

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Departamento de Energía

Diseño de la instalación eléctrica de la planta de rebombeo Cherokees
perteneciente al sistema de aguas de la CDMX (SACMEX)

Proyecto de integración para obtener el título de Ingeniero Electricista

Presenta: Gabriel Jiménez Quintanar

Peredo Castro Sergio

Asesor de Proyecto

Ing. Alfredo Ruiz Meza

Ciudad de México

abril del 2018

Agradecimiento

Este proyecto va dedicado a todas aquellas personas que siempre me han apoyado en especial agradecimiento a mi madre la cual me ha comprendido y a pesar de mis errores siempre ha estado a mi lado apoyándome en todos esos momentos difíciles y que con sus consejos me ha impulsado a ser una mejor persona cada día.

A mis tías (Martha y María Elena) las que siempre me apoyaron y creyeron en mi desde el inicio de mi carrera, ahora que concluyo esta etapa de mi vida les agradezco el desvelarse cada noche a la espera de que llegue a casa y sentir ese cariño día tras día y espero algún poder devolver todo lo que me han dado para poder llegar a ser un gran profesionalista.

A mi hermana la cual me ha enseñado que a pesar de que la vida sea difícil uno siempre tiene que mirar al frente y jamás darse por vencido por que al final uno obtendrá la recompensa que uno merece.

A mis amigos (Mario, Gabriel y Verónica) a los cuales estimo demasiado y que han estado en las buenas como en las malas y de los cuales aprendí mucho. A mi gran compañero y gran amigo Gabriel con el que este proyecto nos aventuramos sin saber que tan grande y complicado se podría realizar le agradezco el haber soportado lo estricto y enojón que llegue hacer con él.

Peredo Castro Sergio

Agradezco infinitamente a mi familia, a mis padres quienes nunca me dejaron caer y siempre estuvieron a mi lado en cada paso de este duro y largo camino. A mi mama Leonor Valentina Quintanar, García quien me enseñó que sin importar que tan complicada sea tu situación nunca debes rendirte ni bajar los brazos, y sin importar que todo el mundo te diga que es una batalla perdida, con suficiente voluntad y determinación ni siquiera el cáncer puede vencerte. A mi papa Gabriel Jiménez Guzmán, quien me enseñó que cuando se quiere salir adelante y mejorar, no existe ningún obstáculo o excusa que pueda detenerte. A mi hermana Patricia Gabriela Jiménez Quintanar, quien me enseñó que, aunque la vida te tire, siempre tendrás la opción de pararte y seguir adelante para mejorar y ser una mejor persona. A mi hermana Marisol Jiménez Quintanar, quien me enseñó a ser una persona fuerte, y siempre creer en uno mismo sin importar que todo el mundo esté en tu contra. A mi Tío Juan Antonio Rosales Guzmán quien me dio la oportunidad de realizar este proyecto, y me brindó todas las facilidades para poder concluir mi carrera universitaria. A mi mejor amigo Fausto Moisés coronel Vargas quien me enseñó que aun que tu situación no sea la mejor de todas, nunca debes de olvidar sonreír y ser feliz. A mi amigo Sergio Peredo Castro que a pesar de mis errores y mis fallas siempre me demostró el gran amigo y la gran persona que es y por eso siempre le estaré agradecido. Por último, quiero agradecer a todas esas personas que conocí en esta etapa de mi vida que me ayudaron a madurar y ser una mejor persona en cada aspecto de mi vida.

Gabriel Jiménez Quintanar

Declaratoria

Yo, Ing. Alfredo Ruiz Meza, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de la UAM Azcapotzalco.



Ing. Alfredo Ruiz Meza

Yo, Ing. Arquitecto Daniel Rodríguez Matías, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de la UAM Azcapotzalco



Ing. Arquitecto Daniel Rodríguez Matías

Nosotros, Gabriel Jiménez Quintanar y Sergio Peredo Castro, damos nuestra autorización a la Coordinación de Servicios de Información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de la UAM Azcapotzalco



Gabriel Jiménez Quintanar



Sergio Peredo Castro

Índice

Agradecimiento	2
Declaratoria	4
Resumen	9
Introducción	10
Justificación.....	13
Objetivos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Glosario	15
Capítulo 1. Normas aplicadas al proyecto.....	20
¿Qué es una norma?	20
Ley de la Industria Eléctrica	21
Reglamento de la ley de la Industria Eléctrica.....	21
Norma oficial NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización).....	21
NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.....	23
Capítulo 2. Contactos y Luminarias	24
Introducción:	24
Comportamiento de la luz	24
Iluminación de Interiores	25

Sistemas de alumbrado.....	25
Niveles de Iluminación	25
Iluminación del Proyecto	27
Especificaciones del predio.....	29
Iluminación de la Subestación	31
Iluminación del CCM.....	34
Iluminación perimetral	38
Iluminación del Cárcamo	43
Iluminación de la pared exterior	46
Iluminación exterior de los cuartos de Subestación y CMM	47
Capítulo 2. Motobombas.....	48
Introducción	48
Bombas Centrifugas	48
Bombas Verticales	49
Motores Eléctricos	50
Motores de corriente alterna:.....	50
Bombas de agua para fosa llena.	51
Motores eléctricos para bombas de pozo profundo.....	54
Selección de motores.....	62
Capítulo 4. Control de Motores.....	66

Introducción	66
Centro de Control de Motores (CCM)	67
Arrancadores a tension reducida	72
Control de Motores	73
Arranque Directo:.....	73
Arranque a Tensión Reducida:.....	73
Arranque Suave:.....	74
Diagrama de Fuerza	75
Diagrama de Control	76
Tableros de control.....	79
Control.....	80
Corrección del factor de potencia	81
Banco de capacitores	81
Capítulo 5. Subestación Eléctrica	83
Introducción	83
Subestación eléctrica	84
Clasificación de subestaciones	84
Selección del Transformador y subestación.....	90
Conclusiones	98
Anexos.....	101

Apéndice A.....	101
Iluminación	101
Apendice B.....	111
Transformador bañado en aceite y tipo seco.....	111
Apendice C.....	115
Subestacion	115
Apendice D.....	118
Banco de capacitores automatico	118
Apendice E.....	120
Receptaculos de falla a tierra y sencillo.....	120
Apendice F	123
Centro de control de motores (CCM).....	123
Apendice G.....	124
Tablero de alumbrado y distribucion	124
Bibliografía	126

Resumen

En este proyecto se tiene como objetivo solucionar la problemática del desabasto de agua potable en las delegaciones de Iztapalapa y Coyoacán, para esto es necesario el diseño de una planta de bombeo para repotenciar el suministro de agua potable el cual contribuirá al abastecimiento en dichas delegaciones.

Dicho lo anterior, nuestro proyecto se enfoca al diseño de la instalación eléctrica de dicha planta, para esto se deberá tener presentes los siguientes objetivos, seleccionar los motores apropiados para dicha aplicación, así como el diseño de un buen sistema de iluminación, teniendo como referencia la NOM-025-STPS-2008 y por la SMII (Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación).

Dentro de este proyecto se consideró los requerimientos mínimos establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización)

Al finalizar este proyecto se realizó una cotización de los diferentes equipos eléctricos como son: subestaciones, transformadores, motores, luminarias, conductores, tuberías, etc.

Introducción

Actualmente la ciudad de México tiene una crisis en el suministro de agua potable, esto es debido a dos factores; el actual sistema hidráulico no cuenta con la suficiente presión para llevar el agua a las zonas deseadas, o bien, el mantenimiento que se le ha dado al sistema no ha sido el indicado, esto representa un problema para toda la ciudad ya que el agua es un recurso indispensable para el ser humano.

El consumo confort se define como la cantidad de agua que requiere un ser humano para satisfacer sus necesidades básicas como alimentación e higiene, este consumo se distribuye en los siguientes porcentajes 34% en uso del retrete, 4% en limpieza de trastes, 14% en lavado de ropa, 39% en higiene personal y 9% en otros usos.

Una solución a este problema es el diseño y la construcción de plantas de bombeo con el fin de repotenciar el flujo de agua potable que se lleva a las diferentes delegaciones de la ciudad.

En este proyecto se hablará del diseño de una planta de bombeo de agua potable llamada Cherokees, la cual repotenciará el flujo y será una de las que ayudarán a suministrar el agua a las delegaciones de Iztapalapa y Coyoacán, siendo estas, dos de las más afectadas debido a este problema.

Esta planta tendrá un área total de 1260 m^2 se construirá en la parte sur de la ciudad de México, en la delegación de Xochimilco debido a que el ducto que se quiere repotenciar pasa por esta zona, ya que esta planta ayudará a suministrar el agua a dos delegaciones será necesario dividirla en dos sistemas diferentes con un mismo ducto de alimentación, para esta planta será necesario del trabajo en conjunto de 2 operados debido a la necesidad que se tiene de control de luminarias.

Esta planta estará conformada por una acometida que se conectara de manera aérea, esto debido por donde se planeaba pasar la tubería se encuentra un ducto de Pemex, de manera que pasar la acometida de manera aérea es demasiado peligroso, la distancia de la acometida a la subestación será aproximadamente de 10 metros, de manera que esto representara un gasto extra al proyecto, esta instalación tendrá una subestación para intemperie de tipo compacta de 500 kVA alojada por especificación del proyecto dentro de un cuarto de 12 m de largo por 5 m de ancho, ubicado en la parte superior derecha del predio. Además, tendrá otro cuarto justo a un lado con las mismas dimensiones que alojara el Centro de Control de Motores, el cual en su interior contara con un área de estar para los operadores, los cables de la subestación al CCM llegaran de manera subterránea.

Del lado izquierdo del predio se encuentra el cárcamo donde llegara la desviación del ducto principal que alimentara a los dos sistemas hidráulicos, aquí también se encontraran las 7 unidades de motobombas de tipo turbina verticales para pozo profundo, las cuales 5 son de 100hp y 2 son de 50hp que estarán divididas de la siguiente manera.

Sistema 1)

4 motobombas de 100hp con un esquema de operación de 3 motobombas encendidas en todo momento y 1 de reserva que se turnara por tiempos, de manera que las 4 motobombas trabajaran y descansaran por igual a lo largo del día.

Sistema 2)

3 motobombas, 2 de 50hp y 1 de 100hp con un esquema de operación de 2 motobombas encendidas en todo momento y 1 de reserva que se por tiempos, de manera que las 3 motobombas trabajan y descansan por igual a lo largo del día.

Este cárcamo contará con un techo a dos aguas el cual estará a una altura de 15 metros y contará con una grúa viajera la cual será para desmontar los motores en caso de trabajos de mantenimientos.

Contará con 5 tipos de luminarias las cuales son:

Wall-Pack adosadas a la pared para la iluminación perimetral interior

Utility Vapor Tights colocadas en el exterior de los cuartos de subestación y CCM

Enduratron las cuales estarán en el cárcamo para la iluminación de los motores

Fiberglass enclosed and gasketed las cuales estarán por dentro de los cuartos de subestación y CCM

Suburbano HID las cuales estarán en la parte exterior perimetral

Justificación

Este proyecto tiene suma importancia para evitar el desabasto de agua potable en dichas delegaciones. Con este proyecto aproximadamente 350,000 habitantes de las delegaciones de Coyoacán e Iztapalapa serán beneficiadas. Esto también representara un ahorro para las delegaciones ya que no harán gastos innecesarios en transportar el agua por medio de pipas. Además, es de suma importancia que la planta de rebombeo funcione adecuadamente para reducir la contaminación emitida por las pipas y así disminuir el impacto ambiental.

La ingeniería eléctrica es de suma importancia para este proyecto, no solo para el diseño sino también para la construcción ya que es considerada como una de las tres ingenierías básicas.

Esto implica que el ingeniero eléctrico tenga la capacidad de abordar cualquier tipo de proyecto ya sea de diseño o de construcción. Debido al sistema educativo que maneja la UAM, el perfil del ingeniero eléctrico le permite abordar de manera correcta cualquier tipo de problema ya sea de aspecto ingenieril.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar el proyecto general de la instalación eléctrica para la planta de rebombero Cherokees que permita abastecer de agua a las delegaciones de Iztapalapa y Coyoacán

Objetivos específicos

Realizar el diseño de la instalación eléctrica basándonos en las normas nacionales e internacionales según sea el caso.

Seleccionar el equipo adecuado que cumpla con las necesidades del diseño.

Elaborar los planos necesarios que permitan la ejecución correcta de la instalación

Glosario

A prueba de intemperie: Construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida el funcionamiento específico

A prueba de lluvia: Construido, protegido o tratado de tal modo que prevenga que la lluvia interfiera con la operación satisfactoria de un aparato bajo condiciones de prueba especificadas

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Acometida: Conductores eléctricos que conectan a la red de distribución del suministrador, al punto de recepción de suministro en la instalación del inmueble a servir.

Acometida aérea: Conductores en sistema aérea, que van desde el poste más cercano u otro soporte aéreo del suministrador, hasta el punto de recepción del suministro

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Ampacidad: Corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente, bajo las condiciones de uso, sin exceder su rango de temperatura.

Automático: Realizar una función sin necesidad de intervención humana.

Caja de derivación: Parte de un sistema de canalización con tubería de cualquier tipo para proporcionar acceso al interior del sistema de alambrado por medio de una cubierta o tapa removible. Podrá estar instalada al final o entre partes del sistema de canalización

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM.

Carga (eléctrica): Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

Carga continua: Carga cuya corriente máxima circula durante tres horas o mas

Centro de control de motores (CCM): conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores

Circuito derivado: Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas.

Circuito derivado de uso general: circuito que alimenta a dos o más salidas para alumbrado y aparatos.

Conductor aislado: conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos en esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Trayectorias conductoras utilizadas para conectar las partes metálicas, que normalmente no conducen corriente, de todos los equipos y al conductor del sistema puesto a tierra o al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor neutro: Conductor conectado al punto neutro de un sistema que está destinado a transportar corriente en condiciones normales.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o de un circuito, intencionalmente puesto a tierra.

Conductores de acometida, sistema aéreo: Conductores de acometida comprendido entre las terminales del equipo de acometida y un punto comúnmente fuera del edificio, y separado de sus paredes, donde se unen por derivación o empalme a la bandeja de la acometida aérea

Contacto (Receptáculo): Dispositivo de conexión eléctrica instalado en una salida para la inserción de una clavija. Un contacto sencillo es un dispositivo de un solo juego de contactos.

Un contacto múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis o yugo.

Coordinación (selectiva): localización de una condición de sobrecorriente para restringir interrupciones del circuito o del equipo afectado, lo cual se logra con la selección de los dispositivos de protección contra sobrecorriente y sus ajustes o valores nominales.

Corriente de interrupción: Corriente máxima a la tensión que un dispositivo, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas.

Corriente de cortocircuito: Posible corriente de falla simétrica a la tensión nominal, a la cual un aparato o un sistema puede estar conectado sin sufrir daños que excedan los criterios de aceptación definidos.

Electrodo de puesta a tierra: Objeto conductor a través del cual se establece una conexión directa a tierra.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a la parte del sistema considerado

Gabinete: Envoltura diseñada para montaje superficial o empotrada, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas de bisagra.

Luminaria: Unidad completa de iluminación que consiste en una fuente de luz, con una o varias lámparas, junto con las partes diseñadas para posicionar la fuente de luz y conectarla a la fuente de alimentación.

Registro: Envolvente para uso en sistemas en subterráneos que tienen un fondo abierto o cerrado, dimensionado de tal forma que permite al personal alcanzar lo que hay ahí dentro pero no ingresar en el con el propósito de instalar, operar o mantener el equipo o el alambrado, o ambos.

Sobrecarga: Operación de un equipo por encima de su capacidad normal a plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad que, que cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligros. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga

Sobrecorriente: cualquier corriente que supere la corriente nominal de los equipos o de la ampacidad de un conductor. La sobrecorriente puede provocarse por una sobrecarga o un cortocircuito o una falla a tierra

Tablero de alumbrado y control: Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

Tablero de distribución: panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles, donde se montan, por el frente o por la parte posterior o por ambos lados: desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución son accesibles por la parte frontal y la posterior y no están destinados para ser instalados dentro de gabinetes.

Tubo Conduit: Sistema de canalización diseñado o construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas de forma tubular en sección circular.

Tensión nominal: Valor nominal asignado a un circuito o sistema para designar convenientemente en su clase de tensión. La tensión a la cual un circuito opera o puede variar de la nominal dentro de un margen que permite el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Iluminación; iluminancia: es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en lux.

Iluminación complementaria: es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada.

Iluminación localizada: es un alumbrado diseñado para proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo.

Luxómetro: es un instrumento para la medición del nivel de iluminación.

Nivel de iluminación: cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en lux.

Plano de trabajo: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

Reflexión: es la luz reflejada por la superficie de un cuerpo.

Sistema de iluminación: es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.

Capítulo 1. Normas aplicadas al proyecto

¿Qué es una norma?

Son publicaciones por organismos especializados de las características de pruebas y márgenes de aprovechamiento de equipos, materiales y procesos [notas becerriles, pag.5]

Las normas son de suma importancia para cualquier ingeniería ya que su propósito es el de dar los estándares mínimos de seguridad, calidad y servicio necesarios para su correcto funcionamiento.

La seguridad de las personas, así como sus bienes debe ser lo primordial para los proyectistas en instalaciones eléctricas. Nosotros como ingenieros electricistas tenemos la obligación y el compromiso de conocer, usar y aplicar la normatividad.

Según la ISO (International Organization for Standardization) define como Normalización como: La actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político, o económico.

Debido a la globalización de la industria eléctrica es necesario tener conocimiento de normas nacionales como internacionales, esto para poder aplicarlas a la planeación, diseño, desarrollo y ejecución de toda una instalación eléctrica.

Para América del norte tenemos la NEMA y NEC.

Para Europa y el resto del mundo son la IEC, NE, DIN.

La normalización tiene tres objetivos:

Simplificación: Reducir los modelos, quedando únicamente los más esenciales o necesarios.

Unificación: Permitir la intercambiabilidad internacional.

Especificación: Evitar confusiones de identificación, creando un lenguaje claro y preciso.

Ley de la Industria Eléctrica

Para este proyecto es de suma importancia el cumplir con las normas que se apliquen en nuestro país, esto para poder garantizar calidad y un buen funcionamiento de nuestra instalación.

La ley de la industria eléctrica es la que determinara los requisitos para la producción, transmisión y producción eléctrica.

Esta Ley tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

Reglamento de la ley de la Industria Eléctrica

Artículo 112.- Todas las instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas aplicables. La Secretaría podrá verificar el cumplimiento de dichas normas oficiales mexicanas.

De acuerdo con el artículo mencionado invariablemente debemos de cumplir con las especificaciones de las normas vigentes, nuestro caso las de instalaciones eléctricas.

Norma oficial NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización)

Es un compendio de todas las especificaciones generales que se deben de tener en cuenta para una instalación eléctrica, Esta norma habla sobre los requerimientos mínimos que se deben de tener para asegurar la seguridad de los usuarios, las características técnicas que deben de tener las instalaciones eléctricas como bien puede ser, el tipo de cable, aislante y tamaño de tubería para interconectar los diferentes elementos de la instalación.

Objetivo

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezca condiciones adecuadas de seguridad y para las personas y sus propiedades en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas
- Los efectos térmicos
- Las sobrecorriente
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura; así mismo esta NOM no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

Campo de aplicación

Esta NOM cubre a las instalaciones destinadas para la utilización de la energía eléctrica en:

a) Propiedades industriales, comerciales, de vivienda, cualquiera que sea su uso, públicas y privadas, y en cualquiera de los niveles de tensión de operación, incluyendo las utilizadas para el equipo eléctrico conectado por los usuarios. Instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.

Para la parte de iluminación y motores se consultaron las siguientes normal las cuales fueron base para la realización del mismo.

NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

Objetivo:

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Capítulo 2. Contactos y Luminarias

Introducción:

La iluminación es un factor importante para cualquier tipo de construcción en el que se vean involucradas actividades de trabajo y/o recreativas, esto puede ir desde proyectos de casa habitación hasta edificios y aeropuertos, pasando por fábricas, estadios, centros deportivos y/o comerciales etc.

Es importante tener una buena iluminación para cualquiera que sea el caso. Ya que, al tener un buen nivel de iluminación, el tipo y número de luminarias a usar, se podrá conseguir el mejor arreglo lumínico sin descuidar aspectos económicos, estéticos y de salud. Todos estos factores deben de tomarse en cuenta para la correcta selección de las luminarias ya que tanto la luminaria física como la iluminación deben de ser lo más visualmente cómodas para las personas.

Comportamiento de la luz

Para poder iluminar de manera correcta cualquier lugar se deben de tener en cuenta los fenómenos físicos que describen el comportamiento de la luz:

- Reflexión:
- Reflexión especular
- Reflexión difusa
- Reflexión mixta
- Absorción:
- Transmisión:
- Refracción:

Iluminación de Interiores

La finalidad es sacar el mayor provecho de las características de la luz para iluminar áreas de trabajo de acuerdo a la actividad que se va a realizar en dichos lugares, para esto se deben de tomar algunos datos de los lugares a iluminar

Datos arquitectónicos del lugar: Características físicas del lugar como el largo, ancho y profundo, la posición de las paredes y columnas

Datos de uso del local: Qué tipo de trabajo se va a hacer en el lugar, esto para poder saber cuáles son los niveles requeridos de iluminación

Datos lumínicos precisos: Conocimiento básico del tipo de materiales que hay en las paredes techo y piso

Sistemas de alumbrado

Alumbrado General: Todo el lugar debe de tener una iluminación lo más uniforme posible esto quiere decir que será igual en todos lados, de manera que no se realizan tareas específicas, esto puede ser como base o apoyo para un sistema de iluminación más grande

Alumbrado General Localizada: Se debe de iluminar de manera uniforme todo el lugar, pero con la diferencia de que debe de haber ciertas zonas específicas con un extra en la intensidad luminosa

Niveles de Iluminación

Respetar los niveles de iluminación es de vital importancia ya que dependiendo del tipo de actividad a realizar será el nivel de iluminación a colocar, este debe de ser lo más cercano al nivel recomendado para cada uno de los casos, siendo estos.

Tabla 1**Niveles de iluminación**

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: * de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; * exactas y muy prolongadas, y * muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2000

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de Iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Tabla 2. Niveles mínimos de iluminación

Iluminación del Proyecto

Formulas a usar

Nivel de iluminación sobre una superficie a 0° de inclinación

$$E_0 = \frac{I_0}{(H_m)^2}$$

Candelas requeridas para seleccionar la luminaria

$$I_0 = (E_{min})(H_m)^2$$

Espaciamiento entre luminarias

$$S_m = \sqrt{\frac{(L)(A)}{NL}}$$

Numero de Luminarias

$$NL = \frac{(E)(A)(L)}{(LL)(CU)(FU)}$$

Nivel de iluminación con respecto a un ángulo

$$E_x = \frac{I_\theta}{dx^2} \text{Cos}(\theta)$$

Relación de un ángulo en un triángulo

$$\text{Cos}(\theta) = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

Coeficiente de utilización para alumbrado exterior mediante una interpolación en la fotometría

$$CU = \frac{\text{Ancho de Area}}{\text{Altura}}$$

$$CU = CU_{\text{casa}} + CU_{\text{calle}}$$

Factor de Servicio

$$FC = (FDLS)(FDLHU)$$

Espaciamiento para lámparas adosadas a la pared

$$e = \frac{L}{NL}$$

Donde:

A = Ancho

L = Largo

NL = Numero de luminarias

FDLS = Factor de Disminución de Lúmenes por Suciedad

FDLHU = Factor de Depreciación de Lúmenes por Hora de Uso

E_{min} = Nivel de iluminación mínimo especificado en Norma

Hm = Altura de Montaje

Io = Nuero de candelas ubicadas a cero grados

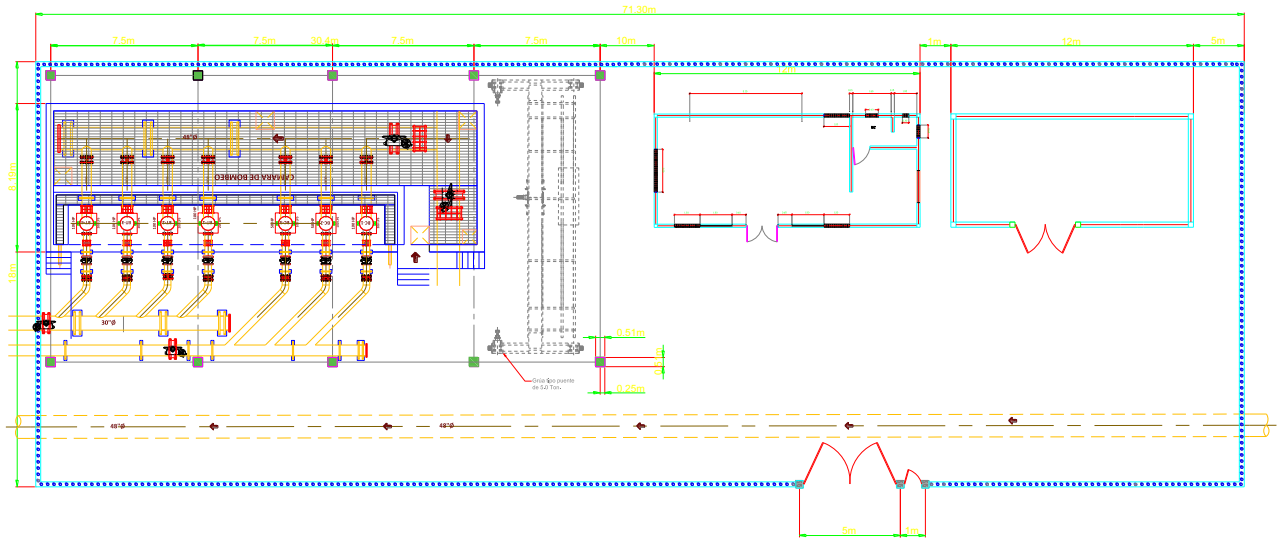
LL = Lúmenes iniciales

Cu = Coeficiente de utilización

FC = Factor de Servicio

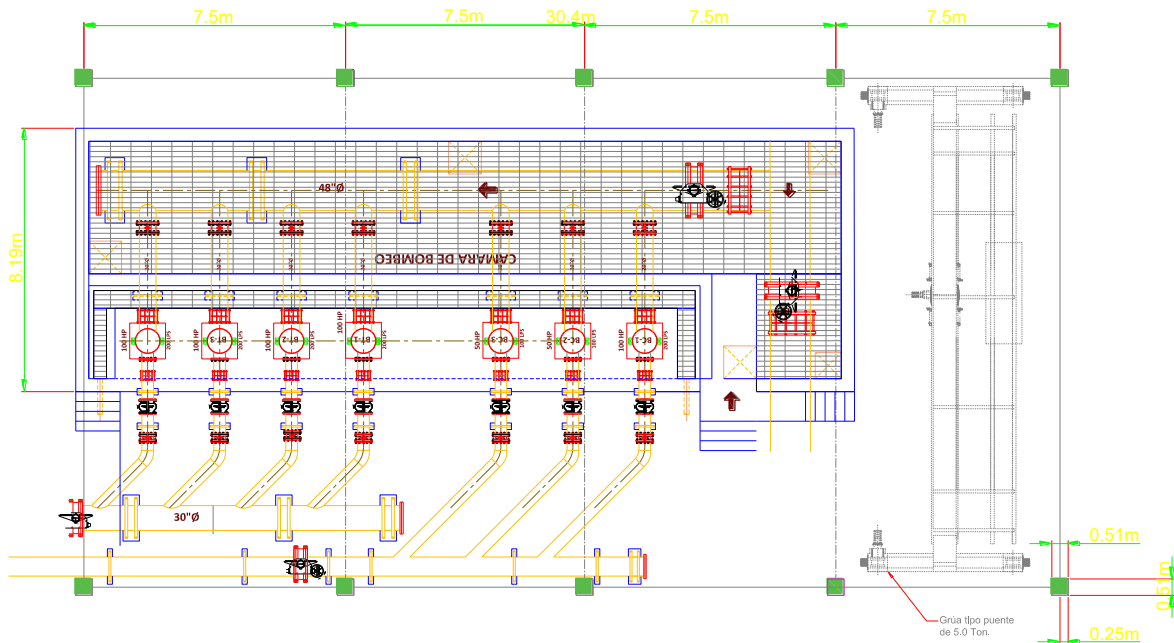
Especificaciones del predio

El predio tiene unas dimensiones de 70m largo x 18m ancho



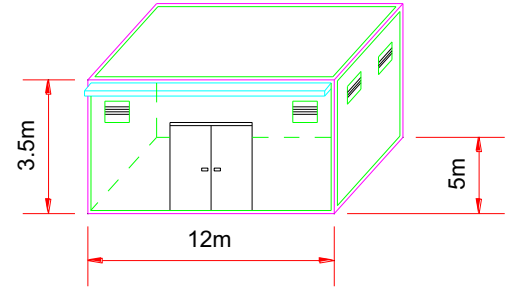
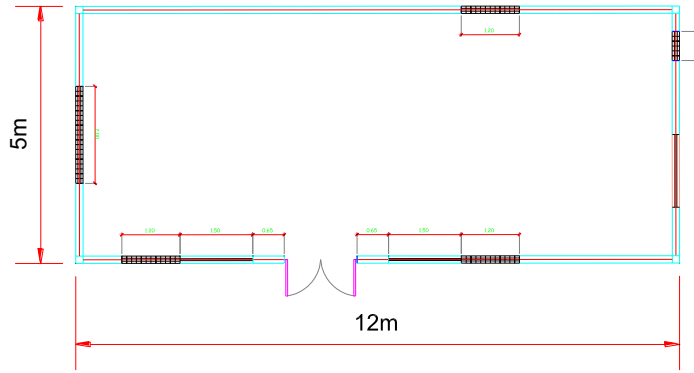
Cárcamo seco

el lugar donde se alojarán los motores los cuales se interconectarán con la nueva tubería que tiene unas dimensiones de 30m de largo por 8m de ancho



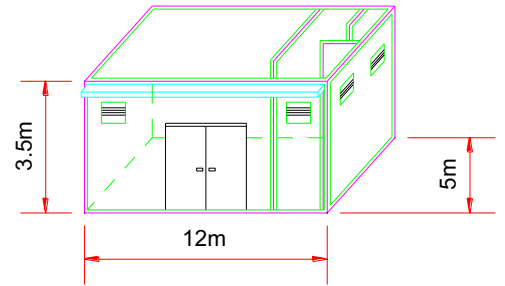
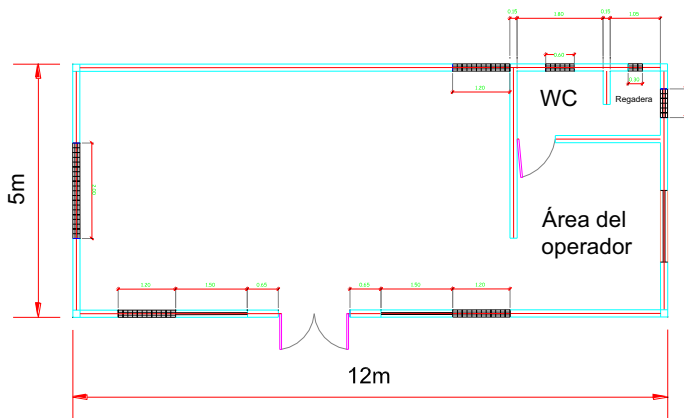
Cuarto de Subestación Eléctrica

12m de largo por 5m de ancho por 3.5m de alto



Centro de control de motores

12m de largo por 5m de ancho por 3.5m de alto



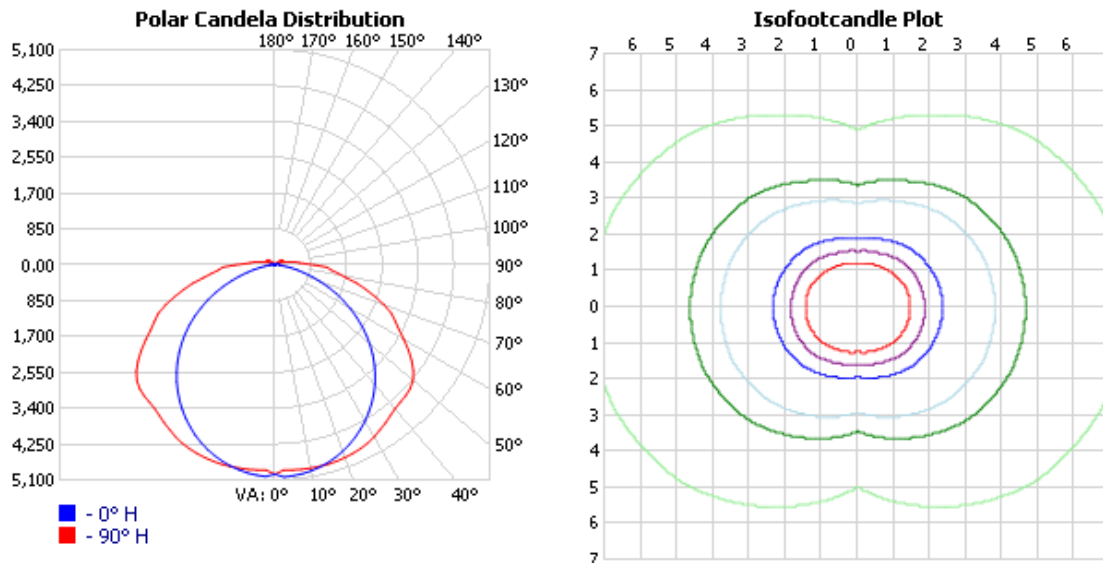
Illuminación de la Subestación

Para seleccionar la luminaria de la subestación se procede a determinar las candelas mediante la siguiente formula:

$$I_o = (E_{min})(Hm^2) = (500)(3^2)$$

$$I_o = 4500 \text{ cd}$$

Con este dato se compara con el valor de candelas de la luminaria seleccionada, buscando que este valor sea lo más cercano posible. Todo esto sacado de la fotometría



COEFFICIENTS OF UTILIZATION - ZONAL CAVITY METHOD																		
EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE: 20%																		
RCC %:	80				70				50			30		10		0		
RW %:	70	50	30	0	70	50	30	0	50	30	20	50	30	20	50	30	20	0
RCR: 0	.84	.84	.84	.84	.82	.82	.82	.68	.77	.77	.77	.73	.73	.73	.69	.69	.69	.68
1	.75	.71	.68	.64	.73	.69	.66	.54	.66	.63	.60	.62	.60	.58	.59	.57	.56	.54
2	.68	.61	.56	.51	.65	.60	.55	.45	.56	.52	.49	.53	.50	.47	.51	.48	.45	.43
3	.61	.53	.47	.42	.59	.52	.46	.37	.49	.44	.40	.47	.42	.39	.44	.41	.38	.36
4	.56	.47	.40	.35	.54	.46	.39	.31	.43	.38	.34	.41	.36	.33	.39	.35	.32	.30
5	.51	.41	.35	.30	.49	.40	.34	.27	.38	.33	.29	.37	.32	.28	.35	.31	.27	.26
6	.47	.37	.30	.26	.45	.36	.30	.24	.35	.29	.25	.33	.28	.24	.32	.27	.24	.22
7	.44	.34	.27	.22	.42	.33	.27	.21	.31	.26	.22	.30	.25	.21	.29	.24	.21	.19
8	.40	.30	.24	.20	.39	.30	.24	.18	.29	.23	.19	.27	.23	.19	.26	.22	.19	.17
9	.38	.28	.22	.18	.37	.27	.22	.17	.26	.21	.17	.25	.20	.17	.24	.20	.17	.15
10	.35	.26	.20	.16	.34	.25	.20	.15	.24	.19	.16	.23	.19	.15	.22	.18	.15	.14

CANDELA TABLE - TYPE C									
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180
0	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961
5	5017	5003	4989	4930	4878	4913	4961	4976	5003
10	4958	4969	4978	4935	4891	4908	4930	4915	4931
15	4853	4894	4937	4925	4891	4883	4869	4822	4817
20	4703	4779	4870	4886	4860	4836	4784	4689	4660
25	4510	4624	4766	4813	4805	4764	4672	4519	4461
30	4275	4437	4626	4705	4709	4655	4527	4314	4215
35	4005	4216	4448	4546	4573	4488	4336	4079	3936
40	3692	3964	4213	4381	4442	4318	4090	3808	3623
45	3340	3664	3962	4258	4388	4193	3827	3500	3273
50	2948	3314	3702	4149	4275	4084	3573	3151	2887
55	2520	2929	3477	3888	3963	3823	3348	2767	2472
60	2069	2510	3181	3481	3533	3412	3043	2351	2021
65	1605	2067	2742	3016	3150	2961	2606	1921	1558
70	1143	1664	2210	2663	2760	2605	2101	1526	1097
75	722	1235	1793	2156	2235	2093	1690	1093	682
80	389	829	1332	1655	1710	1596	1238	726	363
85	168	495	941	1250	1337	1230	914	431	169
90	99	397	809	948	951	876	714	372	98
95	94	256	411	544	587	527	378	208	91
100	99	154	268	395	435	379	250	139	94
105	84	122	170	256	289	244	160	119	79
110	65	119	132	158	177	153	137	116	59
115	48	96	177	161	152	167	176	96	44
120	35	60	175	204	212	205	171	58	32
125	25	31	128	191	206	190	126	30	23
130	18	20	80	136	147	136	82	17	17
135	14	15	37	85	99	86	47	13	13
140	9	11	9	55	69	61	15	9	9
145	6	7	1	16	20	17	1	7	6
150	5	5	2	0	0	0	3	5	5
155	3	3	3	0	0	1	2	4	3
160	3	3	1	0	0	0	2	3	3
165	3	2	0	0	0	0	1	3	2
170	2	2	0	0	0	0	0	2	3
175	2	2	0	0	0	0	0	2	3
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se observa en la tabla anterior el resultado se acerca a los 4961cd a un ángulo de 0° esto nos dice que la lámpara seleccionada cumple con el mínimo de candelas necesarias para dicha aplicación.

Tipo de luminaria	Factor de disminución de lúmenes por suciedad (FDLS)		
	POCA	MEDIANA	MUCHA
Encerrada y con filtro	0.97	0.93	0.88
Encerrada	0.94	0.86	0.77
Abierta y ventilada	0.92	0.84	0.74

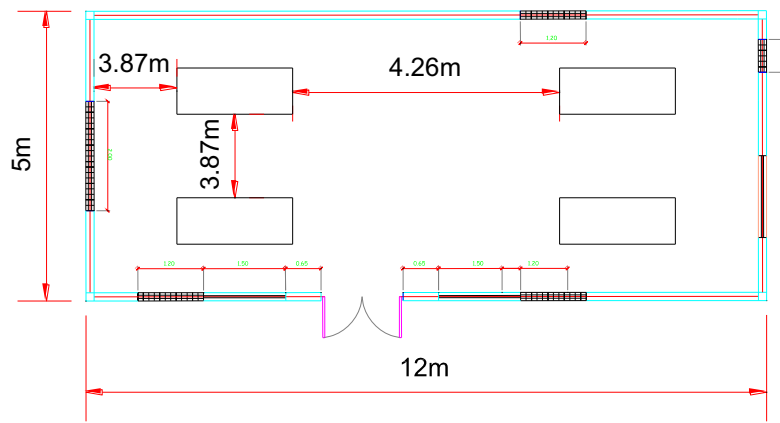
Tabla 3. Factor de disminución de lúmenes por suciedad de la luminaria

Ya con la lámpara seleccionada se procede a determinar el número de luminarias del cuarto de la subestación, mediante la fórmula siguiente.

$$NL = \frac{(E_{min})(A)(L)}{(LL)(Cu)(Fc)} = \frac{(500)(5)(12)}{(26400)(0.73)(0.36)}$$

$$NL = 4.32$$

El número de luminarias para el cuarto de subestación es de 4 luminarias.



Las luminarias no solo deben de estar colocadas simétricamente si no también con un espaciamiento uniforme entre centros de luminarias la cual se determina mediante la fórmula:

$$Sm = \sqrt{\frac{(L)(A)}{NL}} = \sqrt{\frac{(12)(5)}{4}}$$

$$Sm = 3.87m$$

Podemos comprobar nuestro nivel de iluminación mediante la fórmula siguiente:

$$Eo = \frac{Io}{(Hm)^2} = \frac{4961}{(3)^2}$$

$$Eo = 551.22 \text{ lux}$$

Esto demuestra que la luminaria seleccionada cumple con el nivel mínimo de luxes seleccionado.

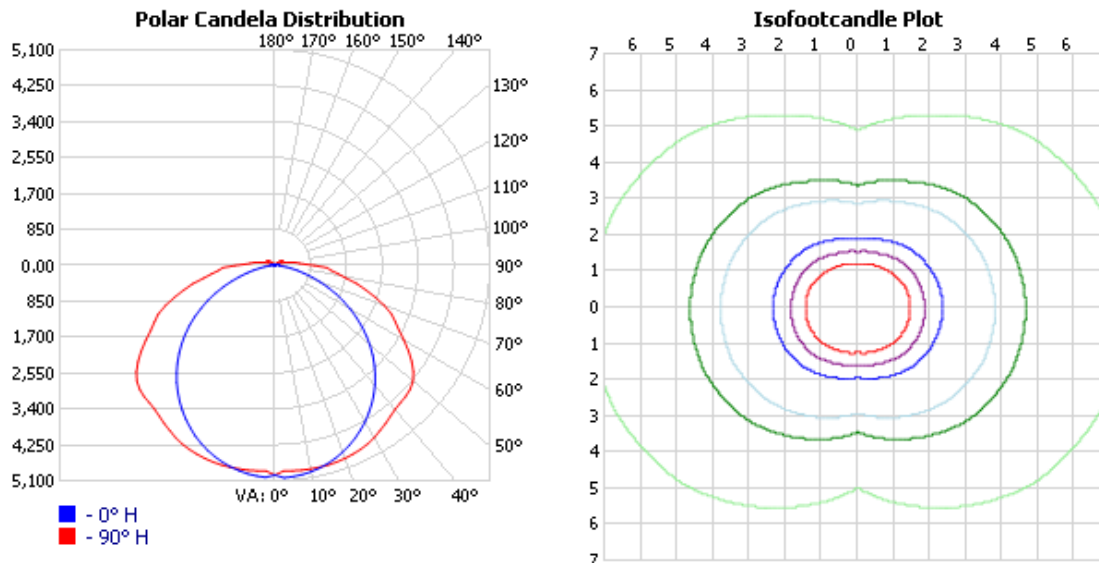
Illuminación del CCM

Para el CCM se sigue el mismo procedimiento ya que tanto las luminarias como las dimensiones son las mismas, con el único cambio que existe un área designada para el operador

$$I_o = (E_{min})(Hm^2) = (500)(3^2)$$

$$I_o = 4500 \text{ cd}$$

Con este dato se compara con el valor de candelas de la luminaria seleccionada, buscando que este valor sea lo más cercano posible.



COEFFICIENTS OF UTILIZATION - ZONAL CAVITY METHOD																		
EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE: 20%																		
RCC %:	80				70				50			30		10		0		
RW %:	70	50	30	0	70	50	30	0	50	30	20	50	30	20	50	30	20	0
RCR: 0	.84	.84	.84	.84	.82	.82	.82	.68	.77	.77	.77	.73	.73	.73	.69	.69	.69	.68
1	.75	.71	.68	.64	.73	.69	.66	.54	.66	.63	.60	.62	.60	.58	.59	.57	.56	.54
2	.68	.61	.56	.51	.65	.60	.55	.45	.56	.52	.49	.53	.50	.47	.51	.48	.45	.43
3	.61	.53	.47	.42	.59	.52	.46	.37	.49	.44	.40	.47	.42	.39	.44	.41	.38	.36
4	.56	.47	.40	.35	.54	.46	.39	.31	.43	.38	.34	.41	.36	.33	.39	.35	.32	.30
5	.51	.41	.35	.30	.49	.40	.34	.27	.38	.33	.29	.37	.32	.28	.35	.31	.27	.26
6	.47	.37	.30	.26	.45	.36	.30	.24	.35	.29	.25	.33	.28	.24	.32	.27	.24	.22
7	.44	.34	.27	.22	.42	.33	.27	.21	.31	.26	.22	.30	.25	.21	.29	.24	.21	.19
8	.40	.30	.24	.20	.39	.30	.24	.18	.29	.23	.19	.27	.23	.19	.26	.22	.19	.17
9	.38	.28	.22	.18	.37	.27	.22	.17	.26	.21	.17	.25	.20	.17	.24	.20	.17	.15
10	.35	.26	.20	.16	.34	.25	.20	.15	.24	.19	.16	.23	.19	.15	.22	.18	.15	.14

CANDELA TABLE - TYPE C									
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180
0	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961	4961
5	5017	5003	4989	4930	4878	4913	4961	4976	5003
10	4958	4969	4978	4935	4891	4908	4930	4915	4931
15	4853	4894	4937	4925	4891	4883	4869	4822	4817
20	4703	4779	4870	4886	4860	4836	4784	4689	4660
25	4510	4624	4766	4813	4805	4764	4672	4519	4461
30	4275	4437	4626	4705	4709	4655	4527	4314	4215
35	4005	4216	4448	4546	4573	4488	4336	4079	3936
40	3692	3964	4213	4381	4442	4318	4090	3808	3623
45	3340	3664	3962	4258	4388	4193	3827	3500	3273
50	2948	3314	3702	4149	4275	4084	3573	3151	2887
55	2520	2929	3477	3888	3963	3823	3348	2767	2472
60	2069	2510	3181	3481	3533	3412	3043	2351	2021
65	1605	2067	2742	3016	3150	2961	2606	1921	1558
70	1143	1664	2210	2663	2760	2605	2101	1526	1097
75	722	1235	1793	2156	2235	2093	1690	1093	682
80	389	829	1332	1655	1710	1596	1238	726	363
85	168	495	941	1250	1337	1230	914	431	169
90	99	397	809	948	951	876	714	372	98
95	94	256	411	544	587	527	378	208	91
100	99	154	268	395	435	379	250	139	94
105	84	122	170	256	289	244	160	119	79
110	65	119	132	158	177	153	137	116	59
115	48	96	177	161	152	167	176	96	44
120	35	60	175	204	212	205	171	58	32
125	25	31	128	191	206	190	126	30	23
130	18	20	80	136	147	136	82	17	17
135	14	15	37	85	99	86	47	13	13
140	9	11	9	55	69	61	15	9	9
145	6	7	1	16	20	17	1	7	6
150	5	5	2	0	0	0	3	5	5
155	3	3	3	0	0	1	2	4	3
160	3	3	1	0	0	0	2	3	3
165	3	2	0	0	0	0	1	3	2
170	2	2	0	0	0	0	0	2	3
175	2	2	0	0	0	0	0	2	3
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se observa en la tabla anterior el resultado se acerca a los 4961cd a un ángulo de 0° esto nos dice que la lámpara seleccionada cumple con el mínimo de candelas necesarias para dicha aplicación.

Ya con la lámpara seleccionada se procede a determinar el número de luminarias del cuarto del CCM, mediante la fórmula siguiente.

$$NL = \frac{(E_{min})(A)(L)}{(LL)(Cu)(Fc)} = \frac{(500)(5)(12)}{(26400)(0.73)(0.36)}$$

$$NL = 4.32$$

El número de luminarias para el cuarto del CCM es de 4 luminarias.

Las luminarias no solo deben de estar colocadas simétricamente si no también con un espaciamiento uniforme entre centros de luminarias la cual se determina mediante la fórmula:

$$Sm = \sqrt{\frac{(L)(A)}{NL}} = \sqrt{\frac{(12)(5)}{4}}$$

$$Sm = 3.87m$$

Podemos comprobar nuestro nivel de iluminación mediante la fórmula siguiente:

$$Eo = \frac{Io}{(Hm)^2} = \frac{4961}{(3)^2}$$

$$Eo = 551.22 \text{ lux}$$

Esto demuestra que la luminaria seleccionada cumple con el nivel mínimo de luxes seleccionado.

Pero en este caso tenemos un problema, una parte del CCM está habilitada para el operador, así que se tiene que iluminar el área del operador, de manera que se calcula de la siguiente manera

$$Io = (E_{min})(Hm^2) = (500)(3^2)$$

$$Io = 4500 \text{ cd}$$

Con este dato se compara con el valor de candelas de la luminaria seleccionada, buscando que este valor sea lo más cercano posible.

Como se observa en la tabla anterior el resultado se acerca a los 4961cd a un ángulo de 0° esto nos dice que la lámpara seleccionada cumple con el mínimo de candelas necesarias para dicha aplicación.

Ya con la lámpara seleccionada se procede a determinar el número de luminarias de esta parte en específico, mediante la fórmula siguiente.

Iluminación perimetral

Partiendo de las dimensiones del terreno lo primero es determinar el tipo de actividad que se realizara para poder seleccionar el nivel mínimo de iluminación para poder llevar acabo las actividades que sean necesarias.

Para esta parte de la instalación se requiere un sistema de alumbrado perimetral, esto debido a que se requiere una iluminación de manera uniforme en toda la zona, para este sistema de iluminación se consideraron dos casos.

1. Estacionamiento
2. Zona de carga y descarga

No puede haber postes de iluminación debido a que las zonas despejadas serán patio de maniobras, se optó por luminarias estilo Wall pack endosadas a las paredes siendo estas la opción más viable para la iluminación perimetral. Ya que se están tomando dos casos como base se tomó el nivel de iluminación mínimo de 100 luxes para el perímetro y 20 luxes para el cárcamo.

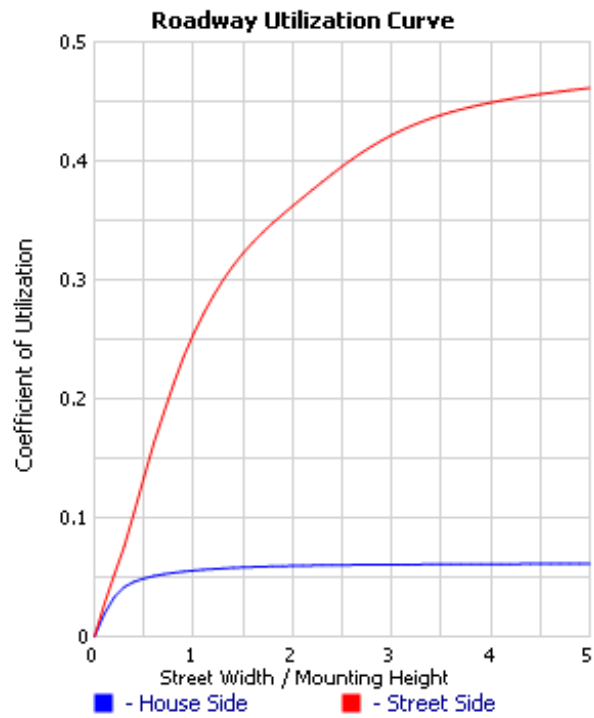
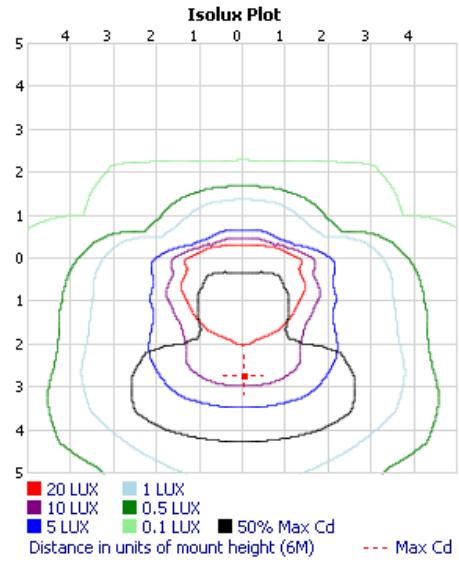
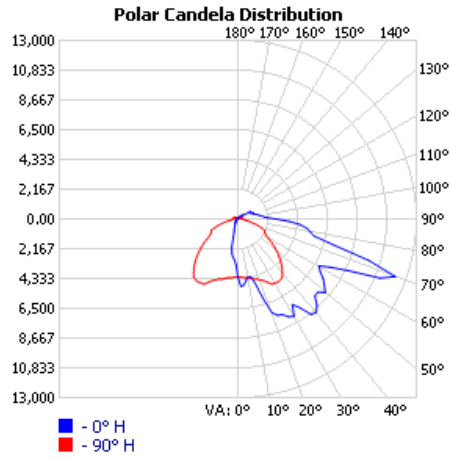
Para esta parte se debe considerar que la iluminación perimetral está sujeta a las especificaciones físicas del plano arquitectónico

Iluminación del muro exterior perimetral:

Lo primero es determinar el número de candelas de acuerdo al nivel de iluminación a usar, en este caso se determinó un nivel mínimo de 100 luxes, de manera que para determinar el número de candelas que debe tener la luminaria se ocupa la siguiente formula

$$I_o = (E_{min})(Hm^2) = (100)(3)^2$$

$$I_o = 900 \text{ cd}$$



CANDELA TABLE - TYPE C																			
	0	15	25	35	45	55	65	75	85	90	105	115	125	135	145	155	165	175	180
0	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225	4225
2.5	4898	4894	4876	4830	4763	4672	4555	4419	4284	4202	3954	3805	3665	3547	3452	3380	3335	3308	3299
5	4826	4849	4885	4916	4939	4925	4812	4627	4392	4252	3796	3520	3308	3159	3073	3010	2982	2969	2964
7.5	4510	4532	4578	4663	4781	4912	4957	4808	4505	4306	3628	3281	3086	2982	2928	2874	2824	2802	2793
10	4257	4279	4315	4374	4474	4695	4916	4925	4586	4324	3421	3064	2910	2820	2743	2662	2594	2544	2540
12.5	4284	4261	4230	4266	4370	4568	4898	5079	4754	4410	3285	2942	2806	2698	2567	2395	2214	2092	2079
15	4853	4704	4496	4311	4293	4510	4876	5242	4944	4528	3177	2838	2711	2526	2178	1762	1455	1306	1292
17.5	6037	5698	5224	4727	4374	4383	4826	5328	5056	4559	3037	2725	2558	2092	1518	1148	985	922	913
20	7248	6837	6290	5599	4885	4492	4808	5486	5310	4708	2955	2711	2327	1559	1080	913	831	782	777
22.5	7573	7307	6995	6498	5562	4754	4677	5499	5504	4826	2856	2603	1916	1112	877	777	709	673	660
25	7664	7488	7343	7293	6453	5273	4700	5454	5798	5061	2856	2481	1460	904	755	673	601	547	542
27.5	8007	7745	7682	7826	7397	5987	4944	5418	6127	5341	2888	2291	1094	791	660	556	502	474	470
30	8170	8075	7854	7872	7763	6466	5111	5129	6109	5355	2774	1857	868	673	547	470	438	411	407
32.5	7366	7469	8025	8188	8070	6963	5404	4998	6145	5427	2671	1396	746	583	474	420	375	348	343
35	7881	7469	7515	8161	8346	7216	5698	4907	6032	5377	2512	1030	646	492	434	366	325	307	307
37.5	8748	8355	7876	7930	8486	7343	6010	4962	5906	5314	2300	831	574	447	389	330	303	280	280
40	8866	8744	8554	8066	8003	7221	6069	4880	5526	5020	1952	705	492	411	352	307	276	262	262
42.5	8504	8518	8703	8441	7637	7058	6082	4808	5169	4754	1577	614	434	370	330	289	253	244	244
45	7917	8012	8332	8590	7447	6629	5942	4623	4763	4415	1220	533	393	339	307	271	240	240	244
47.5	7863	7686	7930	8346	7420	6290	5752	4406	4428	4071	958	461	357	312	294	253	230	235	235
50	8296	8116	7745	7912	7356	6091	5603	4157	4130	3732	782	407	321	294	276	244	217	212	217
52.5	7926	8098	8021	7515	6945	5883	5450	3859	3732	3384	669	370	307	280	267	235	203	199	199
55	7582	7713	7826	7298	6385	5535	5282	3498	3267	3037	583	334	280	262	244	208	181	181	181
57.5	7103	7266	7320	6801	5843	5066	4952	3127	2896	2657	506	307	262	244	221	190	163	163	163
60	6796	6900	7000	6276	5377	4700	4559	2865	2680	2372	447	289	258	235	199	172	145	145	136
62.5	7573	6855	6579	5802	4812	4275	4022	2607	2521	2210	389	267	244	212	176	145	118	113	108
65	8866	7881	6638	5558	4424	3900	3511	2418	2418	2142	343	248	230	194	149	113	81	81	81
67.5	11197	9923	8066	6064	4600	3678	3059	2323	2336	2083	316	244	235	181	131	86	54	45	45
70	12210	11545	9851	7465	5576	3909	2698	2182	2110	1835	280	235	226	158	95	45	18	18	18
72.5	9995	10239	9973	7921	6295	4609	2698	2038	1821	1509	248	221	217	136	72	41	18	18	18

Numero de candelas bajo un ángulo cero

La luminaria seleccionada da 12210 cd a un ángulo de 70 grados

De acuerdo a las fórmulas, despejamos la Hipotenusa

$$\text{Cos}(\theta) = \frac{\text{Adyacente}}{\text{Hipotenusa}} \Rightarrow \text{Cos}(70) = \frac{3}{\text{Hipotenusa}}$$

$$\text{Hipotenusa} = \frac{3}{\text{Cos}(70)} = \frac{3}{0.34}$$

$$\text{Hipotenusa} = 8.82$$

De lo cual se sustituye en la formula

$$Ex = \frac{I\theta}{dx^2} \text{Cos}(\theta) = \frac{12210}{8.82^2} \text{Cos}(70)$$

$$Ex = 55.36 \text{ lux}$$

Este nivel es el más débil que la lámpara es capaz de dar a la mayor distancia posible, de manera que el mínimo de iluminación que se tendrá es de 55.36 luxes en un extremo, para sacar el nivel de iluminación de la parte que está justo debajo de la lámpara se requiere usar la formula

$$E_o = \frac{I_o}{(Hm)^2} = \frac{4225}{(3)^2}$$

$$E_o = 469.94 \text{ luxes}$$

Esto nos indica que el número de luxes justo bajo que es el que nos interesa es más que suficiente para cumplir con el mínimo de iluminación requerida.

Lo siguiente será deducir el número de luminarias requerido para lo cual utilizaremos la siguiente formula

$$NL = \frac{(E)(A)(L)}{(LL)(CU)(FU)}$$

Tomando en cuenta que el CU se debe de sacar de la fotometría y usando las relaciones

$$CU = \frac{\text{Ancho de Area}}{\text{Altura}} = \frac{18}{3}$$

$$CU = 6$$

De la fotometría se saca la relación

$$CU = CU_{\text{casa}} + CU_{\text{calle}}$$

$$CU = 0.06 + 0.48$$

$$CU = 0.54$$

Mientras tanto el FU se sacará utilizando la siguiente formula

$$FC = (FDLS)(FDLHU)$$

Teniendo en cuenta de los valores de FDLS y FDLHU son valores sacados de tablas

$$FC = (0.74)(0.90)$$

$$FC = 0.66$$

Ya con todos estos valores obtenidos, podemos calcular el número de luminarias requerido para este caso

$$NL = \frac{(100)(18)(70)}{(28000)(0.54)(0.66)} = \frac{(126000)}{(9979.2)}$$

$$NL = 12.62$$

Ya que no se puede dejar con decimales, lo más apropiado es seguir el siguiente número entero recordando que en estos casos es mejor que sea un número par, por lo tanto, el número de luminarias correspondiente será 14

Para el espaciamiento será necesaria la siguiente formula

$$e = \frac{L}{NL} = \frac{70}{14}$$

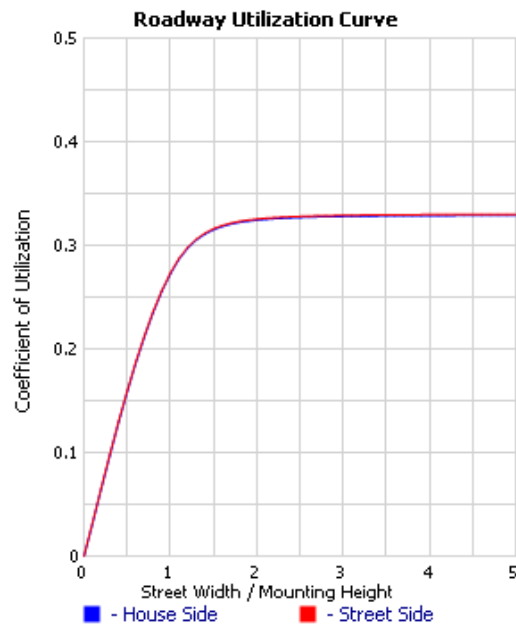
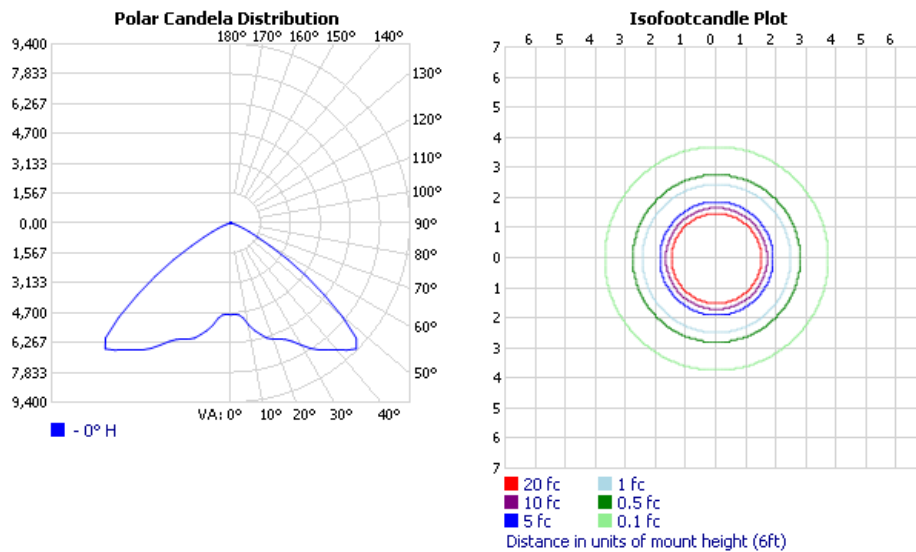
$$e = 5m$$

Illuminación del Cárcamo

Para el cárcamo, se optó por un nivel de iluminación mínimo de 20 luxes, esto debido a que no se efectuaran trabajos que requieran un alto nivel de iluminación, lo primero fue sacar el número de candelas necesario para seleccionar la lámpara, esto se logró mediante la formula

$$I_o = (E_{min})(Hm^2) = (20)(14.5^2)$$

$$I_o = 4205 \text{ cd}$$



CANDELA TABLE - TYPE C	
	0
0	4802
2.5	4790
5	4825
7.5	5029
10	5430
12.5	5766
15	6038
17.5	6321
20	6476
22.5	6580
25	6723
27.5	6995
30	7384
32.5	7791
35	8125
37.5	8383
40	8660
42.5	9032
45	9325
47.5	8927
50	7671
52.5	6196
55	4832
57.5	3559
60	2403
62.5	1593
65	1071
67.5	725
70	481
72.5	314
75	203
77.5	129
80	78

1Numero de candelas bajo un ángulo cero

La luminaria seleccionada nos da un total de 4802 cd, de manera que para ver el nivel de iluminación requeriremos de la formula

$$E_o = \frac{I_o}{(Hm)^2} = \frac{4205}{(14.5)^2}$$

$$E_o = 22.83 \text{ luxes}$$

De manera que el nivel de iluminación cumple con el nivel mínimo que necesitamos, lo siguiente será calcular el número de luminarias mediante la formula

$$NL = \frac{(E)(A)(L)}{(LL)(CU)(FU)}$$

Tomando en cuenta que

$$CU = \frac{\text{Ancho de Area}}{\text{Altura}} = \frac{8}{14.5}$$

$$CU = 0.55$$

$$FC = (FDLS)(FDLHU)$$

Teniendo en cuenta de los valores de FDLS y FDLHU son valores sacados de tablas

$$FC = (0.74)(0.64)$$

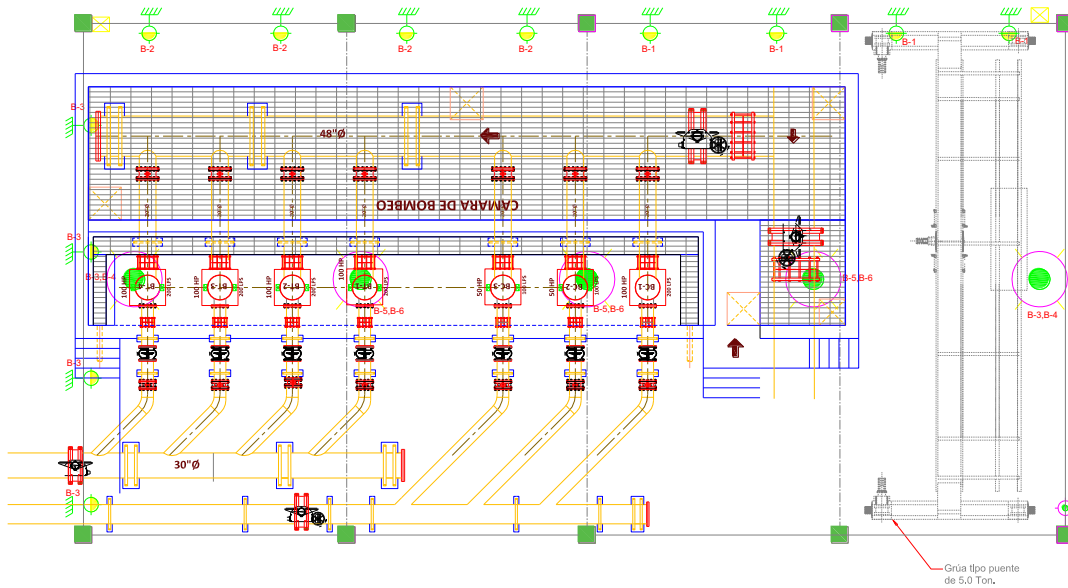
$$FC = 0.47$$

Ya con estos valores se puede sacar el número de luminarias

$$NL = \frac{(20)(30)(8)}{(35000)(0.55)(0.47)} = \frac{(4800)}{(9047.5)}$$

$$NL = 0.55$$

Aquí por la formula se debe de elevar a 1 el número de luminarias, en este caso no se puede quedar una sola lámpara, por lo menos deberían de ser 2, pero por especificación de la empresa se pidió que hubiera dos lámparas en los extremos encendidas en todo momento por lo que se optó por elevar el número de luminarias a 5



Iluminación de la pared exterior

Una parte importante que no se debe de olvidar, es el del alumbrado exterior del perímetro, a pesar de que esto no interviene de ningún modo en el proyecto original, se optó por no dejar sin iluminación esta zona, de manera que para esta parte del perímetro se colocaron las luminarias completamente basándonos de la fotometría, esto debido a que esta parte no es de interés para nuestro proyecto. De manera que se optó por colocar 20 luminarias, 4 en cada pared lateral y 12 en el frente de la fachada tomadas a un espaciado de 5m entre cada centro de luminaria.



Iluminación exterior de los cuartos de Subestación y CMM

Por otro lado, para la parte exterior de los cuartos de la subestación y del CCM se optó por colocar luminarias para poder distinguir las entradas de los cuartos, así como sus dimensiones, de manera que se optó por iluminar el exterior de estos cuartos con el único fin de distinguirlos, para esto el espaciamiento se optó por 3 metros entre centros de luminarias.



Capítulo 2. Motobombas

Introducción

En la actualidad la necesidad de mover agua es una de las prioridades que tiene cualquier sociedad alrededor del mundo, esto debido a que una ciudad debe de tener la capacidad de mover el agua potable para su consumo y por igual se debe de mover las aguas negras lejos de las ciudades.

La manera de movilizar el líquido es mediante plantas de bombeo, que sean capaces de movilizar la cantidad de agua requerida a donde sea necesario. A medida que las ciudades fueron creciendo, la necesidad de mover cada vez más agua fue aumentando exponencialmente.

Los factores que se deben de tener en cuenta para seleccionar una bomba de agua son los siguientes, el peso específico del líquido, la presión o bien la altura a la que se quiere llevar el líquido, el caudal o gasto que se requiera.

Bombas Centrifugas

El material con que se fabrique la bomba y cada uno de sus componentes tiene relevancia en el comportamiento de la misma, durante la operación, la bomba experimentará un nivel de desgaste “natural” en sus partes, ese desgaste puede traer el acarreo de pequeñas partículas que pudieran ser dañinas para el fin que se persigue en su uso, por ejemplo, una bomba de agua limpia que utilizara un rodete de plomo, en el desgaste de esta pieza pudiera traer como consecuencia la “ingesta” involuntaria de plomo por parte de usuario (nota: no existen bombas de agua con rodetes de plomo, solo es un ejemplo ilustrativo).

Lo que determina el tipo de bomba es su aplicación, de manera la bomba depende totalmente de qué tipo de líquido se quiera mover. Una parte sumamente importante no solo de las bombas centrífugas, sino también de todas las bombas son sus curvas de comportamiento, ya que en ellas se puede apreciar la carga o bien la cantidad de agua que se quiere mover contra la altura a la que se quiere elevar, de manera que en donde estos dos puntos se crucen ahí tenemos la eficiencia de la bomba.

Un concepto importante que se debe de revisar es el de columna de agua, esto se refiere a la diferencia de nivel que existe de la tubería de donde se extrae el agua, hasta la tubería por la que se va a descargar.

Bombas Verticales

El proyecto se enfocará en las bombas verticales de foso lleno, y en una de sus subcategorías que son las bombas verticales tipo turbina.

Este tipo de bomba sirve para extraer el agua de pozos profundos, una de las aplicaciones principales de estas bombas es el de abastecimiento municipal el cual es de interés para nuestro proyecto.

Una ventaja sobre estas bombas es el amplio margen que tienen en cuanto a la carga que pueden mover, este margen bien puede ir desde 38 litros por minuto llegando hasta 94,625 litros por minuto, este margen de carga depende por completo de la aplicación para la que quieras la bomba.

Ya que estas bombas son para pozos de altura considerable, la línea no debe de pasar de 3 metros de largo, para esto se construye una línea dividida en varias secciones, de manera que, si se necesita una línea de 9 metro, está se puede partir en 3 líneas de 3 metros cada una acopladas

y reforzadas con cojinetes de empuje, pero no solo la parte de la bomba debe de ir con cojinetes, también el motor necesita un cojinete para soportar la fuerza hidráulica que va a generar la bomba hacia arriba.

Una de las condiciones que se deben de tener para que la bomba funcione adecuada mente es que todo el mecanismo interno no puede estar oscilando, ya que este movimiento de oscilación puede generar un desgaste apresurado a los componentes internos de la bomba, esta es la razón de ser de los cojinetes, para este tipo de bombas se prefieran los impulsores cerrados ya que proveen de una eficiencia mayor y menor desgaste, con la única desventaja de que un impulsor semi-abierto puede producir un empuje mayor.

Motores Eléctricos

Los motores que más se usan en la parte de las bombas son los motores eléctricos, principalmente los motores de corriente alterna usan generalmente para aplicaciones estacionarias. Pero se debe de tener en cuenta las características importantes como el par de arranque y la velocidad deseada.

Motores de corriente alterna:

Esta opción suele ser la más usada ya que ofrece varias ventajas

- Control de velocidad amplio
- Alto par de arranque
- Alta disipación de calor
- Carga amortiguada por el alto deslizamiento

El motor de inducción es altamente recomendado para bombas de pozo profundo debido a sus características, estas ofrecen un medio eficiente para mover una carga y mejorar el factor de

potencia de una planta, un rango aceptable para este tipo de motor es de 500 a 1200 rpm y de 200 a 700 hp.

A pesar de que esta es la mejor opción para la aplicación de pozo profundo existen ciertas consideraciones que se deben de tener en cuenta como los requisitos de protección contra sobre velocidad o rotación en sentido contrario para el motor pueden ser mayores que lo normal, por ejemplo, cuando el motor se detiene el agua contenida en la columna se puede regresar y provocar que el motor gire en sentido opuesto.

Bombas de agua para fosa llena.

Las bombas verticales diseñadas para una operación inmersa en agua y que son de tipo centrífugas, se pueden dividir en:

- Verticales tipo turbina
- De hélice o hélice modificada
- Para manejo de aguas negras
- De voluta
- De colector

Para el presente proyecto debido a las características de la fosa y del líquido a manejar (aguas limpias), se seleccionaron bombas “Verticales tipo turbina”.

Originalmente este tipo de bombas se diseñaron para “bombeo”¹ de aguas de pozos, por lo que se les conoce como “bombas de pozo profundo”, “bombas de pozo de turbina” o “bombas de agujero” (en España), en el mercado nacional mexicano, su nombre comercial más generalizado es *bombas de pozo profundo*, generalmente se ofrecen en potencias de 20 a 300hp (15 a 224kW) y algunos proveedores nacionales son:

- Hidrofluidos, S.A. de C.V., en Nuevo León.
- Equipump, S.A. de C.V., en CDMX.

¹ El bombeo es la suma de energía cinética y potencial aplicadas a un líquido con el propósito de moverlo de un punto a otro (Karassik & Carter, 1980)

- Grundfos, S.A. de C.V., en Nuevo León.
- Bombas Valdés, S.A. de C.V., en Durango.
- Valsi Corporativo, S.A. de C.V., en Jalisco.
- Cia. Proveedor y Sistemas de Bombeo, S.A. de C.V., en CDMX.
- WDM Water System de México, S.A. de C.V., en Nuevo León.
- Ruhrpumpem, S.A. de C.V., en Nuevo León.
- Motores y Bombas de Querétaro, S.A. de C.V., en Querétaro.
- Bombas Verticales BNJ, S.A. de C.V., en Guanajuato.

Dentro de las principales aplicaciones de este tipo de bombas están:

- Irrigación (Agricultura)
- Abastecimiento de agua potable (Servicio Público)
- Abastecimiento de agua (industria minera, textil, papeleras, etc.)
- Sistemas de refrigeración industrial
- Sistemas de acondicionamiento de aire
- Desaguado de minas
- Industria petroquímica (servicios varios)
- Bombeo de salmuera (agua saturada de sal), etc...

Las capacidades de bombeo comerciales van de 38 a 95000 lts/min, con alturas hasta más de 350 mts.

Uno de los elementos esenciales de este tipo de bomba es el eje (o flecha), esta debe ser diseñada para poder subir (o bajar) desde la parte superior de la instalación y permitir un ajuste apropiado de la posición del impulsor en el tazón.

El empuje hidráulico en este tipo de aplicaciones (pozo profundo) es muy importante, un elemento de diseño a considerar es (o son) los rodamientos, tanto el motor eléctrico como la bomba deben tener un diseño adecuado, se requiere dos tipos de rodamientos:

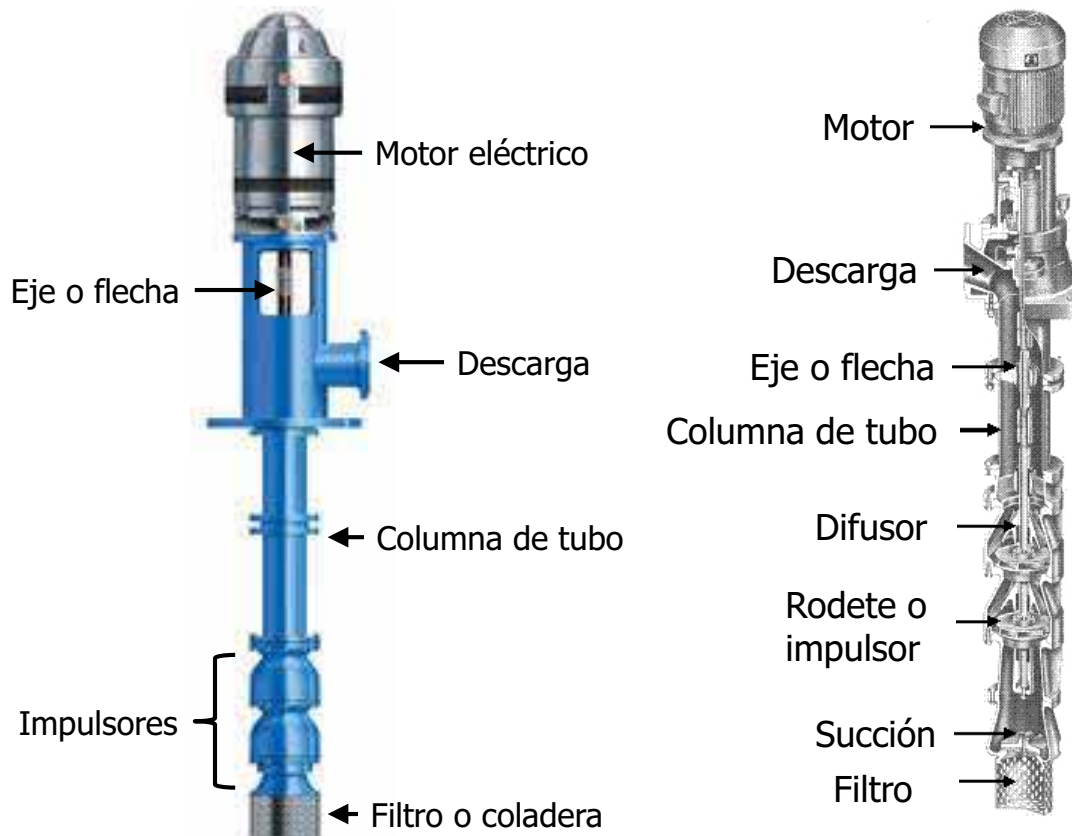
De empuje

De guía

El primero soportará los empujes axiales y permitirá la aceleración del sistema, generalmente este se coloca en la parte superior del motor y se trata de rodamientos de contacto angular o

doble contacto angular, el segundo solo permitirá el libre giro de la flecha manteniendo al eje en una posición radial correcta, se utiliza rodamientos de bola para este fin.

Como se mencionó, para el presente proyecto se utilizó una bomba vertical de turbina con impulsores cerrados y línea de transmisión cubierta, como la mostrada en las siguientes figuras:



El agua es succionada a través de la coladera (o filtro) en la parte inferior, es llevada a través de la columna y descargada en la parte superior hacia el resto de sistema hidráulico.

Este tipo de bomba (de impulsores cerrados) es preferida respecto a la de impulsores semiabiertos, debido a la sencillez de su instalación, aunque el empuje es menor hasta en un 50% respecto a estas últimas.

Las bombas seleccionadas en este proyecto son de marca “Bombas Verticales BNJ” para 50 y 100hp (37.3 y 75kW) en velocidad de 1800 min^{-1} .

La selección de estas bombas se hizo en función de la necesidad de transporte de agua que se necesitaba para el repotenciamiento de la estación de distribución de agua.

Las consideraciones hidráulicas están hechas con base a la necesidad de la comunidad para suministro de agua, sale del alcance de este proyecto estos detalles.

Motores eléctricos para bombas de pozo profundo.

Los motores eléctricos seleccionados fueron de inducción tipo jaula de ardilla trifásicos, dentro del mundo de los motores de inducción tipo jaula, los motores destinados a bombas de agua de pozo profundo tienen algunas características especiales, sobretodo mecánicas.

El principio de operación de un motor de inducción tipo jaula tiene su fundamento en la Ley de inducción de Faraday y la ecuación de fuerza de Lorentz (Fitzgerald, Kingsley, & Umans, 2003).

Una vez alimentado el devanado del estator con un sistema de trifásico de corriente alterna senoidal, se genera un campo magnético rotatorio en el estator gracias a la distribución espacial de sus bobinas (120° eléctricos), el cual provocará un campo magnético giratorio cuya velocidad (velocidad síncrona) estará en función a la frecuencia de la señal de alimentación e inversamente proporcional al número de polos del motor, para este caso los motores seleccionados fueron de 4 polos, por lo que la velocidad síncrona es:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800 \text{min}^{-1}$$

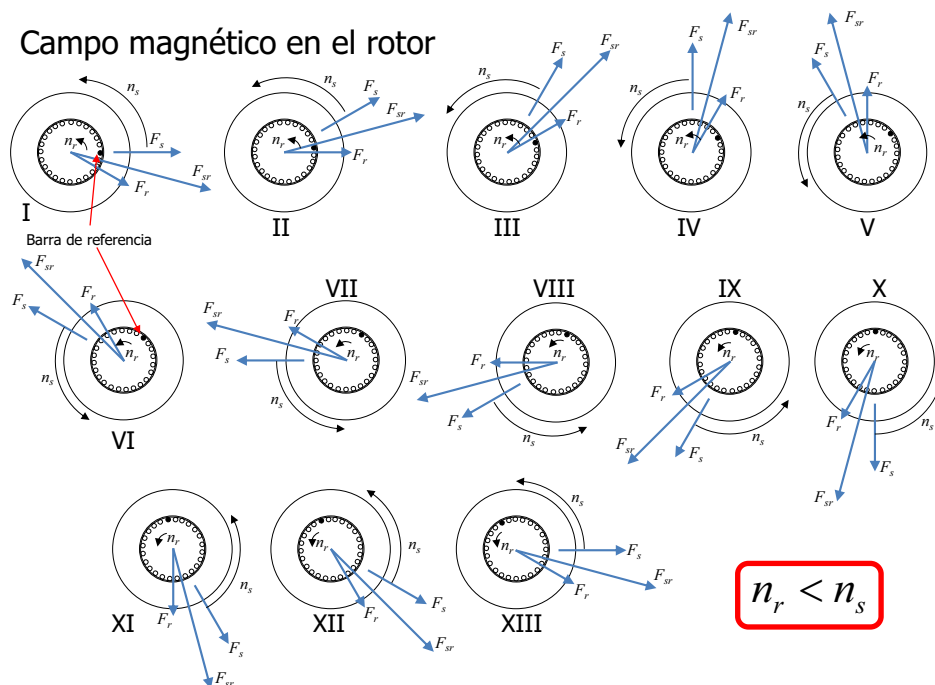
Este campo magnético inducirá a su vez en el rotor una fuerza Magnetomotriz la cual reaccionará con respecto a la del estator dando como resultado una fuerza resultante entre rotor y estator.

Lo anterior hará que el motor entregue un par mecánico en el eje de salida (flecha) el cual será aprovechado para mover la carga (en este caso la bomba de agua), la velocidad de giro del campo del estator y del consecuente formado en el rotor será diferente a la velocidad mecánica reflejada en la flecha de salida, la condición necesaria para que exista la “reacción” del rotor para generar su fuerza Magnetomotriz es que exista una variación en función de tiempo por parte del campo de estator, motivo por el cual existe un “deslizamiento” presente entre las velocidades síncrona y mecánica en la flecha de salida, el cual se calcula:

$$s = \frac{n_s - n_n}{n_s}$$

Donde n_n es la velocidad en la flecha de salida.

Gráficamente podemos representar la reacción entre la F_{mm} del estator y rotor (F_{sr}) como se ve en la figura:



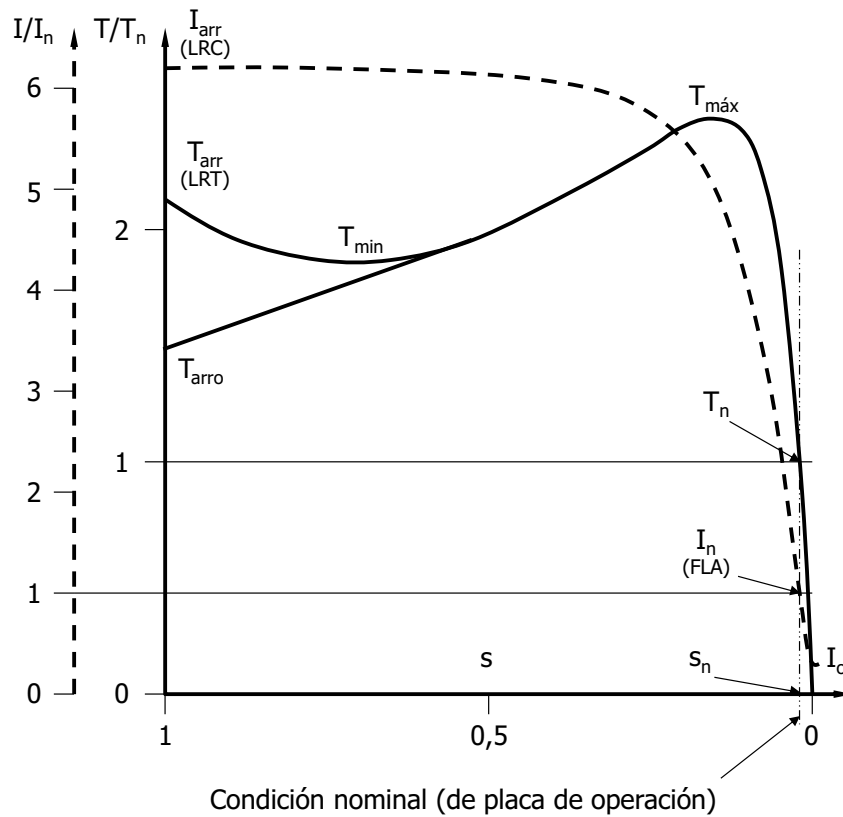
El objetivo primario de toda máquina eléctrica rotatoria es generar un par electromagnético que se refleje en un par mecánico útil en la flecha de salida (Gray, 1991), este objetivo también está presente en el motor de inducción, el par mecánico generado por el motor se define con la ecuación (Fitzgerald, Kingsley, & Umans, 2003):

$$T_m = \frac{1}{\omega_s} \left[\frac{m \cdot V_{1,eq}^2}{\left(R_{1,eq} + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_{1,eq} + X_2)^2} \right] \left(\frac{R_2}{s} \right)$$

Y la curva característica de par-velocidad está representada por la siguiente figura:

NOMENCLATURA

- T = Par
- T_n = Par nominal
- T_{arr} = Par arranque a rotor bloqueado
- T_{arro} = Par de arranque en vacío
- T_{min} = Par mínimo
- T_{máx} = Par máximo
- I = Corriente
- I_n = Corriente nominal
- I_{arr} = Corriente arranque
- I_o = Corriente vacío
- s = deslizamiento
- s_n = deslizamiento nominal

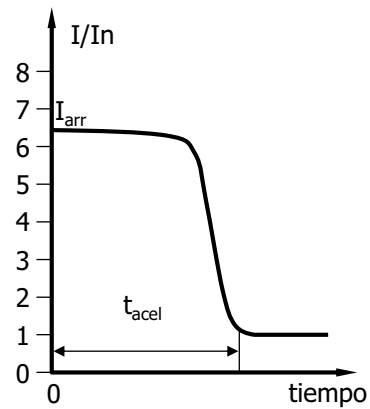
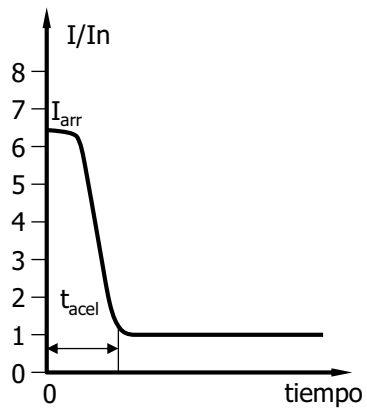
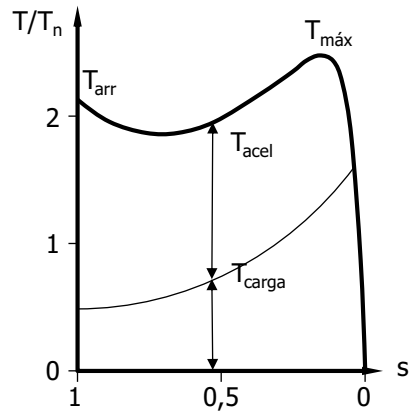
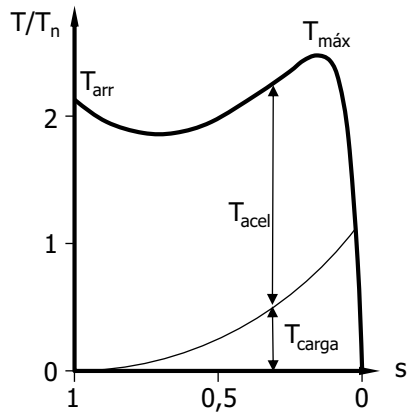


En ella se muestra también como varía la corriente respecto a la velocidad y par desarrollado por el motor.

El proceso de arranque de un motor de inducción es un proceso dinámico y transitorio, para nuestros fines no es necesario hacer el análisis a detalle, pero si es importante señalar que el tiempo de aceleración de la carga será fundamental para la selección adecuada del protector y arrancador necesarios, en la siguiente figura se muestra dos situaciones de arranque para el mismo motor con dos niveles de carga diferentes, el primero se trata de un “arranque normal”, mientras que el segundo se trata de el mismo motor sometido a un nivel de arranque “pesado”, puede verse como la corriente de arranque en el segundo caso se mantiene más tiempo que en el primero.

También en la figura se ha sobrepuesto la curva del “par resistente”, esto es, el par que ofrece la carga al motor para “evitar” que este acelere.

En la práctica industrial es común caracterizar los tipos de cargas por sus curvas “resistentes” representativas, de tal suerte que puedan ser sobrepuestas a la curva característica del motor y hacer de esta forma una selección adecuada (en estado estable), en la figura se ha seleccionado justamente una curva de par resistente representativa de una bomba de agua, se puede observar un comportamiento cuadrático de la carga, así mismo como en el primer caso se tiene un arranque sin carga y en el segundo cuando se tiene la situación de una carga inicial (diferente a cero).



Curvas de par de motores

Las bombas de agua de pozo profundo son consideradas cargas “pesadas” para los motores de inducción, sobre todo por el hecho de que deben arrancar generalmente con la columna de agua contenida en el tubo de succión, esto hace que se tenga un par de carga inicial en la motobomba, además del peso e inercia de los elementos contenidos en la bomba acoplados a la flecha del motor.

Un procedimiento sencillo y rápido para determinar el tiempo de aceleración de un motor de inducción tipo jaula para una aplicación de bomba de agua (estado estable) es (ABB, 1999):

$$t_{st} = (J_r + J'_L) \left(\frac{188}{0.45(T_{st} + T_{max}) - 0.5T'_L} \right)$$

$$T'_L = T_L \cdot \frac{n_L}{n_n}$$

$$J'_L = J_L \cdot \left(\frac{n_L}{n_n} \right)^2$$

Las ecuaciones están escritas para motores de 4 polos y cargas de tipo bombas de agua.

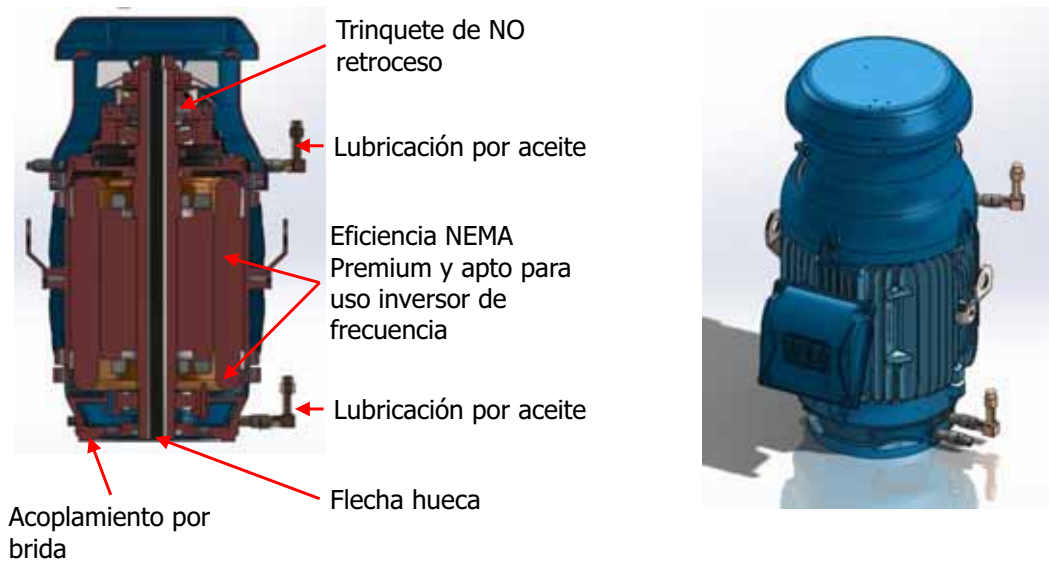
Ya se mencionó las complejidades que el diseño mecánico del motor debe considerar, por principio se trata de motores que operarán en posición vertical y los esfuerzos axiales serán importantes, sobre todo durante el arranque.

El diseñador deberá considerar los empujes que representarán las cargas hidráulicas, un arreglo de rodamientos de contacto angular en la parte superior y uno de bolas en la inferior pueden ayudar a atender este requerimiento.

Por otro lado, se debe considerar un trinquete de no retroceso, ya que la columna de agua tenderá a bajar una vez que el motor no esté en marcha y el motor deberá mantenerse en la posición en que se quedó con la carga completa de la columna, esto es, el trinquete actuará como si se tratara de un freno mecánico.

Estos trinquetes de no retroceso representan quizá las fuentes de fallas mecánicas más comunes en estas aplicaciones, ya que la fuerza de la columna de agua en muchas ocasiones daña estos dispositivos mecánicos.

La figura presenta un corte típico de este tipo de motores.



En la figura se puede ver como el motor lleva un eje (flecha) hueco, el objetivo es que el eje de la bomba sea ensamblado al motor a través de este buscando mayor rigidez en el acoplamiento.

La lubricación con aceite da mayor vida útil a los rodamientos².

Al final se tendrá el conjunto completo de motobomba instalada en el complejo hidráulico, la siguiente fotografía muestra esta instalación en la estación de bombeo en donde se hizo el presente estudio.

² Los arreglos de rodamientos y sistema de lubricación de los motores fueron hechos para una base de vida útil de 40000 horas de trabajo continuo utilizando el método de cálculo L10 (Norton, 1996)



En la fotografía se puede ver claramente los ductos de entrada y el ducto de descarga de las motobombas, así como los motores acoplados a las bombas de agua.

Selección de motores.

Para la selección de la potencia requerida de los motores se utilizará la teoría clásica de selección de bombas centrífugas (Karassik & Carter, 1980), (Mataix, 1982).

De acuerdo a esta teoría, la potencia necesaria a la entrada de una bomba para realizar la función de “bombeo” es:

$$P_R = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\rho_b}$$

Dónde:

- P_R = Potencia requerida en kW
- γ = Peso específico del líquido (9.81 para agua)
- Q = Gasto en m³/s
- H = Altura en m
- ρ_b = eficiencia de la bomba en pu (o del sistema hidráulico)

Para el caso de la bomba 1 (referencia de plano N160-11839, dibujo B-0002329), los datos son:

- a) Bomba tipo: Turbina autocontenida
- b) Modelo: 16HMC
- c) Etapas: 1
- d) Líquido: agua limpia
- e) Gasto: 200 lt/s (0.2 m³/s)
- f) C.D.T. (Altura total): 78.74 pies (24 mts)
- g) Eficiencia: 83%
- h) Velocidad: 1770 min⁻¹
- i) La potencia requerida por la bomba es:

$$P_R = \frac{9.81 \cdot 0.2 \cdot 24}{0.83} = 56.73 \text{ kW (76.05 hp)}$$

Para el caso de la bomba 2 (referencia de plano N160-11839, dibujo B-0002330), los datos son:

- a) Bomba tipo: Turbina autocontenida
- b) Modelo: 13CMC
- c) Etapas: 2
- d) Líquido: agua limpia
- e) Gasto: 100 lt/s (0.1 m³/s)
- f) C.D.T. (Altura total): 78.74 pies (24 mts)
- g) Eficiencia: 82.9%
- h) Velocidad: 1770 min⁻¹
- i) La potencia requerida por la bomba es:

$$P_R = \frac{9.81 \cdot 0.1 \cdot 24}{0.829} = 28.40 \text{ kW (38.07 hp)}$$

Por lo tanto, los motores requeridos son de 76 y 38 hp en 4 polos (asumiendo una frecuencia de alimentación de 60Hz de la red respectivamente).

Considerando que las bombas tendrán niveles de sobrecarga durante la operación y estas pudieran llegar hasta del 20%, se opta por seleccionar motores de 100 y 50 hp por ser más comerciales.

Debido a los requerimientos de arranque y alimentación se especifica para ambos casos Y/D, la red de alimentación está especificada en 480V, 60Hz, trifásica.

De un catálogo comercial de motores se tiene la siguiente selección para 100hp:


DATA SHEET



Three Phase Induction Motor - Squirrel Cage

Customer :	
Product line : TEFC - W22 - Nema Premium Efficiency	
Frame : 404/ST Output : 100 HP (75 kW) Poles : 4 Frequency : 60 Hz Rated voltage : 480 V Rated current : 106 A L. R. Amperes : 777 A LRC (p.u.) : 7.3 Code H No load current : 36.4 A Rated speed : 1775 rpm Slip : 1.39 % Rated torque : 40.9 kgfm Locked rotor torque : 240 % Pull up torque : 185 % Breakdown torque : 260 % Insulation class : F Service factor : 1.25 Moment of inertia (J) : 1.26 kgm ²	Locked rotor time : 13 s (hot) 23 s (cold) Temperature rise ¹ : 80 K Duty cycle : Cont.(S1) Ambient temperature : -20 °C to +40 °C Altitude : 1000 m.a.s.l Degree of protection : IP55 Cooling method : IC411 - TEFC Mounting : F-1 Direct of rotation ¹ : Both Noise level ² : 68.0 dB(A) Starting method : Direct On Line Approx. weight ³ : 517 kg Design : B
Output : Start 50% 75% 100% Efficiency (%) : - 95.0 95.0 95.4 Power factor : 0.43 0.77 0.84 0.88	Load type: - Load torque: - Load inertia (J=GD ² /4): -
Bearing type : Drive end Non drive end 6316-C3 6314-C3 Lubrication interval : 10000 h 12000 h Lubricant amount : 34 g 27 g Lubricant type : MOBIL POLYREX EM	Foundation loads Maximum traction : 813 kgf Maximum compression : 1330 kgf

Y para el de 50hp:

DATA SHEET						
Three Phase Induction Motor - Squirrel Cage						
Customer :						
Product line : TEFC - W22 - Nema Premium Efficiency						
Frame	: 324/6T				Locked rotor time	: 15 s (hot) 27 s (cold)
Output	: 50 HP (37 kW)				Temperature rise ⁴	: 80 K
Poles	: 4				Duty cycle	: Cont.(S1)
Frequency	: 60 Hz				Ambient temperature	: -20 °C to +40 °C
Rated voltage	: 480 V				Altitude	: 1000 m.a.s.l
Rated current	: 56.7 A				Degree of protection	: IP55
L. R. Amperes	: 352 A				Cooling method	: IC411 - TEFC
LRC (p.u.)	: 6.2 Code G				Mounting	: F-1
No load current	: 22.5 A				Direct of rotation ¹	: Both
Rated speed	: 1775 rpm				Noise level ²	: 86.0 dB(A)
Slip	: 1.39 %				Starting method	: Direct On Line
Rated torque	: 20.4 kgfm				Approx. weight ³	: 243 kg
Locked rotor torque	: 230 %				Design	: B
Pull up torque	: 180 %					
Breakdown torque	: 270 %					
Insulation class	: F					
Service factor	: 1.25					
Moment of inertia (J)	: 0.3861 kgm ²					
Output	Start	50%	75%	100%	Load type: -	
Efficiency (%)	-	93.0	94.1	94.5	Load torque: -	
Power factor	0.42	0.66	0.77	0.83	Load inertia (J=GD ² /4): -	
Bearing type	Drive end		Non drive end		Foundation loads	
Lubrication interval	6312-C3		6212-C3		Maximum traction : 590 kgf	
Lubricant amount	20000 h		20000 h		Maximum compression : 833 kgf	
Lubricant type	21 g		13 g			
	MOBIL POLYREX EM					

Las curvas de operación de ambos motores se muestran en los anexos.

Capítulo 4. Control de Motores

Introducción

A medida que la Industria fue creciendo, la necesidad de poder manipular los procesos industriales de una forma más sencilla y práctica fue aumentando, esto llevo a la necesidad de crear formas de controlar dichos procesos en base a diversos factores como velocidad, practicidad, funcionalidad y calidad de manera que para manipular estos factores a voluntad es necesario un Centro de Control, ya sea general para procesos continuos, esto significa que la actividad no se puede detener bajo ninguna circunstancia, a menos que haya una falla que amenaza la integridad del proceso, un ejemplo de esto sería una fábrica de chocolate donde se utilicen bombas para transportar el chocolate a una temperatura elevada de un lado a otro, aquí el proceso no se puede frenar ya que esto representa una pérdida enorme en mantenimiento para desprender el chocolate frio de las tuberías. O bien un control específico para cada parte del proceso, esto generalmente aplica cuando si se puede detener el proceso, un ejemplo de esto es la industria alimenticia, en donde el proceso se debe de ir pausando para verificar estándares de calidad y por lo tanto cada parte del proceso debe tener su propio control.

Centro de Control de Motores (CCM)

El centro de control de motores (CCM) es un tablero que controla, alimenta y protege a los motores y que se compone de arrancadores (contactores y relevadores) como sus principales componentes de control. Consiste en un arreglo de varios arrancadores los cuales están almacenados en un gabinete o tablero general. El número de secciones dependerá del espacio de cada uno de sus componentes.

El CCM es el intermediario entre la red y carga (motores) y una de sus ventajas es el poder almacenar dentro de los gabinetes los arrancadores destinado a diferentes áreas sin la necesidad de que el control sea manual.

Algunas funciones y ventajas principales son:

- Controlar el motor desde lugares peligrosos
- Facilita el mantenimiento y el costo de la instalación
- Proteger a los motores contra fallos eléctricos

Una parte importante de una instalación eléctrica industrial es la del control de motores, esto, debido a la necesidad de manipular factores que afectan a un proceso, uno de estos factores es la velocidad, para este proyecto la necesidad de bombear diferentes volúmenes de agua a lo largo del día, se logra mediante el aumento o disminución de la velocidad de los motores, otro factor importante es el de poder encender o apagar el equipo en cualquier momento, debido a una falla o desperfecto, o bien un tipo de arranque específico que permita poner en marcha los motores sin comprometer su estructura física.

Para poder hacer un diseño de un CCM se debe de considerar la siguiente información

- Potencia
- Tensión de operación
- Corriente de plena carga
- Tipo de arranque
- Lamparas de control e indicadores, etc.
- Lista de motores que se encontraran en el CCM

	Motores verticales tipo turbina (100 Hp)	Motores verticales tipo turbina (50 Hp)
Potencia	100Hp (75kW)	50Hp (37Kw)
Voltaje	480 V	480 V
Corriente	106A	56.7A
Frecuencia	60Hz	60Hz
Velocidad	1775 rpm	1775rpm
Polos	4	4
Deslizamiento	1.39%	1.39%
Torque	40.9 kgfm	20.4 kgfm
Diseño	B	B
Clase de aislamiento	F	F
Eficiencia	95.4%	94.5%
Factor de potencia	0.88	0.83
Factor de servicio	1.25	1.25

Para poder seleccionar los modulos donde estaran alojados los gabinetes se procede a consultar el catalogo proporcionado por el fabricante (Apendice E) donde nos da las dimensiones con respecto al tamaño de los motores, los modulos estaran repartidos de la siguiente manera.

5 modulos de 100Hp => T6

2 modulos de 50 Hp => T4

1 modulo de 10.5 Hp => T4

T6 = 480 mm

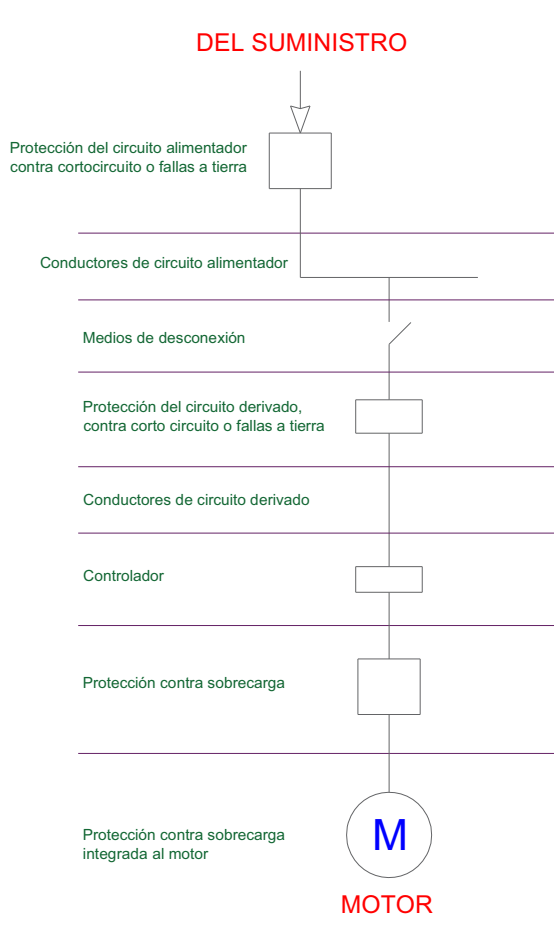
T4 = 320 mm

La suma de los modulos nos dara la altura de nuestro CCM la cual es de 3.36m x 2.5m

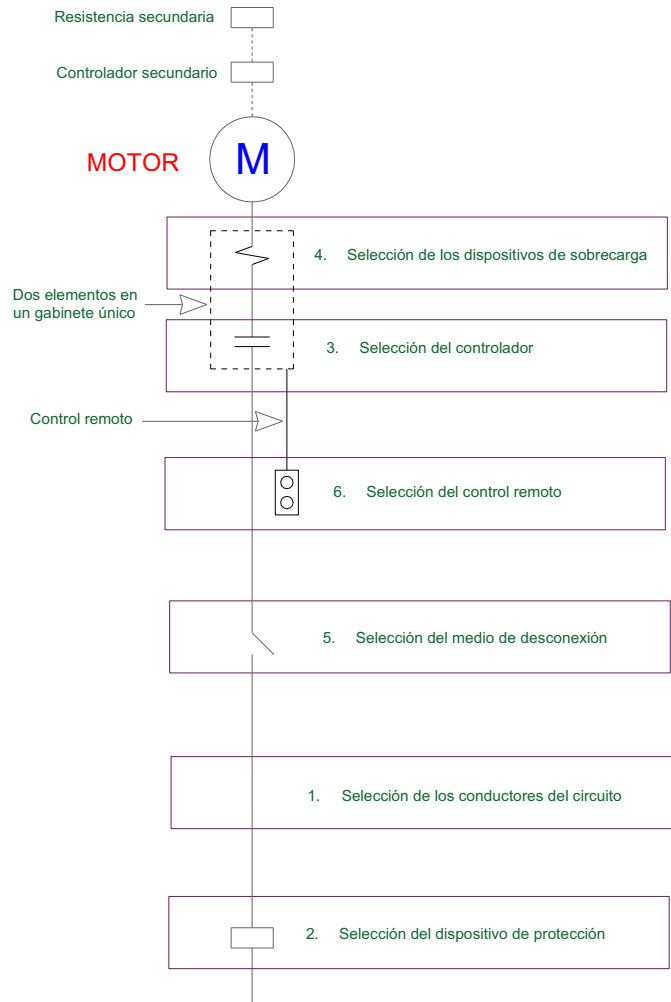
La protección principal del CCM es un interruptor electromagnético SENTRON 3WL con capacidad de 1250 A

Dentro de las instalaciones electricas los motores de induccion requien medios de conexión y desconexion, a si como el control dependiendo de la aplicación a la cual esten sometidos. En general el control comprende el comportamiento del arranque, aceleracion, reversa, desaceleracion y frenado del motor.

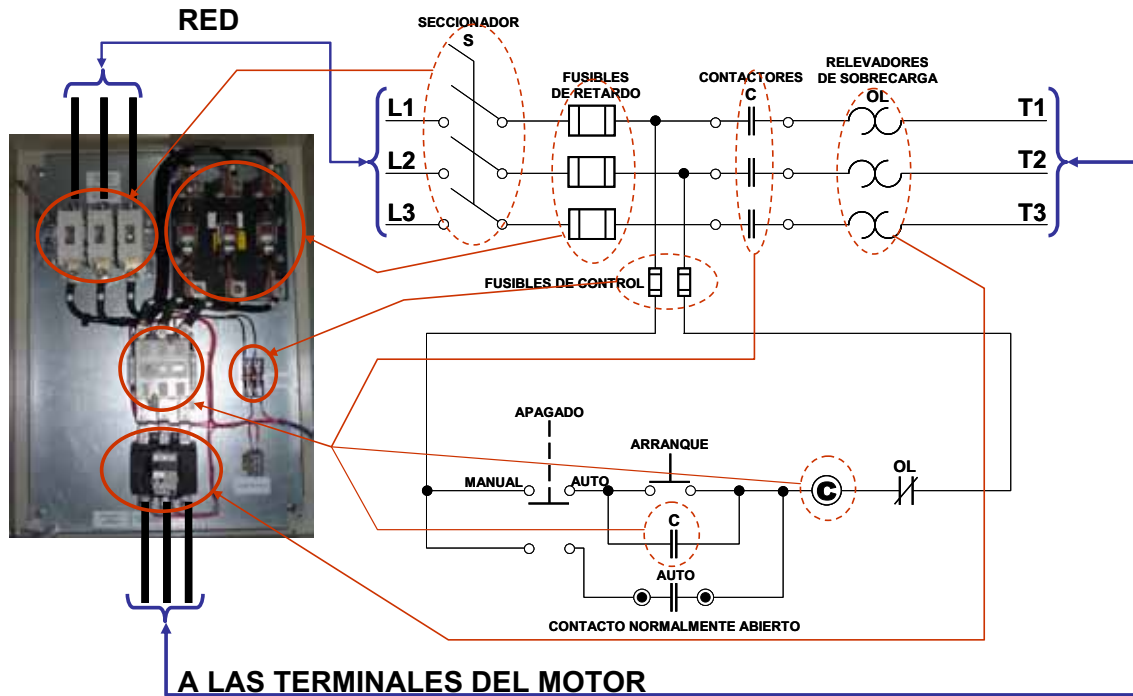
El controlador de un motor es el dispositivo que se usa para arrancar y parar (switch), tambien puede ser una estaciones de botones para arrancar el motor en forma local o a control remoto.



Elementos del circuito derivado de un motor



Pasos a seguir en el cálculo de los elementos de alimentación y control a un motor de C.A.



Gabinete con elementos de control

En este proyecto, nos enfocaremos en el tipo de arranque suave con una conexión estrella-delta a tensión reducida, ya que serán las especificaciones para el control y arranque de los motores.

El arrancador suave (Softstarters) es un dispositivo de control y tiene como función el arranque (aceleración) y desaceleración del motor; Este dispositivo no realiza variaciones de velocidad y el control de la tensión aplicada es mediante el ajuste del ángulo de disparo de los tiristores.

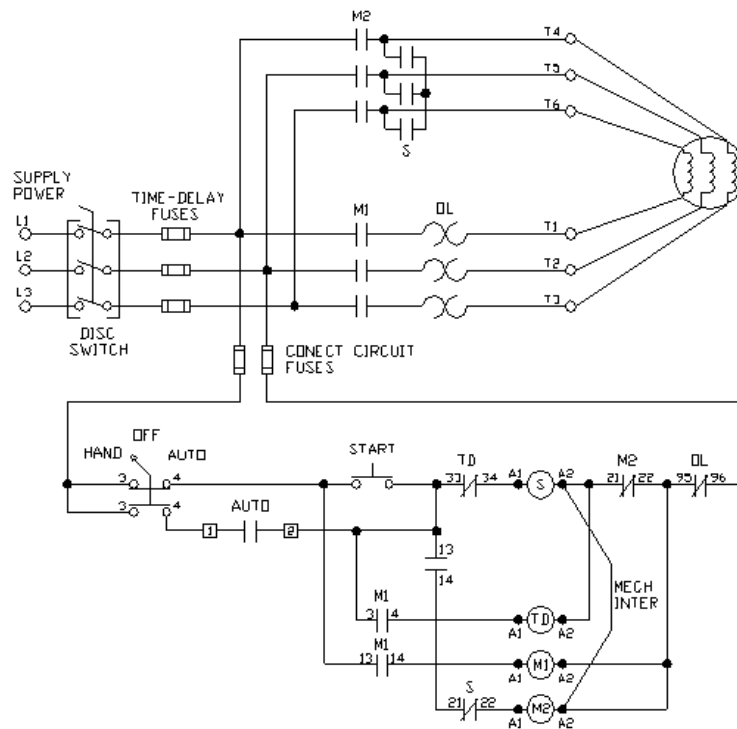
Arranadores a tension reducida

Arranque Estrella-Delta

Con este tipo de arranque lo que tratamos de conseguir es reducir la corriente al momento de arrancar el motor a un tension reducida, llegando a bajar una tercera parte del voltaje nominal.

$$480v * \frac{1}{3} = 160 V$$

Uno de los inconvenientes de este arranque es el corte de tensión que se produce al pasar de estrella a triángulo.



Circuito de control Estrella-Delta

Control de Motores

Una parte importante del proyecto es la del control de los motores. Comencemos con la definición de control de motores, esta se puede tomar como la reducción de la corriente en el arranque. Es importante conocer la manera correcta de arrancar un motor, ya que dependiendo de la potencia y tamaño del motor es el tipo de arranque que se le debe de emplear, en general hablaremos de 3 tipos de arranques.

Arranque Directo:

Este arranque se usa más comúnmente en motores chicos ya que en este caso el único control son dos botones, uno verde para arrancar y otro rojo para parar, de manera que la corriente y el voltaje llegan al instante con sus valores nominales, una ventaja de este arranque es que el motor empieza a trabajar al momento, un ejemplo de esto son las bombas de agua domésticas, una desventajas de este arranque es que el primer golpe de la corriente y el voltaje le llegan de lleno al motor, siendo la carcasa del rotor la más afectada por este efecto.

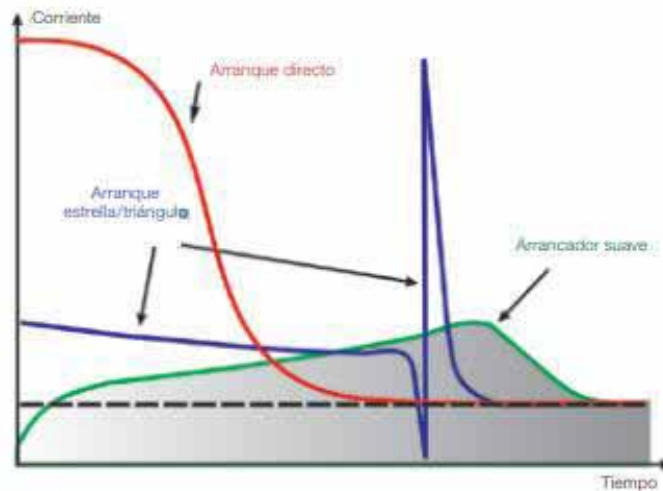
Arranque a Tensión Reducida:

En este tipo de arranque se busca reducir la corriente de arranque y el par del motor, pero con la desventaja de que el sistema usa más corriente de la nominal, una vez iniciado el motor, para controlar este fenómeno se utiliza un esquema de conexión estrella- Delta, el cual funciona de la siguiente manera, cuando el motor arranca la conexión estrella provoca que la corriente de arranque se reduzca, una vez que el motor arranco se desconecta la estrella y se conecta la delta, esto último con el fin de mantener la corriente nominal constante.

Arranque Suave:

En este caso, que es el que se utilizara en nuestros motores, el objetivo es disminuir el par del motor, la corriente de arranque y la corriente del sistema, pero con la desventaja de que este tipo de arranque genera armónicos, esto último es un problema ya que los armónicos empiezan a generar oscilaciones que con el paso del tiempo pueden ir deteriorando la estructura interna del motor.

En la siguiente imagen se representan los tres tipos de arranques, tomando como comparación el tiempo contra la corriente, podemos ver como el arranque directo es el que tiene la corriente más elevada ya que el valor nominal de esta es el que empieza, el arrancador a tensión reducida o estrella delta empieza con un valor de corriente no muy elevado pero si tiene un pico en la corriente que posteriormente usa el sistema, el arranque suave es el menos agresivo para el motor ya que tanto la corriente de arranque como la del sistema se mantienen estables.



Tipos de arranque

El proceso de arranque de un motor de inducción es un proceso dinámico y transitorio, para nuestros fines no es necesario hacer el análisis a detalle, pero si es importante señalar que el tiempo de aceleración de la carga será fundamental para la selección adecuada del arrancador necesario. De manera que se explicara de manera general el funcionamiento de un arrancador



Arrancador suave

Diagrama de Fuerza

En la siguiente imagen se muestra el diagrama del arrancador seleccionado, la manera de ver el diagrama es de arriba hacia abajo, en la parte superior podemos observar las tres fases representadas por 3 líneas, estas líneas bajan hasta el disyuntor o guarda motor trifásico el cual sirve para proteger la línea de una corriente de corto circuito, posteriormente las líneas siguen hasta el contactor de tipo bay – pass en el cual su función de divide en dos pasos, el primero es frenar a la corriente de arranque mediante los tiristores para poder generar la curva del par, el segundo es el cierre, donde se bloquen los tiristores para dejar pasar solamente a la corriente

nominal, de manera que la corriente que pase sea menor que la nominal y que esta vaya aumentando hasta llegar al valor nominal

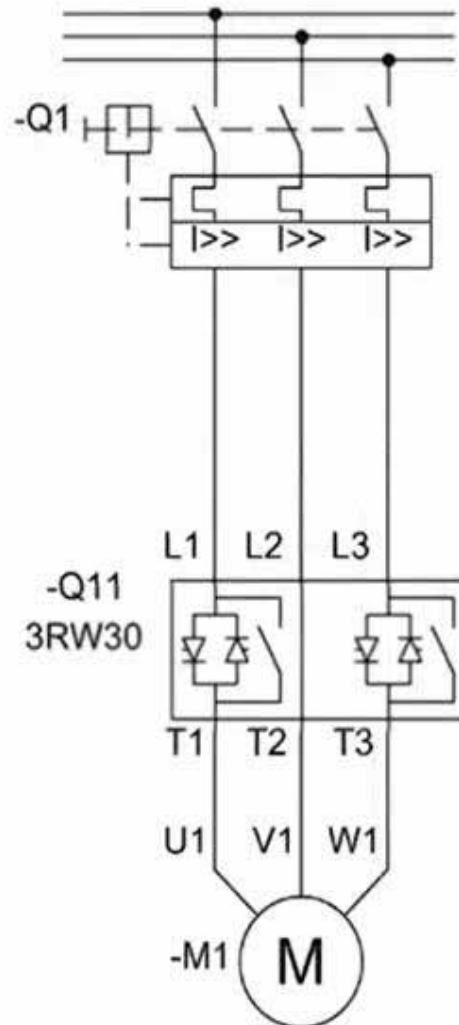
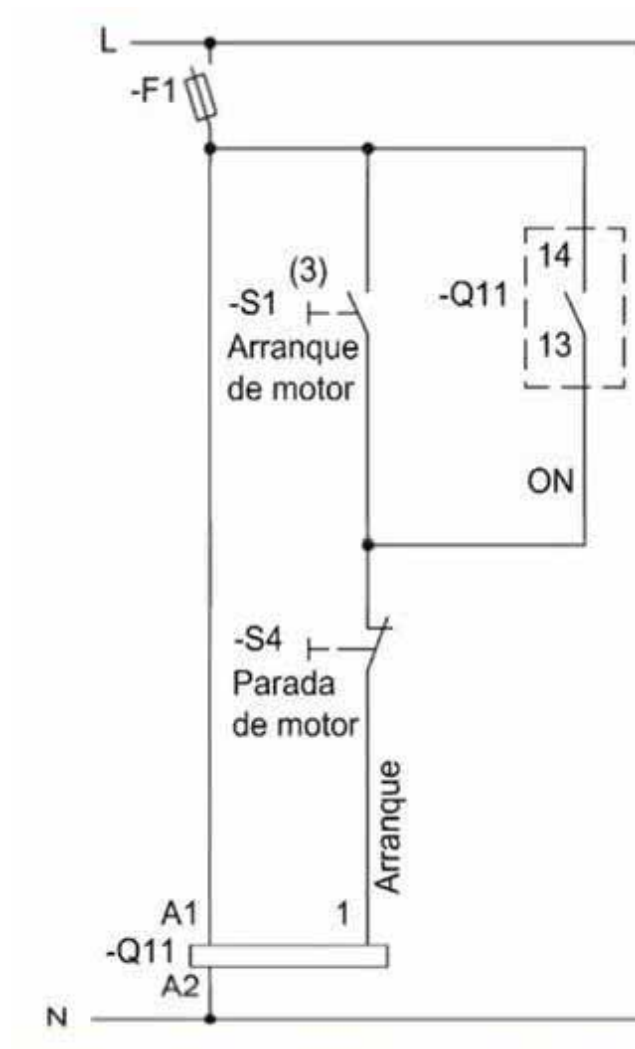


Diagrama de Control

Para la parte del control tomaremos la siguiente imagen, en la cual podemos ver un disyuntor del lado izquierdo, el cual es utilizado para proteger la línea, de este mismo se saca una línea y un neutro. De acuerdo al diagrama lo primero es llevar la línea de hasta arriba a través de F1 o elemento de sobrecarga, esto es muy importante ya que el F1 monitorea la temperatura con

respecto a la corriente, esto es entrando mediante el 95 y saliendo de 96, de aquí sale un nodo que va hacia la bobina A1 del arranque suave, hacia el 3 del interruptor normalmente abierto de la botonera y hacia el 14 del interruptor normalmente abierto del contactor, de manera que cuando la corriente está energizando la primera parte basta con presionar el arranque del motor para que se energice totalmente todo el circuito



Arrancador SIRIUS 3RW40 en gabinete

De acuerdo a las características de los motores se selecciono el siguiente arrancador suave debido a sus características técnicas, siendo estas las que mas se adecuan a nuestra aplicación y motor.

Arrancador SIRIUS 3RW40 en gabinete

Incluye

- Interruptor Termomagnético
- Fusibles SITOR 3NE4
- Transformador de control
- Limitación de corriente
- Contactor de by pass integrado
- Relevador de sobre carga integrado ajustable (Clase 5, 10, 15, 20)
- Protección con int. 55X en el circuito de control
- Estación de botones y lámparas indicadores arranque, paro, sobrecarga
- Contador de tiempo
- Totalmente alambrado
- Display LCD
- Rampa suave de arranque y paro (Ajustable)
- Gabinete NEMA 12



2

Arrancador completo con SIRIUS 3RW40

Catálogo	220/440V	Modelo	A	Termo	Fusible 3NE	Gabinete
A7B10000046124	10/25 HP	K3RW40281BB14	38	3P50A	50A	1000x500x320 mm
A7B10000046128	20/40 HP	K3RW40381BB14	72	3P100A	125A	1000x500x320 mm
A7B10000046129	25/50 HP	K3RW40461BB14	80	3P100A	125A	1000x500x320 mm
A7B10000046130	30/60 HP	K3RW40471BB14	93	3P125A	125A	1000x500x320 mm
A7B10000046131	40/75 HP	K3RW40471BB14	106	3P150A	160A	1000x500x320 mm
A7B10000046264	50/100 HP	K3RW40566BB34	145	3P200A	250A	1000x500x320 mm
A7B10000047967	75/150 HP	K3RW40736BB34	205	3P300A	450A	1200x600x350 mm
A7B10000047968	100/200 HP	K3RW40746BB34	248	3P400A	450A	1200x600x350 mm
A7B10000047970	150/300 HP	K3RW40766BB34	385	3P600A	500A	1200x600x350 mm

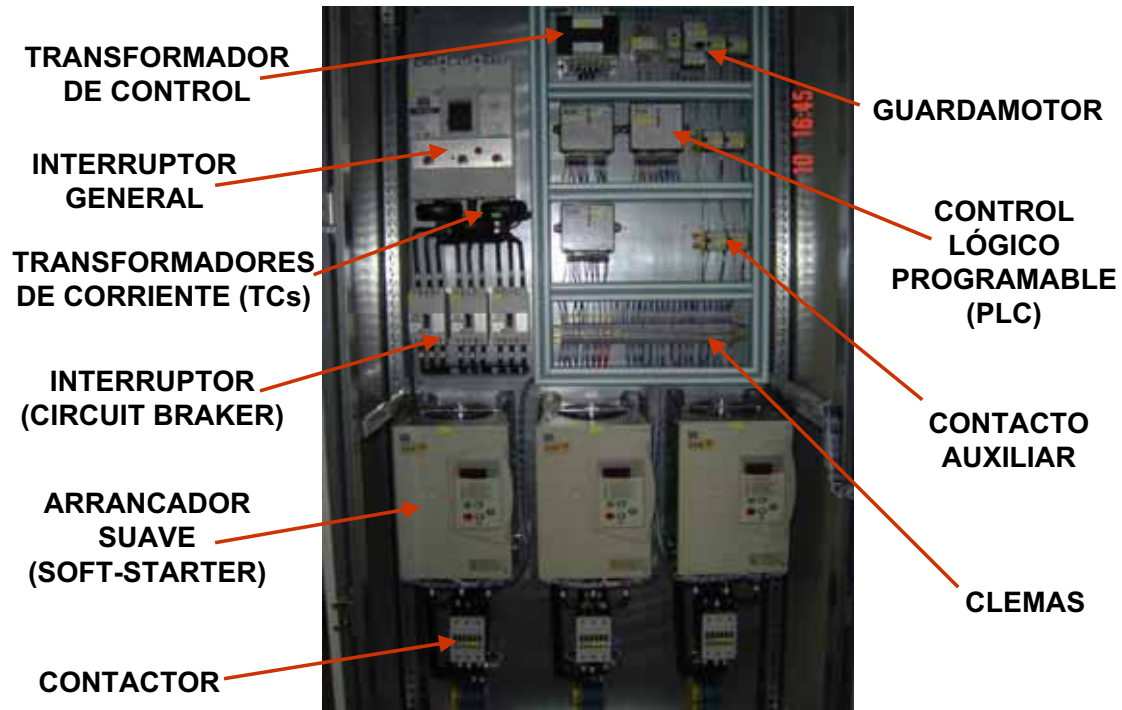
El arrancador cuenta con by-pass el que incluye

- Contactor
- Fusibles
- Protección primaria
- Arrancador de estado solido

Tableros de control

Los tableros eléctricos son gabinetes donde se alojan todos los equipos de protección, maniobra, control, medición, comunicación, conexión y señalización que realizan funciones específicas dentro de un proceso de automatización.

COMPONENTES DE UN TABLERO DE CONTROL



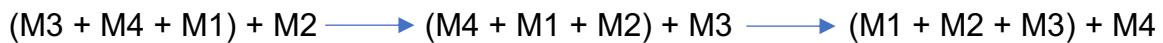
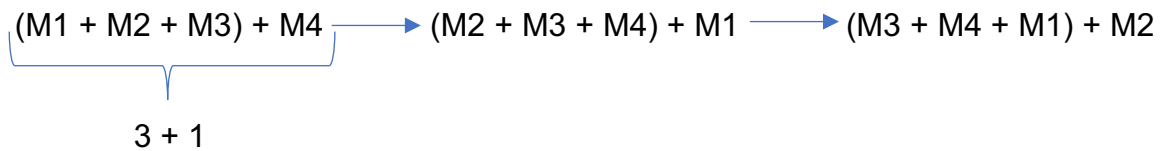
Control

El proyecto cuenta con dos sistemas:

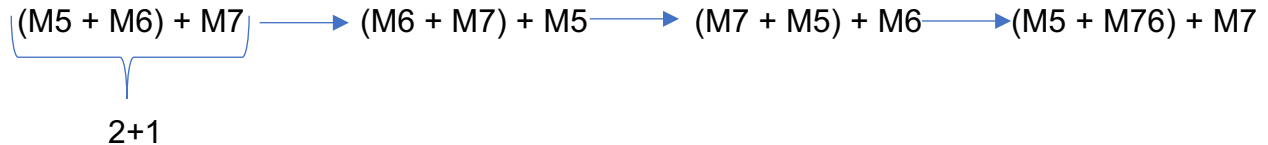
1. Tláhuac
2. Culhuacanes y a la planta de bombeo la estrella

El primer sistema siempre estarán 3 motores en operación, mientras que en el segundo siempre habrá 2 motores en operación

Sistema 1



Sistema 2



Los dos sistemas estarán monitoreando la presión por medio de unas válvulas las cuales estarán calibradas a cierta presión en los ductos, de manera que con esto se ara el arranque o paro de los motores.

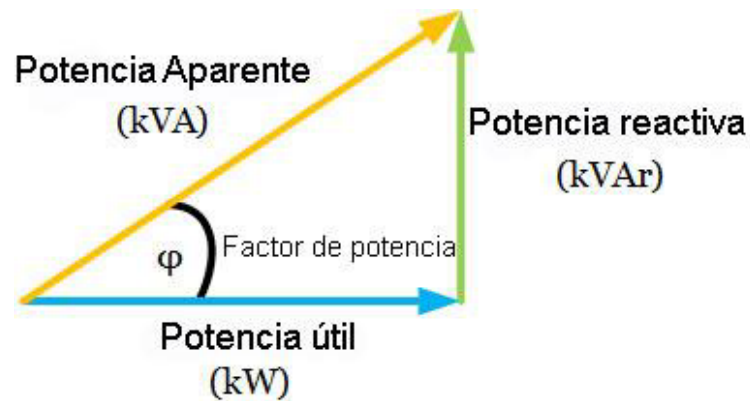
En caso de que exista poca demanda en las zonas, todos los motores saldrán de operación. Esto debido a los casos de alta y baja demanda, ya sea en la mañana o noche.

Corrección del factor de potencia

Banco de capacitores

Los bancos de capacitores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, en tanto en baja, mediana y alta tensión, ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone, mejorar el perfil del voltaje, principalmente durante condiciones de arranque de motores o de conexiones de carga de gran magnitud.

Debido a esto se decidió colocar un banco de capacitores automático para cada motor ya que la corrección del factor de potencia consiste en disminuir la potencia reactiva que demanda la carga, de forma que los kVA tiendan a ser iguales a los kW



Calculo para el banco de capacitores automático

$$P_T = 477.504 \text{ KW}$$

$$f_p = 0.83$$

$$\theta_1 = f_p \text{ dado}$$

$$\theta_2 = f_p \text{ deseado}$$

De acuerdo con la formula siguiente procedemos a calcular el banco de capacitores para mantener el factor de potencia dentro de los parámetros de la compañía suministradora.

$$\cos^{-1} 0.83 = 33.9$$

$$\cos^{-1} 0.95 = 18.19$$

$$Q_R = kW(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = 477.504 \text{ kW}(\tan(33.9) - \tan(18.19))$$
$$Q_R = 163.96$$

El banco de capacitor automático seleccionado es: 180kVAR



Secomat² Sobreponer

Banco de capacitor automático

Capítulo 5. Subestación Eléctrica

Introducción

La subestación eléctrica es un equipo para asegurar la continuidad del servicio, esto debido a que pueden transformar una tensión de suministro de la red de distribución ya sea elevadora o reductora dependiendo a que este destinada su utilización.

De acuerdo con la NMX-116-ANCE-2017 se encarga tanto de la seguridad como del funcionamiento, esto para transformadores monofásicos y trifásicos hasta 500 kVA y para conectarse a la red eléctrica hasta 34.5 Kv.

Las subestaciones normalizadas, pueden ser instaladas en cualquier tipo de proyecto que requiera el uso de energía eléctrica de las redes suministradoras, en México es C.F.E.

Por lo que son ideales para plantas industriales, centros comerciales o grandes complejos.

Las subestaciones compactas de 13.8, 23 y 34.5 kV pueden ser de servicio interior o exterior y su construcción es de lámina de acero rolado en frio terminadas con pintura electrostática a base de polvo epóxico.

Elementos básicos de una subestación

- Acometida
- Equipo de medición
- Cuchilla de paso
- Celda de seccionador con o sin apartarrayos
- Interruptor cuchilla-fusible
- Celda de acoplamiento a transformador
- Transformador

De acuerdo a la aplicación y al fabricante será el número de arreglos de cada subestación, estos se clasifican en NEMA 1, NEMA 12 y NEMA 3R

Subestación eléctrica

La subestación eléctrica es una estructura que puede ser cerrada o no y que se compone de aparatos y circuitos encargados de la conexión o desconexión y algunos casos de la medición de línea de media o alta tensión, las cuales pertenece a la acometida de la compañía suministradora de energía eléctrica.

Una de sus funciones es la de cumplir como intermediaria entre la acometida y el transformador, protegiendo así mismo la instalación en media o baja tensión.

Clasificación de subestaciones

- Subestación tipo intemperie
- Subestación tipo interior
- Subestación blindada
- Subestación abierta
- Subestación compacta

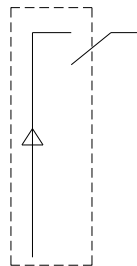
Por especificaciones de la empresa la subestación tendrá las siguientes especificaciones:

Subestación tipo compacta e intemperie NEMA 3R

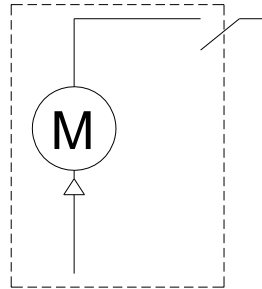
Partes de una subestación:

Celdas

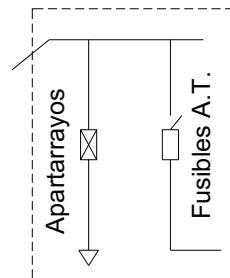
Celda de acometida: Es la celda que recibe la acometida en A.T. algunas pueden ser por trinchera (subterránea) o área por charola.



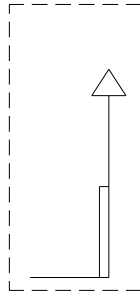
Celda de medición: Es el equipo de medición de la compañía suministradora (C.F.E.) con sus respectivos transformadores de medición (TC's). estas se encuentran diseñadas de acuerdo con las normas de Comisión Federal de Electricidad



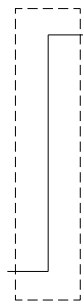
Celda de seccionador principal y celda de seccionador derivado: En esta celda se encuentra el seccionador tripolar el cual se encarga de proteger la instalación y de conectar o desconectar la energía eléctrica. Esta sección puede incluir tres apartarrayos montadas en la parte posterior del seccionador.



Celda de acoplamiento al transformador: es la celda para el acoplamiento directo del transformador a la subestación, al interior contiene soleras de cobre para hacer la conexión apoyadas en aisladores de resina sintética. Estas celdas pueden ir a la derecha o izquierda, esto de acuerdo a las necesidades del proyecto.

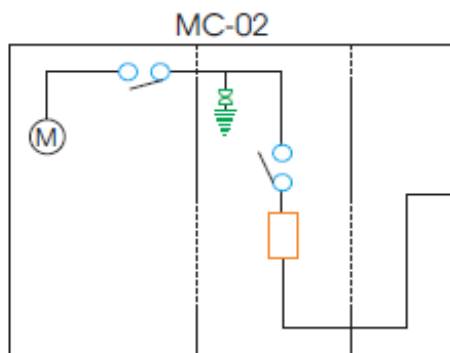


Celda de transición: Establece la interconexión entre el seccionador general con uno o más seccionadores derivados.



Por especificaciones del proyecto y la empresa la subestación se pidió con las siguientes características:

1. Subestación tipo compacta NEMA 3R
2. Tipo exterior
3. Arreglo a la izquierda
4. Arreglo
 - a. Medición con cuchilla de paso
 - b. Seccionador
 - c. Apartarrayos
 - d. Acoplamiento
 - e. Fusible



La selección de los fusibles se puede determinar mediante la fórmula proporcionada por el catálogo de (Subestaciones Compactas AMBAR)

$$I_n = \frac{1.155 \times kVA}{kV}$$

Los fusibles seleccionados son 32A con perno percutor.

El transformador

El transformador es un aparato eléctrico que funciona por medio de inducción electromagnética y transfiere la energía eléctrica a los circuitos a la misma frecuencia, ya sea a una tensión reducida o mayor, a esto se le llama transformador elevador o reductor.

Su principio de operación es en la acción mutua entre campos eléctricos y magnéticos y no contiene ninguna parte móvil.

Para la selección de la subestación se debe de tener en cuenta el diseño específico y por lo tanto la selección del transformador (depende totalmente del diseño de la subestación) única y particular de acuerdo a las necesidades.

Clasificación de los transformadores:

Por su número de fases

Tipos de transformadores: Se clasifican de acuerdo a diferentes criterios:

Transformador monofásico: se utilizan en la distribución de energía para reducir la tensión de MT a BT y se encuentran en soportes de línea eléctrica rurales.

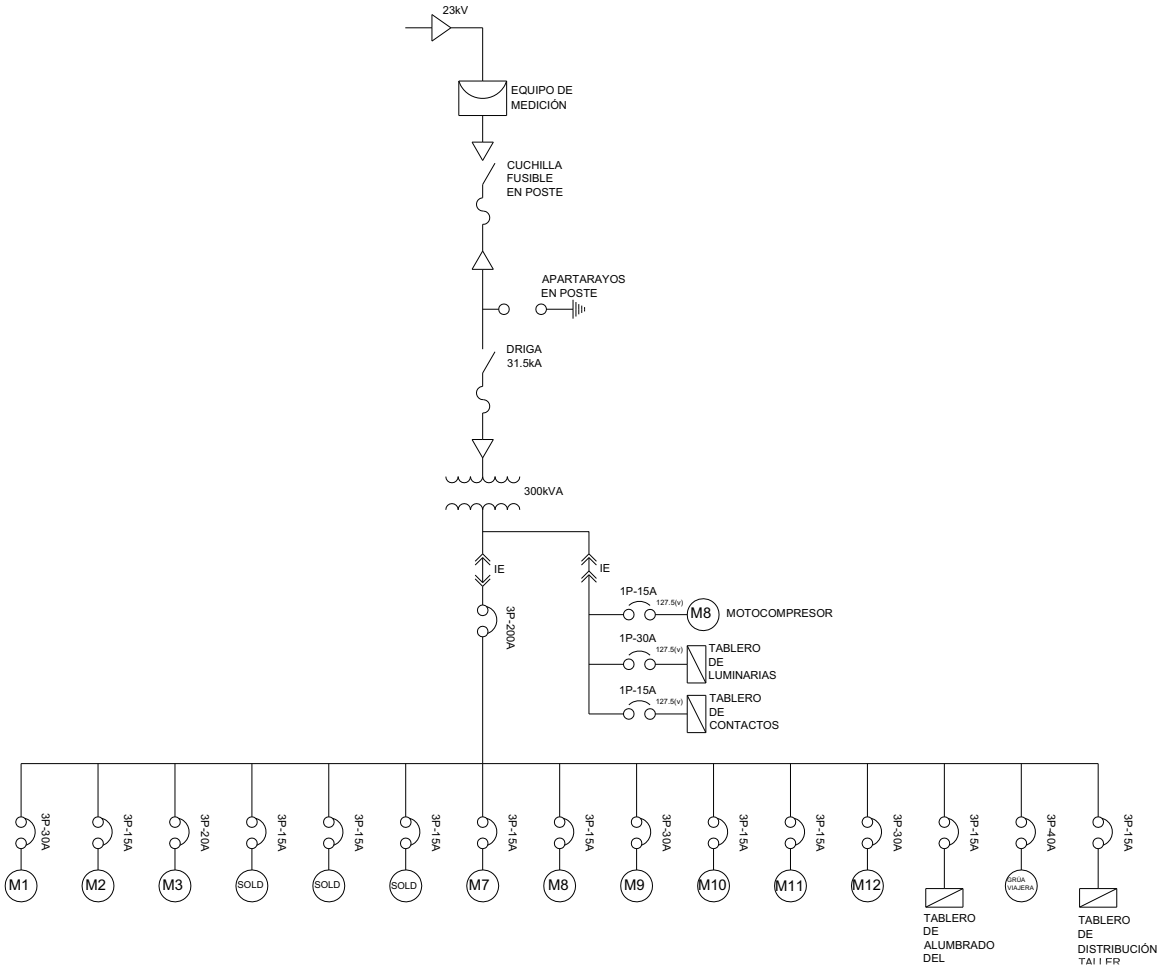
Transformador trifásico: Son transformadores que se encuentran desde potencias de 10kVA hasta 150 MVA y su aplicación puede ser desde elevadoras de tensión en una central eléctrica, como reductoras en subestaciones de distribución.

Por su potencia

El diagrama unifilar

El plano eléctrico más común es el diagrama unifilar que idéntica y suministra la información sobre las dimensiones de los componentes principales del sistema de alambrado eléctrico y muestra como la potencia es distribuida desde la fuente, habitualmente la acometida, hasta el equipo de utilización. Se representan equipos tales como tableros de distribución, equipos de conmutación, subestaciones, centros de control de motores, motores, equipos de emergencia, interruptores de transferencia y equipo de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

El diagrama unifilar normalmente indica el tipo de canalización o cable y el tamaño comercial, el número de conductores, sus tamaños y cualquier otra información especial; además puede indicar el nivel de tensión, las capacidades de las barras conductora, la corriente de interrupción las capacidades nominales de fusibles o interruptores, la puesta a tierra del sistema, medidores, relevadores y cualquier otra información para ayudar a identificar el sistema eléctrico.



Selección del Transformador y subestación

El transformador como la subestación son elementos muy importantes los cuales su elección debe ser la correcta ya que al no hacer una elección adecuada de estos elementos podemos tener demasiadas pérdidas.

Para poder determinar y seleccionar el transformador debemos de conocer el total de la carga instalada en todo el predio.

En la siguiente tabla se muestra la carga que será instalada dentro del proyecto

Equipo eléctrico	Cantidad	Potencia	Fases	Tipo de motor	Tensión [V]	Eficiencia
Motor tipo turbina vertical	1	100Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	95%
Motor tipo turbina vertical	1	100Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	95%
Motor tipo turbina vertical	1	100Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	95%
Motor tipo turbina vertical	1	100Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	95%
Motor tipo turbina vertical	1	100Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	95%
Motor tipo turbina vertical	1	50Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	94.5%
Motor tipo turbina vertical	1	50Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	94.5%
Grúa tipo puente 5 Toneladas	1	10.5Hp	3 _ø	Jaula de ardilla	480	85%
Banco de receptáculos	8	2500 W	---	-----	127	100%
Luminaria Wallpack	27	289 W	1 _ø	-----	127	100%
Luminaria industrial	5	373 W	2 _ø	-----	220	100%
Fluorescente	11	6 x 54.5	1 _ø	-----	127	100%
Luminaria tipo pared (puerta)	4	150	1 _ø	-----	127	100%
Luminaria tipo suburbano HID	22	175	1 _ø	-----	127	100%

De acuerdo con la distribución, tendremos dos tableros de usos generales y uno exclusivo para la parte de los motores. Los tableros A y B serán alimentados a través de un transformador tipo seco que bajara la tensión de 480V a 220/127 para alimentar nuestras cargas.

El tablero A estará controlando toda la iluminación perimetral, exterior, parte del alumbrado exterior de cada cuarto donde se alojará la S.E. y el CCM, así como los contactos.

A continuación, se muestra la distribución de los circuitos derivados, así como las especificaciones de cada tablero.

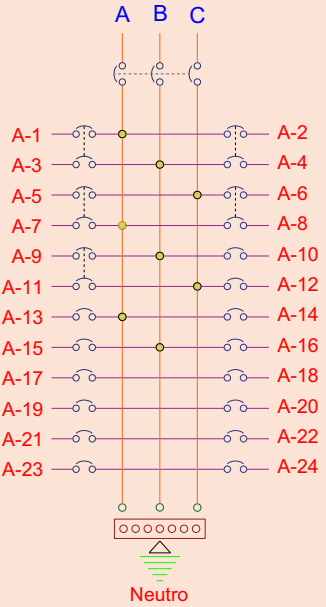
El tablero A esta destinado a toda la parte de la iluminación del predio tanto interior como exterior, así como también el alumbrado de los cuartos del CCM y S.E.

El tablero B esta destinado al alumbrado del cárcamo donde se alojarán los motores a si como de apoyo para el alumbrado de la parte trasera de los cuartos donde se encontrara la S.E. y el CCM

El tablero C (CCM) es donde se encontrarán todos los motores que se instalarán en el cárcamo

TABLERO A

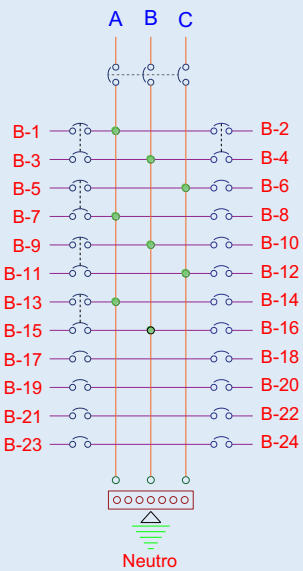
CIRCUITO	LUMINARIAS				CONTACTOS	FASE	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA		
	289 W	175 W	150 W	327 W					162 W	V [V]	I [A]
A-1				3	1	1ø	127	10.00	1143	1270	
A-3	5					1ø	127	12.64	1445	1606	
A-5				4	2	1ø	127	14.28	1632	1813	
A-7			5			1ø	127	6.56	750	833	
A-9			4			1ø	127	5.25	600	667	
A-11		6				1ø	127	9.19	1050	1167	
A-13			5			1ø	127	6.56	750	833	
A-15		4				1ø	127	6.12	700	778	
A-17											
A-19											
A-21											
A-23											
A-2	5					1ø	127	12.64	1445	1606	
A-4		6				1ø	127	9.19	1050	1167	
A-6				4		1ø	127	11.44	1308	1453	
A-8		4				1ø	127	6.12	700	778	
A-10	4					1ø	127	10.11	1156	1284	
A-12	5					1ø	127	12.64	1445	1606	
A-14					4	1ø	127	5.67	648	720	
A-16			4			1ø	127	5.25	600	667	
A-18											
A-20											
A-22											
A-24											
Σ	19	20	18	11	6	1	---	---	143.66 A	16.422 kW	18.248 kVA



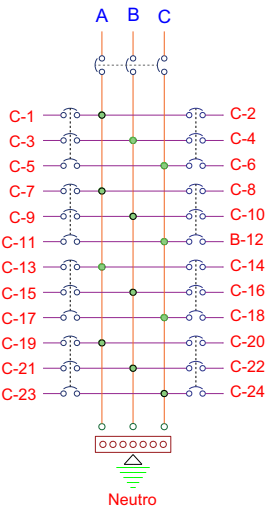
FACTOR DE DEMANDA = 1.0

TABLERO B

CIRCUITO	LUMINARIA	FASES	CONTACTOS	FASE	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	
	289 W	373 W	162 W		V [V]	I [A]	P [W]	S [VA]
B-1		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-3		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-5		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-7		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-9		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-11		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-13		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-15		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-17								
B-19								
B-21								
B-23								
B-2		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-4		1		2ø	220	0.47	186.5	207.2
B-6	4			1ø	127	10.11	1156	1284
B-8	4			1ø	127	10.11	1156	1284
B-10	4			1ø	127	10.11	1156	1284
B-12			2	1ø	127	2.83	324	360
B-14								
B-16								
B-18								
B-20								
B-22								
B-24								
Σ	12	10	2	---	---	37.86 A	5.657 kW	6.286 kVA



FACTOR DE DEMANDA = 1.0



Equipo	Circuito	Motor	Fases	Potencia	Voltaje	Factor de Potencia	Eficiencia (η)	Corriente	Potencia		
				hp					[V]	FP	%
M1-C	C-13, C-15, C-17	Tipo turbina vertical	3ø	50	480	0,83	0,945	57.2	37.300	44.939	
M2-C	C-14, C-16, C-18	Tipo turbina vertical	3ø	50	480	0,83	0,945	57.2	37.300	44.939	
M3-C	C-19, C-21, C-23	Tipo turbina vertical	3ø	100	480	0,88	0,954	106.88	74.600	84.772	
M1-T	C-1, C-3, C-5	Tipo turbina vertical	3ø	100	480	0,88	0,954	106.88	74.600	84.772	
M2-T	C-2, C-4, C-6	Tipo turbina vertical	3ø	100	480	0,88	0,954	106.88	74.600	84.772	
M3-T	C-7, C-9, C-11	Tipo turbina vertical	3ø	100	480	0,88	0,954	106.88	74.600	84.772	
M4-T	C-8, C-10, C-12	Tipo turbina vertical	3ø	100	480	0,88	0,954	106.88	74.600	84.772	
M1-P	C-20, C-22, C-24	Grúa tipo puente 5 Ton.	3ø	10,5	480	0,9	0,85	12.31	7.833	8.703	
FACTOR DE DEMANDA = 1.0	Σ	----	----	----	610.5 hp	----	----	----	661 A	455.433 kW	522.446 kVA

Las luminarias de los Tableros A y B tendrán un $f_p = 0.9$ y los contactos tendrán una potencia de 180VA por norma, teniendo en cuenta estas dos consideraciones la potencia total de los tableros de uso general es:

$$P_T = P_{T \text{ tablero A}} + P_{T \text{ tablero B}}$$

$$P_T = 16\,423\text{W} + 5\,657\text{W} = 22\,080\text{ W}$$

$$S_T = \frac{P_T}{f_p} = \frac{22\,080}{0.9}$$

$$S_{T_1} = 24\,534\text{ VA}$$

Para elegir la capacidad del transformador se utilizará la carga total de los tableros A y B la cual es de 22 080 W

Es importante tener en cuenta que el transformador no debe de operar por debajo del 80% de la capacidad de este.

Potencia aparente instalada (kVA) = 24.534kVA

Potencia de nuestro transformador elegido es de 30kVA

Obtenemos el 80% de la potencia del transformador, esto es: (30 kVA) (0.8) = 24 kVA

Por lo tanto, observamos que

$$24.534\text{kVA} > 24\text{kVA}$$

Esto demuestra que nuestro transformador cumple con el 80% útil de su capacidad, esto deja un margen del 20% para cargas futuras.

Selección del transformador principal

Para la selección del transformador principal (Tipo subestación) consideraremos la carga total de todo el sistema, esto es la suma de los dos tableros generales a si como la carga total de todos los motores instalados.

$$\sum P_{Total\ tablero\ A\ y\ B} + P_{Total\ motores}$$
$$P_T = 22\ 080W + 455\ 423W = 477\ 503\ W$$

Para elegir la capacidad del transformador se utilizará la carga total la cual es de 477.503 kW con un Factor de Demanda (F.D.) de 0.8 %

$$P_T = 382.002\ kW$$

Por normas de C.F.E. el transformador no debe de operar por debajo del 80% de la capacidad de este.

$$\text{Potencia aparente instalada (kVA)} = 382.002\ kW / 0.9 = 424.447\ kVA$$

Potencia del transformador elegido es de 500 kVA

$$\text{Obtenemos el 80\% de la potencia del transformador, esto es: } (500\ kVA) (0.8) = 400\ kVA$$

Por lo tanto, observamos que

$$424.47\ kVA > 400\ kVA$$

Esto demuestra que nuestro transformador cumple con el 80% útil de su capacidad, esto deja un margen del 20% para cargas futuras.

Conclusiones

La “distancia” que existe entre los proyectos en la práctica diaria de la Ingeniería contra los ejercicios revisados durante la formación académica en el salón de clase provocan una sensación de falta de solides de conocimiento en el alumno cuando este se enfrenta por primera vez a los mismos.

Esto sucedió cuando nos empezamos a involucrar en el proyecto y se inició el proceso de obtención de datos prácticos para poder plantear la solución o la mejor alternativa de cálculo para desarrollar el proyecto planteado en la propuesta.

Falta de datos técnicos como el valor de la impedancia del transformador de la subestación, el cual en los libros de texto se asume como dato del problema y en la práctica solo se obtiene después de haber hecho la compra del transformador, ya que es hasta ese momento cuando el fabricante de transformadores hace los cálculos del mismo y entrega la hoja de datos al comprador.

Cambios continuos en las instalaciones proyectadas hace que se tenga que replantear equipos especificados previamente, sin embargo, muchos de estos cambios se vuelven necesarios o son impredecibles, ya que si no se hacen no se consigue el éxito en el proyecto completo, aunque uno tenga que vivir con la frustración de haberse pasado la noche anterior en “vela” calculando y especificando los equipos para que en la mañana siguiente la obra vaya por otro camino y se tenga que empezar de nuevo.

Cambios debido a situaciones económicas que afectan los costos, como ejemplo cambio en los precios de equipos especificados previamente de importación que por motivos de divisas tienen que ser reconsiderados para no salir del costo del proyecto, ya que hay que cuidar la utilidad del mismo.

Consideraciones legales como el cumplimiento de normas oficiales, las cuales de no ser observadas pudieran traer consecuencias graves para quien proyecta y quien se responsabiliza de la obra.

Retrasos en los avances de obra, provocados por incompetencias, falta de personal suficiente o simple negligencia.

En fin, la lista es larga y bien puede ser concentrada en varias bitácoras de obra.

Pero al final, el contacto con la realidad, el sortear dificultades teórico-prácticas, el justificar desde el punto de vista técnico decisiones que “aparentemente” no tienen sentido y el tratar de entender porque el ingeniero de proyectos debe tener una mente abierta al conocimiento nuevo, ideas, consejos y análisis, hace que el estudiante se enriquezca y fortalezca sus criterios y deseos de salir al mundo a ejercer su profesión.

El manejo multidisciplinario de los conocimientos adquiridos para resolver problemas técnicos, permite tomar decisiones más asertivas, el no quedarse con la duda e investigar el porqué de la decisión, permite fortalecer el fundamento teórico, el enfrentarse al cálculo y entender porque “sale” o “no sale”, permite romper el mito: “...una cosa es la práctica y otra la teoría...”.

La práctica diaria es una oportunidad excelente para poner a prueba lo aprendido en el salón de clase, y antes de despreciar ese conocimiento adquirido, la mejor actitud es confrontarlo y entender qué condiciones hacen que haya desviaciones entre la práctica y la teoría y concluir.

Este proyecto nos dio esta oportunidad y también nos hizo reflexionar sobre todos los temas que la práctica de la ingeniería tiene y que parecían inagotables, aspecto motivante para seguir aprendiendo.

Anexos

Apéndice A

Iluminación



Wallpack IV Hazardous
Hazardous Locations



Catalog Number	
Item	Item

Description
Wallpack IV Hazardous is a wall mounted luminaire consisting of a precisely contoured anodized aluminum reflector, thermal shock resistant borosilicate glass refractor, integral HID HoloPhane ballast and die cast aluminum housing. Luminaire shall have a self hinged door secured by captive fasteners.

Optics

- Prismatic borosilicate glass maintains highest levels of luminosity over time.
- Glass doesn't fade, discolor or otherwise degrade in harsh environments
- Available with cutoff or specialized optics to eliminate light trespass and keep light only where it is needed

Electrical

- 42w CFL
- 50w, 70w, 100w, 150w, 200w, 250w
- 70w, 100w, 150w Medium Base Metal Halide
- 175w, 250w Metal Halide
- 175w, 250w, 320w Pulse Start Metal Halide

Mechanical

- Rustic cast aluminum housing with low copper content (0.0% Cu content) and durable gray finish withstands harsh or hostile environments
- Self hinged door secured by captive fasteners enabling quick maintenance and is available with tamper resistant screws.

Listings

- UL844 (see matrix on page 2)
Class 1, Division 2
- UL1598 - Wet locations

Warranty
2-year limited warranty. Complete warranty terms located at: www.acuitybrands.com/CustomResources/terms_and_conditions.aspx. Actual performance may differ as a result of end-user environment and application.

Typical Applications

- Petroleum Refineries
- Ethanol Facilities
- Chemical Plants
- Waste Water & Water Treatment Plants
- Power Generation Plants
- Building Facades
- Industrial Perimeters
- Storage Areas
- Manufacturing plants

Dimensions: Refer to Dimensions table adjacent to wall

Width: 16.0 (406.4)
Height: 15.9 (403.9)
Depth: 8.0 (203)
Weight: 14 lbs. (15.42kg)



ORDERING INFORMATION

Example: W11 050HP 12 5 2

Series	Ballast type	Voltage	
W11	050HP 50W HP's, MCG base ¹	12	120V Cetus
	070HP 70W HP's, MCG base ¹	20	208V
	100HP 100W HP's, MCG base ¹	21	240V
	15AHP 150W 55V HP's	27	277V Cetus
	200HP 200W HP's, MCG base ¹	48	480V
	250HP 250W HP's, MCG base ¹	88	208V Isolated secondary CUL ¹⁰
250HP 250W HP's, MCG base ¹	175PM 175W MH, MED base ¹	40	240V Isolated secondary CUL ¹⁰
	250MH 250W MH, MED base ¹	VT	126, 277, 347V Cetus
	320PM 320W PM, MCG base ¹	MA	MultiVolt Prewired (120V)
	320PM 320W PM, MCG base ¹	MB	MultiVolt Prewired (208V)
	42CFL 42W Compact Fluorescent ¹¹	MC	MultiVolt Prewired (240V)
		MD	MultiVolt Prewired (277V)

Optics	Color	Options	
C Cutoff ¹²	G Gray	C NE MA dual ¹³	G Wire guard ¹⁴
S Standard	K Black	D Polycarbonate shield ¹⁵	P Photoc restarter (RFS) only, not available with VT in USA, 070, 100 and 150HP ¹⁶
U Underpass	W White	F1 Single housing 126, 240, 277, 342, MA, MC and MD volts ¹⁷	T Tamper resistant screws
	Z Bronze	F2 Double housing 208, 240, 480, MB and MC volts ¹⁷	

Accessories, Order a separate catalog number	
WKTPO	Drivers for Tamper resistant screws
LAMP	Shop appropriate lamps as line items

Notes

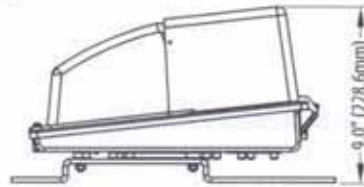
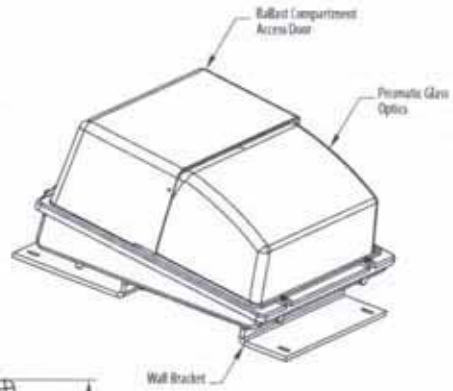
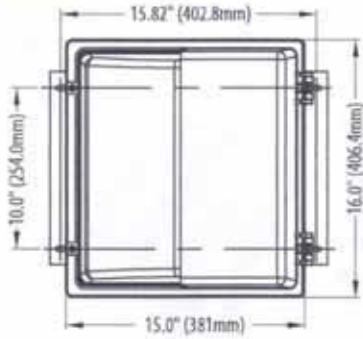
- Not available in VT.
- Not available with C optics and VT.
- Not available with C optics.
- Not available with 480V or VT.
- Not available with 480V.
- Not available for shipment to U.S. after 12/15/18 due to EISA 2007 legislation.
- Use IESL lamp.
- Available with 120 or 277V only. Not available with C optics.
- Not available with 050HP, 200HP, 100MH, 150MH, 175PM, 175MH, 200HP, 250PM or 320PM.
- Not available with 15AHP, 250HP.
- Not available with 070.
- Not available with 120PM.
- Not available with G option.
- Not available with 300W, 42CFL or VT.
- Not available with 300W, 42CFL or VT. Not available for MA and MD voltage codes.
- Not available with D optics.
- For RFS code only. Not available with 050, 070, 100 and 150HP, VT. Not available with 00 or 02P.

Whisper Pack IV Hazardous

Hazardous Locations



DIMENSIONAL DATA



OPERATIONAL DATA

Operating Temperature Codes for Hazardous Locations:

Package	Voltage	Max Ambient Rating	Class 1 Division 2
WH50 HPS	ALL	40°C	T2
WH70 HPS	ALL	40°C	T2
WH100 HPS	ALL	40°C	T2
WH200 HPS	ALL	40°C	T2
WH250 HPS	ALL	25°C	T1
WH70 MH	120-277	40°C	T1
WH100 MH	120-277	40°C	T1
WH150 MH	120-277	40°C	T1
WH175 MH	ALL	40°C	T1
WH250 MH	ALL	40°C	T1
WH175 PMH	120-277	40°C	T1
WH250 PMH	ALL	40°C	T1
WH320 PMH	ALL	40°C	T1
WH42 CFL	120-277	40°C	T2B



Enduratron® Industrial Indoor



Catalog Number	
Name	Type

Intended Use

For Industrial, manufacturing, warehouses, institutional facilities, retail, commercial and municipalities applications.

Optics

- Prismatic borosilicate glass maintain highest levels of luminosity over time.
- Glass doesn't fade, discolor or otherwise degrade in harsh environments.
- Three distributions (narrow and 2 wide) available to maximize versatility.
- Enclosed version has a tempered glass bottom door assembly and a cast enclosure component to seal off contaminants.

Electrical

- 0-10V dimming is an option.
- HID electronic ballast, 208-277V except for 250 W is 120-277V.
- 50-/60Hz AC, thermally protected, high power factor.
- Sound rated A ballast.

Mechanical

- Robust cast aluminum housing with low copper content (0.6% Cu content) withstands hot and dirty environments.
- Designed to accept a variety of mountings including pendant, quick disconnect, thru wiring and hook or loop.

Listings

- 40°C rated with a 55°C elevated ambient available with the EA option on 210W & 315W only MCE.
- Damp listed.

Warranty

2-year limited warranty. Complete warranty terms located at: www.acuitybrands.com/CustomerResources/Terms_and_Conditions.aspx. Actual performance may differ as a result of end-user environment and application.

Typical Applications

- Heavy industrial
- Light manufacturing
- Warehousing
- Large indoor

Dimensions (inches) (millimeters) unless otherwise noted

Diameter: 18.90 (480.06) to 23.25 (590.55)
Height: 23.62 (599.98) to 30.16 (766.06)
Weight: 51 lbs. Maximum (23.13 kg)

ORDERING INFORMATION

Example: ED 25PPE 12 W C E L P D

Series	Source and Wattage	Ballast	Voltage	Optics distribution	Optic mounting	Optical configuration
ED	21PME 210W master color elite ¹	32PPE 320W pulse protected metal halide, mogul base ^{1,2}	V 208, 240, 277 auto-sensing	N 6612 narrow	C Aluminum cover	E Enclosed
	21PPE 210W protected master color elite ²	32PME 320W pulse metal halide mogul base ¹		W 6611 wide	G No cover, rods and stops	O Open
	25PME 250W pulse metal halide mogul base ¹	35PPE 350W pulse protected metal halide, mogul base ^{1,2}	D 120V (250W only)	H 6613 wide		
	25PPE 250W pulse protected metal halide, mogul base ¹	35PME 350W pulse metal halide, mogul base ¹				
	40PME 400W pulse metal halide, mogul base ¹	40PPE 400W pulse protected metal halide, mogul base ^{1,2}				
	31PME 315W master color elite ¹					
31PPE 315W protected master color elite ²						
Finish	Mounting	Options				
K Black	N Not disconnect/ thru-wiring	C3 3' safety chain	EB Emergency lighting feature less delay. Appropriate tungsten halogen lamp is supplied with unit. ¹			
L Satin nickel	P Pendant	C6 6' safety chain	F1 Single fusing (100/240/277V)			
W White	Q Quick disconnect	C10 10' safety chain	F2 Double fusing (208/240V)			
	A Hook & Hobbles I, 6 foot cord drop, UL Dry location only. Available w/V Volt wired for 277V applications only.	CD-1 1' cord only	HW Hooklets I and II flexible wiring 277V (120, 208, 240V through TSG)			
		CD-4 4' cord only	HK Safety hook, 3/4" male cast aluminum			
		CD-5 5' cord only	LP Loop, 1/4" male cast aluminum			
		CD-6 6' cord only	PE-123-A Safetyhook assembly, 1/4" male malleable cast iron			
		CDP-1.6-15-X 208/240V cord and plug ¹	PE-105-B Loop assembly, 3/4" male malleable cast iron			
		CDP-1.7-15-X 120/277V cord and plug ¹	PHCB Power hook cord for 120, 208, 240, 277V ^{1,2}			
	1 Hook & Hobbles II, 5 foot cord drop, UL/ULX Dry location only. Available w/V Volt wired for 277V applications only.	D Dimming (with terminal block)	EA Extended life option with 5 year warranty suitable for SSC ¹			
		EM Standby lighting fixture. Appropriate tungsten halogen lamp is supplied with fixture				

For footnotes, see page 2.



Holophane / 3525 Colburn Ave., Greenville, OH 45621 / Phone: 866-HOLOPHANE / www.holophane.com
© 2015-2014 Acuity Brands Lighting, Inc. All rights reserved. Rev. 12/15/14 *Specifications are subject to change without notice.

ENDURATRON
Page 1 of 2

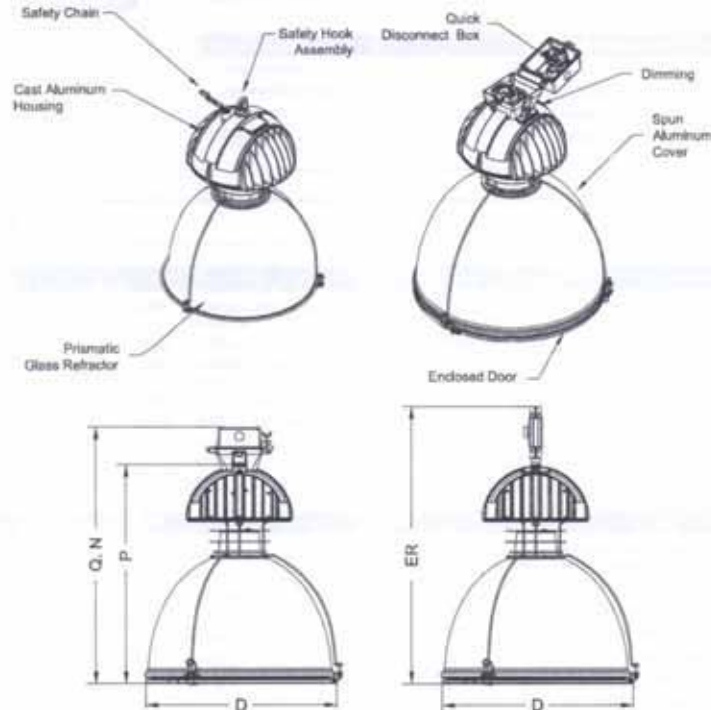
ORDERING INFORMATION (cont'd.)

Accessories (Order as a separate unit by number)	
LAMP	Shop appropriate lamp
SC1AM11	7' safety chain
SC1AM6	6' safety chain
SC1AM10	10' safety chain
09257	Wire guard for "I" or "W" optic distribution, "I" optical configuration
09258	Wire guard for "S" optic distribution, "I" optical configuration
09274	Wire guard for "H" or "W" optic distribution, "I" and "U" optic mounting, "U" optical configuration
09275	Wire guard for "S" optic distribution, "I" and "U" optic mounting, "U" optical configuration
PF-121-A	Safety hook assembly, 3/4" malleable cast iron
PF-105-B	Loop assembly, 3/4" male malleable cast iron
UPH-15-***-WH	Two-way power hook for 120V, 200V, 240V, 277V and 347V
UPH-16-***-WH	Pendant power hook for 120V, 200V, 240V, 277V and 347V
PHOTC	PhotoCell sensor. Must order "U" option

Notes

- 1 Not available with "U" Optical Configuration. Not Available with 12 voltage
- 2 These fixtures use sockets that accept open fixture rated lamps only. Standard mogul base lamps and Master Color life are not compatible. Not Available with 12 voltage.
- 3 This Product is configured with ED-17 (120-400W) and ED-28 (250W) lamp envelopes only. Ceramic lamps are not compatible with this product. Not available with "U" Optical Configuration.
- 4 These fixtures use sockets that accept open fixture rated lamps only. Standard mogul base lamps and Master Color life are not compatible. This Product is configured with ED-17 (120-400W) and ED-28 (250W) lamp envelopes only. Ceramic lamps are not compatible with this product.
- 5 Not Available with 12 voltage.
- 6 This Product is configured with ED-17 (120-400W) and ED-28 (250W) lamp envelopes only. Ceramic lamps are not compatible with this product. Not available with "U" Optical Configuration. Not Available with 12 voltage.
- 7 Must order hook or loop, P or N Mount only.
- 8 Must order hook or loop, E = Length of cord to feet, P or N Mount only.
- 9 Not available with COP or PHC.
- 10 Must order UPH-15 or UPH-16 accessory. P or N Mount only.
- 11 Available with 10P6L, 10PPL, 17P6L & 17PPL only.

DIMENSIONAL DATA



Optic	(D) diameter	(P) height	(O, N) height	(ER) height
6611, 6613	18.90"	23.62"*	28.16"*	30.62"*
6612	23.25"	25.62"*	30.16"*	32.62"*

*EA option increases height by 1.30"



FEATURES & SPECIFICATIONS

INTENDED USE — Ideal for use in food processing, manufacturing, industrial, school, gymnasiums and exterior retail environments. Fiberglass enclosure protects fixture while remaining easy to service and clean. Certain airborne contaminants can diminish the integrity of acrylic and/or polycarbonate. [Click here for Acrylic/Polycarbonate Compatibility table for suitable uses.](#)

CONSTRUCTION — One-piece SVA rated fiberglass housing with continuous poured-in-place, closed-cell gelcoat. Led-free ballast and wiring access.

OPTICS — Injection-molded, impact-resistant clear acrylic diffuser with frosted ends and side linear prisms is standard (.880" thick), securely tethered to fixture for ease of maintenance. UV stabilized polycarbonate diffuser option also is available (.880" thick). Stainless steel brackets (17) included. Reflectors are precision-finished, high-performance, segmented optics utilizing premium specular aluminum. Provides 95% reflectivity and warranted for 25 years.

ELECTRICAL — Ballasts: thermally protected, resetting, Class P, IPW, Sound Rating A+, UL listed wire, rated for required temperatures, used throughout. T8 ballast starting temperature is -18°C (0°F) and T5HO starting temperature is -29°C (-20°F).

Lamps: 410K lamps standard. Secured with rotary locking lampholders for ease of re-lamping and to minimize disconnection due to vibration or incidental contact.

INSTALLATION — Fixture can be offset or suspended (provided with the appropriate mounting accessories). Surface conduit entry provisions with watertight plugs are standard. Stainless steel universal hanging clips included for suspension with aircraft cable (cable not included). Optional stainless steel V-hooks available for chain hanging (chains not included).

LISTINGS — UL, c-UL, listed to US and Canadian Safety Standards. NOM certified (see Options). UL listed for 40°C ambient (except six-lamp T5TSHO, which is UL listed at 35°C ambient). Suitable for wet location. IPNS, IP66 and IP67 rated and certified to meet NSF Splash Zone 2, NEMA 4X, 1500 PSL hose-down.

WARRANTY — 1-year limited warranty. Complete warranty terms located at: www.acrylicbrackets.com/customerresources/terms_and_conditions.aspx

Note: Actual performance may differ as a result of end-user environment and application. Specifications subject to change without notice.

Catalog Number
Notes
Type

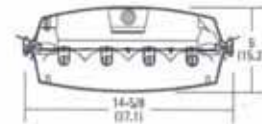


High-Pressure Hose-Down

FHE

FOOD PROCESSING
2-, 3-, 4- or 6-lamp, T5HO, T5 or T8

Specifications
Length: 52.0 (132.0)
Width: 14.5/8 (37.1)
Depth: 6 (15.2)
Weight: 26.2 lbs. (11.88 kg)



All dimensions are inches (millimeters) unless otherwise specified.

ORDERING INFORMATION Lead times will vary depending on option selected. Consult with your sales representative.

Example: FHE 454L T/4

Series	Lamp type ¹	Shielding	Distribution	Voltage	Ballast configuration
FHE 15"X4	T5HO 2-lamps, 254L, 54W	(Blank) Clear acrylic PCL Clear polycarbonate	White ballast cover (Blank) General distribution	(Blank) MVOLT: 120-277V INVOLT: 347-480V ²	(Blank) All two-lamp ballasts
	T5HO 3-lamps, 354L, 54W		Special reflector		1/3 One, three-lamp ballast ³
	T5HO 4-lamps, 454L, 54W		NO Narrow distribution		1/4 One, four-lamp ballast ³
	T5HO 6-lamps, 654L, 54W		SD Spread distribution		2/3 Two, three-lamp ballasts ³
					1/4 1/2 One, four-lamp and one, two-lamp ballast ³

Ballast	Options ⁴	Lamps installed ⁵
T5/T5HO	CS89 6' white cord, 3/16", no plug, wet location	(Blank) 85 CR, 841
(Blank) 1.0 BF, PWS	CS8912 12' white cord, 3/16", no plug, wet location	LPK30 85 CR, 830
ACRP 1.0 BF, Advance coil running plus	CS88 6' Braed Harrison 3/16" cord and straight blade plug w/1"	LPK35 85 CR, 835
(Blank) 1.18 BF, IS	UCS Rebus OnePass 5' installed ⁶	LPK50 85 CR, 850
GE810S 88 BF, IS	1116W Emergency lighting (1400 lumens) ^{7,8}	Energy-saving T5 49W lamps
GE810SL 76 BF, IS	MHRB Stainless steel V-hook and brackets	PH4E49 T54TSHO/841
GE810PS 88 BF, PWS	SMH Surface mounting bracket	PH15E49 T54TSHO/835
	EMK End mount suspension bracket	PH50E49 T54TSHO/850

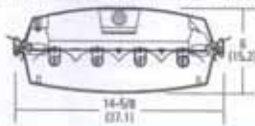
Accessories: Order as separate catalog number	
FHEMRB Stainless steel V-hook and brackets	MHRB20 10' single leg aircraft cable ⁹
FHEEMK End mount suspension bracket	MHRB20S 10' single leg aircraft cable, stainless steel ⁹
FHEEMK Rigid mounting bracket	FHEACT20 10' Y-toggle aircraft cable
FHESMH Surface mounting bracket	FHEACT40 20' Y-toggle aircraft cable
MHC136 Y-Double chain ¹⁰	MCT1100WV 1/2" T10 screwdriver for T5 option
LED LightGlare control film	

- Notes**
- To order fixtures WITHOUT lamps, remove the "L" from the description (EX: FHE 454L).
 - Not available with T8T5.
 - For additional options consult factory.
 - Must specify voltage.
 - Requires DL option.
 - Output in emergency mode varies with ambient temperature (approx. 944 lumens at 25°C and 911 lumens at 45°C. Single-lamp operation only. Not available with 654, 654L or 810SL).
 - Running pre-diffused with WLF in center; additional support cables required.
 - Fixture will no longer be NEMA 4X rated.
 - For mounting up to 20', specify M522; for mounting up to 40', specify M540. PWS rated but not recommended for high pressure hose-down.
 - GE810PS recommended.
 - Stainless steel Tens[®] T10 screws with center reject pin.
 - Use RPT for one filter per fixture & RPT2 for one filter per ballast.
 - Alternate lamp color need only be specified if pre-installed lamps are provided.
 - For use with MHRB option.
 - For use with EMK option.

.E Fluorescent High-Pressure Hose-Down, T5, T5HO and T8

DIMENSIONS

Inches (millimeters). Subject to change without notice.



Thermal Factor to Apply in Illuminance Calculations*							
Fixture	# Lamps	34°F		67°F		-20°F	
		F54T5HO	F32T8	F54T5HO	F32T8	F54T5HO	F32T8
FH	4 Lamp	1.14	1.10	0.87 [†]	0.90 [†]	0.63 [†]	0.51
FH	4 Lamp	1.11	1.12	1.28	1.15	1.11 [†]	1.02

- * Also apply appropriate factors for beam depression, dirt and ballast factors.
- [†] Factors for F32T8 are based upon 32-watt lamps using high ballast factor ballasts, so an appropriate high ballast factor (typically 1.12 to 1.20) should be used.
- † For F32T8 lamps, use manufacturer's rated lumens (initial) per lamp.
- † For F54T5HO lamps, use 4450 lumens (initial) per lamp.

- 1 Not recommended.
- 2 For continuous operation only.

MOUNTING ACCESSORIES



Cable



Y-hook, cable



Y-hook, chain



FH0ME - End mount suspension bracket**



FH0ME - Rigid mounting bracket**



F60 - Postcast mount



WLT - Wet location fitting (see pre-installed, 4" off center)

** Made from 304 stainless steel.

PHOTOMETRICS

See www.lithonia.com for photometry reports.



An Acuity Brands Company

3802578A | One Lithonia Way, Cary, GA 28512 | Phone: 800-315-4963 | www.lithonia.com

© 2009-2016 Acuity Brands Lighting, Inc. All rights reserved. Rev. 11/10/16

FH-T5HO-18



FEATURES & SPECIFICATIONS

INTENDED USE

Utility wall-, ceiling- or pendant-mounted fixtures for entrances, hallways, closets, tunnels or other utility applications. Incandescent, fluorescent, metal halide or high pressure sodium sources are available.

CONSTRUCTION

Rugged die-cast aluminum housing with heavy-duty glass globe. 3/4" threaded knockouts allow for side or top conduit entry. Gray finish.

Designed for easy installation and maintenance.

Prismatic globe for even distribution.

Junction box included.

LISTINGS

Listed and labeled to UL standards for wet locations.

Listed and labeled to CSA standards.

WARRANTY

2-year limited warranty. Complete warranty terms located at:

www.utilitybrands.com/CustomResources/Terms_and_Conditions.aspx

Note: Actual performance may differ as a result of end-user environment and application.

Specifications subject to change without notice.

Catalog Number
Notes
Type

Contractor Select

Utility Vapor Tights



ORDERING INFORMATION

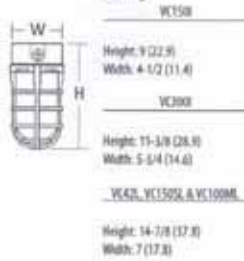
Catalog Number	UPC	Description	Lamp Wattage	Source	Lamp Voltage	Lamp Included	Pallet (lbs)	Standard Carton Qty	Qty
VC100-M12	74973817704	Ceiling mount	100	Incandescent	120	N	2	288	12
VP100-M12	74973817698	Pendant mount	100	Incandescent	120	N	2	288	12
VW100-M12	74973817681	Wall mount	100	Incandescent	120	N	2	192	12
VC300-M6	74973817674	Ceiling mount	300	Incandescent	120	N	2	144	6
VW300-M6	74973817643	Wall mount	300	Incandescent	120	N	2	72	6
VC42-M6	74973817775	Ceiling mount	42	CFL	120	Y	6	48	6
VP42-M6	74973817759	Pendant mount	42	CFL	120	Y	6	72	6
VW42-M6	74973817711	Wall mount	42	CFL	120	Y	6	36	6
VP100M-M6	74973817834	Pendant mount	100	MH	120	Y	8	72	6
VW100M-M6	74973817827	Wall mount	100	MH	120	Y	18	36	6
VC150S-M6	74973817800	Ceiling mount	150	HPS	120	Y	9	48	6
VW150S-M6	74973817783	Wall mount	150	HPS	120	Y	18	36	6

CONTRACTOR SELECT / OUTDOOR

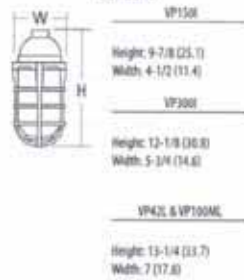
UTILITY

Utility Vapor Tights

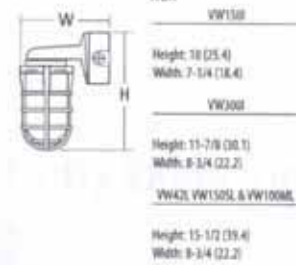
Ceiling



Pendant



Wall



UTILITY



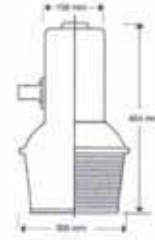
VISITA NUESTRA PÁGINA

LUMINARIA SUBURBANO HID (ALUMBRADO PÚBLICO).

TELÉFONOS: (81) 2163-6666
(81) 8063-2088
www.lamparasyluminarias.com.mx

ESPECIFICACIONES LUMINARIA SUBURBANO HID

- Cuerpo: Carcaza de lámina de aluminio rechazada y anodizada.
- Porta brazo: Aluminio inyectado.
- Porta socket: Aluminio inyectado.
- Refractor: Acrílico prismático de 12".
- Portalámpara: E39/E26.
- Montaje: Entrada de brazo de 1 ½".



APLICACIONES LUMINARIA SUBURBANO HID

- Calles y avenidas.
- Parques y Jardines.
- Plazas y explanadas.
- Estacionamientos.
- Caminos rurales.
- Andadores, patios, corredores y pasillos.

LÁMPARAS

VSAP MAX 250 W AMC MAX 250 W AM MAX 150 W

OPCIONES LUMINARIA SUBURBANO HID

TELÉFONOS: (81) 2163-6666
(81) 8063-2088
www.lamparasy luminarias.com.mx

- Malla antibandálica.
- Fotocelda.
- Tapa de acrílico.
- Acabado con pintura electrostática.

Lámpara

- Vapor de Sodio Alta Presión (Estándar y Súper Sodio).
- Aditivos Metálicos (Estándar y Cerámicos).

ACABADO	LAMPARA	FORMA	PORTALAMPARA	POTENCIAS (W)	IRC	VIDA ÚTIL	BALASTRO	TIPO
Anodizado	VSAP S		E39	70, 100 y 150	20	24,000 Hrs	Electromagnético	Reactor
Anodizado	VSAP S		E39	70, 100 y 150	20	24,000 Hrs	Electromagnético	A.R.
Anodizado	VSAP S		E39	70, 100 y 150	20	24,000 Hrs	Electromagnético	B.P.
Anodizado	VSAP SS		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	25	30,000 Hrs (70W) 36,000 Hrs	Electromagnético	Reactor
Anodizado	VSAP SS		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	25	30,000 Hrs (70W) 36,000 Hrs	Electromagnético	A.R.
Anodizado	VSAP SS		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	25	30,000 Hrs (70W) 36,000 Hrs	Electromagnético	B.P.
Anodizado	VSAP SS		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	25	30,000 Hrs (70W) 36,000 Hrs	Electromagnético	B.P.A.
Anodizado	AM		E26	70, 100, 150, y 175	70	10,000 Hrs	Electromagnético	A.R.
Anodizado	AM		E39	175 y 250	70	10,000 Hrs	Electromagnético	A.R.
Anodizado	AM		E26	70, 100, 150, y 175	70	10,000 Hrs	Electromagnético	B.P.
Anodizado	AM		E39	175 y 250	70	10,000 Hrs	Electromagnético	B.P.
Anodizado	AMC		E26 (50W, 70W) E39 (100W, 150W)	50, 70, 100 y 150	70	20,000 Hrs	Electromagnético	Reactor
Anodizado	AMC		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	70	20,000 Hrs	Electromagnético	A.R.
Anodizado	AMC		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	70	20,000 Hrs	Electromagnético	B.P.
Anodizado	AMC		E26 (70W) E39 (100W, 150W)	70, 100 y 150	70	20,000 Hrs	Electromagnético	B.P.A.

NOMENCLATURA LUMINARIA SUBURBANO INYECTADO HID

- AM = Lámpara Aditivos Metálicos Estándar.
- AM CER = Lámpara Aditivos Metálicos Cerámicos (Master City White CDO TT).
- AM COS = Lámpara Aditivos Metálicos Cosmopolis (Master CosmoWhite CPO TW).
- AMPUL = Lámpara Aditivos Metálicos Pulsos.
- VSAP = Lámpara Vapor Sodio Alta Presión.
- Ovoide / Compacta.
- Tubular.
- MCW = Master Cosmo White.
- A.R = Auto Regulado.
- B.P = Bajas Pérdidas.
- B.P.A = Bajas Pérdidas Atenuable.

Apéndice B

Transformador bañado en aceite y tipo seco



Transformador Tipo Subestación (NMX-J-116-ANCE)

El transformador tipo subestación trifásico marca PROLEC GE norma NMX-J-116-ANCE ofrece capacidades desde 225 hasta 500kVA con una frecuencia de operación de 60Hz, en tensiones hasta de 34.5kV, con o sin gargantas con el neutro accesible fuera del tanque a través de una boquilla adicional para esta funcionalidad.

Todos los transformadores de Prolec GE son embarcados herméticamente sellados. Las bobinas y el núcleo son ensamblados e inmersos en líquido aislante. Este método de fabricación preserva la calidad del aislamiento y del líquido aislante, para prevenir contaminación de fuentes externas. Además, el líquido aislante sirve como medio de enfriamiento al transformador.

Arreglos típicos

Sin gargantas: Este tipo de arreglo es el comúnmente utilizado en subestaciones exteriores, también conocidas como subestaciones abiertas.

Con garganta lateral en baja tensión: Arreglo utilizado en subestaciones exteriores.

Tipo subestación con gargantas laterales en alta y baja tensión: Este tipo de arreglo es utilizado, en donde tanto la alta tensión como la baja tensión se acoplan directamente a tableros. También son utilizados en subestaciones interiores o exteriores, donde la acometida por la alta tensión y la salida por la baja tensión son aéreas o subterráneas a través de canastillas o tubos conduit.

Aplicación

Este tipo de transformador es aplicable en sistemas de distribución tanto en subestaciones interiores como exteriores en centros comerciales, edificios de oficinas, fábricas, bodegas, equipos de bombeo, etc.

Se pueden fabricar transformadores para aplicaciones especiales para diferentes industrias como el sistema de transporte subterráneo (Metro) y otras.



Ventajas

- Provee una operación segura en acoplamientos con equipos como tableros de control y en general en aplicaciones en interiores y exteriores.
- Alta resistencia a condiciones extremas.
- Certificado por ANCE de acuerdo a normas NMX-J-116 vigentes (para transformadores de 225 a 500kVA).
- Versatilidad de conexión tanto en estructuras tipo H como con instalaciones a nivel de piso y con líneas subterráneas.

Características

- Adecuado para la operación en altitudes de hasta 2,300 MSNM.
- Sobre-elevación de 65°C o 55/65°C sobre una media de 30°C y una máxima de 40°C.
- Tanque reforzado de acero al carbón.
- Totalmente sellado.

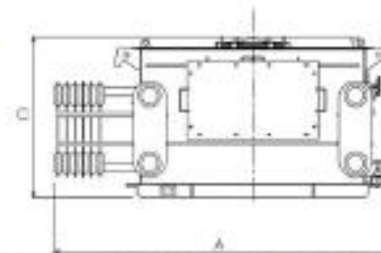
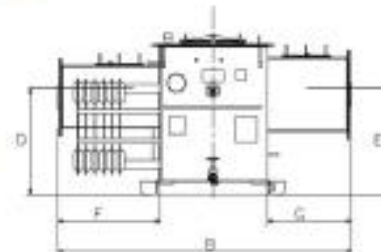
Accesorios

- Indicador de nivel de líquido tipo caratula sin contactos de alarma.
- Indicador de temperatura de líquido tipo caratula sin contactos de alarma.
- Válvula combinada de drenaje y muestreo.
- Niple para el llenado de 25 mm de diámetro.
- Válvula de sobrepresión.
- Cambiador de derivaciones con manija de operación externa para operación manual sin carga.
- Registro de mano en tapa del tanque.
- Base deslizable.
- Orejas de gancho para izaje.
- Boquilla alta tensión tipo sólido de porcelana con ciema.
- Boquilla de baja tensión tipo sólido de porcelana con conectores de acuerdo a norma NMX-J-116-ANCE.
- Radiadores tipo obvia soldados al tanque.
- Copie con tapón para llenado al vacío.
- Placa de conexión del tanque a tierra.
- Placa de características.
- Gargantas (cuando se especifican).



Dimensiones y Pesos

VOLTIOS A.T.	VOLTIOS B.T.	kVA	DIMENSIONES							PESO en kg	%Z
			A	B	C	D	E	F	G		
13200	220	225	1740	1280	950	620	830	695	505	1950	2.5-5.0%
		300	1730	1430	910	640	840	695	505	1910	
		500	1830	1730	1090	670	870	695	505	1710	
	225	1560	1050	850	650	850	695	505	1830		
	300	1580	1090	810	640	840	695	505	1820		
	500	1670	1430	880	650	850	695	505	1660		
23000	440	225	1850	1230	950	620	830	695	505	1950	2.75-5.0%
		300	1880	1220	910	640	840	695	505	1930	
		500	1950	1470	1090	670	870	695	505	1710	
	225	1680	1050	850	640	840	695	505	1850		
	300	1680	1020	810	640	840	695	505	1820		
	500	1770	1370	880	650	850	695	505	1660		
34500	440	225	1880	1420	1050	640	840	695	505	1950	3.0-5.75%
		300	1880	1420	1050	640	840	695	505	1920	
		500	1940	1670	1190	670	870	695	505	1710	
	225	1680	1050	850	640	840	695	505	1850		
	300	1680	1020	810	640	840	695	505	1820		
	500	1770	1370	880	650	850	695	505	1660		



Nota: 1. Dimensiones aproximadas en mm.
 2. Favor de validar con su representante de ventas la información del transformador requerido.
 3. Favor de contactar al representante de ventas para dimensiones específicas sin gargantas.

Capacidades, tensiones nominales y nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI)

Capacidad (kVA)	TENSIONES EN PRIMARIO			Capacidad (kVA)	TENSIONES EN SECUNDARIO		
	13,200 voltios	23,000 voltios	34,500 voltios		220 voltios	440 voltios	480 voltios
225	95 kV	150 kV	200 kV	225	30 kV	30 kV	30 kV
300	95 kV	150 kV	200 kV	300	30 kV	30 kV	30 kV
500	95 kV	150 kV	200 kV	500	30 kV	30 kV	30 kV



Prolec GE, S. de R.L. de C.V.
 Planta y Oficinas Generales
 Blvd. Carlos Galinas de Gortari Km. 9.25 Apodaca, N.L. 66600 México Tel: +52 (81) 8030-2029 Fax: +52 (81) 8030-2032, 01800-3PROLEC
 Para más información acerca de nuestros productos y red de ventas, favor de visitar nuestra página www.proleg.com

T-2ES (9607)



Life Is On

Schneider
Electric

Schneider Electric

Es el especialista global en la administración
de energía y automatización

Transformadores de propósitos generales

02



Descripción y uso del producto

Transformadores de distribución de propósitos generales en baja tensión tipo seco, fabricados en capacidades desde 15kVA's hasta 500kVA's, con devanados de aluminio, ensamble núcleo-devanado montados sobre soportas de hule para minimizar al máximo los niveles de ruido.

El gabinete Nema 2 del transformador cuenta con ventanillas en la parte superior para permitir que el aire circule directamente sobre el ensamble núcleo-bobina permitiendo su enfriamiento.

Aplicaciones y beneficios del producto

Las principales aplicaciones en la industria y el comercio de estos transformadores es alimentar cargas como:

- Alumbrado en general.
- Motores.
- Sistemas de aire acondicionado.

Los transformadores de distribución de propósitos generales son de tamaño compacto y permiten hacer ajustes por medio de sus taps al 2.5% de la tensión nominal del primario. Son confiables y de mínimo mantenimiento.

Características

Transformador seco en baja tensión.

- Capacidades desde 15 a 500 kVA's.
- Devanados de aluminio.
- Tres relaciones de transformación a elegir:
 - 480-220Y127 Vc.a.
 - 440-220Y127 Vc.a.
 - 480-208Y120 Vc.a.
- Gabinete para servicio interior NEMA 2 en color Gris ANSI 49.
- Sistema de aislamiento para 220 °C.
- Diseñado para 150 °C.
- Delta en el primario, estrella en el secundario.
- Con derivaciones al 2.5% arriba y debajo de la tensión nominal.
- Cumplan o excedan las normas NMXJ-351, IEEE, NEMA y ANSI.
- Tajadillo (opcional) para uso en exteriores (Nema 3R).

Tablas de selección

Título: Tensión primaria 480 Vc.a. en delta, tensión secundaria 208Y/120 Vc.a.

kVA's	Derivaciones a capacidad plena	Clas. Temp °C	Peso aprox. en KG-lb	Dimensiones alto-ancho-profundidad mm (pulg)	No. de catálogo
15	4 al 2.5% +2-2	150 °C	104 - 230	686(27) - 508(20) - 406(16)	15T3H
30	4 al 2.5% +2-2	150 °C	145 - 320	686(27) - 508(20) - 406(16)	30T3H
45	4 al 2.5% +2-2	150 °C	177 - 380	762(30) - 508(20) - 508(20)	45T3H
75	4 al 2.5% +2-2	150 °C	236 - 520	762(30) - 762(30) - 508(20)	75T3H
112.5	4 al 2.5% +2-2	150 °C	370 - 815	840(33) - 762(30) - 610(24)	112T3H
150	4 al 2.5% +2-2	150 °C	454 - 1000	1111(43.4) - 813(32) - 686(27)	150T3H
225	4 al 2.5% +2-2	150 °C	567 - 1250	1257(49.5) - 889(35) - 724(28.5)	225T3H
300	4 al 2.5% +2-2	150 °C	907 - 2000	1257(49.5) - 1041(41) - 813(32)	300T3H

Título: Tensión primaria 440 Vc.a. en delta, tensión secundaria 220Y/127 Vc.a.

kVA's	Derivaciones a capacidad plena	Clas. Temp °C	Peso aprox. en KG-lb	Dimensiones alto-ancho-profundidad mm (pulg)	No. de catálogo
15	4 al 2.5% +2-2	150 °C	104 - 230	686(27) - 508(20) - 406(16)	15T125H
30	4 al 2.5% +2-2	150 °C	145 - 320	686(27) - 508(20) - 406(16)	30T125H
45	4 al 2.5% +2-2	150 °C	177 - 380	762(30) - 508(20) - 508(20)	45T125H
75	4 al 2.5% +2-2	150 °C	236 - 520	762(30) - 762(30) - 508(20)	75T125H
112.5	4 al 2.5% +2-2	150 °C	370 - 815	840(33) - 762(30) - 610(24)	112T125H
150	4 al 2.5% +2-2	150 °C	454 - 1000	1111(43.4) - 813(32) - 686(27)	150T125H
225	4 al 2.5% +2-2	150 °C	567 - 1250	1257(49.5) - 889(35) - 724(28.5)	225T125H
300	4 al 2.5% +2-2	150 °C	907 - 2000	1257(49.5) - 1041(41) - 813(32)	300T125H
500	4 al 2.5% +2-2	150 °C	1166 - 2575	1802(71) - 1219(48) - 814(32)	500T125H

Apendice C

Subestacion

SEGURIDAD EN SU ENERGIA



**SUBESTACIONES
COMPACTAS**

ae
AMBAR®

NORMAS DE CONSTRUCCION

Todas nuestras subestaciones están probadas eléctrica y mecánicamente de acuerdo a la norma ANSI C37.20

VERSATILIDAD DE DISEÑO

Gran variedad de diseños. Seleccione el arreglo que requiera para su obra. Consulte la tabla de dimensiones por arreglo en la página final.



Dimensiones Comunes							
Dimensión en (mm)	Clase Nema	13.8		23.0		34.5	
		1	3R	1	3R	1	3R
Altura (H)		1800	1900	2100	2200	2600	2700
Fondo (F)		1200	1400	1400	1600	1600	1800
Frente		Ver Tabla 1					

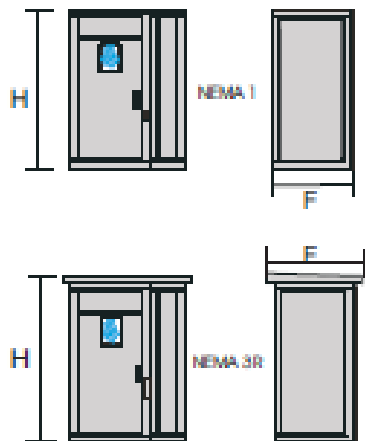


Tabla 1

Dimensiones de subestaciones compactas							
Abajío	Descripción	Frente (mm)					
		13.8 KV		23 KV		34.5 KV	
		R1	R2A	R1	R2A	R1	R2A
MI-N-01	Medida, Cuchilla de Paso, Seccionador	3500	2800	3050	3150	3900	4000
MI-N-02	Medida, Cuchilla de Paso, Seccionado, Acoplamiento	3000	3100	3550	3650	4600	4700
MI-N-03	Medida, Cuchilla de Paso, 2 Seccionadores en Paralelo	3500	3800	4200	4300	5500	5600
MI-N-04	Medida, Cuchilla de Paso, 2 Seccionadores en paralelo, Acoplamiento	4000	4100	4700	4800	6200	6300
MI-N-05	Medida, Cuchilla de Paso, Seccionador General, Transmisor, 2 Seccionadores Derivados	5000	5100	5850	5950	7800	7900
MI-C-01	Medida con Cuchilla de Paso, Seccionador	3200	3300	3550	3650	3200	3300
MI-C-02	Medida con Cuchilla de Paso, Seccionador, Acoplamiento	2700	2800	3050	3150	3900	4000
MI-C-03	Medida con Cuchilla de Paso, 2 Seccionadores en Paralelo	3200	3300	3700	3800	4600	4700
MI-C-04	Medida con Cuchilla de Paso, 2 Seccionadores en Paralelo, Acoplamiento	3700	3800	4200	4300	5500	5600
MI-C-05	Medida con Cuchilla de Paso, Seccionador General, Transmisor, 2 Seccionadores Derivados	4700	4800	5350	5450	7100	7200
MI-D-01	Medida Central con 2 Cuchillas, 2 Seccionadores	3200	3300	3700	3800	4600	4700
MI-D-02	Medida Central con 2 Cuchillas, 2 Seccionadores, 2 Acoplamiento	4200	4300	4700	4800	6200	6300
AI-C-01	Asamblea con Cuchilla, Seccionador	1700	1800	1850	1950	2800	2900
AI-C-02	Asamblea con Cuchilla, Seccionador, Acoplamiento	2200	2300	2350	2450	3500	3600
AI-N-01	Asamblea, Cuchilla de Paso, Seccionador	3000	3100	3150	3250	3000	3100
AI-N-02	Asamblea, Cuchilla de Paso, Seccionador, Acoplamiento	2500	2600	2650	2750	3700	3800
AI-N-03	Asamblea, Cuchilla de Paso, 2 Seccionadores en Paralelo	3000	3100	3300	3400	4600	4700
AI-D-01	Asamblea Central con 2 Cuchillas, 2 Seccionadores	3200	3300	3700	3800	4600	4700
AI-D-02	Asamblea Central con 2 Cuchillas, 2 Seccionadores, 2 Acoplamiento	4200	4300	4700	4800	6200	6300
SI-C-01	Seccionador	1000	1100	1150	1250	1600	1700
SI-C-02	Seccionador, Acoplamiento	1500	1600	1650	1750	2300	2400

SELECCION DE LOS FUSIBLES ADECUADOS

- + Determine la tensión de operación
- + Determine la capacidad en KVA del transformador
- + Encuentre la corriente nominal (In) del fusible de la tabla 1
- + Para casos no considerados en la tabla, utilice la fórmula:

$$I_n = \frac{1.65 S KVA}{KV}$$

- + Del cálculo anterior seleccione el valor superior más próximo de los valores nominales de los fusibles considerados en la tabla 3.
- + En todos los casos recomendamos fusibles con perno percutor para disparar el interruptor en el caso de que falle una fase.

Dimensiones necesarias para su uso en subestaciones Ambar	Clase (KV)		
	15	25	35
m	4.42	4.42	5.27
L	3.58	3.58	6.63
D1	4.5	4.5	4.5
D2	6.6	6.6	6.6



Tabla 2

Potencia nominal en KVA	Tensión de operación (KV)			
	7.2	13.8	23	34.5
150	25	16	10	6
225	40	25	16	10
300	50	25	16	10
400	75	40	25	16
500	100	40	25	16
750	125	63	40	25
1000	160	100	50	40
1250	200	125	63	50
1500	250	125	75	50
2000	400	160	100	75
2500	400	200	125	100
3000	500	2x160	160	100
3750	2x315	2x160	2x100	2x63
5000	-	-	-	2x100

Tabla 3

Corriente en amperes																
1	2	4	6	10	15	20	30	40	60	75	100	150	200	300	400	600
30-35 KV																
20-25 KV																
12-17.5 KV																
2.4-7.2 KV																

Apéndice D

Banco de capacitores automático

Bancos de capacitores en baja tensión

Rectibloc² y Secomat²



Secomat²
Autoportado

Descripción y uso del producto

La nueva generación de bancos de capacitores de Schneider Electric es resultado de nuestra amplia experiencia en potencia reactiva, así como una amplia gama de bancos fijos y automáticos, que se destacan por su seguridad, confiabilidad, continuidad en el servicio y alto desempeño. Los bancos están formados con el capacitor de última generación Varplus Can que tiene las siguientes ventajas tecnológicas:

Fabricado con película de polipropileno metalizado de autocatritización

- Capacitor de bajas pérdidas, menos de 0.5WKVAR, incluyendo las resistencias de descarga
- Tecnología seca libre de gases o líquidos
- Resistencia de descarga interna, que garantiza siempre la descarga del capacitor
- Cumple con la norma IEC 60831 1/2

La oferta de bancos de capacitores fijos Rectibloc², están formados por arreglos paralelos con varplus Can y alojados en un gabinete metálico NEMA 1. La acomoda al banco puede ser a zapatas principales o interruptor principal (ver tabla de selección Rectibloc²).

Aplicaciones y beneficios del producto

Los bancos de capacitores de Schneider Electric reúnen las características técnicas que se ajustan a las necesidades de potencia reactiva de los sistemas eléctricos industriales, comerciales y de servicios.

Los bancos fijos Rectibloc², se aplican en sistemas eléctricos donde la carga no es variable, como puede ser la compensación a un motor o un transformador.

Los bancos automáticos Secomat², se aplican en sistemas eléctricos donde la carga es muy variable o se requiere cumplir con un factor de potencia determinado en función a la variación de la carga, como puede ser la compensación al secundario de un transformador, un bus, una máquina, etc.

Es importante recordar que todos los capacitores son una trayectoria de baja impedancia para las corrientes de armónicos generadas por las cargas no-lineales como los drives de frecuencia variable, arranquadores suaves de motores, soldadores, computadores, PLC's, equipo de robótica y otros equipos electrónicos. Estas corrientes armónicas pueden ser absorbidas en el capacitor causando que éste se sobrecaliente, acortando su tiempo de vida y posiblemente hasta evitando su correcta operación. Además, el circuito resonante formado por los capacitores acoplados en paralelo con la inductancia del sistema (transformadores

Los bancos de capacitores automáticos Secomat², están formados por platinas modulares que incluyen arreglos paralelos con Varplus Can y un contactor especial para cargas capacitivas, lo que permite la conexión y desconexión del arreglo (sección capacitiva). Para la protección contra cortocircuito, la platina aloja también fusibles de potencia con alta capacidad interruptiva, que protegen individualmente cada sección capacitiva.

La operación de las secciones capacitivas es automatizada por el controlador de energía reactiva Verlogic NR12, que se localiza en la puerta del gabinete y regula la aportación de reactivos capacitivos al sistema eléctrico, a través del monitoreo en su display del factor de potencia.

Para poder monitorear el factor de potencia, el Verlogic requiere de una señal de tensión y corriente. La señal de tensión se toma de las bornas del banco, y la de corriente de un transformador de corriente externo (no incluido), que se instala en la fase A del sistema eléctrico (ver tabla de selección de TC's).

Los bancos automáticos se fabrican en gabinetes de sobreponer o autoportados, de acuerdo a su capacidad (ver tabla de selección Secomat²).

y motores) puede amplificar las corrientes y voltajes armónicos, lo cual puede causar la incorrecta operación del fusible y/o dañar el equipo eléctrico.

En el caso de aplicaciones que requieren de la corrección del factor de potencia en ambientes ricos en armónicos, se debe considerar un banco de capacitores automáticos anti-resonante AV8000 o un filtro de la familia AV en lugar de un banco de capacitores convencional.

Consulte a Schneider Electric para obtener mayor información.

Los bancos de capacitores fijos Rectibloc² y automáticos Secomat² brindan los siguientes beneficios:

- Eliminar penalizaciones por bajo factor de potencia.
- Lograr bonificaciones por corrección de factor de potencia arriba de 0.9 inductivo (hasta 2.5%).
- Liberar de energía reactiva a transformadores y alimentadores.
- Aumentar la capacidad disponible en KVA de los transformadores.
- Disminuir las pérdidas por efecto Joule.
- Tener una mejor regulación de voltaje.
- Mantener la vida útil de los equipos.



Secomat² Sobreponer



Rectibloc²

BANCO AUTOMATICO						
Descripción	KVAR	Tensión	Tamaño gabinete	Pasos electricos	KVARx paso	Referencia con interruptor
Secomat	30	480 V	T2	3	10	S2IP-48-30-C
Secomat	50	480 V	T2	5	10	S2IP-48-50-C
Secomat	70	480 V	T2	7	10	S2IP-48-70-C
Secomat	90	480 V	T3	9	10	S2IP-48-90-C
Secomat	110	480 V	T3	11	10	S2IP-48-110-C
Secomat	130	480 V	T3	13	10	S2IP-48-130-C
Secomat	150	480 V	T3	15	10	S2IP-48-150-C
Secomat	180	480 V	T3	12	15	S2IP-48-180-C
Secomat	210	480 V	A1	14	15	S2IA-48-210-C
Secomat	240	480 V	A1	16	15	S2IA-48-240-C
Secomat	270	480 V	A1	18	15	S2IA-48-270-C
Secomat	300	480 V	A1	20	15	S2IA-48-300-C
Secomat	330	480 V	A1	22	15	S2IA-48-330-C
Secomat	360	480 V	A1	12	30	S2IA-48-360-C
Secomat	390	480 V	A1	13	30	S2IA-48-390-C
Secomat	420	480 V	A2	14	30	S2IA-48-420-C
Secomat	455	480 V	A2	14	32.5	S2IA-48-455-C
Secomat	487	480 V	A2	15	32.5	S2IA-48-487-C
Secomat	520	480 V	A2	16	32.5	S2IA-48-520-C
Secomat	552	480 V	A2	17	32.5	S2IA-48-552-C
Secomat	585	480 V	A2	18	32.5	S2IA-48-585-C
Secomat	617	480 V	A2	19	32.5	S2IA-48-617-C
Secomat	650	480 V	A2	10	65	S2IA-48-650-C
Secomat	715	480 V	A2	11	65	S2IA-48-715-C
Secomat	780	480 V	A2	12	65	S2IA-48-780-C

Notas:

Montaje autosoportado a partir de 210 KVAR en 480 V.

Secomat se compone de 2 secciones a partir de 420 KVAR en 480 V.

Apendice E

Receptaculos de falla a tierra y sencillo



Eaton's Residential & Wiring Devices Division
Dispositivos con interruptores de circuito por falla a tierra

GFCI's

que cumplen con todas las necesidades
para entornos comerciales, industriales
e institucionales

Arrow Hart

EATON
Powering Business Worldwide

The advertisement features a photograph of a kitchen sink area with a GFCI outlet on the wall. A black Arrow Hart GFCI device is mounted on a stand in the foreground. The background shows a white wall and a dark countertop. The Eaton logo and tagline are at the bottom.

GFCI's Self Test Grado Hospital (auto-prueba)

Receptáculos grado hospital con interruptor de circuito falla a tierra

Descripción del producto

2 polos, 3 hilos aterrado
15A, 125 V.-
20A, 125 V.-



GFCI's self test grado hospital tamper resistant

A	V.	NEMA	Descripción	Cable	Catálogo
15	125	5-15R	Receptáculo duplex GFCI, cableado lateral y posterior	R, LA, RD, V, W	□ TRS2RH15...
			Receptáculo duplex GFCI requerimientos NFPA, cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RI, V, W	□ TRS2RH15F...
20	125	5-20R	Receptáculo duplex GFCI, cableado lateral y posterior	R, CY, RD, V, W	□ TRS2RH20...
			Receptáculo duplex GFCI requerimientos NFPA, cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RI, V, W	□ TRS2RH20F...

Incluye placa de panel tamaño estándar aceptable

GFCI's self test grado hospital

A	V.	NEMA	Descripción	Cable	Catálogo
15	125	5-15R	Receptáculo duplex (GFCI), cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RD, V, W	□ S2RH15...
			Receptáculo duplex (GFCI) requerimientos NFPA, cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RI, V, W	□ S2RH15F...
20	125	5-20R	Receptáculo duplex (GFCI), cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RD, V, W	□ S2RH20...
			Receptáculo duplex (GFCI) requerimientos NFPA, cableado lateral y posterior	R, CY, IA, RI, V, W	□ S2RH20F...

Incluye placa de panel tamaño estándar aceptable

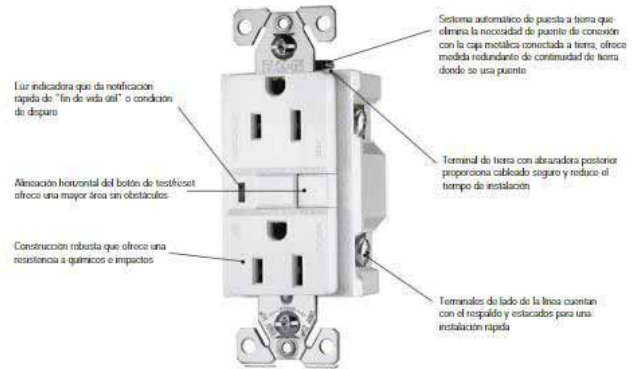


GFCI's NOM (prueba manual)

Dispositivos de protección GFCI's NOM

La línea de GFCI's NOM (prueba manual) de Arow Hart proporciona protección en ambientes húmedos, se puede saber si el dispositivo está operando de manera adecuada a través del botón test/reset.

Características y beneficios de los dispositivos con interruptor por falla a tierra



Características y beneficios adicionales

- Cableado lateral y posterior
- Función de bloqueo ShockSentry que en caso de una mala conexión al instalarlo, el GFCI no proporciona corriente, ofreciendo así más protección
- Luz indicadora que proporciona referencia visual rápida de "in de vida útil" o condición de disparo
- Chasis más largo y ancho que proporciona 40% más de área de contacto, eliminando virtualmente las instalaciones flojitas
- Función manual test/reset
- Placa inmutable tamaño estándar

Información para ordenar cables:

Para ordenar dispositivos, indique No. de catálogo seguido del cable A (Blanco), B (Azul), R (Negro), CY (Verde), IA (Fluoresc. Amarillo), RI (Rojo), Y (Amarillo), W (Blanco)



Depende del tipo de cable. Algunos modelos "S2RH" están de catálogo por separado (S2RH15, S2RH20).



Información y especificaciones: Hojas 11 y 12.

Representación representativa y disponibilidad sujetos a cambios sin previo aviso.

Receptáculo,Dúplex,15A,2 Pols.,Nailon

LEVITON # Grainger: 3FBM5 # Fabricante: 073-05262-0SW Pág. de catálogo: 279



Detalles del producto

Receptáculo, Amperes - Clavijas y Receptáculos 15, 5-15R, 125VCA, Número de Polos 2, Número de Cables 3, HP 1/2, Color Blanco

Especificaciones técnicas

HP	1/2	Método de Cableado	Posterior/Lateral
Número de Polos	2	Grado	Especificación
Número de Cables	3	Normas	NEMA: WD-1 y WD-6,ANSI: C-73,UL498:E13399,Especificación Federal WC-596 de UL:E13399,CSA C22.2 N Degrees 42:N Degrees 152105,NOM: 057
Configuración NEMA	5-15R	Amperes - Clavijas y Receptáculos	15
Amperes	15	Voltaje - Clavijas y Receptáculos	125VCA
Voltaje	125VCA	Configuración de Receptáculo NEMA - Clavijas y Receptáculos	5-15R
Color	Blanco	Resistente a la Corrosión	No
Artículo	Receptáculo		
Material de Fabricación	Nylon		

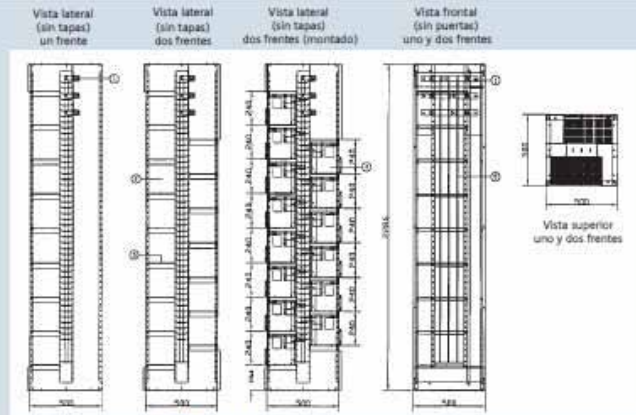
Apendice F

Centro de control de motores (CCM)

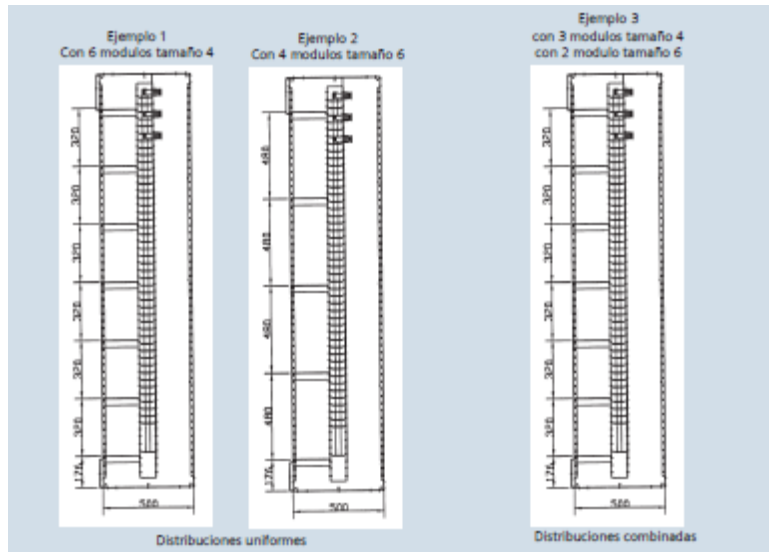
Centro de control de motores 8PX 2000

Características técnicas

Tensión de servicio:	600 V c.a., 3F, 3H
Barras horizontales:	Cobre sin platear
Corriente en barras horizontales:	400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 2000 A
Barras verticales:	Cobre sin platear
Corriente en barras verticales:	300 A
Frecuencia:	60 Hz
Tensión de control:	110, 220, 440 V
Barra de tierra:	Cobre sin platear
Resistencia mecánica al cortocircuito:	25, 31,5, 42 kA IR máximo
Clase de protección:	IP40 (Servicio interior) IP50 (Servicio a prueba de polvo)



Componentes de un CCM 8PX2000 (Figura 3)



Apéndice G

Tablero de alumbrado y distribución

Tableros de alumbrado y distribución tipo P1 (S1)

1

Ejemplo de selección de tableros.

1. Ejemplo de selección (opción más económica)

Se requiere un tablero de alumbrado con interruptor principal
 Tipo: Empotrar; de 100 Amperes, 10 kA de capacidad interruptiva, 220 V
 3 fases, 4 hilos con los siguientes interruptores derivados:

- 2 interruptores termomagnéticos de 2 polos, 20 Amperes 220/127 V
- 5 interruptores termomagnéticos de 1 polo, 30 Amperes 220/127 V
- 2 interruptores termomagnéticos de 3 polos, 50 Amperes 220/127 V
- 4 interruptores termomagnéticos de 3 polos, 15 Amperes 220/127 V

1er. Paso: Selección del Interruptor Principal

Dado que nos piden 100 A, 220/127 V y 10 kA de capacidad interruptiva utilizamos un interruptor principal BI de 3 polos 100 Amperes (tabla 3)

Nota: Debido a que estamos buscando la opción más económica el interruptor principal se coloca en el espacio de los derivados (MÓDULO INTERRUPTOR), con lo cual no se requiere conectar para interruptor principal.

Cantidad	Tipo	Clase
1	B3100	B3100

2do. Paso: Selección de los Interruptores Derivados

Seleccionar los interruptores adecuados para el requerimiento descrito.

Al ser interruptores de 220/127 V y pedir en el tablero una capacidad interruptiva de 10 kA, se utiliza interruptores BI. (Tabla 5)

Cantidad	Tipo	Clase
2	B220	B220
5	B130	B130
2	B350	B350
4	B315	B315

3er. Paso: Suma de los polos

Sumar el número de polos utilizados por los interruptores
 $(2 \times 2) + (5 \times 1) + (2 \times 3) + (4 \times 3) = 27$ circuitos (27P)

4to. Paso: Selección del tablero P1 (S1)

Seleccionar el tablero P1 adecuado (Tabla 2)
 Se requiere un gabinete de 250 Amperes de 30 circuitos y tendremos 3 espacios disponibles para el interruptor principal.

Cantidad	Tipo	Clase
1	P130250E	A/010000000169

Nota: Si en el futuro se requieren instalar más interruptores derivados se podrá quitar el interruptor principal y empleando un conector para interruptor principal adecuado, montarlo en la parte superior del tablero, con lo que obtendremos 3 espacios disponibles para interruptores derivados. En este ejemplo se utilizan espacios de los derivados para instalar el interruptor principal, esto se puede hacer este arreglo cuando el principal sea igual o menor a 100 A, lo que para mayor empuje se necesita otro tipo de interruptor esto implica un concepto adicional.



2. Ejemplo interruptor principal utilizando conector

Se requiere un tablero de alumbrado con interruptor principal
 Tipo: Sobreponer; de 225 Amperes, 10 kA de capacidad interruptiva, 220 V
 3 fases, 4 hilos con los siguientes interruptores derivados:

- 1 interruptor termomagnético con falla a tierra de 1 polo, 15 Amperes 220/127 V
- 2 interruptores termomagnéticos de 2 polos, 15 Amperes 220/127 V
- 1 interruptor termomagnético de 1 polo, 40 Amperes 220/127 V
- 6 interruptores termomagnéticos de 3 polos, 15 Amperes 220/127 V
- 4 interruptores termomagnéticos de 3 polos, 20 Amperes 220/127 V

1er. Paso: Selección del Interruptor Principal

Dado que nos piden 225 A, 220/127 V y 10 kA de capacidad interruptiva utilizamos un interruptor principal Q2 de 3 polos 225 Amperes (tabla 3)

Cantidad	Tipo	Clase
1	Q238225	A/010000001526

2do. Paso: Selección del conector para interruptor principal

Seleccionar el conector para el interruptor principal Q2 (Tabla 4)

Cantidad	Tipo	Clase
1	MBK03	A/010000001432

3er. Paso: Selección de los Interruptores Derivados

Al ser interruptor de 220/127 V y pedir en el tablero una capacidad interruptiva de 10 kA, se utilizan interruptores BI y en el caso del interruptor de falla a tierra se utiliza el BF (Tabla 5).

Cantidad	Tipo	Clase
1	BF115	A/010000001000
2	B215	B215
1	B140	B140
6	B315	B315
4	B320	B320
1	B330	B330

4er. Paso: Suma de los polos

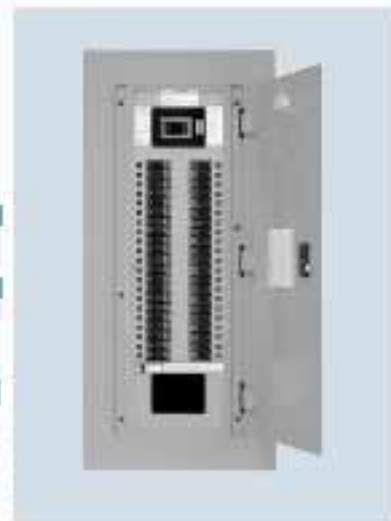
Sumar el número de polos utilizados por los interruptores
 $(1 \times 1) + (2 \times 2) + (1 \times 1) + (6 \times 3) + (4 \times 3) + (1 \times 3) = 39$ circuitos (39P)

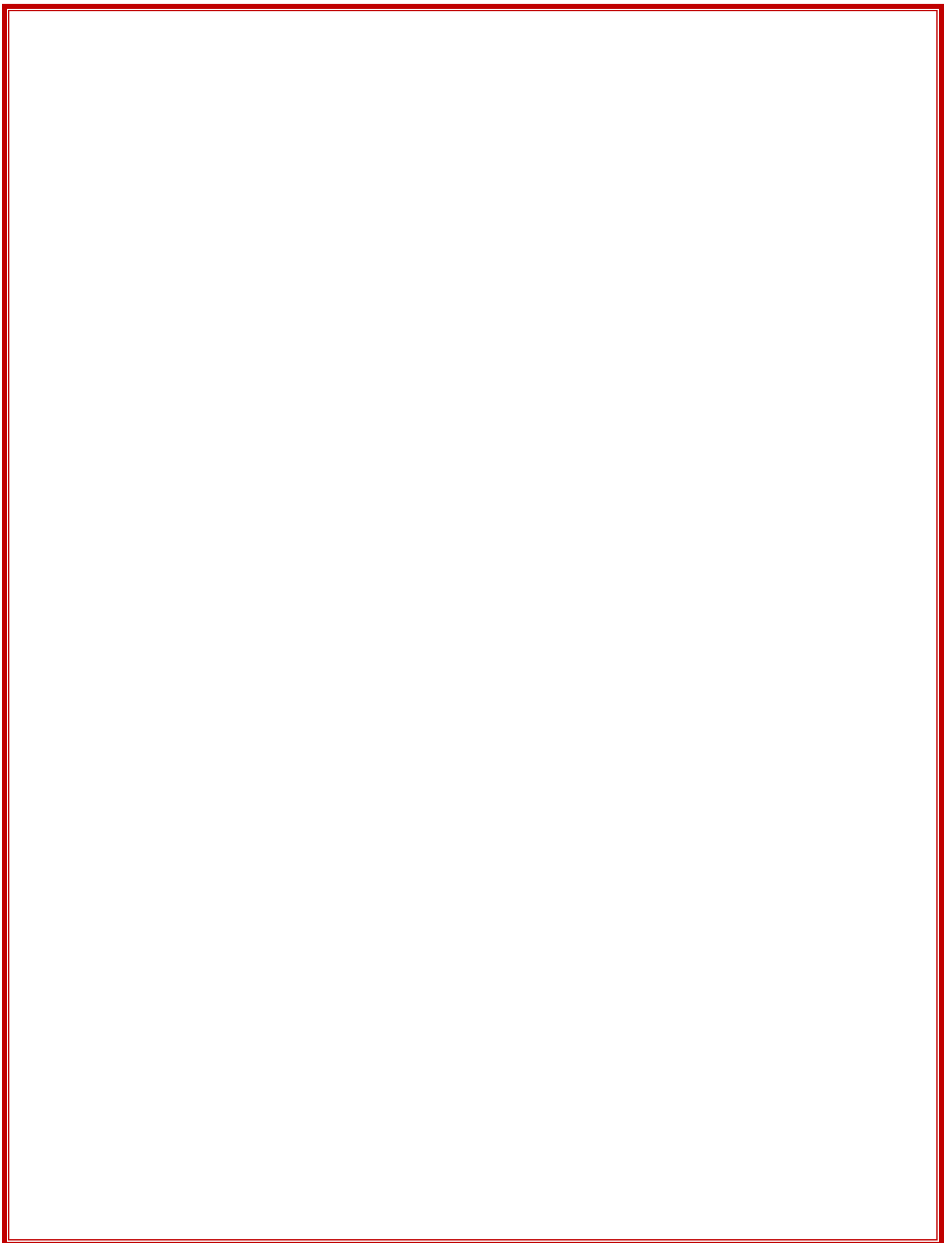
5to. Paso: Selección del tablero P1 (S1)

Seleccionar el tablero P1 adecuado (Tabla 2)
 Se requiere un gabinete de 250 Amperes de 42 circuitos y tendremos 3 espacios disponibles para el interruptor principal.

Cantidad	Tipo	Clase
1	P142250E	A/010000000165

Nota: Como un adicional para los dos ejemplos se tienen todavía 3 espacios más disponibles para un subderivado tipo BI, BQ1, Q2, F1 o Q2. Esto requiere el uso de un conector para interruptor principal adicional.





Bibliografía

Bibliografía.

ABB. (1999). *The Motor Guide*. Vaasa, Finland: ABB Motors.

Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric Machinery*. USA: Mc Graw Hill.

Gray, C. B. (1991). *Electrical Machines and Drive Systems*. Singapore: Longman, Scientific & Technical.

Karassik, I. J., & Carter, R. (1980). *Bombas Centrífugas, selección, operación y mantenimiento*. México, D.F.: CECSA.

Mataix, C. (1982). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. D.F., México: Harla.

Norton, R. L. (1996). *Machine Design, an integrated approach*. New Jersey, USA: Prentice Hall.

[1] *Plan Hidráulico Delegación Coyoacán (2010-2015)*

[2] *Plan Hidráulico Delegación Iztapalapa (2007-2012)*

[3] *Plan maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010*

[4] *Bombas, su selección y aplicación; Tyler G. Hicks; Ed. CECSA; México; 1994*

[5] *Bombas centrifugas, selección, operación y mantenimiento; Igor J. Karessik & Roy Carter; Ed. CECSA; México; 1980.*

[6] *Tesis, Diseño y Especificación de un centro de Control de Motores para sistema de extractores, Universidad Simón Bolívar, Septiembre 2006*

[7] *Instalaciones Eléctricas Practicas Becerril Diego Onésimo*

[8] *NOM-025-STPS-2008: Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*

RECOMENDADOS PARA LA REPÚBLICA MEXICANA

[9] *Tablas I.E.S: Illuminating Engineering Society*

[10] *Tablas S.M.I.I: NIVELES MEDIOS DE ILUMINACIÓN AL PLANO DE TRABAJO*

[11] Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales, Ángel Lagunas Márquez

[12] NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctrica

[13] Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño; N. Bratu; E. Campero

[14] Diseño de Subestaciones; José Raúl Martín

[15] Protección de sistemas de potencia; Carlos A. Romero, Ricardo Stephens L.

[1] Instalaciones de iluminación, Franco Martin Sánchez, Universidad Nacional de Educación a Distancia, editorial. Fundacion Escuela de la Edificacion, 2007

[1] NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

[2] Instalaciones de Iluminación

[3] Manual de alumbrado westinghouse