.2.1	Análisis de alumbrado.	70
3.2.2	Cálculo de la instalación de alumbrado.	71
3.2.3	Distribución de alumbrado.	85
3.2.4	Cuantificación de material.	85
3.3	Alimentador principal	87
3.4	Red de tierras	92
3.4.1	Análisis de la red de tierras	92
3.4.2	Cálculo de la red de tierras	92
3.4.3	Distribución de la red de tierras	95
3.4.4	Cuantificación de material	98

CAPITULO 4 INSTALACIONES DIVERSAS

4.1	Instalación neumática	99
4.1.1	Análisis de la instalación neumática	99
4.1.2	Distribución de tubería neumática	102
4.1.3	Instalación del compresor.	103
4.1.4	Cuantificación de material	105
4.2	Instalación de simulación computarizada.	105
4.2.1	Análisis de la potencia para unidad acondicionadora de sistemas computarizados.	106
4.2.2	Cuantificación de material.	107
4.3	Sistema automático de alumbrado.	108
4.3.1	Análisis del sistema automático de alumbrado	108
4.3.2	Diseño de la etapa de potencia	110
4.3.3	Diseño de la etapa de control	112
4.3.3.1	Diseño de sensor de entradas y salidas	114
4.3.3.2	Diseño del circuito contador	118
4.3.3.3	Diseño del circuito combinacional	127
4.3.3.4	Diseño del circuito de activación	129
4.3.3.5	Diseño de la fuente de alimentación	136

CAPITULO 5 ANÁLISIS DE COSTOS

5.1	Instalación eléctrica	145
5.2	Instalación Neumática	148
5.3	Instalación de sistemas computarizados.	151
5.4	Instalación de sistema automático de alumbrado	153
5.5	Resumen de instalaciones	157
	CONCLUSIONES	159
	BIBLIOGRAFÍA	163
	Apéndice a	165
	Apéndice b	166
	Apéndice c	168
	Apéndice d	169

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo: "Diseño de Taller de Instalaciones de Sistemas Electromecánicos para el Plantel Conalep Chalco", es un proyecto que he diseñado con dos finalidades. Una de ellas es como proyecto final que me permita reafirmar conocimiento y culminar el estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica. La segunda, es proponer una solución a un problema real que vive este plantel de estudio medio superior técnico. En el plantel Conalep Chalco existe la carrera de Profesional Técnico Electromecánico, pero no cuenta con las instalaciones adecuadas para desarrollar el estudio de esta carrera.

Ante un problema tangible, surge la idea de proponer un taller pensado para satisfacer las necesidades que requiere dicha carrera, de ahí, que el taller se llame de Instalaciones de Sistemas Electromecánicos.

El diseño lo enfoqué a las diversas instalaciones eléctricas que debe contar el inmueble para dar un servicio óptimo, además de otras instalaciones que se relacionan con el área de ingeniería con el cual egrese de la E.N.E.P. Aragón. Sin embargo en un principio, para poder diseñar una instalación eléctrica me di cuenta que necesitaba de una distribución arquitectónica que sirviera como punto de partida al presente trabajo. Ante tal situación decidí proponer una distribución sencilla y funcional, que tal vez no sea la mejor, pero si una, que

toma en cuenta los requerimientos básicos y necesarios para desarrollar el estudio teórico-práctico de la carrera .

Es en la unidad 2 del presente trabajo donde se hace un análisis de la información que ofrece el plan de estudios de la carrera y un levantamiento del plantel, que ayudan a definir el plano arquitectónico necesario para desarrollar el proyecto de instalaciones.

La unidad 1, es una recopilación de la teoría básica para diseñar las instalaciones eléctricas de fuerza, alumbrado y red de tierra para el taller de instalaciones de sistemas electromecánicos . La unidad 3, contiene todo el diseño de la instalación eléctrica de fuerza, de alumbrado y de red de tierra, el calibre de los conductores, la capacidad de las protecciones, el número de circuitos, el tamaño de la canalización y las cantidades de los materiales que serán utilizados en la construcción, es el resultado del desarrollo de esta unidad.

En la unidad 4, se proponen otras instalaciones que agregan funcionalidad y economía al diseño del proyecto, la instalación neumática se calcula aquí, además se determina el equipo de acondicionamiento de alimentación eléctrica para el área de simulación computarizada. Un sistema automático que controle el alumbrado del taller se diseña también en esta unidad, este busca reducir el gasto de operación del taller durante su vida útil.

Por último la unidad 5, contiene la estimación de costo que arroja el proyecto, así como su justificación desde varios puntos de vista.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES TEORICOS

1.1 Normas de instalaciones aplicables a escuelas

El diseño de un proyecto de instalaciones eléctricas busca solucionar un conjunto de necesidades expuestas por un usuario y por una actividad específica que se realizará en un inmueble, la solución que se de es muy variada, pues depende del diseñador, su experiencia y las condiciones materiales que afecten al proyecto. Más aun el proyecto también esta condicionado por un conjunto de normas impuestas por el Estado que garantizan la seguridad y la confiabilidad en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

“La Secretaria de Energía con el apoyo organismos privados y de gobierno cuyo conocimiento en la materia es amplio y de reconocimiento nacional e internacional elaboró la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 que establece las disposiciones y especificaciones técnicas que deben cumplir las instalaciones eléctricas de propiedades públicas y privadas, sean estas asignadas a la INDUSTRIA, EL COMERCIO, LA VIVIENDA Y EL SERVICIO.”¹

¹ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, portada.

Como se puede observar la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas, establece los criterios y especificaciones mínimos que requieren las instalaciones eléctricas para funcionar adecuadamente dentro de un margen de seguridad. Es por esto que el presente proyecto debe cumplir con lo establecido por la NOM de instalaciones eléctricas en lo referente a instalaciones de uso general establecido en los apartados y artículos siguientes:

- Apartado 4.1 compuesto por los artículos 100 y 110, donde se dan las DISPOSICIONES GENERALES sobre instalaciones eléctricas.(pág. 19-29)
- Apartado 4.2 compuesto por los artículos 200, 210, 215, 220, 225, 230, 240, 250, y 280. Donde se definen, describen y se dan los criterios de cálculo del ALAMBRADO Y PROTECCIONES de instalaciones eléctricas.(pág. 31-89)
- Apartado 4.3 compuesto por los artículos 300, 305, 310, 318, 320, 321, 324, 325, 326, 328, 330-334, 336, 338-340, 342, 343, 345-354, 356, 358, 362-365, 370, 373, 374, 380, y 384. Que establece todo lo referente a LOS MÉTODOS DE ALAMBRADO Y MATERIALES que se involucran en las instalaciones eléctricas.(pág. 90-194)
- Apartado 4.4 compuesto por los artículos 400, 402, 410, 411, 422, 424, 426, 427, 430, 440, 445, 450, 455, 460, 470, y 480. En este apartado se describe y normaliza el equipo de uso general que participara de forma activa en las instalaciones eléctricas, equipo como: cables y cordones de uso específico, luminarias y sus accesorios, aparatos eléctricos, equipo de calefacción y aire

acondicionado, motores, transformadores, capacitores , reactores, convertidores, resistencias y baterías. (pág. 195- 276)

Además de los apartados y artículos anteriores La NOM de instalaciones eléctricas en el artículo 518 del apartado 4.5 sobre AMBIENTES ESPECIALES. (pág. 329) Clasifica a las ESCUELAS como lugares de reunión e instalaciones con características particulares que además de cumplir con lo establecido en los artículos antes mencionados, debe también cumplir con lo establecido en el mismo artículo 518, en sus secciones 1,2,3,4 y 5, el artículo 500 y el 700 de esta misma Norma, los cuales hacen referencia a Instalaciones en zonas peligrosas e instalaciones provisionales así como a instalaciones de emergencia.

1.2 Cálculo de circuitos eléctricos

El procedimiento de diseño de instalaciones eléctricas involucra dos pasos muy importantes, en los cuales se va moldeando el proyecto; el primero de ellos consiste en definir los parámetros eléctricos del sistema a instalar, el cual estará en función de la carga conectada. El segundo paso en dar, consiste en recolectar datos propios del lugar y de la instalación eléctrica existente en la zona del proyecto de instalaciones. Todos estos datos tienen la finalidad de contribuir con información de partida para calcular las especificaciones de la instalación eléctrica por diseñar. Muchos de estos datos vienen dados dentro de los requerimientos que marca el usuario y sus necesidades, otros se determinan en

función del tipo de servicios a que se destina el local. Y muchos otros datos serán propuestos por el diseñador, basándose en un minucioso análisis previo de los requisitos y las características de; CAPACIDAD, FLEXIBILIDAD, ACCESIBILIDAD Y CONFIABILIDAD que se requieren del proyecto de instalaciones.²

Con toda la información se procede a proyectar la instalación, es decir, distribuir y calcular las especificaciones de los materiales y el equipo a emplear, tomando en cuenta el aspecto arquitectónico y de servicio que presta el inmueble, como puede ser; residencial, industrial, comercial o de escuelas como es el caso.³

Para proyectar correctamente la instalación eléctrica se debe combinar los requerimientos propios del proyecto y los conocimientos teóricos de circuitos eléctricos aplicados a las instalaciones eléctricas, con el objetivo de tener al final un proyecto con calidad.

A continuación se hace una recopilación de la teoría básica y necesaria en el presente proyecto.

1.2.1 Circuitos de fuerza

Un circuito de fuerza esta definido como aquel circuito capaz de soportar la potencia necesaria por la carga para funcionar correctamente. Un circuito de fuerza puede presentar una configuración como sistema monofásico a 2 hilos,

² Enriquez Harper Gilberto, "Manual de instalaciones eléctricas..", 1996, pág. 168,169.

como un sistema trifásico a 3 hilos o como un sistema trifásico a 4 hilos que es a nivel industrial el más versátil, por la peculiaridad de poder distribuir potencia tanto a cargas monofásicas a 2 hilos como a cargas trifásicas a 3 hilos.

Sistema monofásico:

“El sistema monofásico a dos hilos se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 watts por circuito.

También se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30, y 40 amperes.”⁴

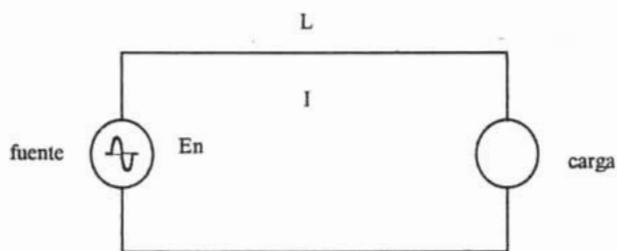


fig. 1.1 Diagrama sistema monofásico.

potencia consumida por la carga:

$$W = E_n I \cos \phi \tag{1}$$

Por lo tanto la corriente que circula es la siguiente:

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} \tag{2}$$

³ Enriquez Harper G., Ob. cit., 1996, pág. 170.

⁴ Enriquez Harper G., Ob. cit., 1996, pág. 95

Haciendo deducciones tenemos que la caída de tensión en porcentaje es:

$$e \% = \frac{4LI}{E_n s} \quad (3)$$

Sistema trifásico a cuatro hilos:

“El sistema trifásico a cuatro hilos presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásicas. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (con tensión entre líneas), por ejemplo 220 V y alimentar cargas monofásicas (alumbrado) a una tensión entre línea y neutro ($220/\sqrt{3} = 127$ V).

Debido a esta ventaja, este sistema es el más empleado para alimentación de cargas industriales.”⁵

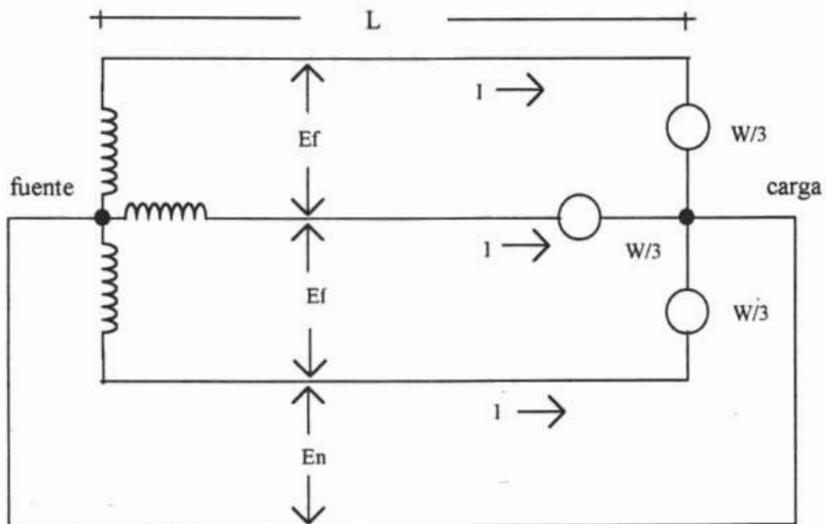


fig. 1.2 Diagrama sistema trifásico a 4 hilos.

⁵ Enriquez Harper G., Ob. Cit., 1996. pág. 96.

La potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \phi = 3 E_n I \cos \phi \quad (4)$$

Por lo tanto la corriente que circula en la línea es:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f I \cos \phi} = \frac{W}{3 E_n I \cos \phi} \quad (5)$$

La caída de tensión al neutro es:

$$e \% = \frac{2 L I}{s E_n} \quad (6)$$

Donde:

W	Potencia consumida de la carga expresada en watts.
E_n	Voltaje de línea a neutro expresado en Volts.
E_f	Voltaje entre líneas en Volts.
I	Corriente por el conductor expresada en Amperes.
$\cos \phi$	Factor de potencia adimensional.
L	Longitud del conductor en metros.
s	Area de la sección transversal del conductor en mm^2 .
e %	Caída de voltaje en porcentaje.

Desde el punto de vista practico los circuitos de fuerza se diferencian de acuerdo a la posición que ocupen dentro de la instalación, a saber se tienen circuitos derivados y circuitos alimentadores:

“**Circuito derivado:** Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida (s).”⁶

“**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorrientes del circuito derivado.”⁷

Cada una de estos circuitos tiene características propias y debe de cumplir con ciertas disposiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana de instalaciones eléctricas, artículo 210 para circuitos derivados y artículo 215 para circuitos alimentadores.

A través de la teoría de los sistemas de fuerza se puede calcular las corrientes eléctricas que demandaran las cargas, y en función de estas especificar las características eléctricas del equipo y los materiales, a utilizar en la instalación de circuitos derivados y circuitos alimentadores. Dichos elementos son los siguientes:

- **Conductor** a utilizar en el calibre adecuado, capaz de soportar la corriente eléctrica que demanda la carga con seguridad y eficacia, es decir, sin que exista calentamiento excesivo en el conductor que ponga en riesgo su aislamiento y la instalación, además de que proporcione un voltaje adecuado sin caída de tensión debido a su longitud dentro de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana. (cables).

⁶ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 20

⁷ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 19

- **Canalización** a utilizar, en tipo y tamaño adecuado para contener los conductores de la instalación, siempre proporcionando espacio suficiente para una buena ventilación de conductores y protección contra agentes externos que sean un riesgo potencial de los mismos. (tubería, ductos, charolas, conexiones, soportes)
- **Protecciones** que trabajen eficazmente cuando la presencia de una falla haga circular una corriente eléctrica excesiva que ponga en peligro a los conductores, al equipo y a los usuarios de la instalación. (Interruptores de navajas, pastillas termomagnéticas)
- **Salidas eléctricas**, suficientes en cantidad y capacidad, para las diversas cargas que presente el sistema. (contactos, luminarias)
- **Accesorios complementarios** cuyas capacidades sean apropiadas para el servicio al cual serán asignados. (tableros, gabinetes,)

Procedimiento a seguir para calcular la instalación de fuerza:

1. Determinar la potencia eléctrica de la carga por instalar y a partir de ésta, el número de circuitos necesarios para distribuir la energía eléctrica a la instalación, esto se logra revisando la distribución de la carga en el plano arquitectónico del lugar, o en su defecto suponiendo la posible carga a instalar en el local, en función del uso a que se destinará.(apéndice c)

La determinación de la carga, es la parte más compleja del diseño, pues el buen funcionamiento de ésta, depende de una elección correcta de la carga a alimentar tanto en circuitos derivados como en el circuito alimentador. En la NOM de instalaciones eléctricas se determina que ; “ La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior al de la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar algún factor de ajuste o corrección , debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua, más 125% de la carga continua.”⁸ Esto también aplicable a circuitos alimentadores y acometidas.

2. Una vez conocida la cantidad de circuitos derivados necesarios y su respectiva carga, se procede a calcular la corriente nominal (I_n) de los circuitos derivados, que es necesaria para calcular el calibre del conductor, la protección del circuito y el diámetro de la canalización que contendrá a los conductores.

La corriente nominal I_n se calcula de acuerdo al sistema de distribución adoptado (ver formula 2 o 5), con este valor de corriente se entra en tablas de capacidad de conducción de corriente en conductores (ver apéndice b) y se determina el calibre del conductor a utilizar. Conociendo el calibre del conductor se verifica que la caída de tensión en él no sea mayor a “2% de caída de voltaje en instalaciones residenciales y 3 o 4 % en instalaciones

⁸ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 42

industriales”⁹, según lo establecido por la NOM de instalaciones eléctricas. Si así fuera escoger un conductor de mayor diámetro. Por otro lado si las condiciones de temperatura ambiente en las cuales trabajará la instalación eléctrica son diferentes a las establecidas (30 °C), será necesario aplicar al valor de corriente calculado un factor de corrección por temperatura (ver apéndice b), y de ser necesario también se puede aplicar un factor de corrección por agrupamiento, cuando por una canalización van más de tres conductores activos, ver tabla 1.1 .

Número de conductores activos	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Tabla 1.1 Factor de corrección por agrupamiento a 30 °C¹⁰

- Una vez corregidos los valores de la corriente nominal (I_n) según la caída de tensión, la temperatura de trabajo, por agrupamiento de hilos activos, se determina en tablas el calibre del conductor y en catálogos la capacidad de la

⁹ Enriquez Harper G. Ob. Cit., 1996, pág. 89

¹⁰ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 113

protección contra sobrecorrientes. Conociendo los calibres de los conductores se busca en tablas el área de su sección transversal para verificar el relleno que causa en la canalización y poder determinar el diámetro de la tubería necesario para alojarlos. Siempre respetando los factores de relleno establecidos, ver tabla 1.2 .

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

Tabla 1.2 Factores de relleno en tubo (conduit)¹¹

1.2.2 Circuitos de iluminación

Antes de describir el procedimiento para calcular la iluminación del interior del taller es importante comprender definiciones como: Flujo luminoso, Iluminación, Intensidad luminosa, Luminancia, Eficiencia luminosa y Luminaria básicas para entender el procedimiento de diseño.

1.2.2.1 Definiciones y teoría de iluminación

- **Flujo luminoso:** (Φ) Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), pudiendo ser natural o artificial (lamparas). La unidad de medida del flujo luminoso es el *lumen (lm)*.

- **Illuminación:** (E) Se define como el flujo luminoso por unidad de superficie y su unidad de medida es el lumen/m² también llamado lux (lx).
 - “La iluminación es el principal dato de proyecto para una instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un instrumento llamado luxómetro,...”¹²
- **Intensidad luminosa:** (I) Se entenderá por intensidad luminosa al flujo luminoso (Φ) emitido por unidad de ángulo sólido (estereorradián). “ Al lumen esterorradián se le denomina también candela. Debe evitarse la expresión corriente “ potencia de una candela “, ya que la intensidad luminosa no es una potencia.”¹³
- **Luminancia o brillantez:** (L) Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada, se mide en candelas/ m² .
- **Eficiencia luminosa:** (K) Es la relación del flujo luminoso emitido por una fuente entre la potencia eléctrica consumida por la misma, se mide en lumen/watt .
- **Luminaria:** Reciben este nombre al conjunto de gabinete, reflector, pantalla, bases de baquelita, reactores, lamparas, arrancadores. Los cuales son parte de una unidad de iluminación.

¹¹ Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 536

¹² Enriquez Harper G., El ABC del Alumbrado y..., 1990, pág. 91

¹³ Chapa Carreón Jorge. Manual de Instalaciones de alumbrado., México 1990, pág. 111

CANTIDAD	SIMBOLO	ECUACIÓN	UNIDAD	UNIDAD ABREVIADA
Energía luminosa (cantidad de luz)	Q	$Q = \int \phi dt$	lumen-hora lumen-segundo	lm-m lm-s
Flujo luminoso	Φ	$\Phi = dQ / dt$	lumen	lm
Excitación luminosa	M	$M = d\Phi / dt$	lumen/m ²	lm/m ²
Iluminancia o iluminación	E	$E = d\Phi / \delta A$	lux (lumen/m ²)	lx
Intensidad luminosa	I	$I = d\Phi / d\Omega$	Candela	cd
Luminancia	L	$L = dI / dA \cos \theta$	Candela/ m ²	cd/m ²
Eficiencia luminosa	K	$K = \Phi / w$	lumen/watt	lm/w

Tabla 1.3 Unidades, símbolos y ecuaciones de las magnitudes fotométricas más usuales.¹⁴

Para determinar los niveles de iluminación para una tarea visual optima se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- La duración del trabajo con luz artificial.
- Si el trabajo es-nocturno o diurno.
- Exigencias de calidad impuestas al producto que se trabaja, tamaño y contraste con los objetos.

¹⁴ Chapa Carreón Jorge, Manual de Instalaciones..., México 1990, pág. 263

- La edad de los usuarios de la instalación del alumbrado

Por lo general el nivel de iluminación esta referenciado al plano de trabajo, ubicado más o menos a una altura de 0.8 m y 0.9 m sobre el nivel del piso. Por otro lado, los factores que condicionan una buena iluminación interior son:

- Las características del local por iluminar y la actividad que se desarrolla.
- La distribución de las luminarias.
- El tipo de fuente luminosa y la luminaria.

Como se ve, el proyecto de iluminación involucra un análisis minucioso por parte del diseñador quien recopilará la información pertinente y la combinará apropiadamente para obtener un proyecto eficiente.

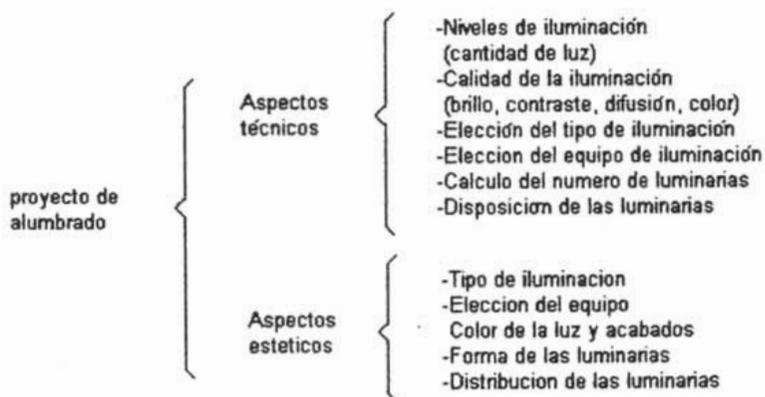


Fig. 1.3 Aspectos para el proyecto de alumbrado

Si consideramos todo el análisis teórico de la iluminación, para cualquier caso particular se volvería un proceso muy complejo, sin embargo hay instituciones (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación) que se dedican al estudio de la iluminación y en base a estudios muy particulares han establecido tablas de niveles de iluminación mínimos requeridos para cada tarea visual específica de alguna actividad humana. A continuación en la tabla 1.4 se da un sustrato de estas tablas mencionando las áreas de actividades que pudieran contribuir a los criterios para el presente diseño.

APLICACIONES	ILUMINACIÓN (luxes)
AUDITORIO Actividades sociales Exposiciones	50 300
ESCUELAS aulas Salas de dibujo	700 1000
BIBLIOTECAS Sala de lectura Estanteria	700 300
EDIFICIOS INDUSTRIALES Manufactura de equipo eléctrico Embobinado Pruebas Talleres mecánicos Trabajo burdo Trabajo mediano Trabajo fino Trabajo extrafino	1000 1000 500 1000 6000 10000

Tabla 1.4 Niveles de iluminación mínimos recomendados, medidos en luxes¹⁵

¹⁵ Chapa Carreón Jorge, Manual de Instalaciones.... 1990, Pág. 165

Establecidos los niveles mínimos de iluminación por área, solo queda establecer los criterios particulares para determinar el alumbrado en el proyecto. Por ejemplo; determinar el tipo de alumbrado apropiado al inmueble, tomando en consideración, la altura del local, color y textura de las paredes, acomodo del equipo y mobiliario, y el tipo de servicio que brindara.

En la tabla 1.5 se presenta un resumen de los diferentes tipos de alumbrado y algunas aplicaciones comunes.

Alumbrado	Eficiencia Lm/W	Aplicación	Costo inicial	Costo operación
Incandescente	14	Alumbrado residencial y decorativo	Bajo	Alto
Fluorescente	43-80	Iluminación de grandes área industriales o comerciales a bajas alturas de montaje (menor que 3 m), oficinas, escuelas, etc.	Medio	Medio
Vapor de mercurio	10-60	Iluminación de grandes áreas industriales, bodegas, patios de maniobra, etc. A grandes alturas de montaje (mayor que 3 m)	Alto	Medio
Vapor de mercurio con haluros metálicos	76	Iluminación de grandes áreas a grandes alturas de montaje donde se requiera buen rendimiento del color	Alto	Medio
Mixto(vapor de mercurio-incandescente) (puede sustituir al incandescente en cuanto a costo)	28	Iluminación decorativa en exteriores o interiores a gran altura de montaje entre 3 y 5 metros, buen rendimiento de color	Medio	Medio
Incandescente yodo-cuarzo	22-30	Alumbrado provisional con reflectores en la construcción o eventos a la intemperie.	Medio	Medio

Vapor de sodio alta presión (está desplazando al vapor de mercurio)	120	Iluminación de grandes áreas industriales o comerciales a grandes alturas de montaje, patios de maniobras, autopistas, avenidas, parques, estadios, etc. Regular rendimiento de color.	Alto	Bajo
Vapor de sodio de baja presión	185	Iluminación de autopistas, avenidas, bodegas y patios de maniobra donde no importa la reproducción de colores pero sí una buena visibilidad.	Alto	Muy bajo

Tabla 1.5 Tipos de alumbrado y aplicación¹⁶

1.2.2.2 Método del flujo total para cálculo del alumbrado interior

Para la aplicación de este método, es necesario determinar o buscar la siguiente información:

E = Nivel de iluminación en luxes, dato que se obtiene de tablas, pero que se selecciona a partir de criterios aplicados por el diseñador basados en la información que tenga del proyecto y su experiencia.

ΦL = Flujo luminoso en lumen emitido por la lámpara que será usada. Dato proporcionado por el fabricante en su manual de especificaciones o impreso en la misma lámpara. El flujo luminoso de la lámpara varía de acuerdo a su tipo; incandescente, fluorescente, o de descarga.

S = Superficie total del local por iluminar en m².

K = Índice del local, dato que indica la relación de las dimensiones del local a iluminar a la altura del plano de trabajo. Calculado a partir de la fórmula:

¹⁶ Chapa Carreón Jorge.. Ob. Cit., México 1990, pág. 188

$$K = \frac{AB}{H(A+B)} \quad (7)$$

Donde:

A = Ancho del local en metros

B = Largo del local en metros

H = Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros

Cabe mencionar que esta forma de calcular el índice del local es aplicable para distribución de luz directa, semidirecta y mixta.

μ = Factor de utilización, Es una relación entre el flujo luminoso, que alcanza el plano de trabajo, y el flujo total emitido por la lámpara. Afectado por el índice del local, y el factor de reflexión de techo y paredes. El factor de utilización es un dato que proporcionan los fabricantes para el tipo de luminaria en particular.

M = Coeficiente o Factor de mantenimiento, valor que expresa la reducción de las características fotométricas de las luminarias, y el envejecimiento de las lámparas. Varía según las condiciones ambientales de la instalación y la forma en como se efectúa el mantenimiento. Se estima en base a datos estadísticos, a partir de los cuales se determinan 5 grados de suciedad aplicables a la mayoría de los casos. Ver tabla 1.6

Grado de suciedad	Ejemplo	Coefficiente de mantenimiento
MUY BAJO. No hay suciedad en el ambiente, se realiza una limpieza periódica del local.	Oficinas de alto rango Despachos de lujo Consultorios médicos	85-90 %
BAJO. Poca suciedad en el ambiente, adherencia escasa, limpieza regular.	Oficinas de edificios viejos Oficinas públicas Tiendas comerciales de autoservicio	75-85 %
MEDIO. Poca suciedad generada y algo de suciedad ambiental, insectos.	Edificios en zonas tropicales Oficinas de fabricas Abarrotes, Carnicerías Talleres de costura	70-75 %
ALTO. La suciedad generada se acumula rápidamente y llega a las luminarias, el mantenimiento es irregular.	Talleres tipográficos Tratamientos térmicos Talleres de troquelado, de armado, de pintura Molinos de harina	65-70 %
MUY ALTO. Acumulación de suciedad constante. Alto grado de adherencia	Talleres mecánicos Lavado y engrasado de autos Fábricas, ingenios	50-65 %

Tabla 1.6 coeficientes de mantenimiento.¹⁷

Para calcular el flujo total necesario para iluminar apropiadamente un local, considerando los factores antes mencionados, se aplica la siguiente formula:

$$\Phi T = \frac{ES}{\mu M} \quad (8)$$

¹⁷ Chapa Carreón Jorge, Ob. Cit., 1990, pág. 197

Calculado el flujo luminoso total (Φ_T) y conociendo el flujo luminoso de la lámpara (Φ_L) a utilizar, es posible determinar el número de lámparas necesarias para el nivel de iluminación (E) estipulado, en un local de estas dimensiones.

$$\# \text{ de lámparas} = \Phi_T / \Phi_L \quad (9)$$

A continuación se presenta el método de flujo luminoso total para cálculo de iluminación, paso por paso:

1. Tener las medidas del local, actividad que se desarrollara, disposición y altura de los objetos a iluminar, textura y color de las paredes, etc.
2. Obtener de tablas (ver tabla 1.3), el nivel de iluminación (E) en lux, a partir de la actividad que se desarrollará y demás criterios, que crea convenientes el diseñador.
3. Calcular la superficie del local (S).
4. Calcular el índice del local (K), utilizando fórmula 7.
5. Decidir el tipo de luminaria y la lámpara a utilizar, considerando su potencia, flujo luminoso y su tonalidad.
6. Obtener el factor de utilización (μ) del manual de especificaciones que da el fabricante de su lámpara.
7. Determinar el tipo de mantenimiento que se dará a la instalación y así de la tabla 1.5 asignar un valor de factor de mantenimiento (M).

8. Calcular el flujo total, utilizando formula 8.
9. Calcular el número total de lamparas requeridas utilizando formula 9 y el número de luminarias.
10. Calcular la potencia total requerida por la instalación de alumbrado, tomando en cuenta tanto la potencia de lamparas como de reactores que pudiera ser del orden del 15% al 40% de la potencia que consumen las lamparas.
11. Hacer la distribución de las luminarias para tener una distribución homogénea del alumbrado, si es necesario aumentar el número de luminarias por simetría.
12. Calcular con la potencia total, el número de circuitos, el calibre de los conductores, las protecciones de cada circuito y las canalizaciones necesarias en diámetro y longitud.
13. Hacer el diagrama unifilar y el cuadro de cargas de iluminación.

1.2.3 Red de tierra

El diseño de una red de tierras requiere de un análisis extenso del área a ocuparse, de la composición del suelo, del análisis y calculo de la corriente de falla máxima en la red bajo un percance. Trabajo exhaustivo y complejo que es aplicable y se justifica solo para el diseño de una subestación, sin embargo en el presente diseño se trabaja en una instalación eléctrica de distribución y servicio la cual no requiere de una red de tierras tan elaborada, pero si, debe contar con un sistema de tierras como lo marca la NOM de Instalaciones Eléctricas en su artículo 250 incisos A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L.

A continuación se enumeran los elementos que componen una malla de tierra, los cuales se especifican a partir de los datos del sistema y de los criterios que siga el diseñador.

- Conductor de la malla de tierra.
- Conductores de puesta a tierra.
- Electrodo de tierra.
- Conectores.

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD DE LOS TERRENOS	
TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD Ohm-m
Húmedo o suelo orgánico	10-50
Cultivo arcilloso	100
Arenoso húmedo	200
Arenoso seco	1 000
Con guijarro y cemento	1 000
Rocoso	3 000
Roca compacta	10 000

tabla 1. 7 Valores de resistividad de los terrenos¹⁸

1.2.3.1 funciones principales del sistema de tierra

1. Proveer un medio seguro para proteger al personal en la proximidad de sistemas o equipos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.
2. Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas a tierra sin que se excedan los límites de operación de los equipos.

¹⁸ Enriquez Harper G., Elementos de Diseño de Subestaciones, México 2002., pág. 461

3. Proveer una conexión a tierra para el punto neutro de los equipos que así lo requieran (transformadores, generadores, reactores, etc.).
4. Proveer un medio de descarga y desenergización de equipos antes de proceder a tareas de mantenimiento.
5. Facilitar mediante la operación de relevadores y otros dispositivos de protección, la eliminación de fallas a tierra en el sistema.

1.2.3.2 componentes básicos de un sistema de tierra

La red de tierras se compone de los siguientes elementos:

Conductores: Elementos eléctricos utilizados para formar la red de tierra y para la conexión a tierra del equipo.

Los conductores usados en la red de tierras son generalmente cables concéntricos formados por varios hilos y los materiales empleados en su fabricación son el cobre, cobre estañado, copperweld (acero recubierto con cobre), acero, acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio.

El calibre de los conductores, se determina por requerimientos de conducción de corriente, cumpliendo siempre la normatividad referente a conductores de red de tierras establecida en la NOM de instalaciones eléctricas, que dice: “El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c. a. puesta o no puesta a tierra no debe ser inferior a lo especificado en la tabla “¹⁹ 1.8 .

¹⁹ NOM de Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 84

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm ² (AWG o Kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm ² (AWG o Kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33.62 (2) o menor	53.48 (1/0) o menor	8.367 (8)	13.3 (6)
42.41 o 53.48 (1 o 1/0)	67.43 o 85.01 (2/0 o 3/0)	13.3 (6)	21.15 (4)
67.43 o 85.01 (2/0 o 3/0)	(4/0 o 250)	21.15 (4)	33.62 (2)
Más de 85.01 a 177.3 (3/0 o 350)	Más de 126.7 a 253.4 (250 a 500)	33.62 (2)	53.48 (1/0)
Más de 177.3 a 304.0 (350 a 600)	Más de 253.4 a 456.04 (500 a 900)	53.48 (1/0)	85.1 (3/0)
Más de 304 a 557.38 (600 a 1100)	Más de 456.04 a 886.74 (900 a 1750)	67.43 (2/0)	107.2 (4/0)
Más de 557.38 (1100)	Más de 886.74 (1750)	85.01 (3/0)	126.7 (250)

Tabla 1.8 Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de C.A.²⁰

Por otro lado la NOM de instalaciones Eléctricas establece que los conductores de puesta a tierra del equipo se determinan en función de la protección del circuito al que están instalados como se establece en el artículo 250-95 que dice; “El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la tabla “²¹1.9.

²⁰ NOM de Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 85

²¹ NOM de Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 85

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorrientes en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm ² (AWG o Kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2.082 (14)	
20	3.307(12)	
30	5.26(10)	
40	5.26(10)	
60	5.26(10)	
100	8.367(8)	13.3(6)
200	13.3(6)	21.15(4)
300	21.15(4)	33.62(2)
400	33.62(2)	42.41(1)
500	33.62(2)	53.48(1/0)
600	42.41(1)	67.43(2/0)
800	53.48(1/0)	85.01(3/0)
1000	67.43(2/0)	107.2(4/0)
1200	85.01(3/0)	126.7(250)
1600	107.2(4/0)	177.3(350)
2000	126.7(250)	202.7(400)
2500	177.3(350)	304(600)
3000	202.7(400)	304(600)
4000	253.4(500)	405.37(800)
5000	354.7(700)	608(1200)
6000	405.37(800)	608(1200)

Tabla 1.9 Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.²²

Varillas o electrodos de tierra: Son piezas sólidas clavadas en el suelo con la finalidad de encontrar zonas más húmedas y por lo tanto con menor resistividad eléctrica en el subsuelo.

Los materiales usados en su construcción son el acero, acero galvanizado, acero inoxidable y copperweld.

²² NOM de Instalaciones Eléctricas. 2002, pág. 86

El diámetro y longitud de las varillas o electrodos se determinará por resistencia mecánica y por las características de resistencia eléctrica que presenten al estar enterradas.

Conectores o juntas: Son elementos que sirven para unir los conductores de la red de tierras, para conectar las varillas a los conductores y para la conexión de los equipos.

Los conectores pueden ser de dos tipo; conectores a presión y conectores soldables.

Características de los elementos de la red de tierras
<ul style="list-style-type: none">• Resistencia a la corrosión• Buena conductividad eléctrica.• Suficiente capacidad de conducción de corriente.• Buena resistencia mecánica.

Tabla 1.10 Características de los elementos de la red de tierra.

1.2.3.3 Disposiciones básicas de la red de tierras

Sistema radial: En este sistema consta de varios electrodos enterrados por separado a los cuales se conecta el equipo.

Sistema en anillo: En este sistema se entierran varios electrodos alrededor del área a ocupar y se interconectan con un conductor de cobre formando un anillo, al cual serán conectados los equipos que requieran ser puestos a tierra.

Sistema de malla: En este sistema se hace un arreglo de conductores firmemente unidos formando una cuadrícula que puede ser reforzada con electrodos de tierra en sus vértices. A esta malla se unen todos los equipos de la subestación.

1.3 Cálculo de circuitos neumáticos

Los sistemas neumáticos utilizan aire a presión como fluido de trabajo, es por eso que se debe determinar los elementos de generación y alimentación de aire a presión, los cuales son:

- Compresor
- Acumulador
- Tubería

Compresor: La generación del aire a presión empieza por la compresión de aire, y el encargado de este trabajo es el compresor. La elección del compresor depende de:

- la presión de trabajo
- la cantidad de aire necesaria

Los elementos neumáticos que utilizaran el aire a presión, son diseñados para soportar presiones de trabajo del orden de 8 a 10 bar de presión. Aunque soportan estas presiones no es necesario someterlos a estas pues es suficiente

una presión de 6 bar para que el sistema funcione eficiente y de forma económica.

Dadas las resistencias que se oponen al flujo del aire a presión en los diversos elementos y tuberías, deberá contarse con una pérdida de presión que varía entre el 0.1 y 0.5 bar. En consecuencia, el compresor deberá generar una presión de 6.5 a 7 bar de presión para mantener un servicio de 6 bar.

Es recomendable intentar alcanzar un grado de aprovechamiento del compresor del orden de 75 %. Con este fin debe determinarse correctamente el consumo promedio y máximo de aire en el sistema neumático

Acumulador: “ El acumulador se encarga de almacenar el aire comprimido proveniente del compresor. Su función consiste en estabilizar la alimentación de aire a presión al sistema y procurar que las oscilaciones de la presión se mantengan en niveles mínimos.”²³

El tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

- Caudal del compresor
- Cantidad de aire requerida en el sistema
- Red de tubería (Posible volumen de aire adicional)
- Regulación del compresor

²³ Neumática, Manual de estudio, Festo Didactic.

Tubería: Al tratarse de las tuberías de alimentación de aire a presión es importante señalar que el buen funcionamiento del sistema depende de las dimensiones correctas de las tuberías, el material de fabricación, la resistencia al caudal del aire que oponga la tubería, y la configuración del sistema de tuberías, así como también los trabajos de mantenimiento.

Para calcular las diferencias de presión es necesario conocer exactamente la longitud de las tuberías, la cantidad de conexiones, las desviaciones y los ángulos. Es por esto que, “ la selección del diámetro interior correcto depende también de la presión de servicio y de la cantidad de aire alimentado al sistema; en consecuencia, es recomendable calcular el diámetro mediante un nomograma.”²⁴

²⁴ Neumática, Manual de estudio. Festo Didactic.

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Un proyecto, en cualquier caso debe iniciarse entendiendo claramente la finalidad para la cual se desarrollará, y así poder proyectar un buen diseño. Es importante que el diseñador o diseñadores entiendan claramente lo que se pretende alcanzar con el proyecto, para que a partir de esto se puedan hacer las primeras propuestas de diseño.

Una vez, que se ha comprendido totalmente el proyecto, el diseñador debe hacer una recopilación y análisis de información que auxilie a la definición y especificación del proyecto, esta información recopilada y analizada debe de dar solución a un cúmulo de interrogantes, que para esos momentos debe tener el diseñador, por ejemplo: ¿ Donde será ubicado?, ¿Que se tiene?, ¿A que se destinará?, ¿A cuantas personas dará servicio?, ¿ Que tipo de instalaciones requiere?, etc.

Toda esta información facilitará el diseño y lo hace más funcional, aunque cave mencionar que esto involucra una inversión de tiempo y dinero que muchas de las veces no se pretende gastar. Recordando, las escuelas publicas las construye el gobierno quien en el afán de reducir costo gasta en un solo diseño ejecutivo, el cual usa como prototipo en la construcción de varias escuelas. Hacer un diseño particular a las necesidades para cada escuela se cree innecesario.

PROYECTO: TALLER DE INSTALACIONES DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS

Espacio agregado al plantel Conalep Chalco, que deberá contar con las instalaciones necesarias para un buen funcionamiento como taller de instalaciones de sistemas electromecánicos; es decir, el taller contará con los espacios y las instalaciones necesarias para la impartición de las materias relacionadas con la carrera; P. T. ELECTROMECHANICO²⁵, que se imparte en el sistema Conalep, y en particular en este plantel.

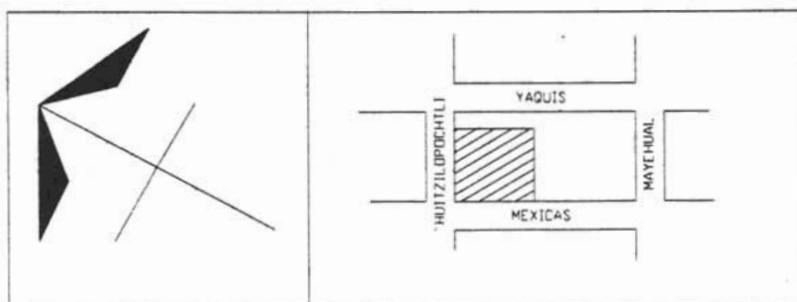


fig. 2.1 Croquis de ubicación del predio en cuestión

²⁵ El nombre de la carrera completo es PROFESIONAL TÉCNICO ELECTROMÉCANICO.

2.1 Estudio de necesidades.

Uno de los primeros trabajos a realizar cuando se inicia, es reunir toda la información necesaria para que en base a esta, comenzar a definir el proyecto. Información, como: Area disponible para su construcción, número de personas que harán uso de este inmueble, tipo de equipo contemplado para equipar, tipo de servicios e instalaciones ya existentes, Normatividad existente y aplicable al proyecto, Necesidades y requerimientos del poseedor o propietario.

Cabe mencionar que el diseño de un proyecto así, congrega a varios profesionistas de diversas áreas, los cuales contribuyen con sus conocimientos y habilidades para integrar un “Un proyecto ejecutivo” del inmueble. A grandes rasgos se puede dividir el proyecto en 2 áreas de gran peso: Una de ellas la obra civil; que se refiere a la construcción del inmueble propiamente dicho, y la otra, la obra de instalaciones; que se aplica a la colocación de las diversas instalaciones que darán servicio a la construcción. Estas dos disciplinas deben interactuar desde el principio del diseño, cuando se hace el análisis de necesidades y la asignación de áreas para el servicio.

En este caso particular, el trabajo del ingeniero de instalaciones es doble pues el inmueble tiene como finalidad, ser utilizado como nave industrial didáctica en el área de instalaciones electromecánicas, lo cual implica un grado de complejidad en cuanto al servicio de instalaciones que hay que diseñar. Por un lado debe de dar el servicio cotidiano de alumbrado y fuerza y por otro debe

de agregar instalaciones eléctricas, neumáticas e hidráulicas flexibles que den un servicio didáctico.

2.1.1 Realizar levantamiento del área disponible

El trabajo indicado, como levantamiento, consiste de una visita al lugar donde se desea realizar el proyecto. En esta visita es de vital importancia tomar nota de las condiciones preponderantes del lugar, así como también de los servicios e instalaciones existentes, el tamaño y capacidad de la subestación si es que existe, el acomodo y el tipo de sistema, la carga existente. También es apropiado hacer un croquis de planta con la distribución arquitectónica del lugar, ubicando los datos de interés antes mencionados y las distancias que los separan.

En lo referente al proyecto en la figura 2.2 se presenta el croquis de planta del plantel con la información observada y a continuación la tabla 2.1 presenta una lista con los comentarios referentes.

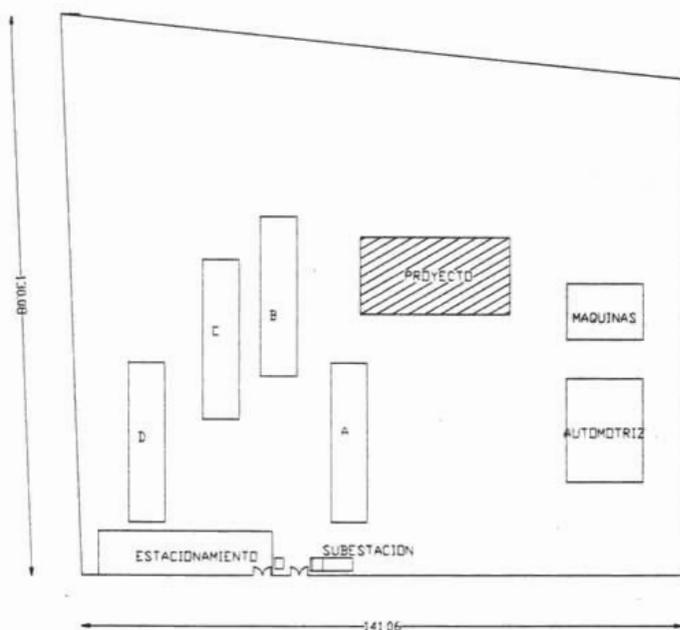


fig. 2.2 Croquis de distribución del plantel Conalep Chalco.

UBICACIÓN:	Calle Huitzilpochtli esq. Calle Mexicas, Col. Culturas de México, Chalco, Estado de México, C.P. 56600.																								
AREA DEL PROYECTO:	700 m ²																								
CARGA EXISTENTE:	<table border="0"> <tr> <td>edificio A</td> <td>8.5 kW alumbrado,</td> <td>3.0 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>Edificio B</td> <td>8.5 kW alumbrado,</td> <td>1.0 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>Edificio C</td> <td>8.5 kW alumbrado,</td> <td>3.0 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>Edificio D</td> <td>8.5 kW alumbrado,</td> <td>5.0 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>T. automotriz</td> <td>4.5 kW alumbrado,</td> <td>10 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>T. Maquinas</td> <td>4.5 kW alumbrado,</td> <td>25 kW fuerza</td> </tr> <tr> <td>Areas exteriores</td> <td>2.5 kW alumbrado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>total</td> <td>45.5 kW alumbrado,</td> <td>47 kW fuerza</td> </tr> </table>	edificio A	8.5 kW alumbrado,	3.0 kW fuerza	Edificio B	8.5 kW alumbrado,	1.0 kW fuerza	Edificio C	8.5 kW alumbrado,	3.0 kW fuerza	Edificio D	8.5 kW alumbrado,	5.0 kW fuerza	T. automotriz	4.5 kW alumbrado,	10 kW fuerza	T. Maquinas	4.5 kW alumbrado,	25 kW fuerza	Areas exteriores	2.5 kW alumbrado		total	45.5 kW alumbrado,	47 kW fuerza
edificio A	8.5 kW alumbrado,	3.0 kW fuerza																							
Edificio B	8.5 kW alumbrado,	1.0 kW fuerza																							
Edificio C	8.5 kW alumbrado,	3.0 kW fuerza																							
Edificio D	8.5 kW alumbrado,	5.0 kW fuerza																							
T. automotriz	4.5 kW alumbrado,	10 kW fuerza																							
T. Maquinas	4.5 kW alumbrado,	25 kW fuerza																							
Areas exteriores	2.5 kW alumbrado																								
total	45.5 kW alumbrado,	47 kW fuerza																							
CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE SUBESTACIÓN:	150 KVA																								
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN:	Radial simple																								

Tabla 2.1 Observaciones del levantamiento

2.1.2 Análisis del programa de la carrera.

1	Semestre I Matemáticas básicas	FB
2	Computación	FB
3	Comunicación cotidiana y laboral	FB
4	Ingles interpersonal	FB
5	Valores y actitudes	FB
6	<i>Dibujo técnico</i>	FO
7	<i>Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo eléctrico</i>	FO
8	<i>Mantenimiento preventivo de sistemas eléctricos</i>	FO
9	Semestre II Estadística Básica	FB
10	Aplicaciones bajo ambiente gráfico	FB
11	Ingles para la interacción social	FB
12	Valores y actitudes en la vida social y profesional	FB
13	<i>Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo electromecánico</i>	FO
14	<i>Mantenimiento preventivo de sistemas electromecánicos</i>	FO
15	Semestre III Matemáticas técnicas	FB
16	Historia de México	FB
17	Comunicación de ciencia y tecnología	FB
18	Mecánica y calor	FB
19	Calidad total	FB
20	<i>Mantenimiento correctivo de maquinaria y equipo electromecánico</i>	FO
21	<i>Mantenimiento correctivo de sistemas electromecánicos</i>	FO
22	Semestre IV Historia regional	FB
23	Electromagnetismo y óptica	FB
24	Aseguramiento de la calidad y mejora continua	FB
25	<i>Diagnóstico de fallas de sistemas eléctricos</i>	FO
26	<i>Diagnóstico de fallas de sistemas mecánicos</i>	FO
27	<i>Diagnostico computarizado de fallas en sistemas electromecánicos</i>	FO
28	Semestre V Metodología de la investigación	FB
29	Estructura socioeconómica de México	FB
30	<i>Instalación de sistemas eléctricos</i>	FO
31	<i>Instalación de sistemas mecánicos</i>	FO
32	Semestre VI Seminario de investigación	FB
33	<i>Instalación de sistemas electromecánicos</i>	FO
34	<i>Pruebas de funcionamiento de sistemas electromecánicos</i>	FO

Tabla 2.2 Plan de estudios de la carrera P. T. Electromecánico

El mapa curricular de la carrera: P. T. ELECTROMECHANICO, presente en la tabla 2.2 que se imparte por el sistema Conalep se integra de 34 asignaturas distribuidas en 6 semestres, y divididas en 2 campos; uno de ellos compuesto por asignaturas de formación básica (FB) y el otro con asignaturas de formación ocupacional (FO), a partir de las cuales se sustentará la distribución propuesta de los espacios y el número de ellos, requerido por el presente proyecto.

Después de revisar el plan de estudios y el temario de las 14 asignaturas de formación ocupacional de la carrera P. T. ELECTROMECHANICO, se resuelve que el taller esta destinado para el estudio, la instalación, el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo y pruebas a sistemas: eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos, refrigeración y aire acondicionado.

A partir de esta división básica se puede deducir que los espacios mínimos requeridos son los siguientes:

• Area de control
• Area de instalaciones electromecánicas
• Area de hidráulica
• Area de neumática
• Area de refrigeración y aire acondicionado
• Area de sistemas mecánicos
• Area de consulta
• Area de equipo y material
• Cuarto de compresor
• Area de sistemas computarizados
• Area de acceso

Tabla 2.3 Áreas requeridas por el proyecto en función del plan de estudios.

2.1.3 Análisis de la demanda de la carrera.

Un factor importante para determinar las dimensiones de una zona destinada al trabajo didáctico, es saber el número de usuarios que se congregaran para tal fin, este dato está determinado por las normas internas de la institución y su política administrativa y otros factores no menos importantes como: demanda del servicio, disposición de turnos, y organización de horarios.

La administración interna de Conalep estipula que la formación de un grupo académico debe estar integrado por un número definido de alumnos que no debe ser menor a 40 y mayor a 50 personas.

La organización del ciclo escolar, está dividida en semestres; de tal forma que si tomamos la totalidad de los semestres, tendremos semestres pares y nones lo cual condiciona la convivencia en el taller de alumnos de 1°, 3°, y 5°, o 2°, 4°, y 6° semestre.

Cada plantel está clasificado por su tamaño y su capacidad de plazas vacantes. Conalep Chalco está clasificado como de 900 plazas de las cuales se dividen en tres carreras dentro de las cuales está: P. T. Electromecánico.

Suponiendo una distribución homogénea del alumnado, tenemos que el número total de alumnos destinados a la carrera son 300 como máximo, que en grupos de 50 formarían 6 : 2 de 1°, 2 de 3° y 2 de 5°, o 2 de 2°, 2 de 4° y 2 de 6°.

Independientemente de esto, el parámetro máximo que se debe tomar en cuenta para el diseño del espacio serían los 300 alumnos de la carrera repartidos

en grupos de 50 alumnos. Que sería el dato más relevante para fijar el área apropiada y la cantidad de equipo requerido.

2.2 Distribución de servicios

Una vez decidido y especificado los espacios a ocupar, el siguiente paso a dar es, distribuir o acomodar éstos de tal forma que sean funcionales y se equilibre su distribución con el acomodo óptimo de las instalaciones, factor que optimiza costo de construcción. Se pensaría que este trabajo de distribución arquitectónica corresponde exclusivamente al arquitecto o al ingeniero civil, sin embargo el resultado de mantenerse al margen al ingeniero de instalaciones a la hora de hacer la distribución, acarrea serios problemas prácticos por la falta de conocimiento sobre las diversas instalaciones que se necesitan y sus correspondientes preparaciones, las cuales desconocen Arquitectos e Ingenieros civiles. Y que al final dichas distribuciones conllevan a un aumento en el tiempo y el costo de ejecución.

A continuación en la tabla 2.4 se hace un resumen de las diferentes funciones que debe brindar cada una de las áreas determinadas.

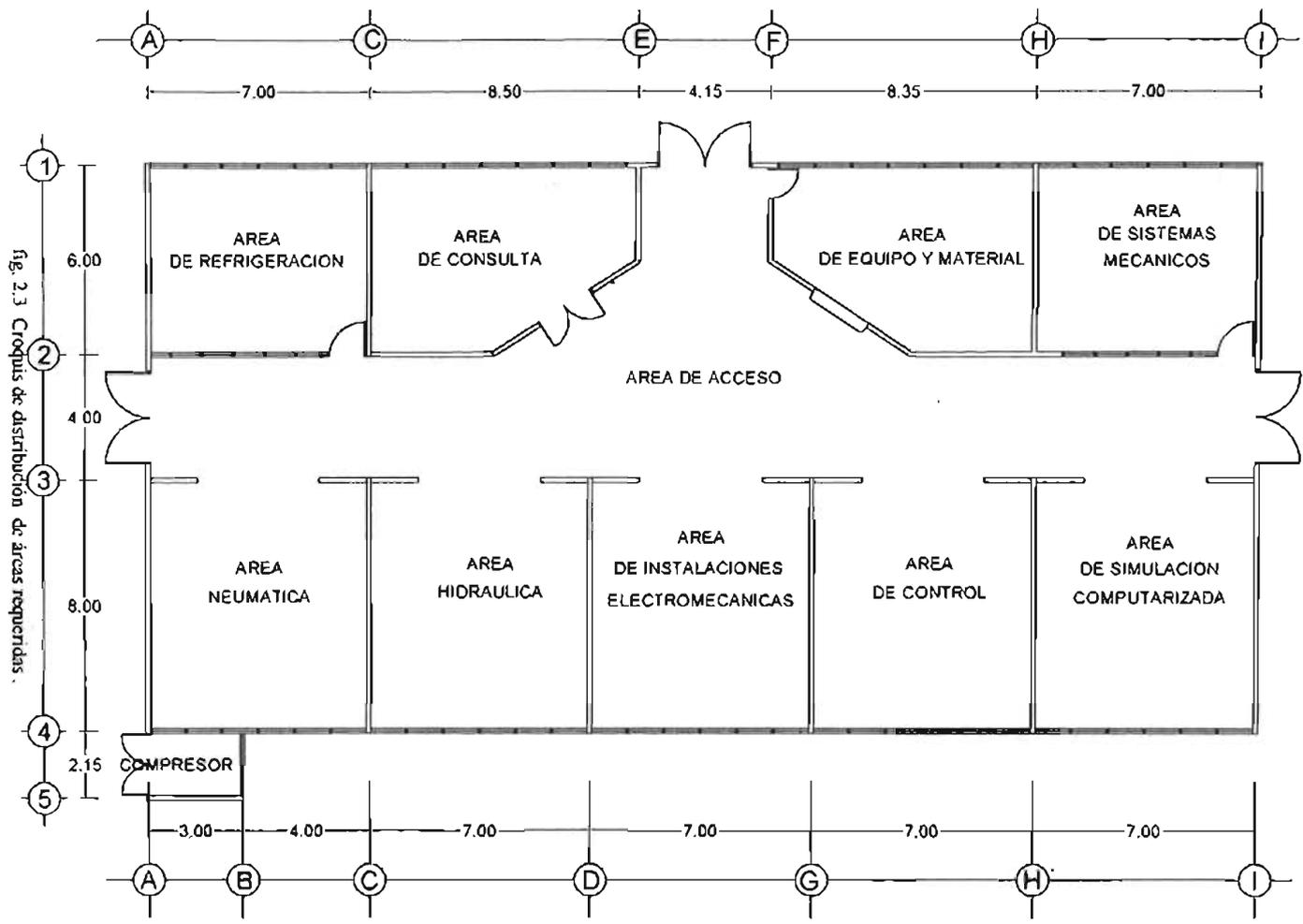
AREA	FUNCIONES
CONTROL	Estudio y pruebas a equipo de control y máquinas eléctricas Mantenimiento preventivo a equipo de control, a circuitos de control y máquinas eléctricas. Mantenimiento correctivo a equipo de control, a circuitos de control y máquinas eléctricas. Armado de circuitos de control básicos y avanzados.

INSTALACIONES ELECTROMECAICAS	Estudio y pruebas a circuitos eléctricos básicos y avanzados. Instalación de sistemas eléctricos, sistemas de control, sistemas hidráulicos y electrohidráulicos, sistemas neumáticos y electroneumáticos, sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Area de proyectos didácticos y prácticos.
HIDRAULICA	Estudio y pruebas a equipo hidráulico y electrohidráulico. Mantenimiento preventivo a equipo hidráulico, a sistemas hidráulicos y electrohidráulicos. Mantenimiento correctivo a equipo hidráulico, sistemas hidráulicos y electrohidráulicos. Armado de esquemas hidráulicos básicos, avanzados y electrohidráulicos.
NEUMÁTICA	Estudio y pruebas a equipo neumático y electroneumático. Mantenimiento preventivo a equipo neumático, a sistemas neumáticos y electroneumáticos. Mantenimiento correctivo a equipo neumático, a sistemas neumáticos y electroneumáticos. Armado de esquemas neumáticos básicos, avanzados y electroneumáticos.
REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	Estudio y pruebas a equipo de refrigeración y aire acondicionado. Mantenimiento preventivo a equipo de refrigeración y aire acondicionado. Mantenimiento correctivo a equipo de refrigeración y aire acondicionado. Armado de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
SISTEMAS MECANICOS	Estudio y pruebas a equipo de transmisión de potencia mecánica. Mantenimiento preventivo a sistemas de transmisión de potencia mecánica. Mantenimiento correctivo a sistemas de transmisión de potencia mecánica. Armado de sistemas de transmisión de potencia mecánica.
CONSULTA	Resguardo de material audiovisual de electricidad, Control, Hidráulica, neumática, refrigeración y aire acondicionado, sistemas de transmisión de potencia mecánica. Resguardo de material multimedia en las áreas de electricidad, control de máquinas eléctricas, Hidráulica, Neumática, refrigeración y aire acondicionado, y sistemas de transmisión de potencia mecánica. Resguardo de catálogos y manuales de equipo eléctrico, equipo de control de motores, equipo hidráulico, equipo neumático, equipo de refrigeración y aire acondicionado, equipo de transmisión de potencia mecánica. Estancia de estudio e investigación.

EQUIPO Y MATERIAL	Almacén de materiales diversos. Resguardo de equipo de medición (Multímetros digitales y analógicos, Voltímetros de C.A., C.D., Amperímetros de C.A., C.D., Amperímetro de gancho, osciloscopios, Megger, Tacómetros, probadores de continuidad). Resguardo de módulos didácticos menores.
CUARTO DEL COMPRESOR	Alojará un compresor de capacidad adecuada para dar servicio a los equipos neumáticos y las instalaciones necesarias.
SISTEMAS COMPUTARIZADOS	Zona de computadoras para correr programas de simulación en sistemas electromecánicos.
ACCESO	Accesos de entrada y salida.

Tabla 2.4 Funciones a desempeñar por área.

Una vez que se ha definido perfectamente los espacios, se procede a dar una propuesta de diseño de distribución , la cual se presenta a continuación en la fig. 2.3



2.3 Descripción de equipo necesario

Para proyectar la instalación eléctrica, es necesario conocer la carga eléctrica conectada expresada en Watts, que será utilizada en el taller y sus correspondientes áreas. Existen varios criterios para determinar esto, uno de ellos que será empleado aquí, se basa en revisar la lista de equipamiento y a partir de ésta determinar el equipo que representa una carga eléctrica, su potencia requerida y el número de equipos. Es así como se cuantifica la potencia mínima requerida en este proyecto. Así también, es posible determinar las especificaciones eléctricas requeridas por el equipo y el tipo de distribución necesario.

2.3.1 Equipo eléctrico

El área de control, corresponde al espacio suficiente para alojar un grupo de 50 alumnos en equipos de 5 personas y el equipo de trabajo compuesto por 10 juegos de bastidores didácticos que contiene un número determinado de módulos y una fuente de alimentación trifásica, utilizado para realizar conexiones de circuitos de control de motores. En la tabla 2. 5 se enumera el tipo de módulo y la cantidad de éstos que componen un juego de equipo didáctico.

Equipo de entrenamiento en control de maquinas eléctricas, EDUTEL S.A. Modelo AQ3000.		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
AQ3115	modulo de lampara piloto	2
AQ3110	Modulo de botón pulsador	2
AQ3111	interruptor selector	1
AQ3132	Relevador temporizador	2
AQ3142	Interruptor flotador	1
AQ3140	Interruptor de tambor	1
AQ3196	Fuente de servicio de C.A., 3 fases, protección de 3 x 10 A	1
AQ3120	Arrancador magnético	2
AQ3130	Relevador de control de C.A.	1
AQ3180	Relevador de control de C.D.	1
AQ3143	Interruptor limite	1
AQ3121	Arrancador manual	1
AQ3127	Contactador de C.A.	2
AQ3141	Control de secuencia	1
AQ3150	Resistencia de carga	2
AQ3131	Relevador de sobrecarga	1
AQ3138	transformador de control	2
AQ3165	Modulo de diodos	1
AQ3181	Contactador de C.D.	1
AQ3187	Arrancador de 3 y 4 posiciones	1
AQ3171	Modulo de conexión de motor	1
AQ3151	Reóstato de campo	1
AQ3154	Freno de prony	1
AQ3147	Rueda de carga inercial	1
AQ3170	Placa para montaje de motores	1
AQ3172	Motor trifásico jaula de ardilla	1
AQ3179	Motor de corriente directa	1
AQ3178	Motor sincrónico	1
AQ3177	Motor de rotor devanado	1
	Juego de puntas 1.5 m color rojo (10 pzs.)	1
	Juego de puntas 1.5 m color negro (10 pzs.)	1
	Juego de puntas 1 m color rojo (10 pzs.)	1
	Juego de puntas 1 m color negro (10 pzs.)	1
	Juego de puntas 0.5 m color rojo (10 pzs.)	1
	Juego de puntas 0.5 m color negro (10 pzs.)	1
	Manual para el estudiante	1
	Manual para el instructor	1
	Bastidor de armado	1

Tabla 2.5 Módulo didáctico de control

En el área de sistemas computarizados se requiere alojar un grupo de 50 alumnos integrados en equipos de 2 personas, por lo tanto se requiere que ésta área cuente con el servicio de 25 equipos de computación con las características descritas en la tabla 2.6 que a continuación se presenta.

Equipo de computación		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
CC10	Computadora HP, Microprocesador pentium 4, disco duro de 40 Gb, Memoria RAM de 256 Mb, tarjeta aceleradora de gráficos, unidad de CD, Cd write, DVD, tarjeta de sonido, puerto serial USB, Monitor de 19 " a color, Floppy de 3 ¼ ", Multimedia, Fax módem.	1

Tabla 2.6 Equipo de computación.

El área de instalaciones electromecánicas alojará un grupo de 50 alumnos congregados en equipos de 5 integrantes, con esta distribución tenemos que el área debe contar con 10 equipos didácticos para realizar instalaciones electromecánicas diversas. Cabe mencionar que el trabajo didáctico que se realizará en esta área se aplica en colocar gabinetes, canalizaciones, conexiones, cableado y conexión simulada de cargas trifásicas en cuyas conexiones solo se verifica que llega voltaje adecuado a la carga particular de la práctica. Debido a este trabajo es necesario contar en esta área con un suministro de voltaje trifásico independiente por equipo y concentrado en un gabinete, del cual se pueda distribuir las instalaciones didácticas de cada equipo en cada sesión.

Equipo didáctico para entrenamiento en instalaciones electromecánicas		
PANEL	DESCRIPCIÓN	CANT.
IQQ06	Centro de carga, 2 fases,	2
IN330	Interruptor de navajas , 3 polos un tiro, fusibles de 60 A	2
IP110	Pastilla termomagnética 1 polo 10 A	3
IP120	Pastilla termomagnética 1 polo 20 A	3
IP220	Pastilla termomagnética 2 polos 10 A	2
IP220	Pastilla termomagnética 2 polos 20 A	2
IP330	Pastilla termomagnética 3 polos 30 A	1
	tubo conduit pared delgada ¾ " longitud de 1 m	5
	tubo conduit pared delgada ¾ " longitud de 0.5 m	5
	tubo conduit pared delgada ¾ " longitud de 1.5 m	5
L	Condulet serie oval L	5
LL	Condulet serie oval LL	5
LB	Condulet serie oval LB	5
E	Condulet serie oval E	5
T	Condulet serie oval T	5
	Conector roscado a tubo de ¾ "	30
	coples para tubo conduit de ¾ "	30
	Codo para tubo conduit de 90 x ¾ "	20
	Caja cuadrada de ¾ "	10
	Tapa para caja cuadrada de ¾ "	10

Tabla 2.7 Módulo didáctico de instalaciones electromecánicas.

2.3.2 Equipo hidráulico

El equipo del área hidráulica contará con 10 juegos de equipo didáctico para sistemas hidráulicos, los equipos serán utilizados por 5 personas y al igual que las otras áreas, aquí debe haber 50 alumnos. En la tabla 2.8 se describe los elementos que componen un equipo didáctico para sistemas hidráulicos.

Equipo didáctico hidráulico universal HYD-2001		
PANEL	DESCRIPCION	CANT.
Hyd2001	Tablero maestro hidráulico universal	1
	Interruptor eléctrico.	1
	Válvula de alivio compensada.	2
	Manómetro	3
	Conexión de presión de salida.	5
	Conexión del tanque de retorno.	3
	Manómetro con conector en T.	2
	Zócalo para el suministro de fuerza eléctrica 24 V cd.	1
	Contenedor de medición.	2
Hyd2003	Unidad de fuerza (Bomba con motor eléctrico de $\frac{3}{4}$ de HP, 115 V CA)	1
	Deposito.	1
	Bomba de aceite	1
	Válvula reguladora de presión.	2
	Manómetro	2

Tabla 2.8 Módulo didáctico de hidraulica.

2.3.3 Equipo Neumático

En el área Neumática también se alojara un grupo de 50 alumnos, integrados en equipos de 5 alumnos, por lo tanto se requieren de 10 juegos de equipo neumático, el cual se describe en las tablas 2.9, 2.10, y 2.11

Equipo didáctico de neumática, nivel básico TP 101		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
152860	Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	3
152861	Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	1
152862	Válvula de 5/2 vías con selector	1
152865	Manómetro	2
152866	Válvula de 3/2 vías de accionamiento por rodillo	3
152867	Válvula de rodillo con leva pilotante	1

152872	Válvula neumática de 5/2 vías, activada por aire	1
152873	Válvula neumática de impulsos de 5/2 vías	3
152875	Válvula selectora (o)	1
152876	Válvula de simultaneidad (Y)	1
152880	Válvula de escape rápido	1
152881	Válvula de estrangulamiento y antirretorno	2
152879	Válvula temporizadora, regulable de 0 a 5 s	1
152884	Válvula de secuencia	1
152887	Cilindro de simple efecto	1
152888	Cilindro de doble efecto	2
152894	Válvula de interrupción con filtro y válvula reguladora de presión	1
152895	Válvula reguladora de presión con Manómetro	1
152896	Bloque de distribución	1
036315	Distribuidor enchufable	10
152898	Elementos de unión	1
151496	Tubo flexible de plástico (10 m)	2
	Mesa bastidor	1

Tabla 2.9 Módulo didáctico de neumática básica.

Equipo didáctico de neumática, nivel avanzado TP 102		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
152860	Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador	2
152863	Válvula de 3/2 vías para panel, con selector	1
152864	Válvula de 3/2 vías para panel con pulsador rojo	1
152866	Válvula de 3/2 vías de accionamiento por rodillo	1
152868	Válvula de obturación de fuga	1
152870	Detector de proximidad neumático	3
152877	Contador neumático con preselección	1
152878	Válvula temporizadora. Regulable de 0 a 5 s	1
152873	Válvula neumática de impulsos de 5/2 vías	3
152871	Válvula neumática de 3/2 vías	2
152872	Válvula neumática de 5/2 vías	2
152881	Válvula de estrangulamiento y antirretorno	2
152882	Válvula selectora (O)	2
152883	Válvula de simultaneidad	2
152885	Módulo de pasos	1
152886	Módulo de pasos	1
152890	Unidad de accionamiento neumática lineal	1
152897	Elementos de fijación	1
152891	Tobera de aspiración	1
152892	Cabezal vacuostático	1
036315	Distribuidor enchufable	20
152898	Elementos de unión	1
151496	Tubo flexible de plástico	2

Tabla 2.10 Módulo didáctico de neumática avanzada.

Equipo didáctico de electroneumática, nivel básico TP 201		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
011088	Entrada eléctrica de señales	1
152905	Detector de proximidad, inductivo	2
152906	Interruptor de final de carrera, eléctrico	1
152915	Interruptor de final de carrera, eléctrico	1
152907	Convertidor neumático eléctrico	1
152908	Electroválvula de 3/2 vías con diodo luminoso	1
152909	Electroválvula de 5/2 vías con diodo luminoso	2
152910	Electroválvula de impulsos de 5/2 vías con diodo luminoso	1
011087	Relé triple	1
152887	Cilindro de simple efecto	1
152888	Cilindro de doble efecto	2
030311	Sistema de aviso y distribuidor eléctrico	2
152894	Válvula de interrupción con filtro y válvula reguladora de presión	1
152896	Bloque de distribución	1
151496	Tubo flexible de plástico	2

Tabla 2.11 Módulo didáctico de electroneumática básica.

2.3.4 Equipo de refrigeración

Al igual que las demás áreas, el área de refrigeración debe alojar un grupo de 50 alumnos integrados en equipos compuestos por 5 alumnos, lo que determina la existencia de 10 juegos de equipo didáctico de refrigeración, dicho equipo se describe en la tabla 2.12

Equipo de entrenamiento en sistemas de aire acondicionado HM-5017-AA		
CLAVE	DESCRIPCION	CANT.
ACHV50	Unidad condensadora, Facematic, compuesta por : compresor de 1/8 HP Kelvinator. Recibidor de líquidos. Condensador de serpentín con ventilador de 1/40 HP.	1
	Tablero de control, compuesto por : Interruptor iluminado con protección térmica. Portafusibles con fusible de 15 A. Control de velocidad del ventilador del evaporador. Lampara piloto, color rojo, 127 V Contacto duplex polarizado.	1
HM-5017-1	Filtro secador con tubo capilar de 1/8 "	1
HM-5017-2	Filtro secador e indicador de humedad de ¼ "	1
HM-5017-3	Presóstato de baja presión Rimsa Saginomiya SNS-C106.	1
	Mueble metálico con cuatro ruedas, dos áreas de almacenamiento y puerta con chapa y llave.	1
	Bomba de vacío marca de ¾ de HP.	1
	manifold de conexiones para carga y descarga de refrigerante	1

Tabla 2.12 Equipo de módulos didácticos de refrigeración.

2.3.5 Carga eléctrica

Una vez que se conoce al equipo más importante y representativo de cada área, se hace un análisis de la carga que representa para la instalación y se cuantifica la potencia parcial y luego total. Por otro lado, para tomar en cuenta la gran variedad de cargas de menor potencia que se pueden utilizar en el taller, se considerará en todas las áreas el suministro de salidas eléctricas monofásicas a 127 V , 60 Hz. de uso general.

De la tabla 2.5, se observa que para el área de control el equipo básico de mayor importancia cuenta con un bastidor en el cual se tiene una fuente de

alimentación trifásica que sirve para alimentar los circuitos didácticos de control de motores que pudieran conectarse en éste. La carga que se alimenta corresponde a motores de baja potencia, $\frac{1}{2}$ HP, funcionando esporádicamente uno o máximo 2 de forma intermitente. Por lo tanto se asigna una potencia de 1000 W por cada una de las fuentes, si se contara con 10 módulos, se requiere entonces de 10 salidas eléctricas trifásicas a 220 V, sistema a 4 hilos y una potencia considerada de 1000 W. A parte se considera suministrar 5 salidas eléctricas monofásicas para uso general en las mesas de trabajo.

En el caso del área de sistemas electromecánicos, ésta es una área de simulación práctica donde el alumno debe realizar trabajos de montaje, colocación e instalación de diversos equipos, en esta área se necesitan salidas eléctricas monofásicas para las diferentes herramientas que pudiesen utilizar en los diversos trabajos didácticos, y además un suministro de alimentación eléctrica trifásica para verificar funcionamiento, propiamente este suministro de alimentación no tendrá carga conectada, su finalidad es de uso didáctico.

Aclarando esto, se considerará para ésta área 10 salidas eléctricas trifásicas a 220 V 4 hilos, concentradas en un tablero para usos didácticos. Para motivos de determinar especificaciones de la instalación se tomará como valor de potencia una de 500 W por salida, además de 10 salidas monofásicas para usos generales, consideradas con una potencia de 180 W cada una.

De acuerdo a las tabla 2.8, se observa que el equipo de entrenamiento hidráulico cuenta con una bomba accionada por un motor de $\frac{3}{4}$ de HP y un

contacto monofásico de usos generales 180 W, en total representan una carga de 740 W por equipo didáctico. En total para esta área se proyectan 10 salidas monofásicas de 740 W.

Para el área de neumática se determina, de las tablas 2.9, 2.10, y 2.11 que las salidas eléctricas necesarias son para uso general, 180 W para cada uno de los equipos de trabajo que son 10. Ya que la potencia necesaria para hacer funcionar al módulo proviene del aire a presión que suministrará el compresor considerado en el cuarto del compresor.

Para el área de refrigeración y aire acondicionado, de la tabla 2.12, se observa que la carga representada por el módulo se refiere a la utilizada por el motor eléctrico del compresor 1/8 HP, el motor del ventilador del condensador 1/40 HP, y algunas lamparas indicadoras, todos de bajo consumo de potencia, motivo por el cual se determinan salidas de uso general, monofásicas, 127 V, 60 Hz. 10 salidas para toda el área.

En el caso del área de sistemas mecánicos, no se encontró carga alguna representativa, por lo cual se determina suministrar salidas eléctricas de uso general, monofásicas, 127 V, 60 Hz, para las mesas de trabajo que son 10.

El área de consulta, propiamente es una pequeña biblioteca de lectura, se cree no necesario el uso de salidas eléctricas salvo para mantenimiento esporádico, por tal motivo se proponen solo 2 salidas, monofásicas, 127 V, 60 Hz, ubicadas de forma estratégica.

El área de Equipo y material presenta similar situación al área de consulta y también se proponen solo 2 salidas monofásicas, 127 V, 60 Hz, ubicadas de forma estratégica.

En el caso del cuarto del compresor la mayor carga representativa, es la correspondiente al motor eléctrico del compresor, propuesto de 5 HP, es decir 3730 W, trifásico a un voltaje entre líneas de 220 V, 60 Hz.

El área de sistemas computarizados, según tabla 2.6, requiere una alimentación monofásica, 127 V, 60 Hz, regulada y con respaldo. Suponiendo una potencia por equipo de 180 W, correspondiente al de una salida eléctrica de uso general, y contemplando 25 equipos, se tiene una potencia total requerida de 4500 W

Para las áreas de acceso, no se requiere de salidas eléctricas, pues son entradas y salidas, sin embargo por el área que representan, se considera dejar 6 salidas eléctricas de uso general, distribuidas estratégicamente, para uso de mantenimiento y limpieza. Contactos monofásicos, 127 V, 60 Hz.

Solo basta mencionar que el alumbrado de todo el taller, representa una de las mayores cargas, este se propone a 127 V, 60 Hz, y con las cualidades que se decidan en la sección 3.2

2.4 Descripción de la instalación eléctrica

Una vez que se comprende el proyecto y se ha recopilado la suficiente información sobre el mismo, se esta en posibilidad de proponer las

características particulares de cada una de las instalaciones que integraran el proyecto general, a partir de las cuales se partirá para su posterior cálculo y diseño.

2.4.1 Instalación de fuerza

La instalación eléctrica de fuerza se basa en un sistema trifásico a 4 hilos, de los cuales 3 serán las fases del sistema y un neutro, el cual permitirá alimentar cargas trifásicas a 220 V entre fases y cargas monofásicas a 127 V entre fase y neutro.

Por otro lado se debe distinguir que la instalación eléctrica de fuerza dará un servicio normal que alimente la carga del taller y otro servicio que será didáctico para el área de instalaciones electromecánicas. Por lo cual, es necesario que se tome en cuenta la existencia de un tablero principal de fuerza y otro para propósitos didácticos, que cumpla con las mismas características eléctricas del principal y que pudiera derivarse de este.

2.4.2 Instalación de alumbrado

El servicio eléctrico de alumbrado será con luminarias fluorescentes a 127 V, la iluminación que provea será la apropiada para aulas escolares y la altura máxima a la que se ubicaran las luminarias no será mayor a los 3 m de altura. El control de estas deberá ser en tablero de distribución y solo en los casos que así lo requieran como oficinas, se colocara un control local de alumbrado.

2.4.3 Red de tierras

El sistema de tierras debe de proveer seguridad a la instalación eléctrica de fuerza tanto de servicio normal como de servicio didáctico, a la instalación de alumbrado, al equipo eléctrico y a las partes metálicas que tengan relación con cualquier instalación eléctrica, para tal efecto el sistema deberá tener una distribución apropiada al diseño arquitectónico y al diseño de instalaciones.

2.5 Descripción de instalaciones diversas.

Como ya se menciona, el inmueble será destinado al estudio y práctica de sistemas electromecánicos, lo cual involucra diferentes disciplinas y por lo tanto diferentes tipos de sistemas, uno de ellos el neumático que requiere de una red de alimentación de aire a presión para funcionamiento de los equipos didácticos neumáticos. Esta alimentación de aire a presión se puede dar de forma individual por cada unidad, utilizando compresores individuales y separados, pero con el inconveniente del ruido generado, por lo cual se necesita que el sistema de compresor se encuentre fuera del taller. Para el caso del sistema hidráulico el suministro de aceite a presión es más conveniente la forma individual y menos ruidosa. En el caso de la instalación del área de instalaciones electromecánicas es importante contar con un tablero de distribución didáctico y un bus de comunicación para las áreas hidráulica y neumática, cuya finalidad es dar control a sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos

CAPITULO 3

CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1 Instalación eléctrica de fuerza

La instalación de fuerza se integra por todos los receptáculos (contactos) de energía eléctrica que suministran potencia a los diversos equipos dentro de cada una de las áreas. A continuación se presenta el diseño

3.1.1 Análisis de carga

El primer paso en el diseño de la instalación de fuerza es determinar la carga por instalar, para que a partir de esta carga se calculen los conductores, las protecciones y las canalizaciones. Para este trabajo hay que revisar la lista de equipamiento necesario en cada área sección 2.3 y ubicar aquel equipo que represente una carga eléctrica.

La cantidad de equipo determina la potencia necesaria para la instalación, así como también el tipo de suministro.

La distribución del equipo determina la distribución de los receptáculos y su instalación.

3.1.2 Distribución de carga

A continuación se presenta la cuantificación de potencia eléctrica que representa una carga para el presente proyecto, obtenida a través del análisis de las tablas 2.5 a la 2.12 de la sección 2.3 y aplicando el criterio del autor .

1. **ÁREA DE CONTROL** : Un módulo didáctico de control tiene como carga eléctrica, un máximo de 2 motores de $\frac{1}{2}$ HP que es igual a 746 W, una salida eléctrica de 180 W, que sumados dan 926 W, tomando una tolerancia podemos redondear a 1000 W por módulo, como son 10 módulos dan un total de 10000 W . En las mesas se distribuyen 5 contactos de usos generales monofásicos, 127 V, 180 W, sumando un total de 900 W.
2. **ÁREA DE INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS** : En esta área se ubicará un tablero para usos didácticos, sin carga eléctrica alguna, donde los alumnos de la institución podrán realizar el tendido de instalaciones y la prueba de éstas, sin embargo, para motivo de calculo de los materiales de la instalación desde el tablero general a ésta área, se propone una potencia máxima por módulo de 500 W, siendo 10 módulos dan una potencia de 5000 W. También se contara con 10 contactos monofásicos, 127 V, 60 Hz, para dar servicio general, cada uno contemplado en 180 W, dando un valor de 1800 W por los 10 contactos.
3. **ÁREA DE HIDRAULICA** : Los módulos hidraulicos cuentan con un motor de $\frac{3}{4}$ de HP igual a 559.5 W y una salida monofásica de 180 W de uso general, tanto la bomba como el contacto están especificados a 127 V. Cada

módulo requiere un contacto monofásico de 559.5 W más 180 W, en total 739.5 W que redondeo a 740 W, quedando como potencia total del área entre los 10 módulos un valor de 7400 W.

4. **ÁREA DE NEUMÁTICA:** En esta área solo se requieren de 10 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 1800 W.
5. **ÁREA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO :** En esta área solo se requieren de 10 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 1800 W.
6. **ÁREA DE SISTEMAS MECÁNICOS :** En esta área solo se requieren de 10 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 1800 W.
7. **ÁREA DE CONSULTA :** En esta área solo se requieren de 2 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 360 W.
8. **ÁREA DE EQUIPO Y MATERIAL :** En esta área solo se requieren de 2 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 360 W.
9. **ÁREA DE CUARTO DEL COMPRESOR :** En esta área el motor del compresor representa una carga de 5 HP, es decir 3730 W
10. **ÁREA DE SISTEMAS COMPUTARIZADOS :** En esta área solo se requieren de 25 contactos monofásicos para uso general de 180 W, en total 4500 W.
11. **ÁREA DE ACCESO :** Esta área cuenta con 6 contactos monofásicos para usos generales de 180 W, en total 1080 W.

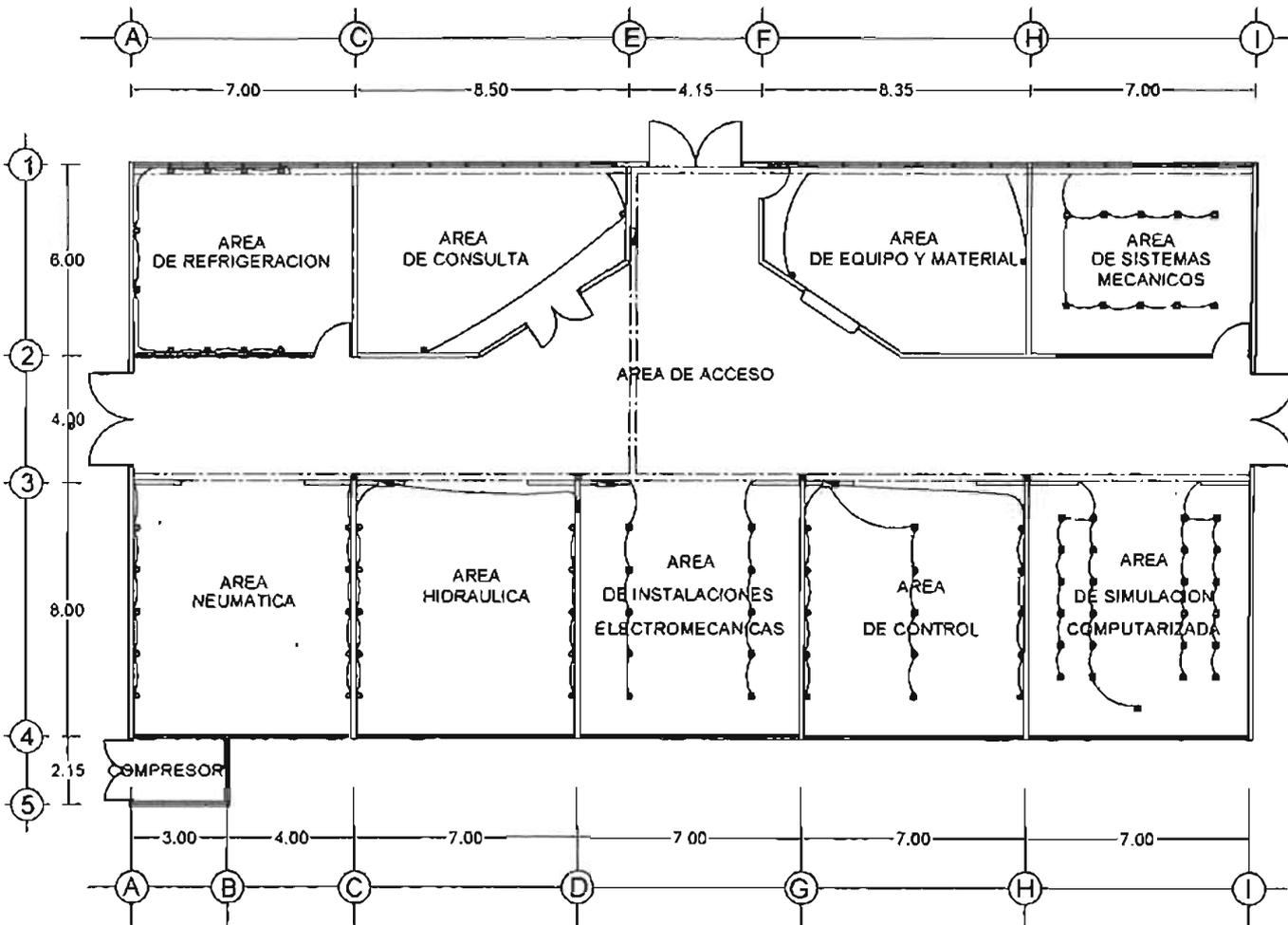
A continuación se presenta la tabla 3.1 con el resumen de carga encontrada al revisar el equipo por instalar.

	ÁREA	CARGA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)
1.	Control	contacto trifásico de 1000	10	10000
		Contacto monofásico 180	5	900
2.	Instalaciones electromecánicas	Tablero de conexiones con ctos. Derivados trifásicos de 500 W. Y contactos monofásicos de 180 W	10	5000
			10	1800
3.	Hidráulica	Contacto monofásico y motor ¼ HP 740	10	7400
4.	Neumática	Contacto monofásico 180	10	1800
5.	Refrigeración y aire acondicionado	Contacto monofásico 180	10	1800
6.	Sistemas mecánicos	Contacto monofásico 180	10	1800
7.	Consulta	Contacto monofásico 180	2	360
8.	Equipo y material	Contacto monofásico 180	2	360
9.	Cuarto del compresor	Motor trifásico 220 V 5 HP	1	3730
10.	Sistemas computarizados	Contacto monofásico 180	25	4500
11.	Acceso	Contacto monofásico 180	6	1080
total				40530

Tabla 3.1 Resumen de carga encontrada

Con la carga de fuerza definida por el equipo a utilizar, se procede a realizar la distribución de las salidas de fuerza, que debe de tomar en cuenta la ubicación del mobiliario que utilizara el taller.

Fig. 3 | Distribución de carga



3.1.3 Cálculo de la instalación de fuerza

Para calcular las especificaciones de la instalación de fuerza se debe conocer la potencia de la carga conectada, pues a partir de este dato se determina la corriente nominal del circuito derivado, calibre del conductor, capacidad de la protección y diámetro de la canalización. A continuación se hace el cálculo y las determinaciones necesarias para cada una de las áreas existentes en el presente diseño.

Por desconocer la carga específica que será conectada en contactos, se aplicará de forma general un factor de potencia no unitario igual a 0.85. Y en todos los casos se tomará para motivos de cálculo un 25 por ciento de la carga conectada como margen de seguridad para la instalación como lo marca la Norma Oficial Mexicana de instalaciones. Ya sea que se corrija el valor de potencia a utilizar o se corrija la corriente nominal.

Las fórmulas usadas son de la 1 a la 6 presentes en la unidad 1, además de la siguiente que nos permite saber el número de circuitos para una carga si se conoce la capacidad de la pastilla de protección.

$$\text{Núm. de circuitos} = \frac{\text{potencia total corregida}}{\text{potencia de la pastilla a utilizar}}$$

CONTROL : Centro de carga para servicio de 10 circuitos trifásicos de 1000 W de potencia y 5 contactos monofásicos de 180 W. A una distancia de 27 m.

$$I_n = 1000 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85) = 3.08 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 3.08 = 3.86 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN = pastilla termomagnética trifásica de 3 x 10 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 10 circuitos trifásicos de 3 x 10 A

$$e\% (14 \text{ AWG}) = (2 \times 10 \times 3.08) / (127 \times 3.307) = 0.21 \%$$

$$I_n \text{ total de la carga} = 10000 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85) = 30.87 \text{ A}$$

$$I_c \text{ total de la carga} = 1.25 \times 30.87 = 38.59 \text{ A}$$

INTERRUPTOR PRINCIPAL = trifásico 3 x 40 A

CONDUCTOR PRINCIPAL CALIBRE = 10 AWG 90 ° C

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (2 \times 17 \times 30.87) / (127 \times 5.26) = 1.57 \%$$

Para los 5 contactos monofásicos.

$$I_n = 900 / (127 \times 0.85) = 8.34 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 8.34 = 10.42 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 15 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 15 A

$$e\% (12 \text{ AWG}) = (4 \times 27 \times 8.34) / (127 \times 3.307) = 2.14 \%$$

INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS : Centro de carga didáctico con espacio para 10 circuitos trifásicos con una capacidad de potencia máxima de 500 W por circuito sin carga conectada razón por la cual esta potencia no se contabilizara para el calculo del circuito alimentador y 10 contactos monofásicos de servicio de 180 W. A una distancia de 18 m.

$$I_n = 500 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85) = 1.54 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 1.54 = 1.93 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN = pastilla termomagnética trifásica de 3 x 10 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 10 circuitos trifásicos de 3 x 10 A

$$e\% (14 \text{ AWG}) = (2 \times 8 \times 1.54) / (127 \times 2.082) = 0.09 \%$$

$$I_n \text{ total de la carga} = 5000 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85) = 15.44 \text{ A}$$

$$I_c \text{ total de la carga} = 1.25 \times 15.44 = 19.3 \text{ A}$$

INTERRUPTOR PRINCIPAL = trifásico 3 x 20 A

CONDUCTOR PRINCIPAL CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

$$e\% (12 \text{ AWG}) = (2 \times 10 \times 15.44) / (127 \times 3.307) = 0.73 \%$$

Para los 10 contactos monofásicos.

$$I_n = 1800 / (127 \times 0.85) = 16.67 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 16.67 = 20.84 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 30 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 30 A

$$e\% (12 \text{ AWG}) = (4 \times 18 \times 16.67) / (127 \times 3.307) = 2.85 \%$$

HIDRAULICA : 10 circuitos monofásicos de 740 W para motor de $\frac{3}{4}$ HP y un contacto 180 W. Individuales con interruptor principal. a una distancia de 19 m.

$$I_n = 740 / (127 \times 0.85 \times 0.85) = 8.05 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 8.05 = 10.06 \text{ A}$$

$$I_n \text{ motor} = 559.5 / (127 \times 0.85 \times 0.85) = 6.09 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

$$e\% (14 \text{ AWG}) = (4 \times 9 \times 8.05) / (127 \times 2.082) = 1.09 \%$$

PROTECCIÓN pastilla termomagnética, por ser un motor será 3 veces la corriente nominal del motor es decir $3 \times 6.09 = 18.29 \text{ A}$, redondeando 20 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 10 circuitos 20 A

$$I_n \text{ total de la carga} = 7400 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 0.85) = 26.88 \text{ A}$$

$$I_c \text{ total de la carga} = 1.25 \times 26.88 = 33.59 \text{ A}$$

INTERRUPTOR PRINCIPAL = trifásico 3 x 40 A

CONDUCTOR PRINCIPAL CALIBRE (ver apéndice b) 10 AWG 90 ° C

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (2 \times 10 \times 26.88) / (127 \times 5.26) = 0.80 \%$$

NEUMÁTICA: 10 contactos monofásicos 180 W, a una distancia de 26 m.

$$I_n = 1800 / (127 \times 0.85) = 16.67 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 16.67 = 20.84 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 30 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 30 A

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (4 \times 26 \times 16.67) / (127 \times 5.26) = 2.59 \%$$

REFRIGERACIÓN : 10 contactos monofásicos 180 W. A una distancia de 21 m.

$$I_n = 1800 / (127 \times 0.85) = 16.67 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 16.67 = 20.84 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnéticas 30 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 30 A

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (4 \times 21 \times 16.67) / (127 \times 5.26) = 2.09 \%$$

SISTEMAS MECÁNICOS : 10 contactos monofásicos 180 W. A una distancia de 25 m.

$$I_n = 1800 / (127 \times 0.85) = 16.67 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 16.67 = 20.84 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 30 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 30 A

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (4 \times 25 \times 16.67) / (127 \times 5.26) = 2.49 \%$$

CONSULTA, EQUIPO Y MATERIAL, ACCESO : 10 contactos monofásicos 180 W de uso general distribuidos en las tres áreas. A una distancia promedio de 30 m. Estas áreas no son para trabajo de los alumnos, por lo que los contactos son para uso del personal de la escuela en labores de mantenimiento, limpieza o de uso general y esporádico. Al ser un número pequeño de contactos por área es posible conjuntarlos para ser operados y protegidos por la misma pastilla.

$$I_n = 1800 / (127 \times 0.85) = 16.67 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 16.67 = 20.84 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 30 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 30 A

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (4 \times 30 \times 16.67) / (127 \times 5.26) = 2.99 \%$$

CUARTO DE COMPRESOR : Motor eléctrico 5 HP. A una distancia de 35 m.

$$I_n = (5 \times 746) / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 0.85) = 13.55 \text{ A}$$

$$I_c = 1.25 \times 13.55 = 16.94 \text{ A}$$

$$I_a = 3 I_n = 3 \times 13.55 = 40.65 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 50 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 1 circuito 50 A

$$e\% (10 \text{ AWG}) = (2 \times 35 \times 13.55) / (127 \times 5.26) = 1.41 \%$$

SIMULACIÓN COMPUTARIZADA : 25 contactos monofásicos 180 W. A una distancia de 38 m.

Potencia total = 4500 W

Potencia por cto. = 1500 W

$I_n = 1500 / (127 \times 0.85) = 13.89 \text{ A}$

$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 13.89 = 17.37 \text{ A}$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b) 14 AWG 90 ° C

PROTECCIÓN pastilla termomagnética 20 A

NUMERO DE CIRCUITOS = 3 circuito 20 A

$e\% (10 \text{ AWG}) = (4 \times 38 \times 13.89) / (127 \times 5.26) = 3.1 \%$

A continuación en la tabla 3.2 se da el resumen de los cálculos realizados.

AREA	CARGA (W)	CORRIENT E Ic (A)	NÚM. DE CTOS.	CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG)	CAPACIDAD DE LA PROTECCIÓN (A)
Control	1000	3.86	10	14	3 X 10
	10000	38.59	1	10	3 X 40
	900	10.42	1	12	1 X 15
Inst. Electromecánicas	500	1.93	10	14	3 x 10
	5000	19.3	1	14	3 x 20
	1800	20.84	1	12	1 x 30
Hidráulica	740	10.06	10	14	1 x 20
	7400	33.59	1	10	3 x 40
Neumática	1800	20.84	1	10	1 x 30
Refrigeración	1800	20.84	1	10	1 x 30
Sist. Mecánicos	1800	20.84	1	10	1 x 30
Consulta Equipo y material acceso	1800	20.84	1	10	1 x 30
Compresor	3730	16.94	1	10	3 x 50
Simulación computarizada	1500	17.37	3	10	1 x 20

Tabla 3.2 Capacidad de conductores y protecciones

Después de realizar los cálculos por área, con la carga correspondiente, debe mencionarse que por ser una instalación industrial el calibre mínimo del conductor a utilizar es del 12 AWG, razón por la cual todos los calibres 14 AWG de la tabla 3.2 pasan a ser de 12 AWG y la caída de tensión en el circuito derivado será menor al 3 % lo cual es rectificado para cada conductor.

3.1.4 Cuantificación de material

Con las especificaciones del material eléctrico ya calculado y con la ayuda del croquis de distribución de fuerza se procede a cuantificar el material a utilizar en la instalación eléctrica.

NÚM.	CONCEPTO	CANT.
1	Centro de carga, 42 circuitos, QO042, square D.	3
2	Centro de carga, 12 circuitos, QO012, square D.	1
3	Interruptor de navajas, trifásico, 30 A, square D	1
4	Ducto cuadrado 4", 1.3 m	60
5	Tee horizontal para ducto cuadrado 4 "	2
6	Tubo conduit pared gruesa ¾ "	100 m
7	Tubo conduit pared gruesa ½ "	100 m
8	Codo para tubo conduit pared gruesa ¾ "	20
9	Codo para tubo conduit pared gruesa ½ "	20
10	Condulet FSC1 M-12.7	49
11	Condulet FSC2 M-19	16
12	Condulet FS1 M-12.7	16
13	Condulet FS2 M-19	4
14	Condulet FST1 M-12.7	3
15	Condulet FSL1 M-12.7	3
16	Condulet FSL2 M-19	4
17	Cable calibre 10 AWG, Marca IUSA, Vinanel, 90 °C.	500 m
18	Cable calibre 12 AWG, Marca IUSA, Vinanel, 90 °C.	900 m
19	Contacto monofásico polarizado 30 A, 250 V, Mca. Arrow Hart	50 pza
20	Contacto trifásico, 4 terminales, 15 A, 250 V, Mca. Arrow Hart	20 pza

Tabla 3.3 Material para la instalación de fuerza

3. 2 Instalación de alumbrado

Los procedimientos de diseño en alumbrado son diversos y muy particulares de cada lugar. A continuación se presenta el desarrollo seguido para diseñar la instalación de alumbrado del taller electromecánico del presente trabajo.

3.2.1 Análisis de alumbrado

En el croquis de planta del taller electromecánico, fig. 2.3, se observan diferentes áreas, lo cual complica el diseño de la instalación de alumbrado, sin embargo observando detenidamente, algunas de estas áreas coinciden en dimensiones, característica que usare para simplificar el diseño.

He determinado para el presente diseño dividirlo en 4 zonas prototipo; cuyas características de iluminación y distribución son iguales, quedando agrupados de la siguiente forma, como se muestra en la tabla 3.4

ZONAS	AREAS	CARACTERISTICAS DE LUMINARIA	ILUMINACIÓN (E) LUX
Z1	Neumática Hidráulica Instalaciones electromecánicas Control Simulación computarizada	Gabinete para sobreponer con pantalla de acrílico de medidas 30cm x 240cm . 2 Lámparas fluorescentes 75 W. Reactor de 2 x 75 W Vn = 127 V	900
Z2	Refrigeración Sistemas mecánicos	Gabinete para sobreponer con pantalla de acrílico de medidas 30cm x 120cm 2 Lámparas fluorescentes 39 W. Reactor de 2 x 39 W Vn = 127 V	700

Z3	Consulta Equipo y material	Gabinete para sobreponer con pantalla de acrílico de medidas 30cm x 120cm 2 Lámparas fluorescentes 39 W. Reactor de 2 x 39 W Vn = 127 V	700
Z4	Acceso	Gabinete para sobreponer con pantalla de acrílico de medidas 30cm x 120cm 2 Lámparas fluorescentes 39 W. Reactor de 2 x 39 W Vn = 127 V	300

Tabla 3.4 Especificaciones de alumbrado por zona, los niveles de iluminación (E) se proponen en base a la tabla 1.4

3.2.2 Cálculo de la instalación de alumbrado

ZONA 1:

Área de trabajo industrial y didáctico donde se realizan actividades minuciosas diversas que requieren de una buena iluminación, sus dimensiones son 7 m de ancho por 8 m de largo, el plano de trabajo esta ubicado a 1 m de altura del piso, las luminarias se colocaran a una altura de 3 m sobre el nivel de piso terminado, el color de las paredes será blanco, la iluminación (E) requerida según tabla 3.4 es de 900 lux, la lampara a utilizar es fluorescente 75 W en gabinete para 2 lamparas, el sistema de iluminación será directo.

- ILUMINACIÓN (E)= 900 lux
- SUPERFICIE (S) = ANCHO X LARGO = 7m X 8m = 56 m²
- INDICE DEL LOCAL (K) = $AB/(H(A+B)) = 7 \times 8 / (2(7+8)) = 1.87$

- LAMPARA: fluorescente de 75 W, luz blanca.
- LUMINARIA: Gabinete metálico para sobreponer, capacidad para alojar 2 lamparas de 75 W y su reactor, con reflector de alta eficiencia y pantalla de acrílico .
- FACTOR DE UTILIZACIÓN (μ) : Dato seleccionado de tablas del fabricante de lamparas, a partir del índice de local (1.87), el tipo de luminaria seleccionada, el coeficiente de reflexión de las paredes y techo (0.75), siendo este de 0.53.
- MANTENIMIENTO (M) : El mantenimiento (limpieza) se supone será bueno y por lo tanto la existencia de suciedad será BAJA, así pues podemos considerar de la tabla 1.6, un valor de 0.8
- FLUJO TOTAL (Φ_T) = $ES / \mu M = (900 \text{ Lx} \times 56 \text{ m}^2) / (0.53 \times 0.8)$

$$= 118\ 867.9 \text{ lm}$$
- NÚMERO DE LAMPARAS : Considerando que la lampara fluorescente de 75 W produce un flujo luminoso (Φ_L) igual a 6300 lm tenemos el siguiente número de lamparas.

$$\# \text{ de lamparas} = \Phi_T / \Phi_L = 118\ 867.9 / 6300 = 18.86 \text{ lamparas}$$
- NUMERO DE LUMINARIAS : Cada luminaria alojará 2 lamparas de 75 W, por lo tanto:

$$\# \text{ de luminarias} = \# \text{ de lamparas} / 2 = 18.86 / 2 = 9.4 \text{ luminarias}$$

Para facilidad de distribución, el número de luminarias se redondea a 9 luminarias. Para calcular el calibre del conductor, el número de circuitos y la

protección del circuito de alumbrado se necesita cuantificar la potencia real que consumen las luminarias de la instalación de alumbrado. Cabe mencionar, que hasta este momento el dato de potencia manejado para calcular la iluminación del local corresponde exclusivamente a la lámpara, sin embargo se debe aclarar que el reactor asociado con el funcionamiento de la lámpara fluorescente también consume potencia eléctrica, que va desde el 15 % al 40 % según sea el tipo de lámpara y el voltaje nominal.

Considerando esto, la luminaria cuenta con 2 lámparas de 75 W y un reactor que consume 38 W, en total por cada luminaria tenemos una demanda de potencia que representa nuestra carga individual de 188 W.

La carga total viene siendo de $188 \text{ W} \times 9$, que es igual a 1692 W.

CORRIENTE NOMINAL (I_n) : Se calcula a partir de la potencia total y del sistema de alimentación:

$$I_n = W / \text{Encos } \phi = 1692 \text{ W} / (127 \text{ V} \times 0.9) = 14.8 \text{ A}$$

CONDUCTOR : Se determina de tablas con la corriente nominal corregida (I_c).

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 14.8 = 18.5 \text{ A}$$

Calibre del conductor (ver tabla apéndice b) 14 AWG

PROTECCIÓN : Se determina del catálogo del fabricante con el valor de la corriente nominal corregida 18.5 A

Pastilla termomagnética de 20 A

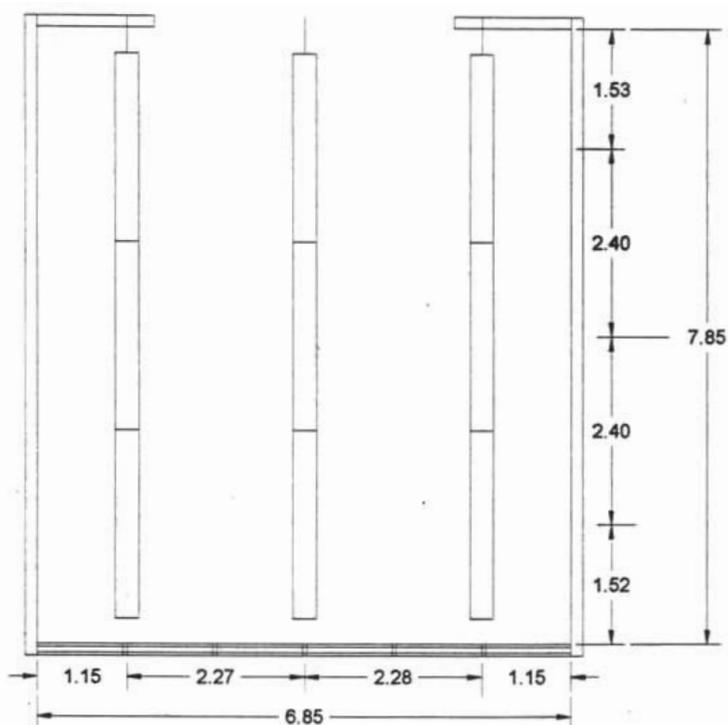


Fig. 3.2 Distribución de alumbrado zona 1, correspondiente a las áreas de control, instalaciones electromecánicas, Hidráulica, Neumática, y simulación computarizada

ZONA 2:

Área de trabajo didáctico donde se realizan actividades minuciosas diversas que requieren de una buena iluminación, sus dimensiones son 6 m de ancho por 7 m de largo, el plano de trabajo esta ubicado a 0.8 m de altura del piso, las luminarias se colocaran a una altura de 3 m sobre el nivel de piso

terminado, el color de las paredes será blanco, la iluminación (E) requerida según tabla 3.4 es de 700 lux, la lámpara a utilizar es fluorescente 39 W en gabinete de 2, el sistema de iluminación será directo.

- ILUMINACIÓN (E) = 700 lux
- SUPERFICIE (S) = ANCHO X LARGO = 6m X 7m = 42 m²
- INDICE DEL LOCAL (K) = $AB/(H(A+B)) = 6 \times 7 / (2.2(6+7)) = 1.47$
- LAMPARA: fluorescente de 39 W, luz blanca.
- LUMINARIA: Gabinete metálico para sobreponer, capacidad para alojar 2 lámparas de 39 W y su reactor, con reflector de alta eficiencia y pantalla de acrílico .
- FACTOR DE UTILIZACIÓN (μ) : Dato seleccionado de tablas del fabricante de lámparas, a partir del índice de local (1.47), el tipo de luminaria seleccionada, el coeficiente de reflexión de las paredes y techo (0.75), siendo este de 0.43.
- MANTENIMIENTO (M) : El mantenimiento (limpieza) se supone será bueno y por lo tanto la existencia de suciedad será BAJA, así pues podemos considerar de la tabla 1.6, un valor de 0.8
- FLUJO TOTAL (ΦT) = $ES / \mu M = (700 \text{ Lx} \times 42 \text{ m}^2) / (0.43 \times 0.8)$
= 85 465.1 lm

- **NÚMERO DE LAMPARAS** : Considerando que la lampara fluorescente de 39 W produce un flujo luminoso (Φ_L) igual a 4400 lm tenemos el siguiente número de lamparas.

$$\# \text{ de lamparas} = \Phi_T / \Phi_L = 85\,465.1 / 4400 = 19.42 \text{ lamparas}$$

- **NUMERO DE LUMINARIAS** : Cada luminaria alojará 2 lamparas de 39 W, por lo tanto:

$$\# \text{ de luminarias} = \# \text{ de lamparas} / 2 = 19.42/2 = 9.71 \text{ luminarias}$$

Para facilidad de distribución el número de luminarias se redondea a 10 luminarias.

Considerando que la luminaria cuenta con 2 lamparas de 39 W y un reactor que consume 20 W, en total por cada luminaria tenemos una demanda de potencia que representa nuestra carga individual de 98 W.

La carga total viene siendo de $98 \text{ W} \times 10$, que es igual a 980 W.

CORRIENTE NOMINAL (I_n) : Se calcula a partir de la potencia total y del sistema de alimentación:

$$I_n = W / \text{Encos } \phi = 980 \text{ W} / (127 \text{ V} \times 0.9) = 8.57 \text{ A}$$

CONDUCTOR : Se determina de tablas con la corriente nominal corregida (I_c)

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 8.57 = 10.71 \text{ A}$$

Calibre del conductor (ver tabla apéndice b) 14 AWG

PROTECCIÓN : Se determina del catálogo del fabricante con el valor de la corriente nominal corregida 10.71 A

Pastilla termomagnética de 15 A

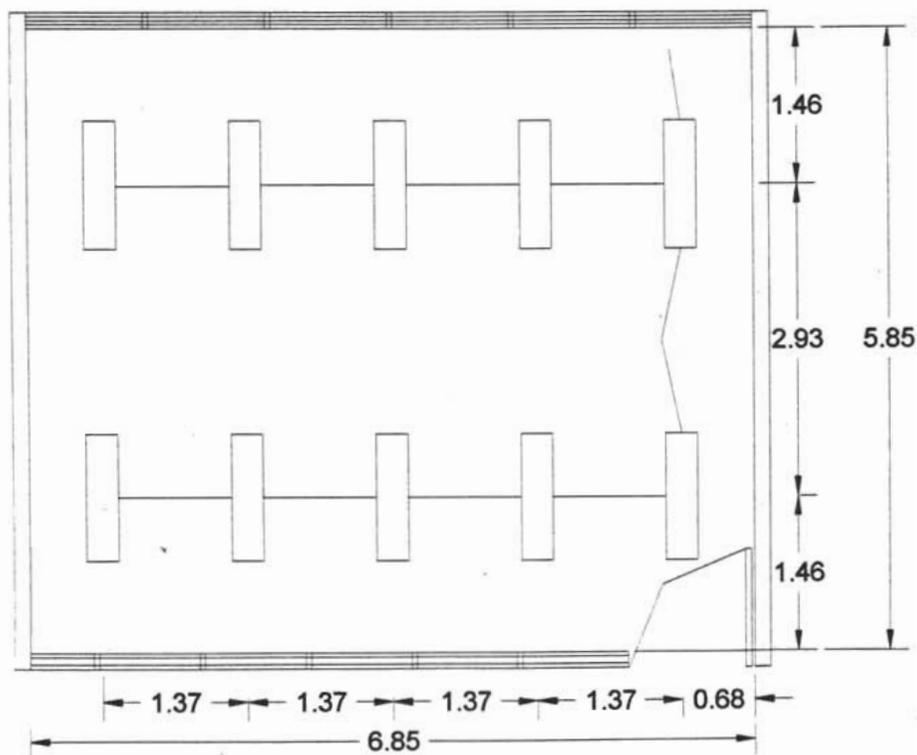


Fig. 3.3 Distribución de alumbrado zona 2, correspondiente a las áreas de Refrigeración y aire acondicionado, y Sistemas mecánicos

ZONA 3:

Área de lectura y almacén de materiales donde se realizan actividades diversas que requieren de una buena iluminación, sus dimensiones son 6 m de ancho por 8.5 m de largo, el plano de trabajo esta ubicado a 0.8 m de altura del piso, las luminarias se colocaran a una altura de 3 m sobre el nivel de piso terminado, el color de las paredes será blanco, la iluminación (E) requerida según tabla 3.4 es de 700 lux, la lampara a utilizar es fluorescente 39 W en gabinete de 2,el sistema de iluminación será directo.

- ILUMINACIÓN (E)= 700 lux
- SUPERFICIE (S) = ANCHO X LARGO = 6m X 8.5m = 51 m
- INDICE DEL LOCAL (K) = $AB/(H(A+B)) = 6 \times 8.5 / (2.2(6+8.5)) = 1.6$
- LAMPARA: fluorescente de 39 W, luz blanca.
- LUMINARIA: Gabinete metálico para sobreponer, capacidad para alojar 2 lamparas de 39 W y su reactor, con reflector de alta eficiencia y pantalla de acrílico .
- FACTOR DE UTILIZACIÓN (μ) : Dato seleccionado de tablas del fabricante de lamparas, a partir del índice de local (1.6), el tipo de luminaria seleccionada, el coeficiente de reflexión de las paredes y techo (0.75), siendo este de 0.43

- MANTENIMIENTO (M) : El mantenimiento (limpieza) se supone será bueno y por lo tanto la existencia de suciedad será BAJA, así pues podemos considerar de la tabla 1.6, un valor de 0.8
- FLUJO TOTAL (ΦT) = $ES/\mu M = (700 \text{ Lx} \times 51 \text{ m}^2)/(0.43 \times 0.8)$
= 103 779 lm
- NÚMERO DE LAMPARAS : Considerando que la lampara fluorescente de 39 W produce un flujo luminoso (ΦL) igual a 4400 lm tenemos el siguiente número de lamparas.
de lamparas = $\Phi T/\Phi L = 103\ 779 / 4400 = 23.58$ lamparas
- NUMERO DE LUMINARIAS : Cada luminaria alojará 2 lamparas de 39 W, por lo tanto:
de luminarias = # de lamparas / 2 = $23.58/2 = 11.79$ luminarias

Para facilidad de distribución el número de luminarias se redondea a 12 luminarias.

Considerando que la luminaria cuenta con 2 lamparas de 39 W y un reactor que consume 20 W, en total por cada luminaria tenemos una demanda de potencia que representa nuestra carga individual de 98 W.

La carga total viene siendo de $98 \text{ W} \times 12$, que es igual a 1176 W.

CORRIENTE NOMINAL (I_n) : Se calcula a partir de la potencia total y del sistema de alimentación:

$$I_n = W/Encos \phi = 1176 \text{ W} / (127 \text{ V} \times 0.9) = 10.28 \text{ A}$$

CONDUCTOR : Se determina de tablas con la corriente nominal corregida

(Ic)

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 10.28 = 12.86 \text{ A}$$

Calibre del conductor (ver tabla apéndice b) 14 AWG

PROTECCIÓN : Se determina del catálogo del fabricante con el valor de la corriente nominal corregida 12.86 A

Pastilla termomagnética de 15 A

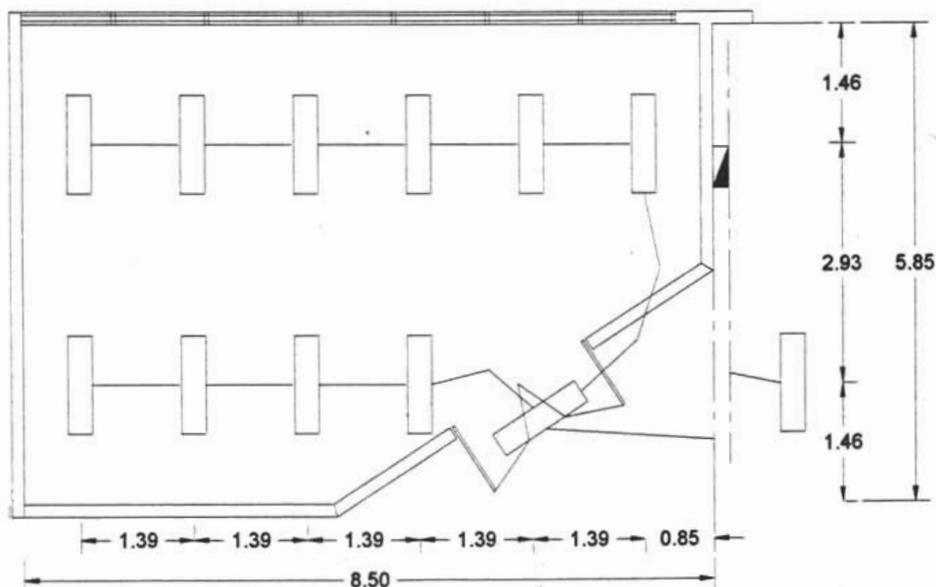


Fig. 3.4 Distribución de alumbrado zona 3, correspondiente a las áreas de Consulta, y equipo y material

ZONA 4:

Área de acceso, donde se comunican cada una de las diferentes áreas se requiere de iluminación suficiente para trasladarse con seguridad, sus dimensiones son variables por la forma de este, por lo que para motivos de calculo consideraremos un solo pasillo de dimensiones equivalentes al verdadero, estas son: 4 m de ancho por 41 m de largo, no existe plano de trabajo, solo se considerará la altura total pues el piso representa ahora nuestro plano de trabajo, las luminarias se colocaran a una altura de 3 m sobre el nivel de piso terminado, el color de las paredes será blanco, la iluminación (E) requerida según tabla 3.4 es de 300 lux, la lampara a utilizar es fluorescente 39 W en gabinete de 2, el sistema de iluminación será directo.

- ILUMINACIÓN (E)= 300 lux
- SUPERFICIE (S) = ANCHO X LARGO = 4m X 41m = 164 m
- INDICE DEL LOCAL (K) = $AB/(H(A+B)) = 4 \times 41 / (3(4+41)) = 1.21$
- LAMPARA: fluorescente de 39 W, luz blanca.

- LUMINARIA: Gabinete metálico para sobreponer, capacidad para alojar 2 lamparas de 39 W y su reactor, con reflector de alta eficiencia y pantalla de acrílico .
- FACTOR DE UTILIZACIÓN (μ) : Dato seleccionado de tablas del fabricante de lamparas, a partir del índice de local (1.21), el tipo de luminaria seleccionada, el coeficiente de reflexión de las paredes y techo (0.75), siendo este de 0.4
- MANTENIMIENTO (M) : El mantenimiento (limpieza) se supone será bueno y por lo tanto la existencia de suciedad será BAJA, así pues podemos considerar de la tabla 1.6, un valor de 0.8
- FLUJO TOTAL (Φ_T) = $ES / \mu M = (300 \text{ Lx} \times 164 \text{ m}^2) / (0.4 \times 0.8)$
= 153 750 lm
- NÚMERO DE LAMPARAS : Considerando que la lampara fluorescente de 39 W produce un flujo luminoso (Φ_L) igual a 4400 lm tenemos el siguiente número de lamparas.
 $\# \text{ de lamparas} = \Phi_T / \Phi_L = 153750 / 4400 = 34.94 \text{ lamparas}$

- **NUMERO DE LUMINARIAS** : Cada luminaria alojará 2 lamparas de 39 W, por lo tanto:

$$\# \text{ de luminarias} = \# \text{ de lamparas} / 2 = 34.94/2 = 17.47 \text{ luminarias}$$

Para facilidad de distribución el número de luminarias se redondea a 18 luminarias.

Considerando que la luminaria cuenta con 2 lamparas de 39 W y un reactor que consume 20 W, en total por cada luminaria tenemos una demanda de potencia que representa nuestra carga individual de 98 W.

La carga total viene siendo de $98 \text{ W} \times 18$, que es igual a 1764 W.

CORRIENTE NOMINAL (I_n) : Se calcula a partir de la potencia total y del sistema de alimentación:

$$I_n = W / \text{Encos } \phi = 1764 \text{ W} / (127 \text{ V} \times 0.9) = 15.43 \text{ A}$$

CONDUCTOR : Se determina de tablas con la corriente nominal corregida (I_c)

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 15.43 = 19.3 \text{ A}$$

Calibre del conductor (ver tabla apéndice b) 14 AWG

PROTECCIÓN : Se determina del catálogo del fabricante con el valor de la corriente nominal corregida 19.3 A

Pastilla termomagnética de 20 A

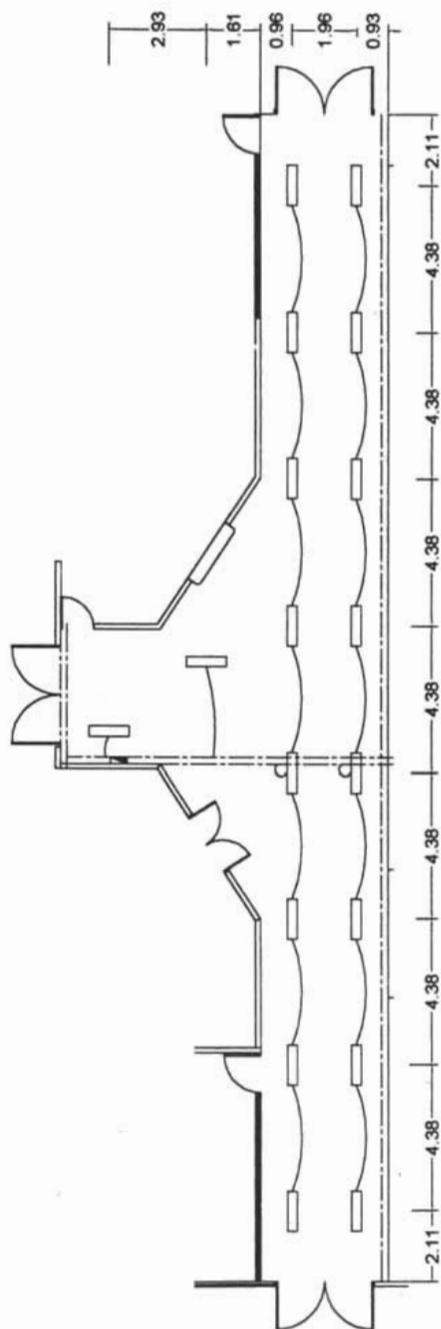


Fig. 3.5 Distribución de alumbrado zona 4, correspondiente al área de acceso

zona	Áreas	Carga en watt por área	total de luminarias	corriente corregida	calibre del conductor (AWG)	protección (A)	Potencia total (W)
Z1	5	1692	45 (2x75)	18.5	14	20	8460
Z2	2	980	20 (2x39)	10.71	14	15	1960
Z3	2	1176	24 (2x39)	12.86	14	15	2352
Z4	1	1764	18 (2x39)	19.3	14	20	1764
total							14536

TABLA 3.5 Resumen de la instalación de alumbrado.

3.2.3 Distribución de alumbrado

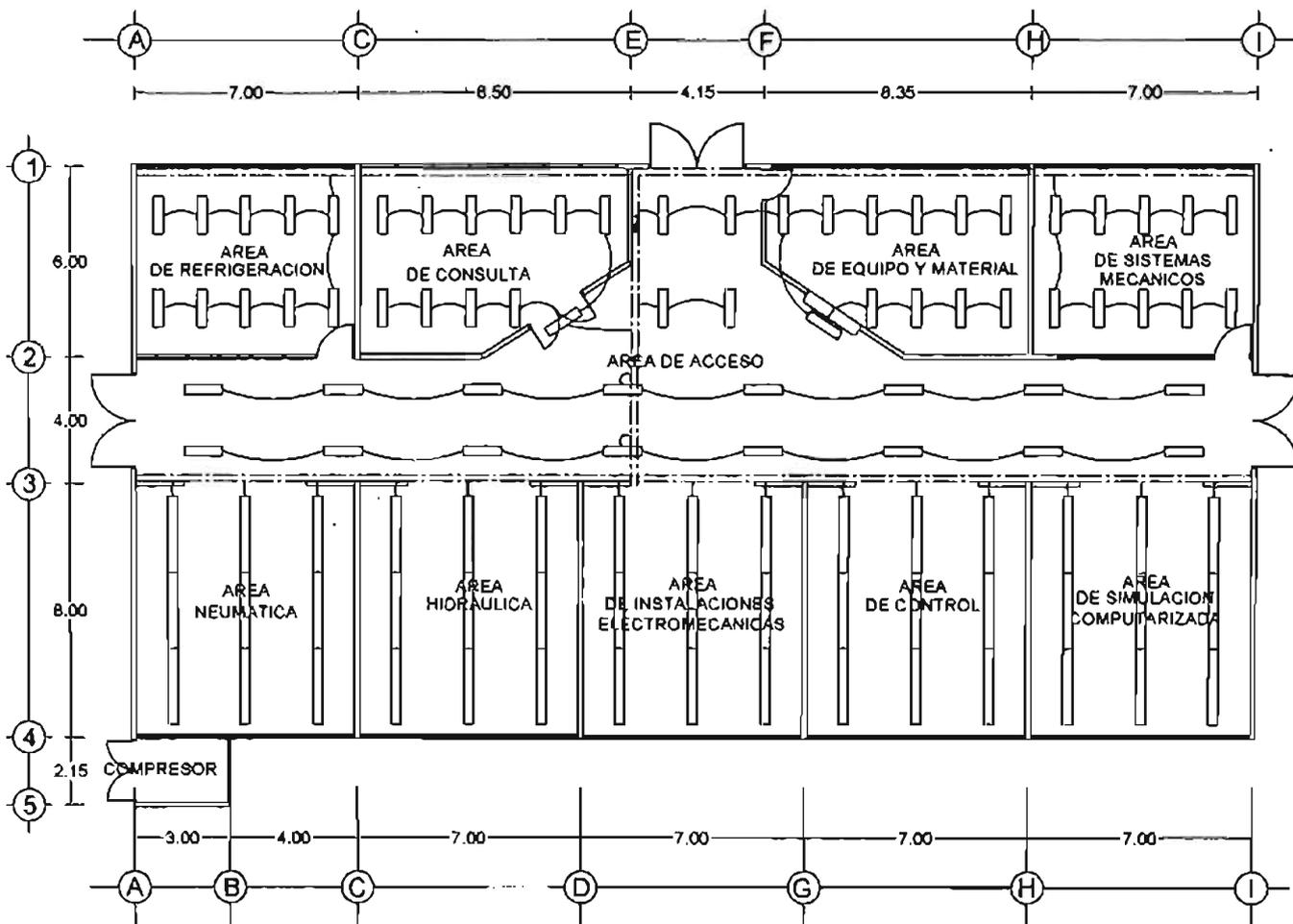
Una vez que se determina el número de luminarias necesarias para suministrar el nivel de iluminación requerido en la zona, se puede proceder a distribuir las luminarias de forma simétrica en el área que les corresponde, para que de esta manera la iluminación sea homogénea en toda el área. Ver fig.3.6

3.2.4 Cuantificación de material

NÚM.	CONCEPTO	CANT.
1	Luminarias 2x 39 W, marca luminex	62 pzs.
2	Luminarias 2 x 75 W, marca luminex	45 pzs.
3	Cable calibre 14 AWG, marca IUSA, desnudo.	700 m
4	Cable calibre 12 AWG, marca IUSA	1200 m
5	Cable de uso rudo, calibre 14, marca Monterrey	250 m
6	Tubo conduit pared gruesa ½ "	270 m
7	Cople para tubo conduit de ½ "	262 pzs
8	Caja cuadrada de ½ "	107 pzs
9	Tapa para caja cuadrada de ½ "	107 pzs
10	Contratuercas de ½ "	428 pzs
11	Monitores de ½ "	214 pzs
12	Clavijas 15 A, 250 V	107 pzs
	Contactos 15 A, 250 V	107 pzs

Tabla 3.6 Material para la instalación de alumbrado

Fig. 1.6 Croquis de distribución de alumbrado



3.3 Alimentador principal

Cuando ya se estableció concretamente la carga eléctrica total del lugar, se procede a calcular el circuito alimentador que suministrará potencia a la instalación. Hay que tomar en cuenta que la carga total conectada es producto de la combinación de cargas monofásicas y trifásicas, de alumbrado y fuerza, lo cual requiere que el sistema sea un sistema trifásico a 4 hilos. Hay que considerar también una distancia de 40 m de longitud hasta la acometida, que es la distancia entre la subestación y el tablero principal.

La tabla 3.7 muestra la potencia total de la carga conectada del presente proyecto, de la tabla 3.1 la de fuerza y de la tabla 3.5 la de alumbrado. En el caso de la potencia de fuerza se descuenta la potencia de 5000 W correspondientes al área de instalaciones electromecánicas, por no representar una carga real pues su fin es didáctico.

INSTALACIÓN	POTENCIA (W)
fuerza	35530
Alumbrado	14536
total	50066

Tabla 3.7 Resumen de carga conectada

Tomando en cuenta que la carga conectada no se usa al mismo tiempo se procede a corregir la carga total por un factor de demanda que varía de 0.6 a 0.9, de tal forma que se eviten calibres de conductores demasiado gruesos sin

justificación. En este diseño el factor de demanda que se propone es igual a 0.7, teniendo lo siguiente:

$$\text{Carga real} = \text{Carga conectada} \times \text{F.D.}$$

$$\text{Carga real} = 50066 \times 0.7 = 35046.2 \text{ W}$$

$$I_c = 35046.2 / (3 \times 220 \times 0.85) = 108.33 \text{ A}$$

CONDUCTOR CALIBRE (ver apéndice b), 3 AWG 90 °C

PROTECCIÓN : 150 A

$$e \% (2 \text{ AWG}) = (2 \times 40 \times 108.33) / (127 \times 33.62) = 2 \%$$

AREA	CARGA A (W)	CORRIENTE Ic (A)	NÚM. DE CTOS.	CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG)	CAPACIDAD DE LA PROTECCIÓN (A)
Alimentador	35046.2	108.33	1	2	150

Tabla 3.8 Especificaciones del circuito alimentador

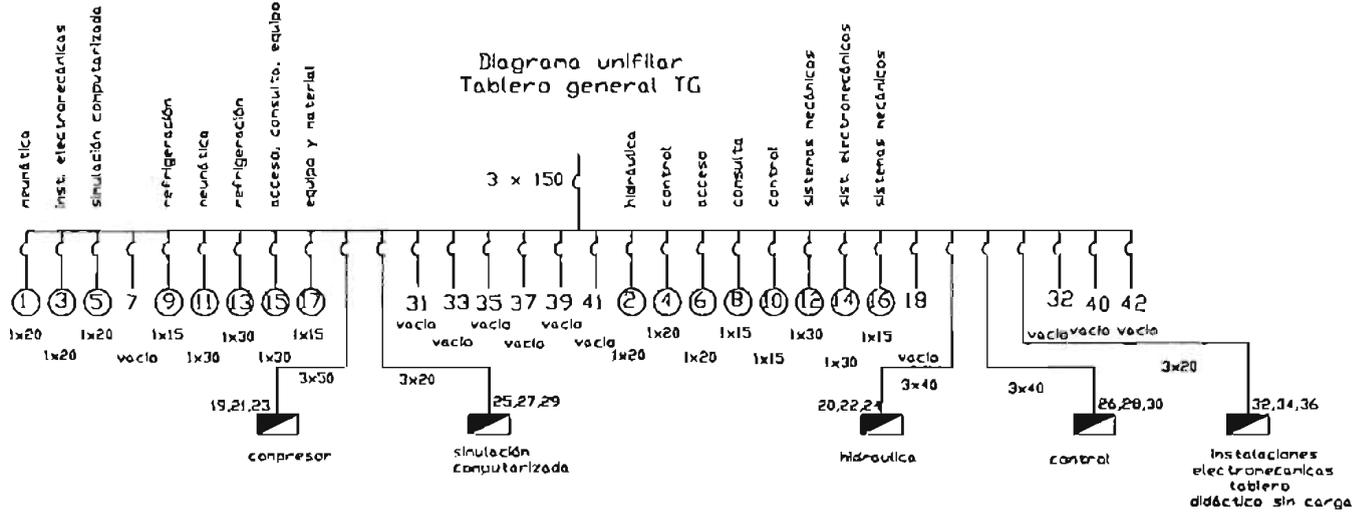
El cuadro de cargas de la instalación queda de la siguiente manera:

TABLERO GENERAL "TG"											
cto.	carga							fases			prot. (A)
								A	B	C	
	180 W	500 W	5 HP	2x39 W	2x75 W	7400 W	10000 W				
1					9			1692			20
2					9			1692			20
3					9				1692		20
4					9				1692		20
5					9					1692	20

6				18					1764	20
7										
8				12			1176			15
9				10				980		15
10	5							900		15
11	10								1800	30
12	10								1800	30
13	10						1800			30
14	10						1800			30
15	10							1800		30
16				10				980		15
17				12					1176	15
18										
19			1/3				1243			50
20					1/3		2467			40
21			1/3					1244		50
22					1/3			2466		40
23			1/3						1243	50
24					1/3				2467	40
25	8						1440			20
26						1/3	3333			40
27	9							1620		20
28						1/3		3334		40
29	8								1440	20
30						1/3			3333	40
31										
32			1/3							20
33										
34			1/3							20
35										
36			1/3							20
37										
38										
39										
40										
41										
42										
							16643	16708	16715	50066

Tabla 3.9 Cuadro de cargas tablero general TG

Fig. 3.7 Diagrama unifilar tablero "TG"



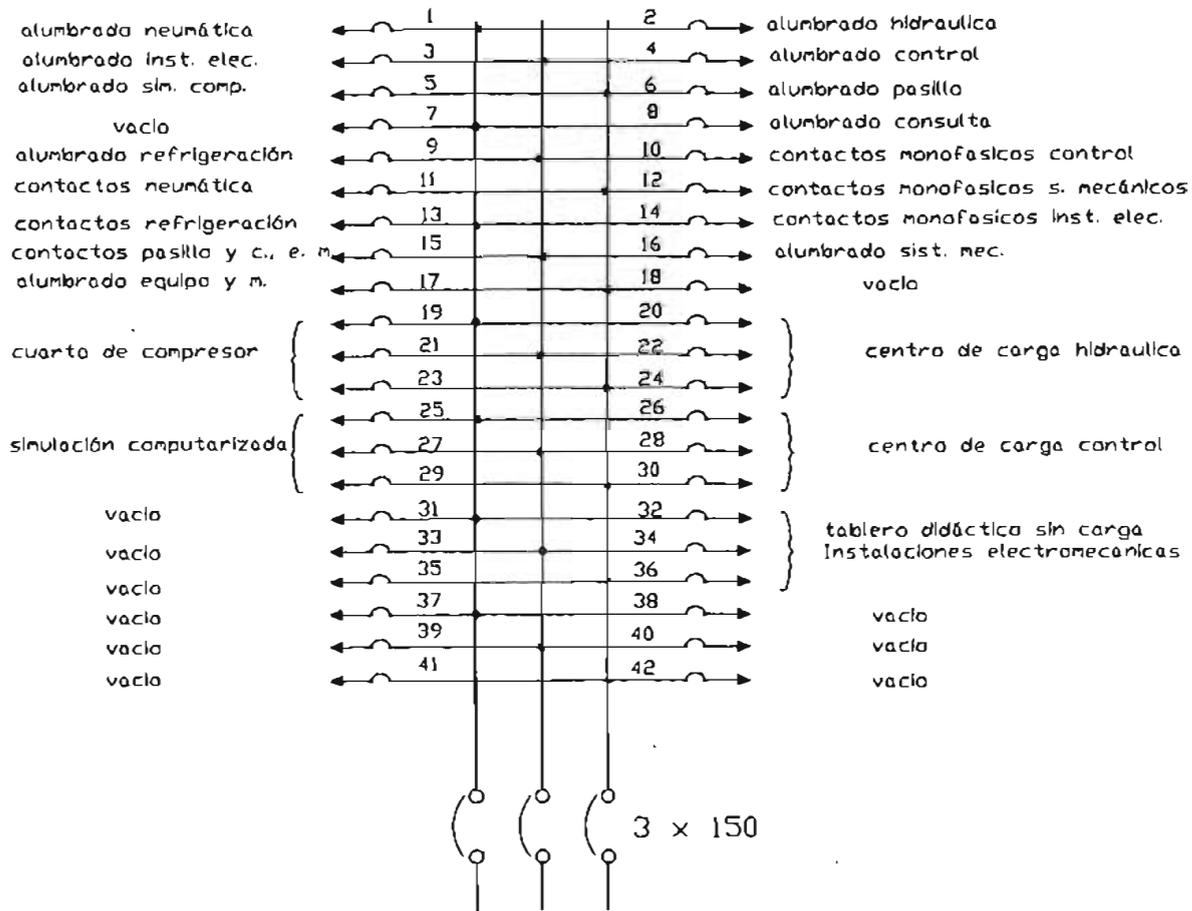


Fig. 3.8 Acomodo de circuitos en el tablero

3.4 Red de tierras

Los procedimientos de diseño en el sistema de tierra es particular de cada instalación eléctrica. A continuación se presenta el desarrollo seguido para diseñar la red de tierras del taller electromecánico del presente trabajo.

3.4.1 Análisis de la red de tierras

Para el presente diseño, el sistema de tierras se diseñará en función de la siguientes características: Tomando en cuenta la distribución del taller, el costo del sistema y el tipo de servicio de distribución más apropiada, en este caso, una distribución en anillo. Como valor de corriente de corto circuito suministrado por la red se supondrá un valor de 10 KA, para la determinación de la resistividad del suelo se sabe que el plantel se ubica en una zona que fue de cultivo y por lo tanto de la tabla 1.7, para un suelo orgánico se tiene una resistividad de 50 Ω -m. El material de tierra a utilizar es conductor de cobre.

3.4.2 Cálculo de la red de tierras

Pccs - Potencia de corto circuito que suministra la fuente.

Iccs - Corriente de corto circuito que suministra la fuente.

Iccm - Corriente de corto circuito aportada por los motores en el momento de falla.

Iccst - Corriente de corto circuito total.

Zs - Impedancia de la fuente de alimentación.

Zc - Impedancia del conductor alimentador.

Zt - Impedancia total hasta el punto de falla.

El sistema de alimentación del taller electromecánico corresponde a una distribución trifásica 220/127 Volts en sistema a 4 hilos (tres fases y el neutro) la corriente de corto circuito (Iccs) en el punto de alimentación se supondrá que es de 10 KA, el numero de motores en el taller es :

- 10 motores de $\frac{3}{4}$ HP rotor jaula de ardilla
- 10 motores de $\frac{1}{2}$ HP rotor jaula de ardilla.
- 1 motor de 5 HP rotor jaula de ardilla

La distancia que existe entre la subestación y el taller es de 40 m, el calibre del conductor alimentador es 2 AWG en tubo conduit de 38 mm.

La corriente agregada de corto circuito que proporcionan los motores (Iccm) en el momento de falla, corresponde a un valor igual a 5 veces la suma de las corrientes nominales de cada motor, por lo tanto:

motor	In (A)	Núm. de motores	total (A)
$\frac{3}{4}$ HP	3	10	30
$\frac{1}{2}$ HP	2	10	20
5 HP	15	1	15
			65

Tabla 3.10 Resumen de motores en la instalación

$$I_{ccm} = 5 \times 65 = 325 \text{ A}$$

$$P_{ccs} = 1.73 \times 220 \times 10000 = 3\ 806\ 000 \text{ VA}$$

La impedancia (Z_s) de la red en el lugar de la alimentación es :

$$Z_s = V^2 / P_{ccs} = 220^2 / 7612000 = 0.0127 \ \Omega$$

Despreciando el valor resistivo del conductor y tomando el valor de reactancia igual a $0.0116 \ \Omega/100 \text{ m}$ dado en la tabla, para un conductor 2 AWG tenemos que la impedancia de 40 m de conductor es:

$$Z_c = (0.0116 \times 35) / 100 = 0.00464 \ \Omega$$

La impedancia total (Z_t) en el punto de falla es igual a la impedancia del sistema (Z_s) mas la impedancia del conductor (Z_c).

$$Z_t = 0.0127 \ \Omega + 0.00464 \ \Omega = 0.01735 \ \Omega$$

La corriente de corto circuito en el punto de entrada al tablero de distribución se puede calcular a partir del voltaje de alimentación y la impedancia equivalente hasta el punto de falla con la siguiente formula:

$$I_{ccst} = V_s / (1.73 \times Z_t)$$

$$I_{ccst} = 220 / 1.73 \times 0.01735 = 7329.5 \text{ A}$$

Con este valor de corriente de corto circuito (I_{ccst}), más la corriente que pueden suministrar los motores (I_{ccm}) de la instalación al momento de la falla, calculado como 5 veces la corriente a plena carga de todos los motores. Tenemos la corriente total de corto circuito máxima que pudiera presentarse en un momento de falla (I_{cct}).

$$I_{cct} = I_{ccst} + I_{ccm} = 7329.5 + 325 = 7654.5$$

A partir de este valor de corriente de corto circuito en el punto de entrada de la alimentación al tablero de distribución para el taller electromecánico, que es el diseño en cuestión, podemos determinar el área de la sección transversal del conductor de la malla de la red de tierras.

De la tabla que corresponde a la cantidad de área en circular mil por 1 Ampere de corriente de corto circuito y tomando en cuenta un tiempo de duración de la falla de 1 segundo, tenemos:

$$\text{Area del conductor} = 7654.5 \times 9.5 = 72718 \text{ CM}$$

Si $1 \text{ CM} = 0.0005067 \text{ mm}^2$ entonces el área del conductor es:

$$\text{Area del conductor} = 72718 \times 0.0005067 = 36.84 \text{ mm}^2$$

que corresponde al calibre 1 AWG

3.4.3 Distribución de la red de tierras

Conociendo el calibre de la malla de tierra se procede a realizar el arreglo preliminar del sistema de tierra, el cual queda como a continuación se presenta:

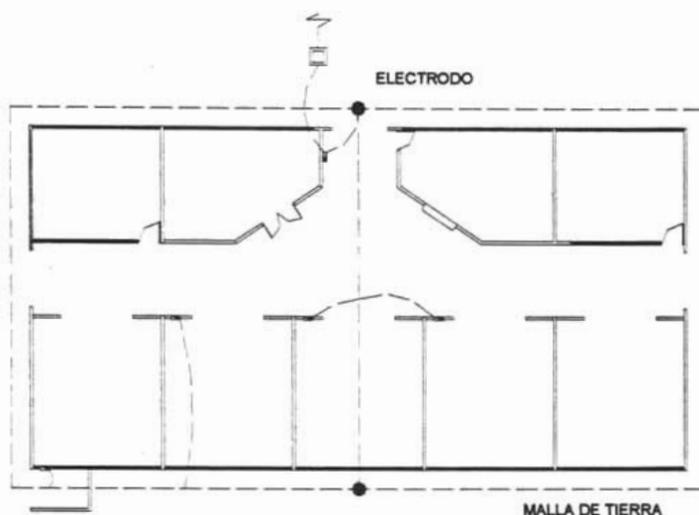


Fig. 3.9 arreglo de la malla de tierra

Con este arreglo preliminar el conductor de la malla de tierra queda con una longitud de 135.45 m , dos electrodos ubicados en el arreglo mostrado en la figura 3.9 , un calibre de 1 AWG y una profundidad de 1 m.

A esta malla serán conectados todos los gabinetes de los centros de carga del taller, con conductores desnudos según calibre indicado en la tabla d2 apéndice d, donde se indica el calibre mínimo para la conexión al electrodo de tierra, en este caso una malla de tierra. La conexión a tierra de los circuitos derivados de distribución y sus correspondientes canalizaciones metálicas se hará de acuerdo a lo establecido en la tabla d3 apéndice d, donde se especifica el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra para equipo y canalizaciones interiores.

Revisando los valores del sistema se observa lo siguiente:

Con la formula de Laurent se puede calcular la resistencia de la red de tierra, quedando de la siguiente forma:

$$R = (\rho/ 4r) + (\rho/L) = (50/4 \times 20) + (50/135.45) = 0.99 \Omega$$

Donde:

R resistencia de la red de tierra en Ω

r radio equivalente del taller en m

ρ resistividad del terreno en Ω -m

L longitud de la malla de tierra en m

Este valor es considerable , por lo tanto para disminuirlo un poco más es necesario disminuir la resistividad del suelo aplicando un material que mejore las propiedades del suelo disminuyendo su resistividad. A este material se le conoce con el nombre de intensificador, es un compuesto químico que mejora las propiedades conductoras del suelo y por ende disminuye la resistividad del suelo. Con este tratamiento se espera disminuir la resistividad del suelo a 10 Ω -m, lo cual se reflejará en una disminución de la resistencia del sistema.

$$R_{nueva} = (10/80) + (10/135.7) = 0.198 \Omega$$

3.4.4 Cuantificación de material

NÚM.	CONCEPTO	CANT.
1	Cable calibre 1 AWG desnudo , Marca Viacon	140 m
2	Cable calibre 14 AWG desnudo , Marca Viacon	1000 m
3	Cable calibre 12 AWG desnudo , Marca Viacon	200 m
4	Cable calibre 8 AWG desnudo , Marca Viacon	100 m
5	Electrodos de tierra, Varillas Coperweld 3.05 m, d= ½ "	2 pza
6	Conectores soldables, Marca Mexweld, cable a cable de paso, CCP-2/0.	
7	Conectores soldables, Marca Mexweld, Cable a cable con derivación, CCD-1-6.	4 pza
8	Conectores soldables, Marca Mexweld, cable de paso a varilla, CPV-1/2-1	3 pza
9	Conectores soldables, Marca Mexweld CCXE-1-6	3 pza

Tabla 3.11 Material para la instalación de la red de tierra

CAPITULO 4

INSTALACIONES DIVERSAS

4.1 Instalación neumática.

Una de las finalidades del área neumática, es proporcionar las instalaciones necesarias para trabajar y estudiar con los equipos neumáticos. De este fin se deriva la necesidad de un suministro de aire a presión, que requieren los módulos didácticos para su correcto funcionamiento.

Aunque los módulos didácticos cuentan con un suministro opcional de un compresor individual por módulo, se opto para evitar el ruido generado por los compresores, utilizar un compresor único, el cual es ubicado fuera del taller donde se minimiza el ruido.

Este suministro de aire a presión, debe mantener un servicio constante y suficiente para el total de los módulos , además de mantener una presión de 3 bar o 43.5 lb/in². Por la ubicación del compresor, se debe contar con una red de tuberías que distribuyan el aire a presión a las diferentes ubicaciones de los módulos.

4.1.1 Análisis de la instalación neumática.

La alimentación de aire a presión se distribuirá por el área de neumática , contando con 10 salidas de suministro. El trabajo que realiza la instalación es intermitente.

En condiciones normales de trabajo el caudal de trabajo se especifica a partir del volumen interno de todos los elementos neumáticos que participan en el sistema, y la velocidad de trabajo. Para este equipo didáctico de volumen reducido y trabajo discontinuo e intermitente se supone un caudal máximo de 50 lt/min por salida.

Por lo tanto el caudal de alimentación es de 10 veces el caudal máximo por salida.

$$Q = 10 \times 50 = 500 \text{ lt/min}$$

Con los datos de caudal de alimentación $Q = 500 \text{ lt/min}$, una presión de trabajo $P = 3 \text{ bar}$, una pérdida de presión en el trayecto del 5 % y una distancia máxima de 10 m. En el nomograma de la fig. 4.1, se determina el diámetro de la tubería a utilizar bajo las condiciones expuestas expresadas en Kg/cm^2 .

$$3 \text{ bar} = 3.05916 \text{ Kg/cm}^2$$

$$5\% \text{ de pérdida de presión} = 0.15295 \text{ Kg/cm}^2$$

El diámetro de la tubería se encuentra entre $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ", seleccionando por conveniencia el de $\frac{3}{4}$ ", de forma opcional se puede disminuir el diámetro a $\frac{1}{2}$ " en las dos ramas en que se divide la tubería de alimentación, pues estas alimentan solo a 5 salidas cada una, lo que disminuye a la mitad el caudal.

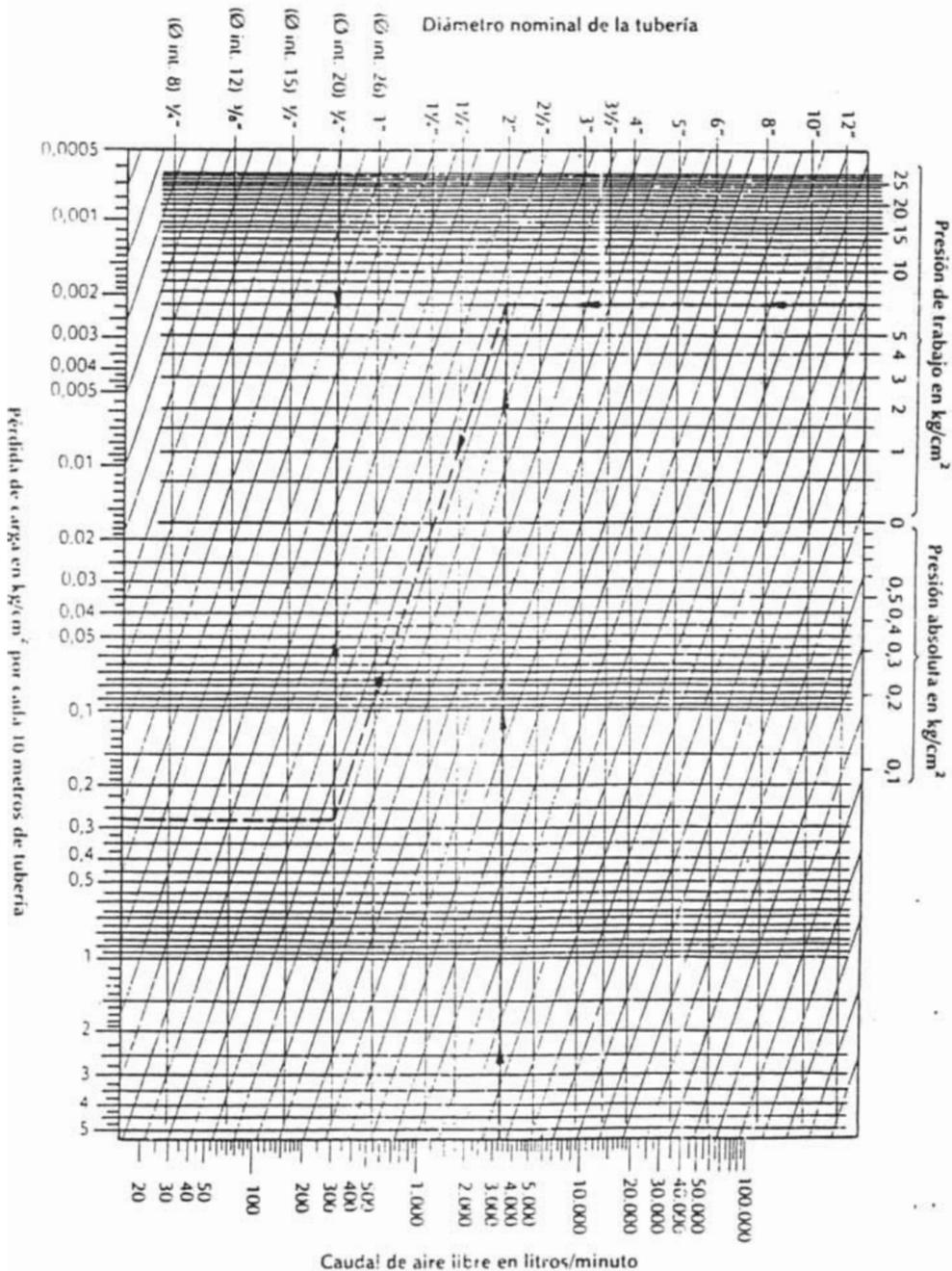


Fig. 4.1 Nomograma para calculo de tubería.

Para seleccionar el equipo de compresión, es necesario conocer la presión de trabajo y el caudal máximo del sistema. Con estos datos se busca en catálogos el equipo que cumpla con estas características de servicio.

El equipo seleccionado es un compresor ALANSA que cuenta con un motor de 5 HP, suministra una presión de trabajo de 12 Kg/cm² o 11.77 bar y cuenta con un acumulador de 302 lt

4.1.2 Distribución de tubería neumática.

A continuación se presenta la distribución de la tubería de alimentación para los módulos de neumática.

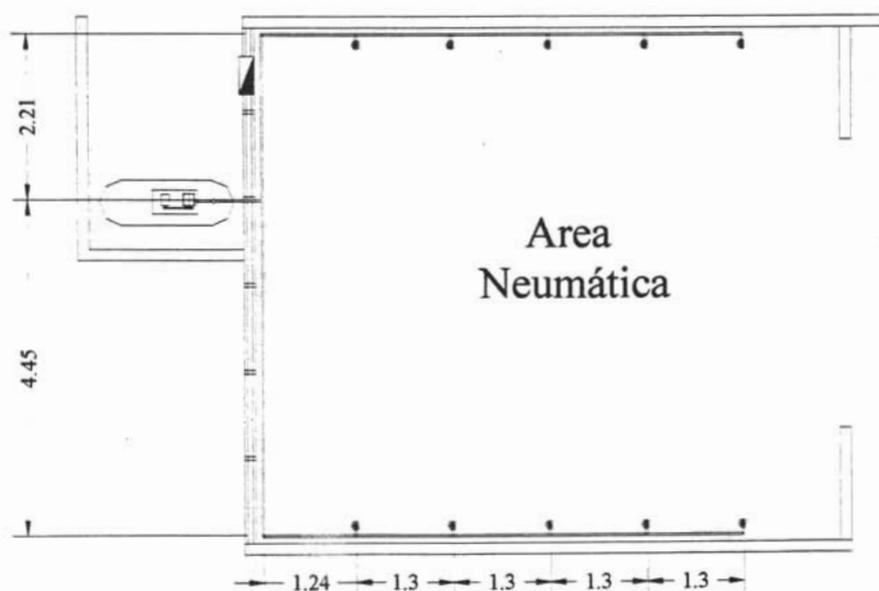


Fig. 4.2 Distribución de la tubería de alimentación

4.1.3 Instalación del compresor

El compresor de aire, se acciona por un motor trifásico jaula de ardilla, 5 HP, 220 V, 60 Hz, con arrancador a tensión plena, accionamiento manual y automático. A una distancia del centro de carga de 6 m.

La corriente nominal (I_n) del motor es:

$$I_n = P / (1.73 \times V \times F.P. \times \eta) = (5 \times 746) / (1.73 \times 220 \times 0.85 \times 0.85) =$$

13.54 A

El calibre del conductor se determina a partir de la corriente corregida.

$$I_c = 1.25 I_n = 1.25 \times 13.54 = 16.92 \text{ A}$$

De la tabla apéndice b el calibre correspondiente es el 14 AWG, pero por norma y seguridad utilizaremos calibre 10 AWG.

La protección contra sobrecarga se calcula a partir de la corriente corregida para esta protección .

$$I_s = 1.15 I_c = 1.15 \times 13.54 = 15.57 \text{ A}$$

Con este valor de corriente se determina que el elemento térmico de la protección contra sobrecarga debe ser de 15.57 A o el valor superior más cercano.

La protección contra cortocircuito se calcula a partir de la corriente nominal corregida de tal forma que permita el arranque del motor, según su tipo de protección, la corriente de arranque para estos motores es de 300 % la corriente nominal.

$$I_c = 3 I_n = 3 \times 13.54 = 40.62 \text{ A}$$

Lo cual permite seleccionar una pastilla termomagnética de 3 x 40 A o fusibles de 60 A.

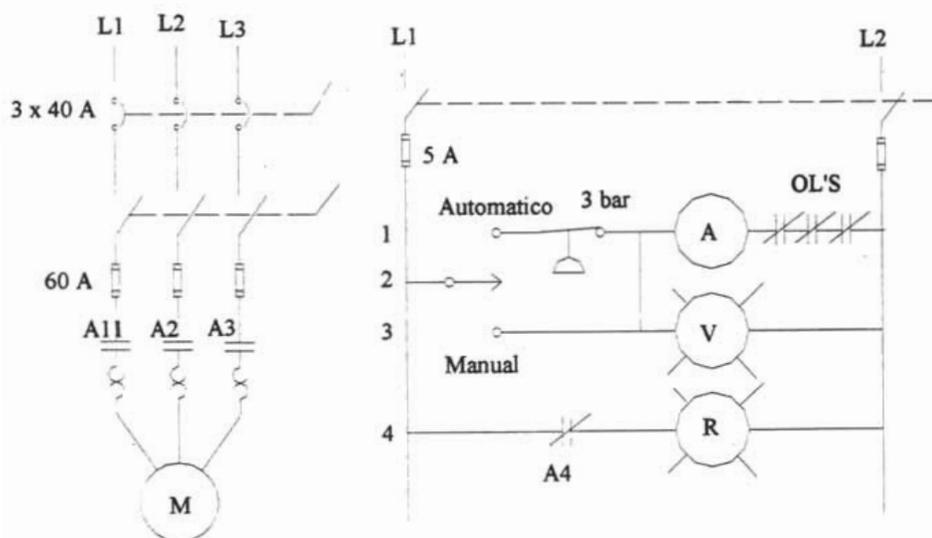


Fig. 4.3 Diagrama de potencia y control para el compresor

4.1.4 Cuantificación de material.

NÚM.	CONCEPTO	CANT.
1.	Compresor ALANSA, motor de 5 HP	1
2.	Arrancador electromagnético para motor de 5 HP	1
3.	Gabinete para arrancador electromagnético	1
4.	Interruptor de navajas, marca Square D, 3 polos, 60 A, 250 V	1
5.	Tubo galvanizado cédula 40, 3/4", tramo de 6 m.	4
6.	codo galvanizado cédula 40, 90 x 3/4"	6
7.	Tee galvanizada cédula 40, pareja de 3/4"	9
8.	Reducción de hierro galvanizado, roscada, 3/4" - 3/8"	10
9.	Tuerca unión galvanizada de 3/4"	1
10.	Salida de conexión rápida neumática, 3/8"	10
11.	Unidad de mantenimiento	1
12.	Válvula de paso, tipo globo, para gas, marca urrea.	1

Tabla 4.1 Material para Neumática

4.2 Instalación de simulación computarizada

El suministro de potencia eléctrica para las computadoras se determina a partir del número de equipos a conectar, esto repercute en las especificaciones de conductores y protecciones. Pero también se debe tomar en cuenta que las computadoras requieren una cierta calidad en el suministro eléctrico, además de un respaldo en caso de suspensión del mismo; en otras palabras una buena regulación del voltaje, supresión del ruido eléctrico y potencia de respaldo. Existen equipos llamados UPS que son sistemas de alimentación ininterrumpida y reguladores de voltaje capaces de solucionar estas condiciones, solo basta especificar la carga a alimentar para escoger el equipo a instalar.

4.2.1 Análisis de la potencia para unidad acondicionadora de sistemas computarizados.

Para determinar la potencia consumida por los equipos de computo, se revisa el número de elementos con que cuenta el equipo, la potencia que consumen individual y luego como equipo, este valor lo multiplicamos por el número de equipos y se aplica un factor de corrección por demanda futura.

A continuación se desglosa los elementos que componen a un equipo de computo y sus potencias aproximadas:

CPU 50 W

MONITOR 70 W

MULTIMEDIA 30 W

Total por equipo 150 W , para 25 equipos se necesitan 3750 W, tomando en cuenta una demanda futura del 50 % , se obtiene una potencia mínima del equipo de 5625 W.

Por lo tanto para especificar el equipo acondicionador tenemos una potencia de 5.6 KW a un factor de potencia unitario y una alimentación trifásica a 220 V de corriente alterna, en la salida alimentación monofásica entre línea y neutro.

En este caso el equipo que presenta las mejores características es un equipo VOGAR, modelo LAN-36 con una capacidad de 6 KVA, 16 A por fase, calibre recomendado del 12 AWG, un peso aproximado de 45 Kg, y medidas de : 63 cm de altura, 26 cm de ancho y 43 cm de fondo.

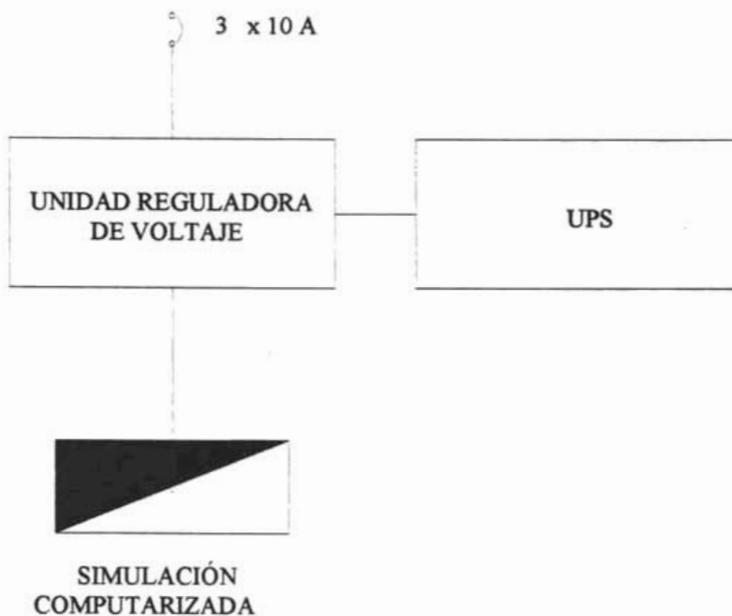


Fig. 4.4 Diagrama a bloques de unidades de regulación y respaldo

4.2.2 Cuantificación de material

NÚM.	CONCEPTO	CANT.
1	Unidad reguladora de voltaje, Marca vogar, Modelo LAN-36	1
2	UPS, Marca Vogar.	1

Tabla 4.2 Material para sistemas computarizados

4.3 Sistema automático de alumbrado.

En la actualidad, muchas de las ocasiones no basta con un diseño de instalaciones eléctricas seguro, confiable, eficiente y económico; que cumpla con las expectativas de los usuarios y las actividades que estos realizan. Hoy día surge la necesidad de ir más allá de la eficiencia y la economía exigida en la instalación de los equipos nuevos, en los diseños debemos proyectar la eficiencia y la economía a largo plazo, es decir, que la instalación o instalaciones operen de forma óptima y económica durante su tiempo de vida útil. Nuevas condiciones que naçen en un mundo donde el desperdicio de energía tiende a ser erradicado por sistemas capaces de ahorrar energía, contribuyen a hacer más eficiente los sistemas y por ende las instalaciones. A continuación se presenta una propuesta de un sistema automático que controle el alumbrado de las diferentes áreas existentes en el proyecto, de tal suerte, que el alumbrado por área solo opere cuando halla la presencia de un usuario, de lo contrario éste se encuentre fuera de servicio.

4.3.1 Análisis del sistema automático de alumbrado.

Para que el sistema de alumbrado se vuelva más eficiente en su operación, es necesario considerar como algo extra, el funcionamiento de éste sólo cuando en el área se encuentre algún usuario, lo cual implica que las áreas desocupadas se encuentren fuera de servicio y por lo tanto sin gastar energía.

Bajo los términos antes mencionados, se debe tomar en cuenta que las áreas correspondientes a los diferentes talleres son lugares muy transitados e independientes. Por lo general, cada área será ocupada por un número de usuarios bien definido que va desde 1 hasta un máximo de 51 personas de forma cotidiana y esporádicamente 5 personas más, como se menciono las áreas son muy independientes enlazadas a través de un pasillo general. Así pues, el sistema automático que se proponga debe considerar el tránsito intenso del taller, el número de usuarios y el servicio independiente por área. Por lo menos se deben considerar 9 áreas de interés para ser automatizadas, que son: Neumática, Hidráulica, Control, Sistemas electromecánicos, Sistemas computarizados, Refrigeración, Sistemas mecánicos, Equipo y material, y la sala de consulta.

El sistema automático de alumbrado, se conformará de dos etapas; por un lado la etapa de potencia con las características eléctricas adecuadas y suficientes para soportar la carga de alumbrado, además de la señalización de estado de encendido y fuera de servicio, un selector de función automática y normal o manual, y las protecciones necesarias. Por otro lado, debe de contar con una etapa de control que sea capaz de sensar la presencia de usuarios, procesar la información y girar la señal de activación de la etapa de potencia. A continuación la figura 4.5 muestra el diagrama a bloques del sistema automático, cave mencionar que el sistema a diseñar es prototipo para una área y se puede repetir para el número de áreas que sean necesarias.

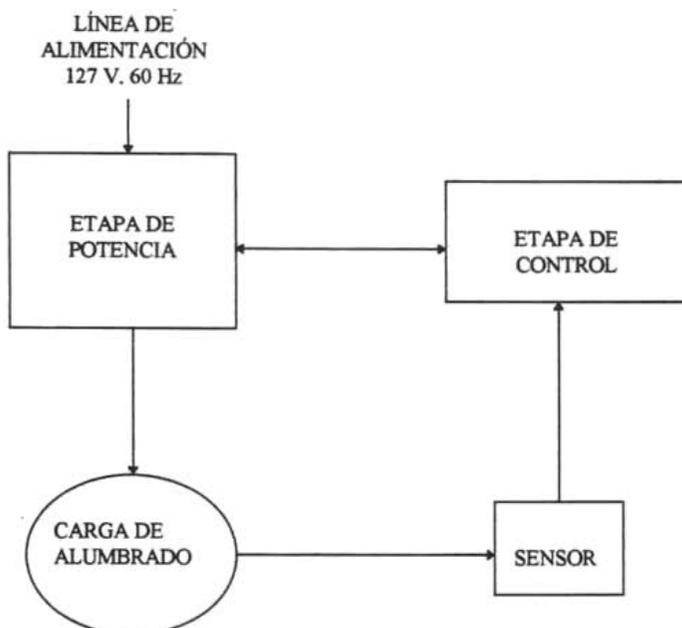


Fig. 4.5 Diagrama a bloques del sistema de alumbrado

4.3.2 Diseño de la etapa de potencia

Recordando, el sistema de alumbrado esta integrado por luminarias con lamparas fluorescentes de alta eficiencia de dos capacidades , 2 x 39 W y 2 x 75 W, se diseñaron 10 circuitos de alumbrado de los cuales solo interesan 9, los cuales corresponden a las áreas de mayor afluencia, es decir, Control, Instalaciones Electromecánicas, Hidráulica, Neumática, Refrigeración, Sistemas Mecánicos, Consulta, Equipo y material y Sistemas Computarizados. El área descartada corresponde a la zona de acceso la cual siempre tiene la posibilidad de estar ocupada y no tiene caso controlar automáticamente, además es el área de menor iluminación y menor consumo de potencia por metro cuadrado. La

potencia demandada por cada circuito varia entre los 980 W y los 1692 W. Las protecciones están determinadas para cada circuito, siendo de 15 A y 20 A respectivamente.

Se propone utilizar un relevador de contactores con capacidad de 20 A y voltaje de trabajo mínimo de 250 V corriente alterna. La bobina del relevador se propone sea de 24 V de corriente directa. Con este valor de voltaje de la bobina se esta determinando el voltaje principal de la etapa de control. La capacidad de los contactores se deriva directamente de la capacidad de la protección mayor de tal forma que el diseño resultante sea aplicable a todos los circuitos de alumbrado de este diseño. En la figura 4.7 se presenta el diagrama de conexión de la etapa de potencia.

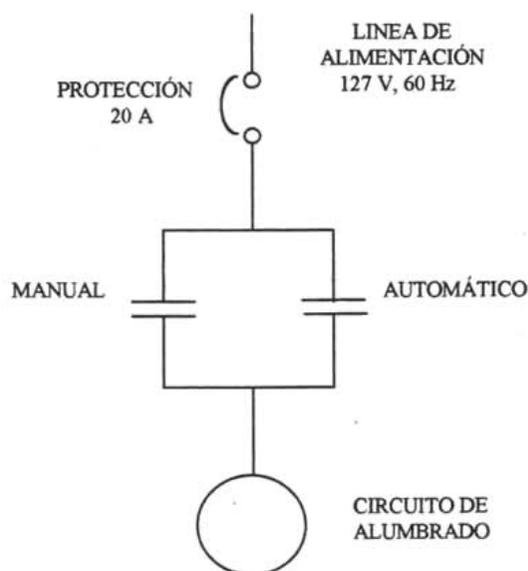


Fig. 4.6 diagrama unifilar de potencia.

Cabe mencionar que los cálculos para determinar el calibre del conductor por ampacidad y caída de tensión, y la capacidad de la protección contra corto circuito se realizaron en la sección 3.2.

4.3.3 Diseño de la etapa de control

Para el sistema de control, se determina las siguientes características:

- Capacidad de detectar las entradas y las salidas del usuario al área donde se desea controlar.
- Capacidad para contabilizar el número de usuarios de tal forma que solo se apague el alumbrado cuando se encuentre vacía el área bajo control, en otras palabras, que el número de personas que ingresaron sea igual al número de personas que han salido.
- Capacidad para accionar el encendido del alumbrado de forma automática con la sola presencia del usuario.

De acuerdo a las características antes descritas, se propone que el sistema de control conste de las siguientes etapas:

1. Sensor de entrada; Su trabajo es detectar la presencia de una persona que ingrese al área y mandar una señal que permita contabilizar la entrada.

2. Sensor de salida: Su trabajo es detectar la presencia de una persona saliendo del área y producir una señal que permita decrecer la cuenta de entradas.
3. Contador: Circuito digital que permita llevar la cuenta de las personas que entran y salen del área, por tal motivo se sugiere que cuente de forma ascendente y descendente, además que permita una cuenta mínima de 1 persona y máximo de 99 personas, siendo el doble de lo que se estima cuente un grupo de alumnos como máximo.
4. Circuito combinacional : Encargado de procesar las señales de entradas y salidas y determinar el momento de mandar la señal de activación del sistema de potencia. En todo caso dicha señal será expedida solo cuando la cuenta de entradas y salidas este en cero.
5. Circuito de activación: Circuito encargado de accionar las bobinas de los relevadores que cerraran los circuitos de potencia.
6. Fuente de alimentación: circuito encargado de suministrar la potencia adecuada, para que trabajen los circuitos de control.

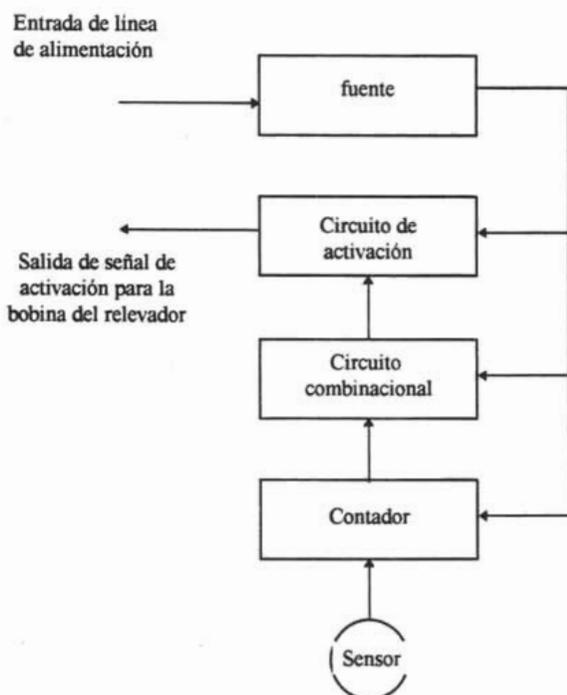


Fig. 4.7 Diagrama a bloques de la etapa de control

4.3.3.1 Diseño de sensor de entradas y salidas

Se propone utilizar un circuito cerrado por un haz de luz infrarroja como señal de detección, para generar esta señal se utilizará un diodo emisor de luz infrarroja (D1) como emisor y en el otro extremo un fototransistor como elemento receptor. Básicamente se espera generar un haz de luz infrarroja que al ser interrumpida, -- momento en el que una persona lo cruce --, mande una señal eléctrica digital que pueda ser empleada por el contador para hacer variar la cuenta. Debido a que el circuito contador usará tecnología TTL, se determina

que el circuito sensor funcione con un voltaje de 5 V, que es el valor de polarización comercial para circuitos TTL.

Tanto el sensor de entradas como el de salidas utilizará el mismo diseño, lo que cambiará será la utilización de la señal que expida ya que una será utilizada para incrementar el conteo y la otra será usada para decrecer el conteo.

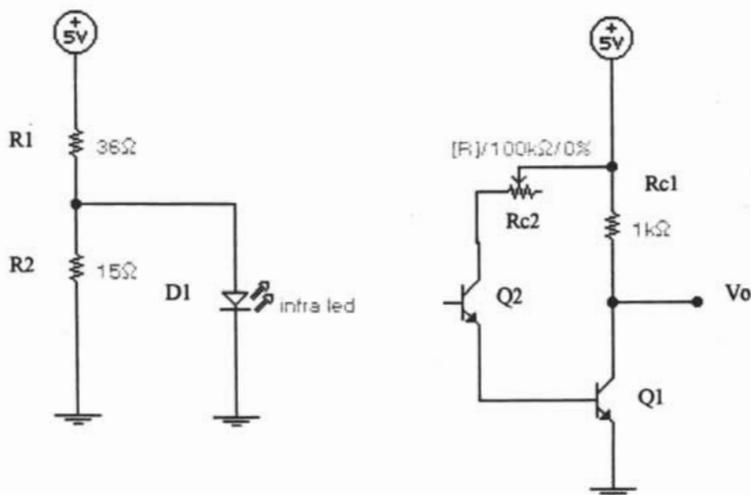


Fig. 4.8 Circuito eléctrico del sensor

De la configuración en la figura 4.8, el TBJ Q1, trabajara como un interruptor accionado por un fototransistor Q2, que a su vez depende de la luz infrarroja que emita el diodo emisor de luz infrarroja D1, la interrupción de este rayo infrarrojo emitido al fototransistor, se utilizara como señal de sentido.

Cuando se emite el rayo de luz infrarroja a la base del fototransistor este entra en conducción aunque con una corriente eléctrica muy pequeña que por si sola no serviría de señal de entrada al circuito contador, es por eso , que se incluye el transistor Q2 con capacidad para permitir una buena señal de entrada a la etapa de conteo. El transistor Q1 se conecta en cascada con Q2, por tanto al estar conectado a la base de Q2 , es Q1 el encargado de polarizar directamente la base de Q2 logrando ponerlo en saturación, o en corte cuando Q1 no conduce.

De la figura 4.8 tenemos que R_{c1}, Q1, Q2 y D1 se proponen , teniendo las siguientes características del manual de fabricante:

R_{c1} = Resistencia de carbón 1 K Ω , 1/8 de W

Q1²⁶ = ECG 3035A, fototransistor, detector, de silicio tipo NPN, Darlington Amplificador, H_{fe} = 2, Sensible a la luz visible e infrarroja, V_{cb} = 60 V; I_c (max) = 100 mA; I_d (max en la oscuridad) = 100 nA con un V_{ce} = 10 V, I_l (min. con luz) = 5 mA, P_t (max) = 150 mW.

Q2²⁷ = ECG 128P : Transistor de silicio NPN, Interruptor amplificador de propósitos generales, V_{cb} = 100 V, V_{ce} = 80 V, V_{be} = 7 V, I_c (max) = 1 A, P_d = 1 W, H_{fe} (min.) = 100.

D1 = ECG3017 : Diodo de emisión infrarrojo para control remoto de TV. , 15 mW a I_f = 100 mA, P_o (min) = 15 mW, V_f (max) = 1.7 V, Disipación de

²⁶ ECG semiconductors, pág. 1-133

²⁷ ECG semiconductors, pág. 1-40

potencia 210 mW, $V_r = 5$ V, $I_f = 150$ mA, $\lambda_p = 950$ nm, t (respuesta) = 400 ns, ángulo del rayo = 60 °.

Con $R_{c1} = 1$ K Ω , tenemos que la corriente de saturación para Q1 es,

$$I_{c1} = (V_{cc} - V_{ce1}) / R_{c1}$$

Se sabe que el V_{ce1} de saturación en el TBJ es aproximadamente de 0.2 V. por lo tanto.

$$I_{c1} = (5 - 0.2) / 1k = 4.8 \text{ mA}$$

Una vez que se conoce la corriente de saturación se puede calcular la corriente de base necesaria para poner el TBJ en el estado de saturación, de la siguiente forma.

$$I_{b1} = I_{c1} / \beta = 4.8 \text{ mA} / 100 = 48 \mu\text{A}$$

Del circuito de la figura 4.8 se observa que la $I_{b1} = I_{c2} = 48 \mu\text{A}$ y con el V_{ce2} aproximadamente igual a 0.2 V, se puede calcular R_{c2} .

$$R_{c2} = (V_{cc} - V_{ce2} - V_{be1}) / I_{c2} = (5 - 0.2 - 0.7) / 48 \mu\text{A} = 85\ 416.67 \Omega$$

Tomando un valor comercial y especificando un resistor variable (trimpot), para poder calibrar la sensibilidad del sensor, se determina un valor de 100 K Ω .

Para el diodo D1, es necesario establecer un divisor de voltaje que permita tener un voltaje menor a 1.7 V, que es el voltaje máximo que soporta el dispositivo en polarización directa, además el divisor de voltaje debe permitir un flujo máximo de corriente de 100 mA, valor conservador de lo que soporta el dispositivo.

Conociendo estos datos se procede a calcular las resistencias del divisor R1 y R2.

La corriente total máxima ($I_{t \max}$) = 100 mA, por lo tanto de la ley de Ohm,

$$R_t = V_t / I_{t \max} = 5 \text{ V} / 100 \text{ mA} = 50 \Omega$$

Aplicando la fórmula para un divisor de voltaje.

$$V_{r2} = (V_t \times R_2) / (R_1 + R_2), \text{ Despejando } R_2$$

$R_2 = [V_{r2} \times (R_1 + R_2)] / V_t = (1.5 \text{ V} \times 50 \Omega) / 5 \text{ V} = 15 \Omega$, y por lo tanto,

$$R_1 = R_t - R_2 = 50 \Omega - 15 \Omega = 35 \Omega$$

Redondeando a valores comerciales, $R_1 = 36 \Omega$ a $\frac{1}{2} \text{ W}$, $R_2 = 15 \Omega$ a $\frac{1}{4} \text{ W}$

La potencia que disiparan las resistencias es la siguiente.

$$P_{r1} = R_1 I_t^2 = (36 \times 0.1^2) = 0.36 \text{ W}$$

$$P_{r2} = R_2 I_t^2 = (15 \times 0.1^2) = 0.15 \text{ W}$$

4.3.3.2 Diseño del circuito contador

El circuito contador tiene el trabajo de memorizar el número de usuarios dentro del área para asegurar que mientras alguien este dentro; el alumbrado estará encendido, al llevar la cuenta de los usuarios que entran o salen del área, el circuito mantiene el alumbrado encendido, solo cuando el conteo sea cero usuarios el circuito mandara la señal de apagado del alumbrado. Para diseñar el circuito contador se utilizaran los siguientes circuitos integrados que ya existen en el mercado y que nos generaran las siguientes características.

- El voltaje de polarización del circuito contador y todos los elementos que lo integren será de 5 V, que es el voltaje característico de la familia TTL.
- El circuito contador debe tener la capacidad de conteo en orden ascendente y descendente.
- El circuito debe contar desde 0 hasta 99 y de 99 a 0
- El circuito debe de presentar el conteo en forma visual, a través de un display
- El circuito debe ser capaz de reconocer una señal binaria procedente del circuito sensor; 0 V como 0 lógico y 5 V como 1 lógico.

Los dispositivos propuestos para la realización del circuito contador son:

ECG74192²⁸ : CI Contador ascendente y descendente en década, sincrónico, ajustable, 16 terminales. "Capacidad de contar BDC de 4 bits en 10 pasos (LLLL-HLLH). Si la entrada de carga (terminal 11) se hace baja el número de 4 bits en la entrada DCBA se carga en él. Si la terminal de borrado (terminal 14) es alta, el contador se borra a nivel LLLL. Las salidas de préstamo y acarreo indican subflujo o sobreflujo al pasar al estado bajo."²⁹

²⁸ ECG semiconductors, pág. 1-327

²⁹ Notas de electrónica, Forrest M. Mims, pág. 74

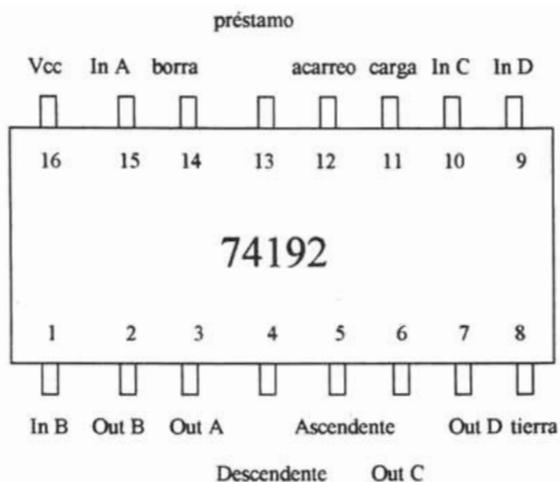


Fig. 4.9 Esquema de conexión del CI 74192

ECG7448³⁰ : CI Decodificador BCD a 7 segmentos. “ Convierte datos en BCD a un formato adecuado para producir dígitos decimales en una pantalla de led de 7 segmentos con cátodo común.”³¹

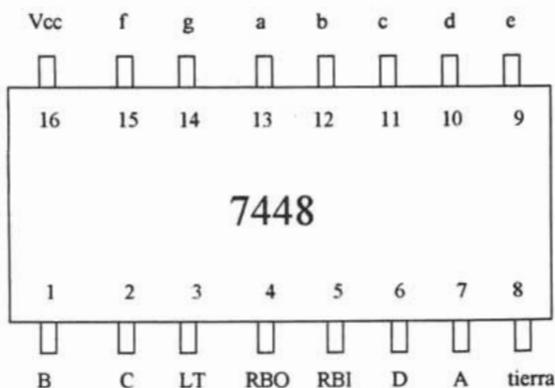


Fig. 4.10 Esquema de conexión del CI decodificador BCD a 7 segmentos 7448

³⁰ ECG semiconductors, pág. 1-317

³¹ Notas de electrónica, Forrest M. Mims, pág. 59

ECG3056³²: Display numérico de leds, Tamaño 0.3 “, configuración de cátodo común, corriente por segmento 30 mA, Voltaje inverso por segmento 5 V, Disipación de potencia total por todo el dispositivo 700 mW, color rojo.

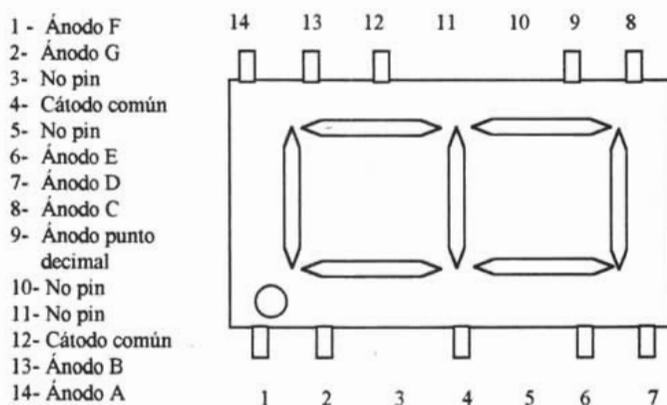


Fig. 4.11 Configuración del CI ECG3036 display cátodo común.

A continuación se presenta la configuración del contador ascendente y descendente propuesto para el presente diseño. Se utilizan 2 CI 74192, 2 CI 7448, 2 módulos de resistencias, y 2 display.

³² ECG semiconductors, pág. 1-123

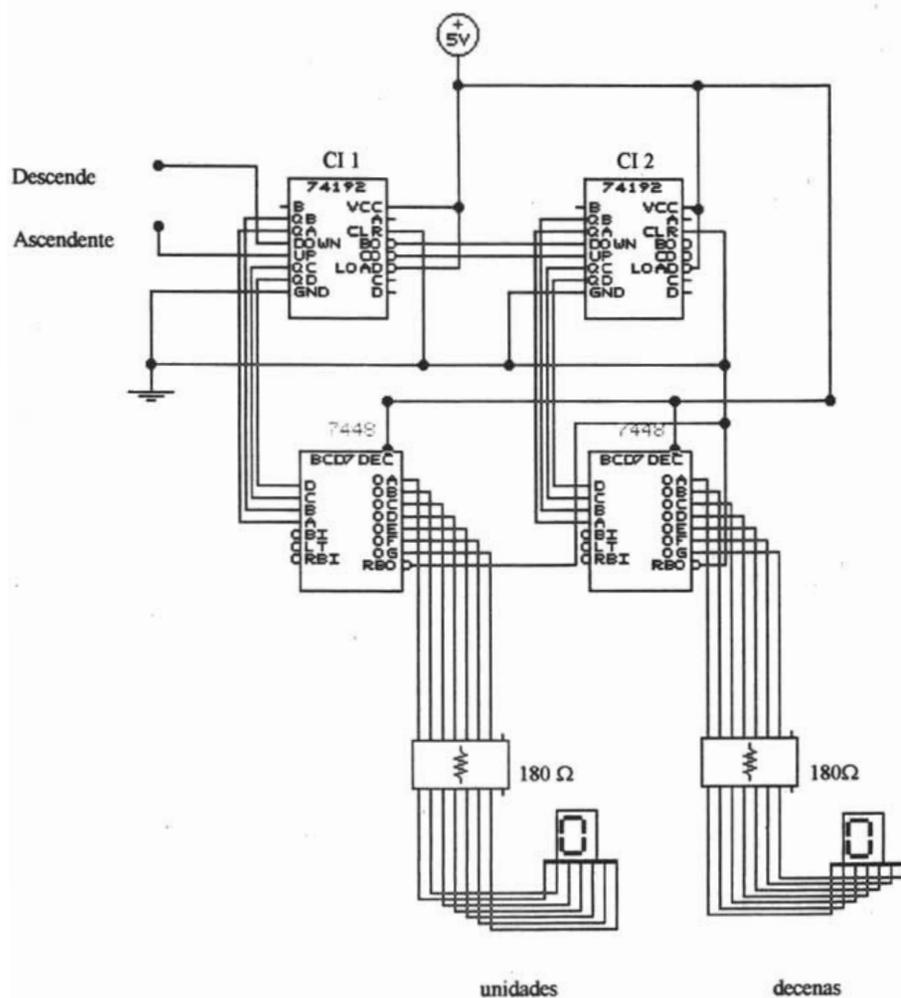


Fig. 4.12 Esquema de conexión del contador

Como se puede observar en la figura 4.12 , para poder contar desde 1 hasta 99 y viceversa es necesario utilizar 2 CI 74192, debido a que un solo integrado solo puede contar del cero al 9, un solo dígito y la numeración que pretendemos contar requiere de 2 dígitos. El circuito se conecta en cascada, es decir, la salida del primer CI se vuelve la entrada al segundo CI como se muestra en la diagrama de conexión de la figura..

Para poner a trabajar a los circuitos es necesario polarizarlos con un Voltaje de-CD de 5 volts, utilizando las terminales 16 para el polo positivo y 8 para el polo negativo. Como el circuito no requiere de un valor inicial de cuenta que se tenga que cargar, la terminal de carga (terminal 11) se conecta al polo positivo donde recibirá una señal alta, ya que de lo contrario recibirá una señal baja que habilita la función de carga de un valor inicial de conteo en las terminales 9, 10, 1, 15, las cuales pueden quedar sin conexión en ambos circuitos ya que no serán usadas. En las terminales 7, 6, 2, 3, se obtiene el valor de cuenta actual, el CI 1 lleva la cuenta de las unidades y el CI 2 lleva la cuenta de las decenas. La señal de cuenta ascendente entra en la terminal 5 del CI 1 y se conecta en cascada con la salida de la terminal 12 entrando en la terminal 5 del CI 2; la terminal 12 lleva una señal de acarreo cada vez que se da un conteo de 0 a 9, la cual sirve para activar la cuenta del CI 2. La señal de cuenta descendente entra en la terminal 4 del CI 1, la señal al CI 2 sale por la terminal 13 del CI 1 y entra en la terminal 4 del CI 2; aunque ahora se llama

préstamo. Por último la terminal 14 que es la de borrado debe mantenerse en un nivel bajo de lo contrario se habilita el borrado y se mantiene en cero la cuenta.

Como la salida esta en BCD es necesario utilizar otro CI que cambie la presentación de binario a decimal, este CI decodificador BCD a 7 segmentos es el 7448, capaz de recibir en sus terminales 6, 7, 2, 1 un valor decimal codificado en binario de 4 bits y cambiarlo a un equivalente que permite representar los números decimales. Cabe mencionar que las terminales de polarización del 7448 son la terminal 16 para el polo positivo y la terminal 8 para el polo negativo, el voltaje de polarización utilizado es de 5 V de CD. Para visualizar la cuenta utilizamos un display de 7 segmentos cátodo común en la salidas del CI 7448. Para proteger los led del display es necesario colocar una resistencia en serie que limite la corriente que circulara por ellos a niveles seguros.

Los led del display solo permiten un máximo de corriente de 30 mA, tomando en cuenta que las salidas del decodificador tienen un valor alto de 5 V, tenemos que la resistencia necesaria para protegerlos es:

$$R = V / I = 5 \text{ V} / 30 \text{ mA} = 166.67 \Omega, \text{ valor comercial cercano } 180 \Omega$$

Para que se de el conteo en una u otra dirección, la contra parte que no este contando debe de mantenerse en un estado alto ya que de lo contrario el circuito no realizara el conteo en forma correcta. Si vamos a tener un conteo ascendente debe de entrar un pulso de conteo en la terminal 5 y mantenerse un

nivel alto en la terminal 4 de cuenta descendente y viceversa. Para lograr establecer estas condiciones se diseña el siguiente circuito combinacional a la salida del sensor y la entrada al contador.

Cada vez que se interrumpa el haz de luz infrarroja en el circuito sensor se manda una señal alta H (1 lógico), la cual no puede llegar directamente a las entradas de conteo, pues ambas entradas en estado inactivo deben permanecer en estado alto. Luego entonces es preciso que el circuito combinacional de acoplamiento entre estas dos etapas, haga baja la señal (0 lógico) que activará el conteo y mantenga en nivel alto a la otra entrada de conteo que no se activará, de esta manera se establece que el conteo se de cuando pasamos del estado alto al estado bajo.

entradas		salidas	
a	d	A	D
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	1

Tabla 4.3 Tabla de verdad para el circuito de acoplamiento entre sensor y contador

Las ecuaciones de estado para estas 2 salidas son :

$$A = a'd' + a'd + ad$$

$$D = a'd' + ad' + ad$$

Simplificando ambas salidas.

a \ d	0	1
0	1	1
1		1

salida A

a \ d	0	1
0	1	1
1	1	1

salida D

Tabla 4.4 Mapas para las ecuaciones de estado de las salidas A, D

Con la ayuda de los mapas, las salidas A y D se simplifican de la siguiente forma.

$$A = a' + d$$

$$D = a + d'$$

El circuito combinacional queda de al siguiente forma.

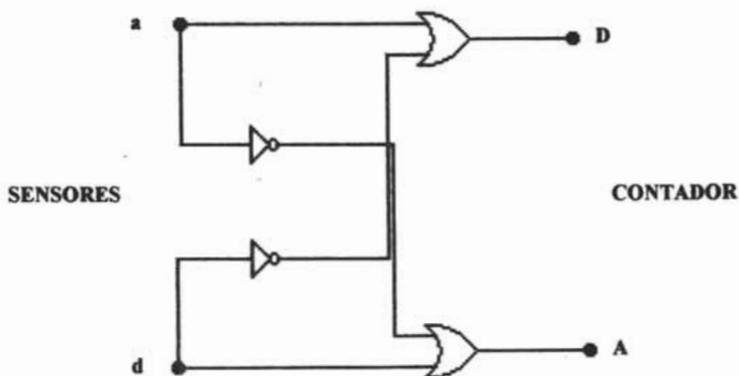


Fig. 4.13 Circuito lógico de acoplamiento entre sensores y contador

4.3.3.3 Diseño del circuito combinacional

Ya establecido el circuito contador podemos tomar una salida binaria de 4 bit de cada uno de los CI 74192, se ha establecido que cada vez que el contador quede en un conteo igual a 0 se debe mandar una señal de salida al circuito de activación para energizar los relevadores que controlan la potencia eléctrica demandada por el alumbrado. A partir de esto tenemos la siguiente tabla de verdad que describe el planteamiento del problema:

D	C	B	A	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0

Tabla 4.5 Tabla de verdad del circuito combinacional

De la tabla de verdad tenemos la siguiente ecuación que define la salida deseada a partir de un circuito combinacional que toma como entrada la salida del contador en su forma binaria. La salida Y entregada a la siguiente etapa es un nivel alto H .

$$Y = D'C'B'A'$$

La ecuación anterior solo define la salida de un CI 74192 pero tenemos 2 circuitos y ambas salidas deben estar en cero para poder mandar señal de salida alta, por lo tanto tenemos la siguiente expresión:

$$Y = D'_1 C'_1 B'_1 A'_1 D'_2 C'_2 B'_2 A'_2$$

Manipulando algebraicamente tenemos un circuito con menos compuertas.

$$Y = (D_1 + C_1 + B_1 + A_1)' * (D_2 + C_2 + B_2 + A_2)'$$

El diagrama lógico queda de la siguiente forma:

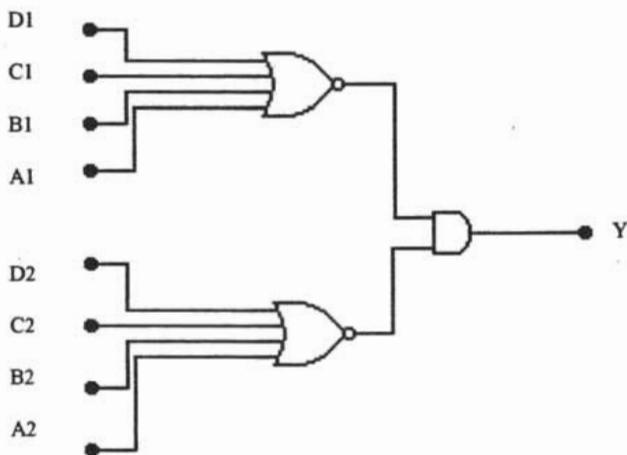


Fig. 4.14 Diagrama lógico del circuito combinacional

4.3.3.4 Diseño del circuito de activación

La señal de activación expedida por el contador es de 5 VCD, señal utilizada para activar la etapa de potencia. El voltaje de alimentación para la etapa de potencia es de 24 VCD en la bobina del relevador de potencia. Para poder energizar esta etapa con un voltaje de alimentación diferente al utilizado en la etapa de control, se debe utilizar un circuito de potencia que alimente el voltaje apropiado a la bobina del relevador de potencia pero que este controlado por la señal expedida por el contador.

El circuito de potencia estará soportado por un interruptor controlado de silicio SCR, que funciona como interruptor de alimentación para la bobina del relevador. La configuración para conectar el SCR con la bobina se resume a una simple conexión serie entre los dos elementos y la fuente de alimentación a 24 V. Como lo muestra la figura 4.15

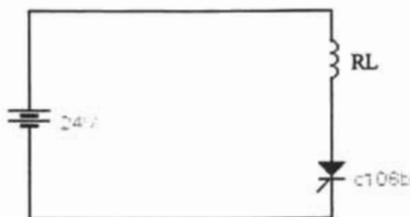


Fig. 4.15 Configuración del SCR y la carga.

El diseño específico recae en los circuitos auxiliares para encender el SCR y apagarlo en el orden deseado y con las especificaciones de los dispositivos empleados en su elaboración.

Los dispositivos propuestos para diseñar la etapa de activación son:

ECG5455³³ (C106B) : Rectificador controlado de silicio, SCR controlado por fase, $I_{t \text{ max RMS}} = 4 \text{ A}$, $V_{DRM} = 200 \text{ V}$, $I_{G \text{ min}} = 200 \mu\text{A}$, $V_{GT \text{ max}} = 0.8 \text{ V}$, $I_{\text{surge}} = 20 \text{ A}$, $I_{\text{hold min}} = 3 \text{ mA}$, $V_{GFM} = 6 \text{ V}$, $V_{GRM} = 6 \text{ V}$, $V_{\text{fon}} = 2.2 \text{ V}$, $P_G = 0.1 \text{ W}$, $t_{\text{off}} = 10 \mu\text{s}$.

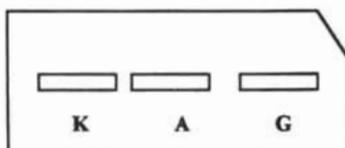


Fig. 4 .16 Configuración de las terminales del SCR ECG5455

ECG3041³⁴ (MOC 1200) : Optoaislador fototransistor NPN, Niveles totales del dispositivo; $V_{\text{aislamiento}} = 7500 \text{ V}$, $P_{\text{total}} = 250 \text{ mW}$, $H_{fe} = 20$. Niveles máximos del LED; $I_f = 60 \text{ mA}$, $V_r = 6 \text{ V}$. Niveles del fototransistor = $V_{\text{cbo}} = 70 \text{ V}$, $V_{\text{ceo}} = 30 \text{ V}$, $I_{\text{c max}} = 100 \text{ mA}$, $\text{frec.} = 150 \text{ KHz}$

³³ ECG semiconductors, pág. 1-105

³⁴ ECG semiconductors, pág. 1-138

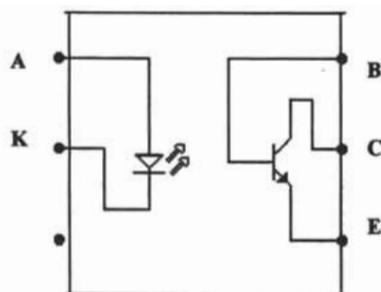


Fig. 4.17 Configuración del circuito optoaislador

Para evitar interferencia entre los circuitos de control y potencia se utilizará un circuito optoacoplador que aisle las dos etapas, siendo este elemento participante de los circuitos de encendido y apagado del SCR. Para el circuito de encendido del SCR se utilizará un circuito divisor de voltaje controlado por el fototransistor del optoacoplador. Para el circuito de apagado del SCR se utilizará una configuración de conmutación forzada clase C que utiliza un SCR auxiliar para polarizar al SCR principal en polarización inversa y lograr así el apagado.

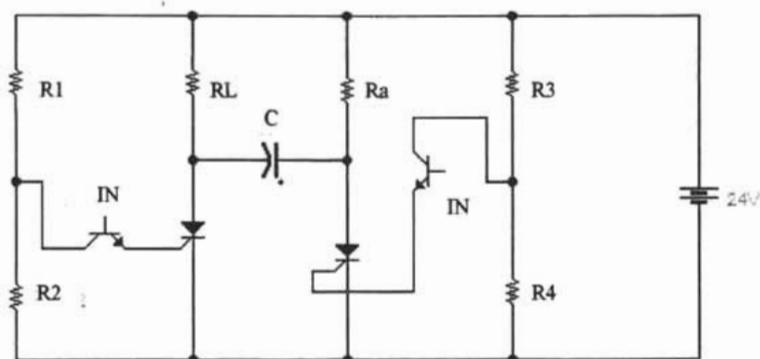


Fig. 4.18 Configuración del circuito de activación

Circuito de encendido del SCR

De los datos de fabricante se determina que para encender al SCR principal, se necesita polarizar la terminal compuerta (G) con un pulso positivo mayor a 0.8 V y menor a 6 V con una corriente de compuerta mayor a 200 μA . Se determina utilizar un voltaje de polarización de 4 V en la compuerta por lo tanto la corriente máxima en la compuerta se determina de la potencia máxima que puede disipar la misma compuerta.

$$I_G = P_G / V_G = 0.1 \text{ W} / 4 \text{ V} = 25 \text{ mA}$$

Con la I_G máxima, se sabe ahora que la corriente en la compuerta se puede escoger entre el rango que va de 200 μA a 25 mA. Para minimizar la disipación de potencia en el circuito divisor de voltaje se propone utilizar 3 veces la corriente mínima de compuerta para asegurar que el SCR se dispare. Es decir 600 μA . Con este valor de corriente se calcula la resistencia total del divisor de voltaje.

$$R_t = V_t / I_G = 24 \text{ V} / 0.6 \text{ mA} = 40 \text{ K}\Omega \text{ valor comercial cercano } 39 \text{ K}\Omega$$

Con la fórmula del divisor de voltaje se puede calcular R_1 y R_2 para un voltaje V_2 igual a 4 V.

$$V_2 = (R_2 \times V_t) / R_t = (R_2 \times 24) / 39 \text{ K}\Omega \text{ por lo tanto.}$$

$$R_2 = (39 \text{ K}\Omega \times 4 \text{ V}) / 24 \text{ V} = 6.5 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = R_t - R_2 = 39 \text{ K}\Omega - 6.5 \text{ K}\Omega = 32.5 \text{ K}\Omega = 33 \text{ K}\Omega$$

Entre la terminal compuerta y el divisor de voltaje se conecta el fototransistor del optoacoplador que sirve como interruptor de polarización de la compuerta del SCR. Cada vez que tenga señal el LED del optoacoplador el fototransistor conduce y polariza a la compuerta del SCR. De los datos del optoacoplador y los datos calculados tenemos.

Ice del fototransistor = $I_G = 600 \mu\text{A}$, este soporta hasta 100 mA.

Vce es igual a 24 V de la fuente de alimentación, soporta 30 V

Como puede observarse los valores caen dentro de las especificaciones del fototransistor.

En el caso del LED del optoacoplador este soporta una corriente máxima de (I_f) = 60 mA. Para su protección es necesario colocar una resistencia en serie. Cuyo valor es.

Formando la malla, tomando la señal de entrada como voltaje de polarización con un valor de 5 V, tenemos.

$V_s - R_d I_f - V_d = 0$ De esta ecuación.

$R_d = (V_s - V_d) / 60 \text{ mA} = (5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) / 60 \text{ mA} = 71.6 \Omega$, aprox. 100 Ω .

R_d puede tener un valor mínimo de 100 Ω máximo de 220 Ω

Circuito de apagado del SCR.

El circuito de apagado consta de un circuito RC que al ser conectado a tierra polariza inversamente al SCR principal. Para conectar el circuito RC a tierra se utiliza un SCR auxiliar que conducirá solo el tiempo que dure la

descarga del capacitor pues la resistencia R_a es demasiado grande que limita la corriente del SCR auxiliar por debajo del valor mínimo de corriente de mantenimiento I_h . En este caso el SCR es igual al SCR principal, es decir un ECG5455.

Para calcular los valores del capacitor C y la resistencia R_a debemos tomar en cuenta la resistencia de carga, el tiempo de apagado del SCR, y los tiempos de carga y descarga del capacitor.

Suponiendo una resistencia de carga $R_L = 1 \text{ K } \Omega$.

De los datos del fabricante tenemos : $t_{\text{off}} (\text{SCR}) = 10 \mu\text{s}$, $I_{\text{hold}} = 3 \text{ mA}$.

Del circuito tenemos que:

El tiempo de carga del capacitor (t_c) es igual a $0.7 R_a C$, y

El tiempo de descarga del capacitor (t_d) es igual a $0.7 R_L C$ y este tiempo debe ser mayor que el tiempo de apagado del SCR principal.

El capacitor se calcula de la siguiente manera:

$$C = t_{\text{off}} / (0.7 R_L) = 10 \mu\text{s} / (0.7 \times 1000 \Omega) = 0.0143 \mu\text{F}$$
 valor comercial de $0.015 \mu\text{F}$.

La corriente por la rama auxiliar I_a debe ser menor que la corriente de mantenimiento I_{hold} , para asegurar que el SCR auxiliar se cortará solo por baja corriente.

Del circuito de la figura 4.18 se observa que.

$24\text{ V} - R_a I_a - V_{scr} = 0$, Si tomamos a la igual a I_{hold} como punto de partida y V_{scr} igual a 0 cuando esta conduciendo.

$$R_a = 24\text{ V} / 3\text{ mA} = 8\text{ K } \Omega, \text{ valor comercial de } 10\text{ K } \Omega$$

Para terminar de establecer el circuito de apagado del SCR principal, una vez calculados los valores de R_a y C solo basta especificar el circuito de encendido del SCR auxiliar, que como ya se menciona es igual al principal y por lo tanto se usará el mismo divisor de voltaje usado en el circuito principal con su correspondiente fototransistor de control en la compuerta.

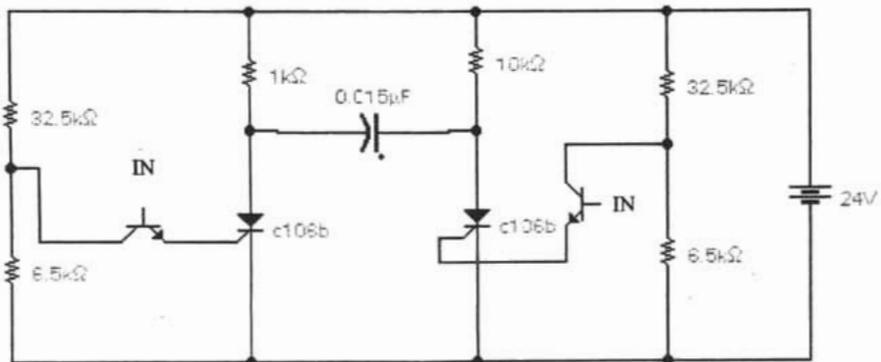


Fig. 4.19 Circuito de activación con valores calculados

4.3.3.5 Diseño de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación es el circuito que entregará la potencia eléctrica necesaria para alimentar todos los circuitos de control. El circuito debe diseñarse con la capacidad de potencia suficiente y los niveles de voltaje y corriente que demanden los circuitos de control.

La potencia que demandará el circuito se puede cuantificar a partir del número de dispositivos y su disipación de potencia. En la tabla 4.6 Se muestran las características de la familia de integrados TTL que son parte integral de los circuitos de control. A partir de esta se deducirá la potencia que consume el circuito.

Nombre	Abreviatura	Retardo de propagación (ns)	Disipación de potencia (mW)	Producto velocidad potencia (pJ)
TTL Normalizada	TTL	10	10	100
TTL bajo poder	LTTL	33	1	33
TTL alta velocidad	HTTL	6	22	132
TTL Schottky	STTL	3	19	57
TTL Schottky bajo poder	LSTTL	9.5	2	19

Tabla 4.6 Versiones TTL y sus características

A continuación se hace un resumen del consumo de potencia de cada etapa del circuito de control. Utilizando tecnología LSTTL

Etapa	Corriente (mA)	voltaje (V)	Potencia (mW)
Cto. Sensor	106	5	530
Cto. Contador	48	5	240
Cto. Combinacional	8	5	40
Cto. De activación	30	24	720
total			1530

Tabla 4.7 Resumen de potencia demandada por el circuito de control

Para el diseño particular, las características eléctricas que se demandan de la fuente debe de considerar el suministro de potencia de 9 circuitos de control utilizados en este diseño y 1 circuito de reserva para redondear a 10 circuitos.

De la tabla 4.7 se observa que la demanda por circuito de control es:

Voltaje de alimentación que entra : 127 VCA, 60 Hz.

Voltajes de salida que entrega : 24 VCD, 5 VCD

Potencia de salida que entrega: 0.81 W a 5 V y 0.72 W a 24 V

Considerando los 10 circuitos de control que es la potencia total de la fuente y un 10 % de tolerancia se determina que la potencia total que debe suministrar la fuente de alimentación es:

9 W a un voltaje de 5 V, calculando la corriente, $I_f = 1.8 \text{ A}$

8 W a un voltaje de 24 V, calculando la corriente, $I_f = 0.33 \text{ A}$

La configuración propuesta es utilizar un transformador reductor que disminuya el voltaje de 127 VCA a los niveles de 28 V y 7 V, posterior a la reducción de voltaje, rectificar con un puente rectificador, filtrar y regular el voltaje. Material propuesto para la fuente de alimentación:

Transformador reductor, entrada en el primario 127 V \pm 10 %, 1 A, 60 Hz, salida en el secundario a través de 2 derivaciones centrales, entre los extremos 28 V, entre derivaciones 7 V, \pm 10 %, 3 A, 60 Hz.

ECG169³⁵: Puente rectificador de onda completa, Promedio de corriente rectificada en sentido directo (I_o) = 2 A, Voltaje de pico inverso (PRV) = 600 V, Corriente pico en sentido directo de sobretensión = 60 A, Voltaje máximo en sentido directo por elemento (VF) = 1 V.

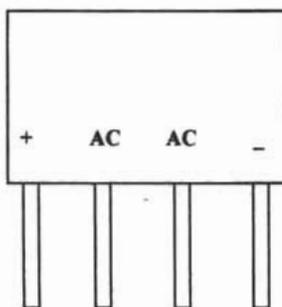


Fig. 4.20 Configuración del CI ECG169

ECG5332³⁶: Puente rectificador de onda completa, Promedio de corriente rectificada en sentido directo (I_o) = 1 A, Voltaje de pico inverso (PRV) = 600 V, Corriente pico en sentido directo de sobretensión = 50 A, Voltaje máximo en sentido directo por elemento (VF) = 1 V.

³⁵ ECG Semiconductors, Pág. 1-99.

³⁶ ECG Semiconductors, Pág. 1-99.

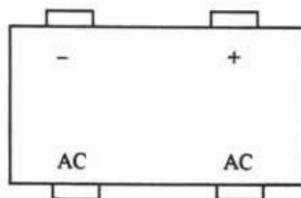


Fig. 4.21 Configuración del CI ECG5332

ECG972³⁷: Circuito regulador de voltaje, Voltaje de salida (V_{out}) CD = $24\text{ V} \pm 5\%$, Corriente de salida (I_o) = 1 A, Intervalo de voltaje de entrada (V_{in}) CD = 26 V a 40 V, Potencia que disipa 15 W.

ECG1934³⁸: Circuito regulador de voltaje, Voltaje de salida (V_{out}) CD = $5\text{ V} \pm 5\%$, Corriente de salida (I_o) = 2 A, Intervalo de voltaje de entrada (V_{in}) CD = 8 V a 30 V, Potencia que disipa 50 W.

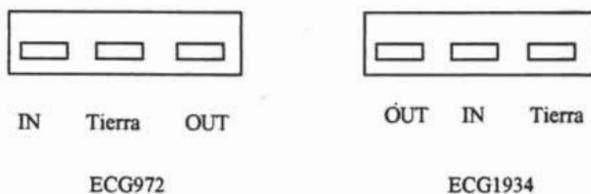


Fig. 4.22 Configuración de los CI reguladores de voltaje.

³⁷ ECG Semiconductors, Pág. 1-155.

³⁸ ECG Semiconductors, Pág. 1-155.

A continuación se presenta la configuración de la fuente de alimentación .

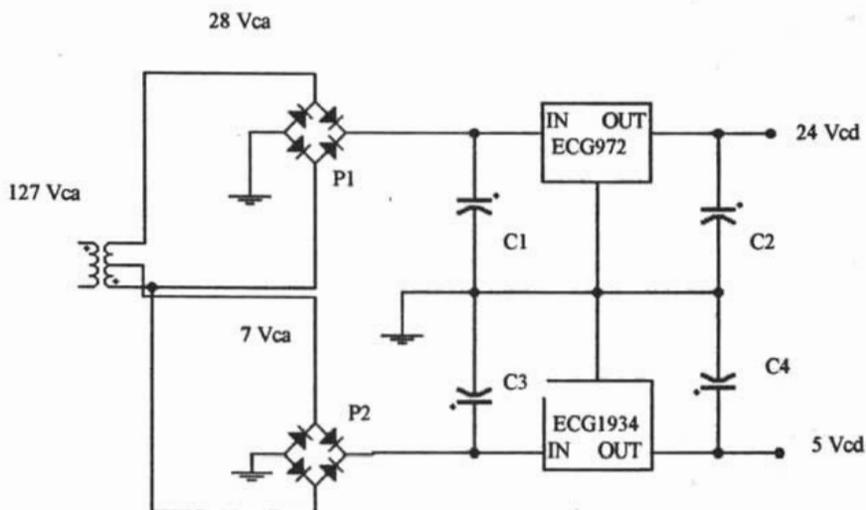


Fig. 4.23 Circuito fuente de alimentación.

El voltaje pico (V_p) = $1.41 V_{rms} = 1.41 \times 28 = 39.48 \text{ Vca}$

Utilizando un filtro con capacitor para obtener un voltaje de rizo (V_r)
igual al 10 % o menor del voltaje de pico.

El voltaje de rizo de pico a pico, V_r (p-p) se calcula así.

$$V_r \text{ (p-p)} = V_p \times 0.1 = 39.48 \times 0.1 = 3.95 \text{ Vpp.}$$

El voltaje de rizo RMS, V_r (rms) y el voltaje de corriente directa, V_{cd} , para un rectificador de onda completa. Se expresa con estas fórmulas que se deducen en el libro de electrónica de Boylestad.³⁹

$$V_r \text{ (rms)} = V_r \text{ (p-p)} / 2\sqrt{3}$$

$$V_{cd} = V_p - (V_r \text{ (p-p)} / 2).$$

Con las fórmulas anteriores se calculan estos valores.

$$V_r \text{ (rms)} = 3.95 / (2 \times \sqrt{3}) = 1.14 \text{ V}$$

$$V_{cd} = 39.48 - 3.95 / 2 = 37.50 \text{ V}$$

El V_r (rms) también se puede calcular a partir de los elementos del circuito.

$$V_r \text{ (rms)} = (I_{cd} / (4\sqrt{3}fC)) \times V_{cd} / V_p$$

Utilizando la fórmula podemos calcular de forma aproximada la capacidad del capacitor. Despejando la capacitancia C .

$$C = (V_{cd} \times I_{cd}) / (V_p \times V_r \text{ (rms)} \times 4 \times \sqrt{3} \times f)$$

$$= (37.5 \times 500) / (39.48 \times 1.14 \times 4 \times 1.73 \times 60) = 1 \mu\text{F} \text{ a } 50 \text{ V tomando}$$

en cuenta el voltaje pico.

³⁹ Electrónica teoría de circuitos, Robert Boylestad, Pág. 710.

UNIDAD 5

ANALISIS DE COSTOS

Uno de los puntos cruciales y relevantes de un proyecto es la estimación de costo, y la justificación de gastos. La estimación de costo, es la presentación del proyecto en función de dinero. Hay varios niveles de estimación según las necesidades de la proyección que se quiera dar del gasto que implicara la ejecución del proyecto en cuestión. A decir verdad, tenemos de forma general 3 tipos de ESTIMATIVO DE COSTOS:

- a) APROXIMADO O DE ORDEN DE MAGNITUD, es un costo aproximado en función del volumen que represente el proyecto. Por ejemplo, superficie construida, número de salidas eléctricas, etc. En este caso el nivel de incertidumbre que arroja esta forma de estimar es del orden del $\pm 40 \%$.
- b) INTERMEDIO O PRESUPUESTAL DEL PROPIETARIO. Que arroja un nivel de incertidumbre del orden del $\pm 20 \%$
- c) PRESUPUESTO DEFINITIVO. costo de obra basado en el proyecto de esta. Arroja un nivel de incertidumbre del orden del $\pm 10 \%$

Ligado a la estimación de costos, es importante citar la ley de Pareto⁴⁰, economista italiano (1848-1923), que si bien no es un enunciado riguroso y exacto dentro de la estimación de costos, si es un criterio que de forma aproximada y práctica nos auxilia en la estimación de costos, al direccionar el

⁴⁰ Costos de construcción pesada y edificación, tomo IV, pág. 4002



enfoque estimativo. A esta ley de Pareto también se le conoce como la regla del 80-20, esta cita lo siguiente. Dentro de la estimación de costos en la mayoría de los casos el 20 % de los conceptos que comprenden el proyecto, determinan el 80 % del costo total de la ejecución de dicho proyecto. Dejando entrever que el 80 % de los conceptos restantes, solo representan en función de costo el 20 % del costo total de la ejecución del proyecto.

Cabe aclarar, que en un proyecto siempre existirán conceptos de mayor peso, según sea el tipo de proyecto. Estos conceptos de mayor relevancia son el 20 % del total de la estimación. Salta a la vista que por su importancia representan el mayor porcentaje del costo.

Como puede observarse esta regla pone al estimador en alerta, pues hace la observación de que hay conceptos de mayor importancia en todo proyecto, que estos pocos conceptos representan el mayor costo del proyecto y que es a estos a los que hay que dedicar más tiempo de análisis para minimizar incertidumbre en la estimación y una mejor aproximación al costo del proyecto.

CONTRATO: Es el punto de referencia y de partida, hacia atrás en estimativos y presupuestos de obra y hacia adelante en el control de costos, escalaciones y reclamaciones. El contrato de obra, es el acuerdo legal entre las partes para realizar un proyecto.

En forma general se puede decir que hay dos tipos de contratos.

- **POR ADMINISTRACIÓN (cost plus):** es en el que se acuerda proporcional al cliente los servicios, materiales, personal, maquinaria y equipo a costo

real, más una cuota o porcentaje global o parcial, por tal servicio. Se aplica a pequeñas obras o proyectos no definidos.

- **POR PRECIO FIJO:** Este contrato se establece cuando el contratista acuerda proporcionar servicios, materiales y equipo a un precio especificado, posiblemente con una cláusula de escalación. Se emplea este cuando los alcances del proyecto están bien definidos.

Precio alzado: Importe total fijo que se pacta por todos los materiales, equipos y servicios que requiera una obra totalmente terminada y ejecutada en un plazo, conforme al proyecto, especificaciones y normas de calidad.

Máximo garantizado: Es en el que el contratista acuerda desempeñar todos los servicios (incluyendo materiales y equipo) garantizando que el costo total no excederá un valor. Se puede incluir cláusulas de coparticipación de ahorros como incentivo al contratista para minimizar costos. O también aplicar Incentivos-penalizaciones por Acortar-retrazar la ejecución del proyecto.

PRECIO UNITARIO: Es el importe o remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de obra realizada de un ítem (concepto) de trabajo.

$$PU = CD + CI + CF + U + A$$

Donde: PU = precio unitario, CD = Costo directo, CI = Costo indirecto, CF = Costo financiero, U = Utilidad, A = Cargos adicionales

Para el presente diseño se procede a cuantificar los conceptos por materiales mas relevantes para la ejecución del proyecto. Suponiendo una estimación aproximada que solo contabiliza el 20 % de todos los conceptos reales que integraran la obra, se aplicara la regla de Pareto del 80-20 para agregar al costo cuantificado un 20 % mas de este costo estimado. Este agregado viene a corregir un posible faltante de un gran número de conceptos no cuantificados, que si bien representan un porcentaje elevado, casi el 80 %, no repercuten en el costo total de l proyecto, más halla del 20 % del costo total .

5.1 Instalación eléctrica.

Una vez definido el diseño de la instalación eléctrica, tanto de fuerza como de alumbrado, el siguiente paso a dar es cuantificar el material necesario para ejecutar el trabajo así como también el costo y la mano de obra. Este valor económico se determina a partir del PRECIO UNITARIO; este precio concentra todos los factores que intervienen en el suministro y la colocación de cada unidad, de que se componen las diversas instalaciones.

En el caso de la instalación eléctrica tenemos la siguiente estimación.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
1.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TABLERO DE ALUMBRADO Y DISTRIBUCION SD NQO-42-3AL 42 CIRCUITOS 4 HILOS	1	pza	4,727.56	4,727.56
2.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CENTRO DE CARGA PARA ALUMBRADO Y DISTRIBUCION SD NQO-32-3AL 32 CIRCUITOS 4 HILOS	2	pza	2,212.00	4,424.00
3.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CENTRO DE CARGA PARA DISTRIBUCION SD NQO-12-3AL, 12 CIRCUITOS 4 HILOS	1	pza	1,224.00	1,224.00
4.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CENTRO DE CARGA PARA DISTRIBUCION SD NQO-08-3AL, 8 CIRCUITOS 4 HILOS	3	pza.	1,080.00	3,240.00
5.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PASTILLA PRINCIPAL TERMOMAGNETICA, PARA TABLERO NQO, 3 POLOS, 250 V, 3 X 150 A	1	pza.	1200.00	1,200.00
6.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PASTILLA TERMOMAGNETICA, PARA TABLERO NQO, 3 POLOS, 250 V, 3 X 10 A, 3 X 20 A, 3 X 40 A, Y 3 X 50 A.	20	pza.	690.00	13,800.00
		2	Pza.	690.00	1,380.00
		2	Pza.	690.00	1,380.00
		2	Pza.	690.00	1,380.00
7.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PASTILLA TERMOMAGNETICA, PARA TABLERO NQO, 1 POLO, 250 V, 1 X 10 A, 1 X 15 A, 1 X 20 A, 1 X 30 A.	1	pza.	75.00	75.00
		5	Pza.	75.00	375.00
		19	Pza.	75.00	1,425.00
		5	Pza.	75.00	375.00
8.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE DUCTO CUADRADO 4" X 1.5 m, CON SOPORTERIA.	80	ml	185.00	14,800.00
9.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONEXIÓN PARA DUCTO CUADRADO 4", TIPO TEE, CON SOPORTERIA.	3	pza.	165.00	495.00
10.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO PARED GRUESA 13 MM	370	ml	85.00	31,450.00
11.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBO CONDUIT GALVANIZADO PARED GRUESA 19 MM	100	ml	130.00	13,000.00
12.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONDULET DE ALUMINIO TIPO FSC, 13 mm. CON TAPA APROPIADA Y SELLO DE NEOPRENO.	85	pza	42.00	3,400.00

	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
13.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONDULET DE ALUMINIO TIPO FSC, 19 mm. CON TAPA APROPIADA Y SELLO DE NEOPRENO.	12	pza	52.00	624.00
14.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA CUADRADA GALVANIZADA CON TAPA Y CONECTORES DE 13 mm. incluye soporte y conectores.	107	pza	55.00	5,885.00
15.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE (NORMAL) THW 600 VOLTS 90 GRADOS C CALIBRE 2	150	ml	98.20	14,730.00
16.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE (NORMAL) THW 600 VOLTS 90 GRADOS C CALIBRE 4	50	ml	88.20	4,410.00
17.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE (NORMAL) THW 600 VOLTS 90 GRADOS C CALIBRE 10	500	ml	9.28	4,640.00
18.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE (NORMAL) THW 600 VOLTS 90 GRADOS C CALIBRE 12	2100	ml	5.58	11,718.00
19.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE DE COBRE (DESNUDO) CALIBRE 6	100	ml	35.20	3,520.00
20.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE DE COBRE (DESNUDO) CALIBRE 10	100	ml	7.50	750.00
21.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE DE COBRE (DESNUDO) CALIBRE 12	200	ml	4.50	900.00
22.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE DE COBRE (DESNUDO) CALIBRE 14	1000	ml	2.85	2,850.00
23.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CORDON USO RUDO ST 600 VOLTS CALIBRE 3 X 14	250	m	13.82	3,455.00
24.	UNIDAD FLUORESCENTE COMPLETA EN GABINETE DE SOBREPONER TIPO INDUSTRIAL ZOPILOTE DE 2 X 38 WATTS. 122 CM. SUMINISTRO Y COLOCACION	62	pza	319.62	19,816.44
25.	UNIDAD FLUORESCENTE COMPLETA EN GABINETE DE SOBREPONER INDUSTRIAL ZOPILOTE DE 2 X 74 WATTS. 244 CM. SUMINISTRO Y COLOCACION	45	pza	372.34	16,755.30
26.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONTACTO MONOFASICO POLARIZADO CON TIERRA FISICA, MCA. ARROW HART	80	pza.	77.50	6,200.00

	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
27.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONTACTO TRIFASICO, 4 HILOS, 250 V, 30 A , MCA. ARROW HART	10	pza.	112.00	1,120.00
28.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ELECTRODO DE TIERRA FISICA, VARILLA COPERWELD, 3.05 m. ½ "	2	pza.	952.00	1,904.00
29.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONECTORES SOLDABLES PARA LA MALLA DE TIERRA, MCA. MEXWELD.	15	pza.	270.00	4,050.00
					201,478.3

Tabla 5.1 Estimación de la instalación eléctrica

La estimación de la instalación eléctrica da como resultado un costo de 201, 478.30 pesos a los cuales será agregado el 20 % como factor de corrección por faltantes, quedando un monto de 241,773.96 pesos.

5.2 Instalación Neumática

La estimación de la instalación neumática, considera solo los conceptos de mayor peso en la instalación de la tubería de alimentación neumática, tomando como elemento base al compresor, cuyo costo es de los más significativos para esta estimación.

El compresor al ser el dispositivo base del sistema, viene a representar al sistema mismo en el momento de medir la depreciación de la instalación en función del tiempo, este es el indicador de la vida útil que representa el sistema y de la energía que será consumida durante este tiempo.

Suponiendo un tiempo de vida de 15000 hrs sin un mantenimiento mayor en el compresor y el motor. Se tiene, en termino de años, que el equipo dará

servicio continuo durante 11.55 años los cuales se calcularon a partir del tiempo real de operación del equipo en la escuela que es de : El plantel abre a la 7:00 hrs. a.m. y cierra a las 20:00 hrs. p.m., de lunes a viernes, lo cual representa una jornada de 13 horas diarias durante 5 días, de las cuales el compresor trabaja en las condiciones más extremas durante 20 minutos por hora con un numero de accionamientos igual a 3. Esto nos da un tiempo de trabajo diario real de 20 minutos por 13 horas igual a 260 minutos que es igual a 4.33 hrs por día.

Si tomamos en cuenta que al año hay periodos vacacionales, fines de semana, días festivos, etc. vemos que los días laborales reales disminuyen aproximadamente a 200 días por año. Con este dato podemos cuantificar los años de vida para el equipo del compresor que son :

Horas trabajadas por año = horas trabajadas por día x días laborados al año

$$= 4.33 \times 200 = 866 \text{ hrs}$$

Años de vida del equipo = Horas de vida del equipo (de acuerdo al fabricante) entre las horas trabajadas por año.

$$= 10000 / 866 = 11.55 \text{ años}$$

Durante este tiempo el equipo brindara un servicio optimo con la mínima inversión que representa su mantenimiento preventivo que es limpieza de acumulación de polvo y grasa, purga diaria del acumulador, revisar el nivel de aceite lubricante.

A partir de este tiempo las partes principales del compresor llegan a su tiempo de vida útil y es necesario un cambio de estas lo cual representa un mantenimiento mayor, derivándose un costo de mantenimiento que conforme pase el tiempo ira incrementándose tanto como aumenta la depreciación del equipo hasta un momento en que sea mas redituable invertir en un equipo nuevo que en el mantenimiento correctivo de este.

A continuación se presenta la estimación que representa la inversión inicial para la instalación neumática, la cual contempla el equipo y la tubería de ramaleo de alimentación neumática.

INSTALACIÓN NEUMÁTICA					
	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
1.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE COMPRESOR ALANSA, MOTOR DE 5 HP.	1	pza.	7,300.00	7,300.00
2.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ARRANCADOR ELECTROMAGNÉTICO PARA MOTOR DE 5 HP	1	pza	1,800.00	1,800.00
4.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE INTERRUPTOR DE NAVAJAS, MARCA SQUARE D, 3 POLOS , 60 A, 250 V	1	pza	480.00	480.00
5.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBO GALVANIZADO CEDULA 40, ¾ ", TRAMO DE 6 M.	24	m	115.00	2,760.00
6.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CODO GALVANIZADO CEDULA 40, 90 X ¾ "	6	pza	35.00	210.00
7.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TEE GALVANIZADA CÉDULA 40, PAREJA DE ¾ "	9	pza	42.00	378.00
8.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE REDUCCIÓN DE FIERRO GALVANIZADO, ROSCADA, ¾ " - 3/8 "	10	pza	27.00	270.00
9.	SUMINISTRO Y COLOCAIÓN DE TUERCA UNIÓN GALVANIZADA DE ¾ "	1	pza	90.00	90.00

	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
10.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SALIDA DE CONEXIÓN RÁPIDA NEUMÁTICA, 3/8".	10	pza	57.00	570.00
11.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO.	1	pza	890.00	890.00
12.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE VÁLVULA DE PASO, TIPO GLOBO, PARA GAS , MARCA URREA.	1	pza	302.00	302.00
					15,050.00

Tabla 5.2 Estimación de instalación neumática

En el caso de la instalación neumática, el monto de la estimación da como resultado un costo de \$ 15,050.00 pesos, mas el 20 % tenemos un total corregido de \$ 18,060.00 pesos.

5.3 Instalación de sistemas computarizados

La estimación de la instalación de sistemas computarizados, es un costo agregado a la instalación eléctrica de fuerza convencional, esto se debe al equipo propuesto para acondicionar la alimentación eléctrica que requieren los equipos de computo. Este equipo es único y dará servicio a todo el sistema, sustituye a los reguladores de voltaje y los equipos de respaldo "nobreak" que de forma individual dan servicio a cada equipo, con el inconveniente del espacio que ocupan en un lugar de gran circulación y concentración de personas.

Estos equipos de regulación y respaldo para múltiples equipos contribuyen a optimizar el espacio disponible en el taller de simulación además de la calidad

de respuesta que se tiene como resultado. Su único inconveniente podría ser su costo, sin embargo si analizamos, el costo de los equipos de cómputo es de aproximadamente \$ 13,000.00 por equipo, como se tienen 25 equipos se tiene un total en equipo de \$ 325,000.00, los equipos y el monto que corresponde se encuentran protegido y respaldado por la unidad reguladora y la UPS, los cuales según la estimación presente tienen un costo de \$ 17,900.00, que vienen a representar el 5.5 % del costo total del equipo de cómputo.

Si se observa detenidamente, invertir un 5.5 % más del costo del equipo de cómputo en la protección y seguridad del mismo, es relativamente poco en comparación del monto total. Por lo tanto una plena justificación de su inversión en la instalación inicial.

INSTALACIÓN SISTEMAS COMPUTARIZADOS					
	Concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
1.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE UNIDAD REGULADORA DE VOLTAJE, MARCA VOGAR, MODELO LAN-36	1	pza	10,200.0	10,200.00
2.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE UPS, MARCA VOGAR.	1	pza	7,700.00	7,700.00
					17,900.00

Tabla 5.3 Estimación de equipo de regulación y respaldo para sistemas computarizados.

Siguiendo el criterio antes mencionado en las estimaciones anteriores, al monto de la estimación presente se le aplica el 20 % adicional a lo estimado

como factor de seguridad por aquellos elementos de menor importancia no cuantificados. Así el monto de 17,900.00 más \$ 3,580.00 que representan el 20 % nos da un total de \$ 21,480.00

5.4 Instalación de sistemas automático de alumbrado

En el presente proyecto se hace la propuesta de un controlador automático para el alumbrado de las diferentes áreas con que cuenta el taller electromecánico. La instalación de este equipo es opcional en el sentido de que el servicio de alumbrado esta cubierto totalmente con el diseño correspondiente, sin embargo la propuesta del sistema automático lleva la finalidad de optimizar la demanda de potencia destinada a la instalación de alumbrado la cual puede ser cuantiosa a largo plazo, aunque claro, esta instalación del sistema automático agrega un costo adicional que podría ser una buena o mala inversión a largo plazo. Veamos pues.

De acuerdo al programa de la carrera, sección 2.1.3, asigna de 2 a 4 materias del área ocupacional a cada grupo, estas materias ocupacionales se estudian en las diferentes áreas del taller, además tenemos 6 grupos por semestre y 8 áreas diferentes donde pueden estar los grupos repartidos de acuerdo a su horario, sin contar también que cada grupo tiene la asignación de un salón convencional de clases. Todo lo anterior nos indica que no todas las áreas van a estar ocupadas todo el tiempo que el plantel tenga abiertas sus

puertas. Por otro lado el personal que atenderá el taller llega en el inicio de jornada y energiza todo el sistema para su uso diario como una actividad rutinaria, lo cual le impide sentir que área está ocupada y cual no, para estar controlando el alumbrado cada hora que hay cambio de grupo. Todo esto permite establecer que en un sistema de alumbrado convencional, este funcionara desde las 7:00 hrs a.m. hasta las 20:00 hrs p.m. que es cuando cierra el plantel sus puertas, dando un total de 13 hrs por 200 días al año.

De la sección 3.2.2, se determino que la potencia consumida por el alumbrado es de 14,536 W, expresado en kilowatts por hora; 14.54 KWH, en un día de labores el consumo sería de 14.54 KWH x 13 Hrs = 189.02 KWH. En un mes de cobro solo 22 días del mes tendrían este consumo, por lo tanto al mes el consumo sería de 189.02 KWH x 22 días = 4,158.44 KWH. Si el costo del KWH fuese de \$ 0.90 en promedio para esta tarifa. El costo por suministro eléctrico al mes por concepto de alumbrado del taller sería de 4,158.44 KWH x \$ 0.9 = \$ 3,742.59

La instalación del sistema automático para el alumbrado, de acuerdo a la ocupación diaria de las diferentes áreas, supone un ahorro de energía en el peor de los casos del 40 %, derivado del uso controlado del alumbrado en forma automática. Lo que permite establecer un costo de energía ahorrado por mes de: \$ 3,742.59 x 0.4 = \$ 1,497.03

En un año se habrá tenido un ahorro de \$ 17,964.36

INSTALACIÓN SISTEMA AUTOMATICO DE ALUMBRADO					
	concepto	cant.	unidad	P.U.	subtotal
1.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE GABINETE , NEMA 1, TAMAÑO 2, PARA CONTROLADOR AUTOMATICO DE ALUMBRADO, CON CAPACIDAD PARA 10 CIRCUITOS INDIVIDUALES.	1	pza	750.00	750.00
2.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TARJETA DE CONTROL PARA UN CIRCUITO,	9	pza	480.00	4,320.00
3.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE RELEVADOR DE CONTACTORES, BOBINA A 24 V CD, CONTACTORES PARA 20 A Y 250 V CA.	9	pza	280.00	2,520.00
4.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN PARA CIRCUITO DE CONTROL, ENTRADA 127 V, 60 Hz, SALIDA DE 24 V CD Y 5 V CD 15 A.	1	pza	450.00	450.00
5.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERIA CONDUIT PARED DELGADA 13 mm	60	m	72.00	4,320.00
6.	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONDULET SERIE OVAL PARA TUBERIA CONDUIT PARED DELGADA DE 13 mm	20	pza	42.00	840.00
					13,200.00

Tabla 5.4 Estimación de la instalación del sistema automático de alumbrado.

El total de la estimación es de \$ 13,200.00, más el 20 %, \$ 2,640.00 da como resultado \$ 15,840.00

Si se observa, el costo estimado de inversión inicial para el sistema automático de alumbrado es de \$ 15,840.00, inferior al ahorro esperado por un año de servicio que es de \$17,964.36

Por lo tanto podemos afirmar que la inversión en este concepto se recupera en un año como máximo. Solo basta establecer el promedio de vida del sistema automático para determinar si funcionara por lo menos un año. Tomando como punto de referencia la vida útil según el fabricante de los dispositivos electromecánicos (relevadores), que son los elementos que tienen el menor tiempo de vida, El fabricante establece este tiempo de vida como un número de accionamientos, en este caso el dato corresponde a 20,000 accionamientos como valor mínimo esperado en el dispositivo antes de dañarse.

Si a lo largo de una jornada de trabajo se espera un accionamiento cada hora que hay cambio de turno, por lo máximo se esperan 14 accionamientos a lo largo del día, que bien redondeamos a 15 accionamientos diarios, Como mencionamos antes al año tenemos máximo 200 días de labores. Y por lo tanto 200×15 accionamientos, es decir, 3,000 accionamientos anuales. Si el dispositivo de menor duración establece 20,000 accionamientos, tenemos que el equipo de control automático por lo menos tiene un término de vida de $20,000 / 3,000$ años, o bien 6.67 años. Tiempo suficiente para justificarse su costo de instalación ya que se recupera en un año y goza de casi 6 años extra de ahorro constante antes de invertir en un mantenimiento mayor, o un posible cambio total.

5.5 Resumen de instalaciones.

A continuación se presenta un resumen de las estimaciones correspondientes a las diferentes instalaciones diseñadas para este proyecto, en el se determinará el costo total del grupo de instalaciones antes descritas durante el presente trabajo y se comparará con respecto al costo aproximado de la obra total, para dar una idea del porcentaje del costo total que representa este proyecto.

	Instalación	Estimación	20 %	Subtotal
1.	Instalación eléctrica	201,478.30	40,295.66	241,773.96
2.	Instalación neumática	15,050.00	3,010.00	18,060.00
3.	Instalación de sistemas computarizados	17,900.00	3,580.00	21,480.00
4.	Instalación de sistema automático de alumbrado	13,200.00	2,640.00	15,840.00
	total			297,153.96

Tabla 5.5 Resumen de estimaciones de instalaciones.

Haciendo una estimación aproximada de la obra total (Obra civil e instalaciones), tomando como base los metros cuadrados de construcción, y proponiendo un costo de construcción por metro cuadrado igual a \$ 8,000.00 determinamos el costo de la obra.

El taller electromecánico tiene como dimensiones 35 m de largo por 18 m de ancho, el área que corresponde a estas medidas es de 630 m².

Costo de obra = Área x costo por metro cuadrado = 630 x 8 000 = \$ 5,040,000.00

Tomando en cuenta que esta forma de estimación arroja una incertidumbre del $\pm 40\%$, se calcula un intervalo dentro del cual puede caer el costo de la obra. Y a partir de este determinar que porcentaje representa el costo de las instalaciones con respecto al costo total de la obra.

Intervalo de costo total = \$ 3,024,000.00 a \$ 7,056,000.00

Si tomamos el mínimo valor del intervalo, tenemos que el porcentaje que representan los trabajos de instalaciones son :

Porcentaje de costo de instalaciones = $(297153.96 / 3\,024\,000) \times 100 = 9.82\%$

Si tomamos ahora el máximo valor del intervalo, tenemos que el porcentaje que representan los trabajos de instalaciones son :

Porcentaje de costo de instalaciones = $(297153.96 / 7\,056\,000) \times 100 = 4.21\%$

De los cálculos anteriores se determina que el porcentaje que representa el costo de las instalaciones con respecto al costo total de la obra no supera en el menor costo de la obra el 10% . El cual es un porcentaje bastante aceptable para la partida de instalaciones.

CONCLUSIONES

“No se puede saber que tan lejos podemos caminar. Si no comenzamos a caminar.”

Cuando en la vida de estudiante asistimos a la escuela, y por una u otra razón somos bien encaminados a aplicar todo nuestro interés y habilidades en estudiar teorías, leyes, procedimientos, y un sin número de conocimientos, todos ellos muy importantes. No percibimos el potencial que representan estos conocimientos para nuestro desarrollo personal y profesional en nuestro presente y nuestro futuro cercano. Muchas de las veces esa falta de madurez, de criterio y de visión evita que todos estos conocimientos y habilidades se exploten al máximo desde el momento en el que se van adquiriendo, acción que sería de mucho provecho, pues abre mas expectativas de aprendizaje.

Por un momento de nuestra vida, ignoramos que la preparación que recibimos, fruto del esfuerzo de diferentes fuerzas que nos rodean y nos impulsan a ser mejores personas y profesionistas, para bien nuestro, de nuestra familia, de nuestra escuela y del país. Es la mejor herramienta que podemos pedir para poder abrir brecha en esta sociedad en auge que requiere gente emprendedora con interés y conocimientos teóricos y prácticos, dispuestos a participar de forma activa y emprendedora en el mejoramiento de los procesos productivos, condición que en la actualidad es una exigencia debido a la

apertura del mercado internacional, el cual impone nuevas reglas de competencia dentro de las diferentes sociedades.

La mejora continua, la producción con calidad, la globalización, la certificación de procesos productivos, la certificación de los servicios, y la certificación de la educación, son temas que en la actualidad tenemos que vivir a diario, y la única forma de afrontar directamente todos estos cambios es con una mejor preparación en las escuelas. Este trabajo, representa el resultado y la culminación de esta preparación necesaria hoy en día. Es en la realización de este proyecto, donde se cristalizan todos los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Es aquí, al enfrentar un problema de diseño práctico, que reconozco de forma articulada todos los conocimientos que la institución ha puesto a mi alcance, a través de sus instalaciones, sus docentes y sus trabajadores.

El presente proyecto, es una propuesta alternativa para un taller de educación técnica a nivel medio superior, para la carrera de P. Técnico Electromecánico dentro del sistema Conalep. La propuesta incluye; el análisis del programa de la carrera para determinar los espacios necesarios para cubrir los alcances del programa, tomando en cuenta que en la actualidad la educación con éxito debe contar con un apoyo sólido basado en una infraestructura acorde a los programas, lo cual facilita el aprendizaje significativo a través de una educación dinámica e interactiva.

También, desde el punto de vista de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se hace el diseño de las instalaciones eléctricas que requieren los espacios antes propuestos, para agregarles una mejor funcionalidad, caso concreto; la instalación de fuerza indispensable para suministrar y distribuir la energía eléctrica a cada una de las áreas propuestas, la instalación de alumbrado, con los niveles de iluminación apropiados al lugar que corresponden, la red de tierra, instalación de protección indispensable en todo proyecto eléctrico. Y las preparaciones para una instalación eléctrica didáctica, que si bien no afectan al sistema eléctrico, si proveen un buen apoyo didáctico para aquellos que quieran explorar todos los aspectos que implican los trabajos prácticos (de la carrera P. Técnico Electromecánico) en campo en un ambiente controlado.

Hay otras instalaciones relacionadas al área que también se proponen, esto con la finalidad de cubrir las necesidades requeridas por el proyecto y también como prueba de la versatilidad y la diversidad de aplicación de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en casos reales. La instalación de la alimentación neumática y la instalación del equipo de respaldo para el área de sistematización son ejemplos de estas instalaciones adicionales que por requerimiento del proyecto, son calculadas y propuestas.

Los conocimientos de Ingeniería Mecánica Eléctrica, también se aplican, en el diseño de un sistema automático de alumbrado, cuya finalidad es controlar el encendido y apagado de las luminarias de las diferentes áreas que componen al proyecto. Esta propuesta va mas allá de proponer una infraestructura acorde a

las necesidades de la educación moderna, con instalaciones funcionales y versátiles, ya que también propone un sistema que economiza y ahorra, energía y dinero durante el tiempo de operación que pudiesen dar dichas instalaciones.

Por ultimo puedo decir que el presente proyecto culmina, cuando una vez hechos todos los diseños y propuestas, se procede a dar una estimación de su costo con una correspondiente justificación de éste.

Como puede observarse en el resumen anterior. A lo largo del desarrollo del presente proyecto, tuve la oportunidad de aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, enfrentar problemas prácticos y desarrollar criterios, basados en conocimientos adquiridos, experiencias vividas y bibliografía consultada.

Solo me resta decir, que el presente trabajo se desarrolló como una propuesta de un diseño práctico para un taller dedicado al estudio y la práctica del área electromecánica a nivel Técnico, en función de esto, hice todo el desarrollo desde donde me parece es el principio de todo diseño, el solucionar una necesidad reflejada por un usuario, esta solución creo yo debe ser bien analizada por ingeniería desde todos los aspectos posibles, para poder generar una solución práctica y económica apropiada a nuestros tiempos.

BIBLIOGRAFIA

1. Enriquez Harper Gilberto, *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*, Editorial Limusa, México 1985.
2. Enriquez Harper, Gilberto. *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*, 2ª. Reimpresión, Edit. Limusa, México D.F., 1990
3. Enriquez Harper Gilberto, *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales*, 2ª edición, Editorial Limusa, México D.F. 1996.
4. Enriquez Harper Gilberto, *Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas*, 2ª edición, Editorial Limusa, México D.F. 2002.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (utilización), 2ª. Reimpresión, Editorial IPN y Alfaomega, México D.F. 2002.
6. Becerril L. Diego Onesimo, *Instalaciones Eléctricas Practicas*,
7. Chapa Carreón Jorge, *Manual de Instalaciones de alumbrado y Fotometría*, 1ª edición, Editorial Limusa, México 1990.
8. Salvador Millan, *Calculo y diseño de circuitos en aplicaciones neumáticas*, Editorial Marcombo, México, 300 pag.
9. Robert Boylestad, *Electrónica teoría de circuitos*, Edit. Prentice-Hall, México 1989, 845 pág.
10. M. Morris Mano, *Lógica digital y Diseño de Computadoras*, Edit. Prentice-Hall, México 1982, 636 págs.
11. Philips ECG, *ECG Semiconductors Master Replacement Guide*, 1991, 663 págs.

- 12 Varela A. Leopoldo, Costos de construcción pesada y edificación , “
Ingeniería de Costos y Maquinaria, tomo 4, Edit. Compuobras S.A
de C. V. , 27 a edición, México 1995.

Apéndice a

Resumen de requisitos de los circuitos derivados, sacado de la NOM de
Instalaciones Eléctricas.

Capacidad de conducción de corriente nominal del circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (Tamaño nominal mínimo en mm -AWG)	2.082(14) 2.082(14)	3.3(12) 2.08(14)	5.26(10) 2.082(14)	8.36(8) 3.3(12)	13.3(6) 3.3(12)
Conductores del circuito*					
Derivaciones Cables y cordones de aparatos eléctricos					
Protección contra sobrecorriente (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida: Portalámparas permitidos Capacidad de conducción de corriente admisible del receptáculo**	De cualquier tipo 15 A máx.	De cualquier tipo 15 o 20 A	Servicio pesado 30 A	Servicio pesado 40 A o 50 A	Servicio pesado 50 A
Carga máxima (A)	15	20	30	40	50
Carga permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23(c)

* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre

** Para la capacidad de conducción de corriente de los aparatos eléctricos de alumbrado por descarga conectados con cordón y clavija véase 410-30 (c) NOM de Instalaciones Eléctricas pág. 207. (NOM, pág. 40)

apéndice b

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 grados °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización , Cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75°C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm ²	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS THWN* XHHW* TT	TIPOS RHH* RHW-2 THHN* THHW* THHW-LS THW-2* XHHW* XHHW-2	TIPOS UF*	TIPOS RHW* XHHW* BM-AL	TIPOS RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS	AWG Kcmil
	Cobre			Aluminio			
0.8235	--	--	14	--	--	--	18
1.307	--	--	18	--	--	--	16
2.082	20*	20*	25*	--	--	--	14
3.307	25*	25*	30*	--	--	--	12
5.26	30	35*	40*	--	--	--	10
8.367	40	50	55	--	--	--	8
13.3	55	65	75	40	50	60	6
21.15	70	85	95	55	65	75	4
26.67	85	100	110	65	75	85	3
33.62	95	115	130	75	90	100	2
42.41	110	130	150	85	100	115	1
53.48	125	150	170	100	120	135	1/0
67.43	145	175	195	115	135	150	2/0
85.01	165	200	225	130	155	175	3/0
107.2	195	230	260	150	180	205	4/0
126.67	215	255	290	170	205	230	250
152.01	240	285	320	190	230	255	300
177.34	260	310	350	210	250	280	350
202.68	280	335	380	225	270	305	400
253.35	320	380	430	260	310	350	500

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm ²	TIPOS TW*	TIPOS RHW*	TIPOS RHH*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*	TIPOS RHW-2	AWGKc mil
	TWD*	THHW*	RHW-2		XHHW*	XHHW	
	CCE TWD-UV	THW* THW-LS THWN* XHHW* TT	THHN* THHW* LS THW-2* XHHW* XHHW-2		BM-AL	XHWW-2 DRS	
	Cobre			Aluminio			
304.02	355	420	475	285	340	385	600
354.69	385	460	520	310	375	420	700
380.03	400	475	535	320	385	435	750
405.37	410	490	555	330	395	450	800
456.04	435	520	585	355	425	480	900
506.71	455	545	615	375	445	500	1000
633.39	495	590	665	405	485	545	1250
760.07	520	625	705	435	520	585	1500
886.74	545	650	735	455	545	615	1750
1013.42	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	21-25
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	26-30
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	31-35
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	36-40
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	41-45
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	46-50
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	51-55
56-60	--	0.58	0.71	--	0.58	0.71	56-60
61-70	--	0.33	0.58	--	0.33	0.58	61-70
71-80	--	--	0.41	--	--	0.41	71-80

- A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no deben superar 15 A para 2.082 mm² (14 AWG); 20 A para 3.307 mm² (12AWG) y 30 A para 5.26 mm² (10 AWG), todos de cobre. (NOM de Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 108)

Apéndice c

Cargas de alumbrado general por uso de edificio

USO DE EDIFICIO	CARGA UNITARIA (VA/m ²)
Almacenes	2.5
Bancos	35**
Casa de huéspedes	15
Clubes	20
Colegios	30
Cuarteles y auditorios	10
Edificios de oficinas	35**
Edificios industriales y comerciales	20
Estacionamientos públicos	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina*	20
iglesias	10
Juzgados	20
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Unidades de vivienda*	30
En cualquiera de las construcciones anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

* Todas las salidas para receptáculos de uso general de 20 A nominales o menos, en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los clientes de hoteles y moteles (excepto las conectadas a los circuitos de receptáculos de corriente eléctrica especificados en 220-4 (b) y (c)), se deben considerar tomas para alumbrado general y en tales salidas no son necesarios cálculos para cargas adicionales .

** Además se debe incluir una carga unitaria de 10.75 VA/m² para salidas receptáculos de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de tomas. (NOM de Instalaciones Eléctricas, 2002, pág. 42)

Apéndice d

CALIBRE DE CONDUCTORES PARA MALLA DE TIERRAS

Para determinar el calibre del conductor de una malla de tierras se deben considerar los siguientes factores:

Estabilidad térmica al momento de la falla, es decir cuando fluye la corriente de corto circuito.

- Resistencia mecánica al momento de presentarse la falla
- Una buena duración sin sufrir un alto índice de corrosión
- Que sea de un material de buena conductividad que evite el aumento de los gradientes de potencial local.

Desde el punto de vista térmico el tamaño del conductor depende de los siguientes factores:

- El valor de la corriente de falla a tierra.
- El tiempo de interrupción de la falla.
- El material de construcción del conductor

Los factores mencionados antes se conjugan en la siguiente tabla.

tiempo de duración de la falla (seg)	Tamaño mínimo de conductor en circular mil por ampere:					
	UNIONES SOLDADAS			UNIONES ATORNILLADAS		
	cobre	acero	aluminio	cobre	acero	aluminio
30	50	120	91	64	143	123
3	16	38	29	21	46	39
1	9.5	22	17	12	27	23
0.5	6.5	16	12	8.5	19	16

TABLA d1 (ENRIQUEZ HARPER G. 1985, 551)

$$1 \text{ CIRCULAR MIL} = 0.0005067 \text{ mm}^2$$

CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA

Calibre del conductor mas grande de la acometida, o del alimentador general de servicio AWG o MCM (cobre)	Calibre del conductor del electrodo de tierra: AWG o MCM (cobre)
2 o menor	8
1/0	6
2/0 o 3/0	4
4/0 o 350 MCM	2
400 a 600 MCM	1/0
mayor de 600 MCM a 1100 MCM	2/0
mas de 1100 MCM	3/0

TABLA d2 (ENRIQUEZ HARPER G. 1985, 552)

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS, Y CANALIZACIONES INTERIORES

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo conductor, etc.	Calibre del conductor de puesta a tierra: (AWG o MCM)	
	Cobre	Aluminio
No mayor de (Amperes)		
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 MCM
1600	4/0	350 MCM
2000	250 MCM	400 MCM
2500	350 MCM	500 MCM
3000	400 MCM	600 MCM
4000	500 MCM	800 MCM
5000	700 MCM	1000 MCM
6000	800 MCM	1200 MCM

TABLA d3 (ENRIQUEZ HARPER G. 1985, 553)