



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INGENIERÍA ELÉCTRICA.

AUTOMATIZACIÓN DE VENTILACIÓN MEDIANTE AMBIENTE CONTROLADO EN CASETA DE GESTACIÓN PORCINA.

Reporte de Residencia.

Gerardo Ruiz Alvarez

Número de control: 14270526.

Asesor interno.

M. C. Salvador Hernández Garduza

Asesor externo.

Ing. Iván Eduardo Juárez Farrera.

Diciembre 2018

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.

CCM´S	Centro de control de motores.
CA	Corriente alterna.
RPM	Revoluciones por minuto.
1 ϕ	Monofásico: Una fase.
2 ϕ	Bifásico: Dos fases.
3 ϕ	Trifásico: Tres fases.
AMP	Amperes.
VOLT	Voltaje.
HP	Caballos de fuerza (unidad de potencia).
WATTS	Unidad de potencia eléctrica.
MT	Media tensión.
BT	Baja tensión.
ITM	Interruptor termomagnético
ST	Sensor de temperatura.
SH	Sensor de humedad.
M	Motores (extractores, cortineros, alimentos).
B	Bomba centrífuga.
C. EXPERT.	Controlador Expert de ventilación.
T	Termostato.
CAL	Calibre del conductor.
GM	Guardamotores.

KM	Contactores.
L1	Línea (fase) uno.
L2	Línea (fase) dos.
L3	Línea (fase) tres.
TF	Tierra física.
N	Neutro.
KV	Kilo voltio.
KVA	Kilo voltio amper (Potencia aparente).
KW	Kilo watt (Potencia Activa).
CU	Cobre (material del conductor).
AL	Aluminio.
F.P.	Factor de potencia.
P	Potencia Activa.
I_{ccf}	Corriente de corto circuito fusible.

ÍNDICE

Listado de abreviaturas y símbolos.....	1
1. Introducción.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Estado del arte.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.5 Metodología.....	7
2. Fundamento teórico.....	9
2.1 Sistemas automatizados de ventilación.....	9
2.2 Controlador expert.....	10
2.3 Extractores.....	11
2.4 Transformador.....	13
2.5 Protecciones eléctricas.....	16
2.6 Motores.....	22
3. Desarrollo.....	25
3.1 Diseño eléctrico para la automatización de la caseta de gestación porcina y cálculos de instalación eléctrica industrial.....	25
• Capacidad del transformador.	
• Capacidad del Iccf.	
• Capacidad del ITM'S	
• Cálculo de conductores.	
• Balance de cargas.	
3.2 Diseño de la nueva red eléctrica de baja tensión (planos eléctricos, diagramas unifilares).....	43
3.3 Centro de control de motores.....	47
4. Resultados y conclusiones.....	52
4.1 Resultados.....	52
4.2 Conclusiones.....	62
Referencias bibliográficas.....	63
Anexos.....	64

1 Introducción.

1.1 Antecedentes.

En los últimos años la empresa PORCIMARCA SA. DE CV. Ha incrementado su producción porcina debido a su elevada demanda en el mercado, ocasionando fuertes problemáticas en el área de generación con respecto a los porcinos. La principal desventaja en la empresa es el sistema de ventilación de tipo “Inyección de aire o impulsión de aire” (anexo 1), el cual no es el aire que necesitamos en su totalidad (ya que es aire caliente impulsado hacia los espacios de salida).

Los factores que son parte de los problemas de generación son; el sistema eléctrico actual y el sistema de ventilación que no es eficaz. Ocasionando disgustos en la empresa, que se ve en la necesidad de renovar el sistema para obtener una mejor disposición eléctrica industrial en el sitio, reflejados en los productos de alta calidad.

En este contexto estamos hablando del área de “gestación”, la etapa donde los animales tienden a permanecer más tiempo en el lugar por la estancia de gestación de los mismos. Por ello se requiere una renovación del sistema de ventilación de casetas en donde se mejore su proceso de estancia de los puercos con ayuda del sistema ambiente controlado (anexo 2).

Actualmente las casetas de gestación cuentan con un sistema de ventilación que se activa manualmente por ITM’S (Interruptores Termo Magnéticos) y trabaja por inyección de aire o también conocida como impulsión de aire con ventiladores mencionada anteriormente, las únicas funciones de los ITM’S son la activación y desactivación del sistema (arranque y paro). De esta manera desperdiciamos mucha energía a través de este sistema por la entrega total de corriente eléctrica que no es regulada (anexo 3).

Las casetas tienen motores eléctricos que abastecen el alimento a los puercos, son activados por medio de ITM’S, su función de estos; es distribuir el alimento almacenado en silos (silo: contenedor de forma cilíndrica que almacena producto a granel), derivándose por medio de tubos PVC (policloruro de vinilo) distribuidos en la caseta y finalmente la iluminación se suministra por lámparas fluorescentes, que no cumplen con la norma de seguridad de protección de penetración y suciedad en luminarias e instalación eléctrica IP67 (anexo 4), también controlado por ITM’S.

En Jiquipilas municipio del estado de Chiapas se construyó una de las granjas más grandes del estado con nombre de la marca “CON MARCA SA. De CV.”, con un diseño

eléctrico básico y un sistema de ventilación realizado por THE GSI GROUP (anexo 5) consiguiendo una buena producción de porcinos en la marca.

En base a éste diseño se renovará el sistema eléctrico y de ventilación actual de PORCIMARCA SA. DE CV. , incluyendo otros componentes para mejorar así la producción y el sistema eléctrico, automatizando resolveremos más problemas que se presentaban con anterioridad, considerando elementos esenciales como los controladores de ventilación expert, motores, lámparas, sensores, bombas etc.

Todos los equipos eléctricos que suministraremos en este sitio serán evaluados para obtener características del diseño, como las longitudes de conductores, las intensidades de corriente, la potencia del equipo, las acometidas por caseta, el transformador de potencia. Recordando que nuestro punto final se basará en un ambiente controlado automatizado.

Obteniendo beneficios como su aumento de producción, su rapidez de gestación del puerco en periodos cortos, ahorros de energía en el sistema eléctrico y mejor manejo de casetas. También eliminando malos olores que se encuentran actualmente en estos sitios.

1.2 Estado del arte.

Florence Nightingale (1820 – 1910). Estudios insistieron en la necesidad de una ventilación de las estancias, que junto con la alimentación, la temperatura, la iluminación, la dieta, la higiene o el ruido formaban los elementos básicos para conseguir un ambiente saludable. Para ello consideraba imprescindible que el aire fuera periódicamente renovado como condición indispensable para la recuperación de los pacientes. Estos estudios se enmarcan dentro de los movimientos higienistas que en Europa trajeron consigo la epidemiología y el estudio de enfermedades como el cólera, encabezados por el doctor John Snow. (Copyright, 2016)

Willis Carrier (1902) creció para resolver uno de los desafíos más difíciles de la humanidad: el control del ambiente interior. Los genios pueden aparecer en cualquier parte. En el caso de Willis Carrier, apareció en el andén de una estación de tren de Pittsburgh un día de mucha niebla de 1902. Carrier intentaba mirar a través de la bruma cuando se dio cuenta de que podía secar el aire haciéndolo pasar por el agua para crear niebla. Al hacerlo, estaba haciendo posible la fabricación de aire con cantidades específicas de humedad. En un año había completado su invento y logrado controlar la humedad: el fundamento base del aire acondicionado moderno. Fundó Carrier Engineering Corporation en 1915. (Carrier Corporation 2018, 2018)

En 1911, Dräger ya había creado un dispositivo de ventilación a presión positiva, que fue conocido como el Pulmotor, éste utilizaba un cilindro de oxígeno o aire comprimido

como fuente de energía para su funcionamiento y entregaba una mezcla de estos gases y de aire ambiente al paciente, a través de una mascarilla nasobucal. El famoso pulmón de acero fue inventado en el año 1929 por P. Dinker, un ingeniero estadounidense de la New York Consolidated Gas Company, que diseñó un tanque en el cual se introducía al paciente, quedando fuera únicamente su cabeza; éste aplicaba sobre el cuerpo presiones negativas intermitentemente, de manera que posibilitaba la respiración. (Soto ©2017, 2017)

Ingeniero Roberto Montanaro (2006). Publicó un artículo llamado Granja Porcina, este resumen que adjunto, sintetiza otro de los sistemas constructivos más utilizados en los confinamientos porcinos, no detallo dimensiones, ni específico tipo y cantidades de materiales componentes; pero sí complemento el artículo con variables micro-climáticas para dimensionar la termo-ventilación necesaria para cada sala en cuestión. (Copyright © 1999-2018 Engormix, 1999-2018).

Serafín García Freire veterinario (2014). Actualmente en la avicultura de carne no se utilizan ventiladores inyectando aire en la nave o en sobrepresión, por los numerosos inconvenientes que ocasionan -a excepción de los ventiladores de los intercambiadores de calor-. Hoy en día los ventiladores funcionan extrayendo el aire de la nave, produciendo presión negativa en el interior. (selecciones avícolas • septiembre 2014)

1.3 Justificación.

El presente proyecto nace por los problemas de producción ocasionados dentro de la empresa PORCIMARCA SA. DE CV., basándose en el sistema eléctrico y de ventilación donde la producción de porcinos se ve afectada. Vale la pena realizar este proyecto porque resolveríamos los problemas existentes actualmente, reestructurándolo por un sistema eléctrico y de ventilación automatizado con ambiente controlado, ya que el sistema de ventilación actual no es totalmente eficiente para la producción de porcinos.

Al mismo tiempo corrigiendo la estructura del sistema eléctrico actual por sus bajos niveles de protección en cuanto al ambiente en el que se encuentra expuesto, aportando un mejor sistema con calidad de instalación industrial cumpliendo con los requerimientos. Proporcionando mejor producción en menor tiempo, por la calidad del sistema nuevo de ventilación tipo túnel automatizado, dándole una mejor comodidad a los puercos en su etapa de gestación. Todo esto para darle un mayor alcance económico de su demanda.

1.4 Objetivos.

Objetivo general:

Diseñar y construir la automatización de ventilación mediante ambiente controlado en caseta gestación porcina.

Objetivos específicos:

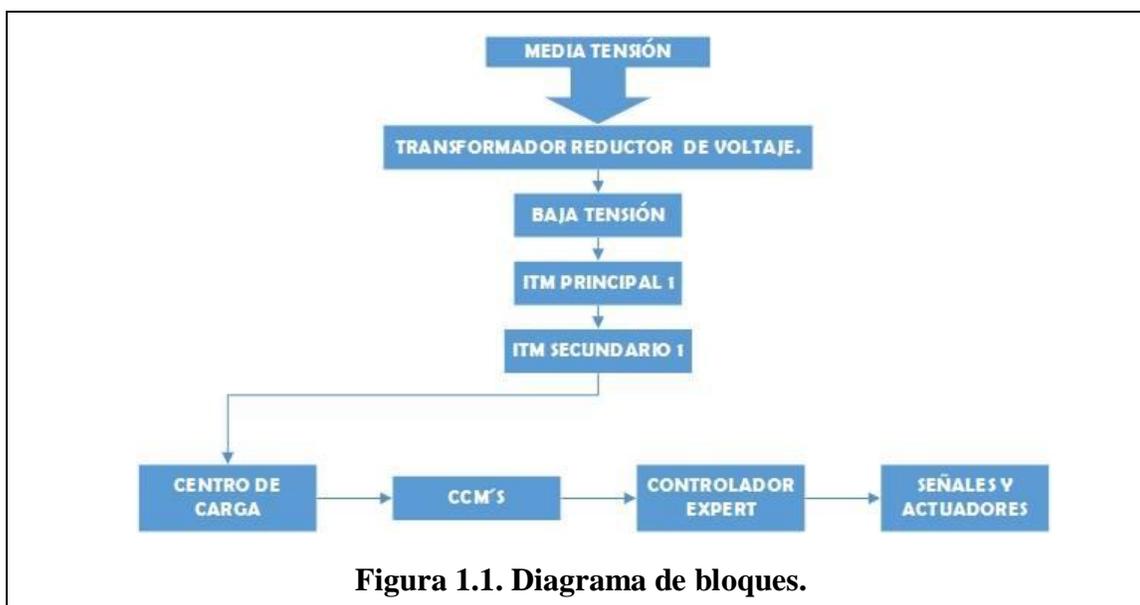
Obtener un mejor sistema automatizado eficaz que sea capaz de mejorar la demanda del producto, con ayuda del nuevo sistema de ventilación.

Realizar una renovación de la red eléctrica de baja tensión y ordenamiento del centro de carga actual ubicándolos por etapas del sistema eléctrico con sus protecciones adecuadas respecto al equipo eléctrico.

Realizar una nueva instalación eléctrica “industrial” en las casetas del área de gestación normalizados con el IP66 y 67 y sustituirla por la actual.

1.5 Metodología.

En la figura 1.1 se muestra el diagrama de bloques general de la renovación del sistema eléctrico que conseguiremos en cada caseta de gestación.



Media tensión.- Son líneas de potencial eléctrico suministrando 13,2 kV. Por medio de esta fuente de electricidad que viaja en distancias extremadamente largas, conseguimos un voltaje que llega hasta transformadores reductores.

Transformador reductor de voltaje.- las líneas de media tensión entran al transformador haciendo el proceso de reducción de voltaje obteniendo así una baja tensión en la cual podemos trabajar con mejor riesgo eléctrico.

Baja tensión.- En el lado de baja conseguimos el voltaje que necesitamos para poder suministrar los equipos eléctricos ya sea con alimentaciones monofásicas, bifásicas o trifásicas.

ITM'S 1 Y 2.- El voltaje que tendremos en baja tensión tendrá que llegar a interruptores termomagnéticos generales donde tendrán funciones de interrumpir la tensión y desenergizar el circuito. Después de esto, los conductores llegarán a un centro de carga.

Centro de carga.- En este proceso contendremos circuitos alimentadores de equipos independientes. Su función principal será proteger los equipos que en algún momento tengan una sobre corriente en funcionamiento o un corto circuito. La alimentación que estos circuitos suministraran será dirigida a los centros de control de motores (CCM'S) y controladores Expert.

CCM'S.- En esta etapa tendremos protecciones de tipo guardamotors y contactores. Con opciones de arranque y paro del equipo. Recordemos que estos elementos ya están diseñados para soportar corrientes de arranque que se multiplica en su inicio.

Controlador Expert.- El voltaje que llegara a nuestro controlador será utilizado para mandar señales de activaciones en nuestros extractores y cortineros. Estas señales llegaran a relacionarse con los motores, bombas, termostatos, termopares y sensores de humedad. El controlador se encargara de hacer el trabajo del proceso ambiente controlado mediante parámetros.

2 Fundamento teórico.

2.1 Sistemas automatizados de ventilación.

Ventilación automatizada.

En los sistemas automatizados de ventilación, la técnica es desempeñar un buen procedimiento para conseguir el ahorro de energía eléctrica. Teniendo ventajas claras, especialmente cuando la ocupación varía ampliamente.

La automatización se ejecuta gracias a la instalación de sensores u otros equipos o componentes electrónicos que tienen las capacidades de indicar y controlar el sistema.

Utilizando sensores podemos controlar: la temperatura, presión, humo, CO₂, la activación de un extractor mediante la presencia de alguna persona a través de sus movimientos que serán controlados por un microcontrolador.

Además podemos instalar equipos eléctricos con capacidades de variar la velocidad de motores de acuerdo a la necesidad en cierto momento o actividad; estos pueden ser a través de variadores de velocidad o de frecuencia.

Para una ventilación más completa y automatizada, se puede realizar la programación e instalación, de un PLC de acuerdo con las necesidades del proyecto; así dejando que el equipo realice el trabajo o las actividades sólo, sin intervención humana.

Con la automatización podemos lograr sistemas de ventilación o extracción mucho más eficientes extendiendo sus recursos, y reduciendo sus gastos de energía eléctrica.

El control de los sistemas de ventilación.

En la ventilación manual (abrir puertas y ventanas) no hay ningún tipo de control o precisión a lo que respecta a la eficiencia energética, a la calidad del aire o a la temperatura. De forma que nos centraremos en los sistemas de ventilación mecánicos:

Dividimos estos sistemas de ventilación en dos grupos, descentralizados y centralizados. Siendo descentralizados los sistemas que dividen entre las diferentes estancias y habitaciones los equipos de ventilación; y centralizados los sistemas que aspiran el aire a través de un ventilador central.

En los sistemas de ventilación centralizados tenemos la opción de recuperar el calor o no.

- Ventilación sin recuperación del calor: entrada de aire exterior desde habitaciones hasta las estancias más húmedas con salida del aire mediante ventilador.
- Ventilación con recuperación del calor: se precisa de un sistema de distribución de aire, en el que un ventilador deja entrar el aire del exterior mientras otro expulsa el del interior. En este intercambio, el aire caliente que sale transmite la temperatura al aire frío que entra, ahorrando así un importante porcentaje de energía en calefacción.

(Meritxell Esquiús, julio 25, 2016 in Know How)

2.2 Controlador Expert.

Información general sobre el controlador.

EXPERT WW es un dispositivo electrónico utilizado para controlar las temperaturas; ambientes y estandarizadas, en las construcciones para ganado. Combina la ventilación túnel, natural y lateral en un solo y potente sistema. Dando una facilidad de control automáticamente evitando señales para hacer activaciones en sus entradas y salidas del mismo.

El dispositivo EXPERT WW puede controlar las siguientes entradas y salidas. Tabla 1.1.

20 relés integrados y 32 relés optativos para controlar:

Salidas	Entradas de sensores
4 etapas de calefacción	8 sensores de temperatura ambiente
12 etapas de ventilación	2 sensores de temperatura exterior
2 puertas de túnel	1 sensor de humedad relativa interior
2 cortinas de ventilación natural	1 sensor de humedad relativa exterior
2 entradas de aire	1 sensor de presión estática
2 salidas de reloj	9 medidores de agua.
1 salida de rocío	
1 salida de enfriamiento evaporativo	
4 alimentadores	
1 relé de respaldo	
1 salida 0-10V para controlar la entrada de aire o los ventiladores de velocidad variable.	
1 salida 0-10V para controlar los equipos de iluminación.	

Tabla 1.1

A consideración de la línea de sistemas de control de Cumberland, está diseñada para ser una forma rentable y fácil de monitorear y controlar la temperatura, el flujo de aire, el consumo de agua, el inventario de alimentos y la iluminación es una necesidad para lograr las mejores ganancias para los productores.

La conexión de todos estos elementos en un solo sistema de gestión que sea rentable y fácil de usar es aún más importante. Controle la ventilación en función de la presión estática y las temperaturas con el Controlador Expert-WW de Cumberland y obtenga acceso a datos en tiempo real para todo su sitio desde una única ubicación. Figura 2.1. (Copyright © AGCO Corporation. 2018.)



2.3 Extractores.

La diferencia que hay entre un ventilador y un extractor se expresa de la siguiente manera:

- Extractor: Aparato que sirve para aspirar el aire de un espacio con aspas giratorias.
- Ventilador: Aparato con aspas giratorias que impulsan el aire hacia el interior de un espacio.

Fusionando adecuadamente ambas definiciones se obtiene el siguiente establecimiento:

Extractor de aire: aparato con aspas giratorias que extrae el aire de un recinto.

Para refrescar el aire de un espacio cerrado (habitación, sala, oficina, etc.) se puede hacer insuflando aire fresco mediante un ventilador, en este caso se tiene el espacio con una cierta sobrepresión, o se puede hacer extrayendo el aire contaminado por medio de un extractor, en este caso el espacio tendrá una cierta depresión de aire.

La forma más habitual de renovar el aire de un recinto es por extracción, tradicionalmente se ha considerado que la razón principal de hacerlo así es porque se crean muchas menos corrientes de aire y menos molestias a los ocupantes del recinto. Cuando la renovación es por insuflación de aire, las corrientes que se crean además del dis confort de los ocupantes, pueden levantar polvo, mover papeles, etc.

La insuflación se utiliza preferentemente en salas blancas y laboratorios, ya que la sobrepresión que ocasiona impide la entrada de polvo, micro organismos, etc. por los intersticios y rendijas de puertas, ventanas, etc., manteniendo el recinto protegido de la entrada de elementos perturbadores de la actividad que se lleva a cabo en su interior. Figura 2.2.



Cómo encaja un extractor de aire en un sistema de ventilación.

La palabra extractor de aire se asocia a un sistema de renovación que consiste en la aspiración del aire contaminado del interior de un recinto cerrado, pero no nos dice nada del aire fresco de reemplazo, evidentemente para que la extracción sea la esperada, deben habilitarse entradas de aire para sustituir el aire extraído.

Es frecuente que un déficit de entrada de aire actúe en detrimento del caudal de extracción y que éste sea inferior al esperado. Modernamente se están implantando sistemas bidireccionales de renovación de aire en los que el concepto tradicional de “extracción” se sustituye por el de “renovación”.

Estos sistemas consisten en un doble circuito de aire: uno, similar al tradicional de extracción del aire interior contaminado y otro, con idéntico (o muy parecido) caudal, que impulsa aire del exterior hacia el interior del recinto, de manera que éste está en equilibrio (ni sobre presionado ni infra presionado) respecto al exterior. Unos buenos difusores en la

descarga del aire en el interior del recinto se encargarán de difundir el aire sin que haya corrientes molestas para los ocupantes. Figura 2.3.



Por supuesto los extractores de aire pueden adoptar las mismas disposiciones constructivas (axiales, centrífugos, helicocentrífugos, etc.) que los ventiladores y que no es objetivo de este artículo repetir de nuevo. (© S&P 2018) .

A consideración con los temas anteriores se rescata que el control preciso de la temperatura, el flujo de aire, el consumo de agua, el inventario de alimento y la iluminación es una necesidad para lograr los mejores beneficios para los productores. Cumberland ofrece una línea completa de sistemas de control, alarma, calefacción y ventilación.

2.4 Transformador.

Un transformador eléctrico es considerada una máquina electromagnética que se usa para aumentar o disminuir una fuerza electromotriz (Potencial, tensión eléctrica o voltaje); también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito. Un transformador consta normalmente de dos bobinas de hilo conductor adyacentes, enrolladas alrededor de un solo núcleo de material magnético. Se utiliza para acoplar dos o más circuitos de corriente alterna empleando la inducción existente entre las bobinas.

Opera con la inducción electromagnética, ocurre solamente cuando el conductor se mueve en ángulo recto con respecto a la dirección del campo magnético. Este movimiento es necesario para que se produzca la inducción, pero es un movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético. De esta forma, un campo magnético en expansión y compresión puede crearse con una corriente a través de un cable o un electroimán.

Dado que la corriente del electroimán aumenta y se reduce, su campo magnético se expande y se comprime (las líneas de fuerza se mueven hacia adelante y hacia atrás). El campo en movimiento puede inducir una corriente en un hilo fijo cercano. Esta inducción sin movimiento mecánico es la base de los transformadores eléctricos. (EcuRed 2018).

Existen varios tipos de transformadores como los siguientes:

- Devanado Primario: Se llama devanado primario al embobinado que recibe la fem de corriente alterna que se quiere aumentar o disminuir.
- Devanado Secundario: Recibe este nombre la bobina que proporciona el potencial transformado a una carga.
- Transformador de Subida: Se denomina así al transformador que aumenta la fem aplicada en el primario, e_1 , también se le conoce como elevador. La razón de vueltas de secundario a primario () es mayor que 1, es decir, el embobinado secundario tiene más vueltas que el primario.
- Transformador de Bajada: Conocido también como reductor disminuye la fem aplicada en el primario e_1 , la razón de vueltas de secundario a primario () es menor que 1, es decir, el embobinado secundario tiene menos vueltas que el primario.
- Transformador de Aislamiento: Este no modifica la intensidad de la fem suministrada al primario, se usa solamente para aislar eléctricamente un circuito.

Transformadores DALTOR.

Refiriéndonos a nuestros equipos que se emplearan; están fabricados con esencia de ingeniería, con calculo eléctrico y mecánico, por ingenieros con más de 25 Años de Experiencia.

Nuestros núcleos son acero al silicio nuevo grano orientado, con tecnología de enrollados y con el relevado de esfuerzos, para orientar el grano. Este proceso que garantiza la eficiencia del transformador. Ya que el núcleo es el corazón del equipo. El conjunto Núcleo Bobinas es de 5 Piernas.

Algunos fabricantes utilizan núcleos usados y remanufacturan sobre ellos las bobinas. Y otros omiten el relevado de esfuerzos. Lo cual los hace deficientes y de altas perdidas. Otros más utilizan núcleos apilados que también son deficientes y hacen mucho ruido.

El tanque y gabinete son de acuerdo a como se requiere en nuestro diseño mecánico, que no permite las deformaciones del tanque cuando se le debe hacer el vacío, para cuando entra el aceite al tanque. Además en la parte exterior del tanque que tiene contacto con el piso, se le

aplica una solución llamada alquitrán, que tiene como función evitar o retrasar la oxidación del tanque.

El papel y cartón que utilizamos son de la más alta calidad de origen Americano, marca Weidmann. Toda la tornillería que utilizamos en exterior del tanque es de acero inoxidable. Nuestra pintura es electrostática y está homologada por LAPEM CFE. Figura 2.4. (Transformadores Subterráneos y Aéreos S.A de C.V. 2000).



Los transformadores trifásicos tipo poste se utilizan en redes eléctricas de distribución aérea públicas o privadas. Como también son aplicadas en ciertas áreas específicas como tales:

- Fraccionamientos residenciales.
- Pequeñas industrias y comercios.
- Pozos de bombeo.
- Centros recreativos.
- Zonas rurales.

Teniendo ventajas como lo son; economía, ahorro de espacios, rápida instalación y poco mantenimiento requerido. La mayoría de los transformadores cuenta con las siguientes características:

- Normas de fabricación: NOM-002-SEDE, NMX-J-116-ANCE, NMX-J-123-ANCE, NMX-J-169-ANCE, NRF-002-CFE, NRF-025 CFE, LFC-GDD-174.
- Certificación ANCE.
- Conexión Delta-Estrella.

- Tipo estándar con sobre-elevación de temperatura de 65°C.
- Tipo costa (clima cálido) con sobre-elevación de temperatura de 55°C.
- Cambiador de derivaciones con 5 posiciones para ajuste del voltaje de salida.
- Tanque de acero al carbón con recubrimiento resistente a la corrosión.
- Garantía: 12 a 72 meses contra defectos de fabricación (depende de cada fabricante).

Sin no dejar atrás las pruebas que se le aplicaron antes de su venta.

- Cortocircuito.
- Impulso por rayo normalizado.
- Elevación de temperatura de los devanados.
- Relación de transformación y polaridad.
- Resistencia óhmica de los devanados.
- Resistencia de los aislamientos.
- Factor de potencia.
- Pérdidas en vacío y corriente de excitación.
- Pérdidas debidas a la carga e impedancia.
- Potencial aplicado.
- Hermeticidad.
- Potencial inducido.

(© Copyright 2007 RTE de Mexico.)

2.5 Protecciones eléctricas.

Interruptores termomagnéticos, guardamotores y contactores.

Interruptor termomagnético.

El interruptor termomagnético es un dispositivo con la capacidad de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito en caso de sobrepasar sus valores máximos. Por otro lado, puede actuar en dos clases de eventos distintos, la parte térmica lo hace si se da una sobrecarga del circuito, mientras la magnética si se da un cortocircuito.

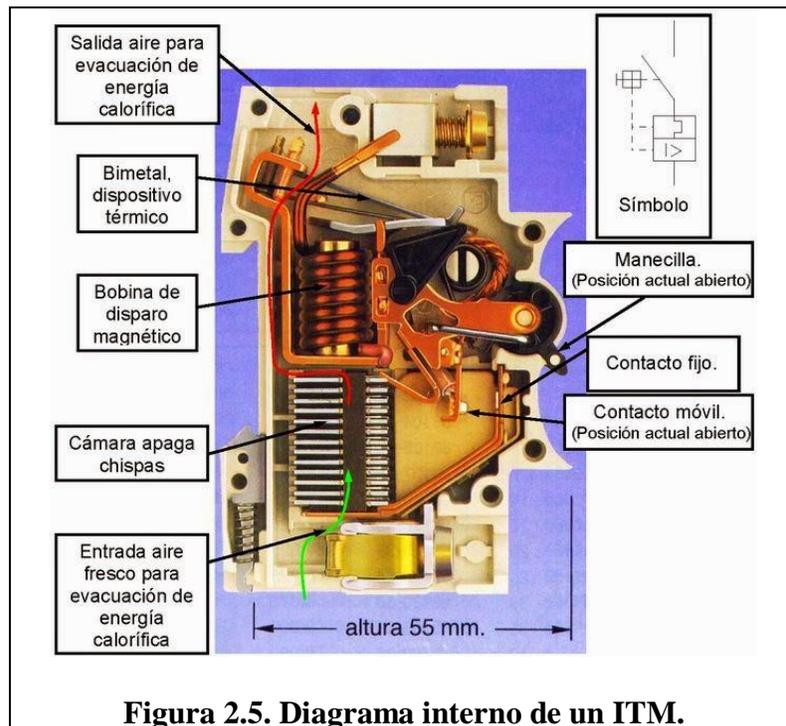
Es un dispositivo muy importante en cualquier instalación eléctrica y por esa razón se pueden encontrar en cualquier edificación. Hoy en día debido a su gran funcionalidad, su

uso es obligatorio ya no sólo en algunos países, sino que en todas las edificaciones que contengan instalaciones eléctricas en el mundo.

El funcionamiento de un interruptor termomagnético se basa en los efectos magnéticos y térmicos que produce la electricidad al circular. Por lo tanto, este dispositivo consta de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica. En otras palabras, se centra en la dilatación de un metal por el calor y en las fuerzas que son de atracción, las cuales van a generar campos magnéticos.

Al circular la corriente por el electroimán, se crea una fuerza que produce un efecto mecánico que tiende a abrir el circuito cuando la intensidad de la corriente eléctrica sobrepasa ciertos valores o límites determinados. Estos valores se pueden configurar, y es por eso que vienen distintos interruptores termomagnéticos que cortan el circuito cuando la corriente sobrepasa valores diversos. Esta parte es la que protege contra cortocircuitos.

Por otro lado, la lámina bimetálica tiene la propiedad de calentarse y deformarse de forma tal que esta es capaz de abrir un circuito. Esta parte es utilizada para proteger los elementos eléctricos contra sobrecargas. Figura 2.5. Muestra el diagrama interno físicamente de un interruptor termomagnético. (Isma 12 Noviembre 2016).



Guardamotor.

Un guardamotor también conocido como un interruptor magnetotérmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobrecargas transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Como se sabe, cuándo damos marcha a un motor desde cero, la corriente alcanza un valor máximo de 4 a 7 veces aproximadamente de su intensidad nominal. En este sentido nos proporciona mayor rango de protección.

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos, los guardamotors son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, contactor y relé térmico. Figura 2.6. (Wikipedia®).

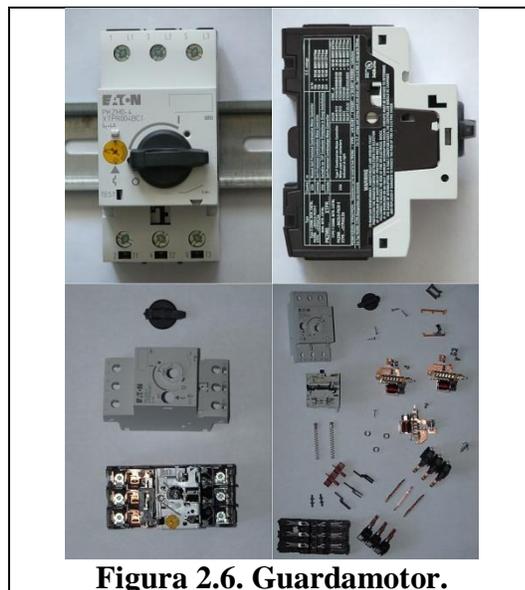


Figura 2.6. Guardamotor.

Contactor.

El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico.

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores, que son accionados manualmente o por relés, el resto de motores se accionan por contactores.

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

La bobina es un electroimán que acciona los contactos cuando le llega corriente, abre los contactos cerrados y cierra los contactos abiertos. De esta forma se dice que el contactor está accionado o "enclavado". Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado anterior de reposo y el contactor está sin accionar o en reposo.

Aquí vemos un contactor real y el símbolo que se utiliza para los circuitos. Figura 2.7.

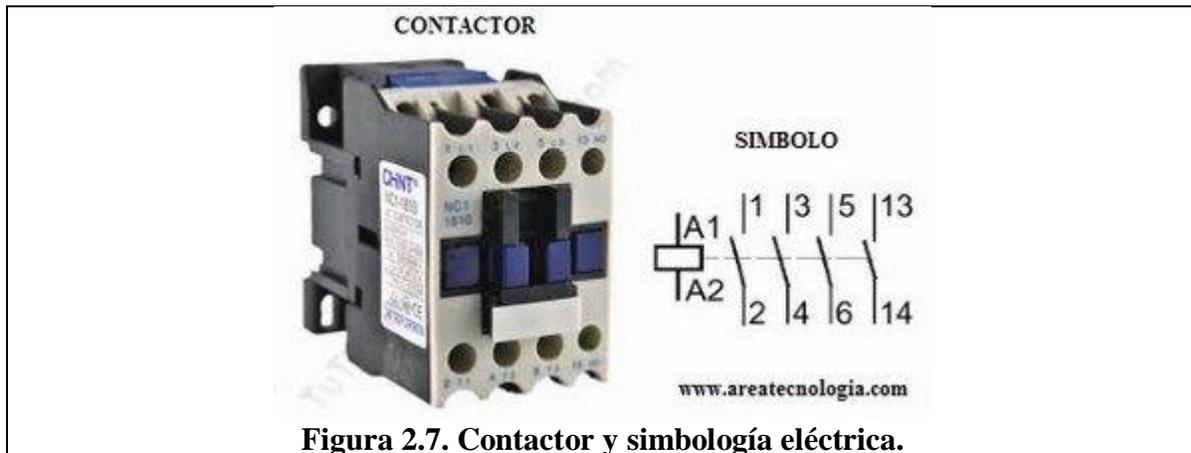


Figura 2.7. Contactor y simbología eléctrica.

En el contactor real los contactos de conexión de la bobina se llaman A1 y A2 siempre. Los contactos del circuito de salida o de fuerza se llaman 1-2, 3-4, etc. y los contactos auxiliares, para el circuito de mando o control, suelen llamarse con número de 2 cifras, por ejemplo 13-14.

Funcionamiento.

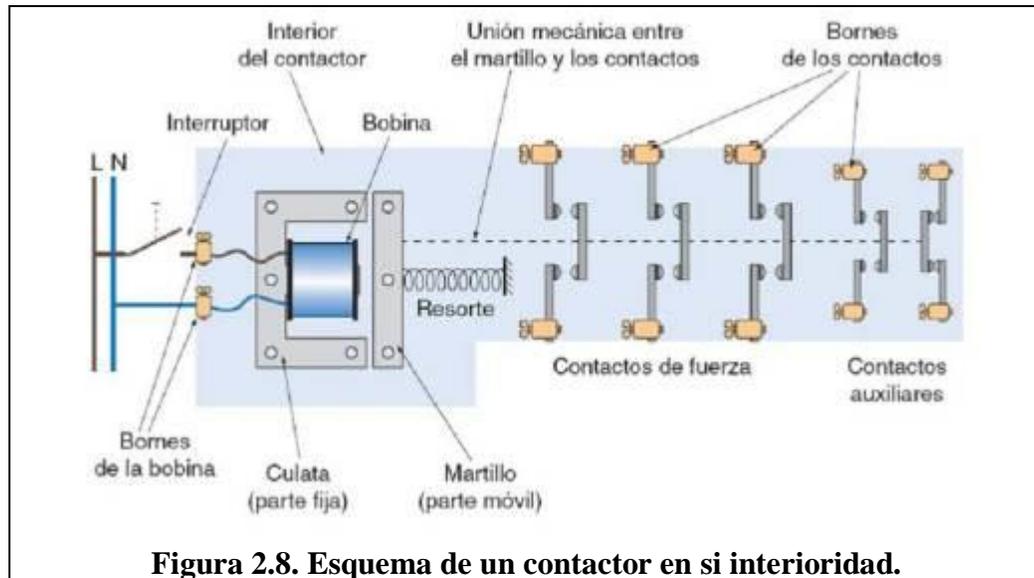
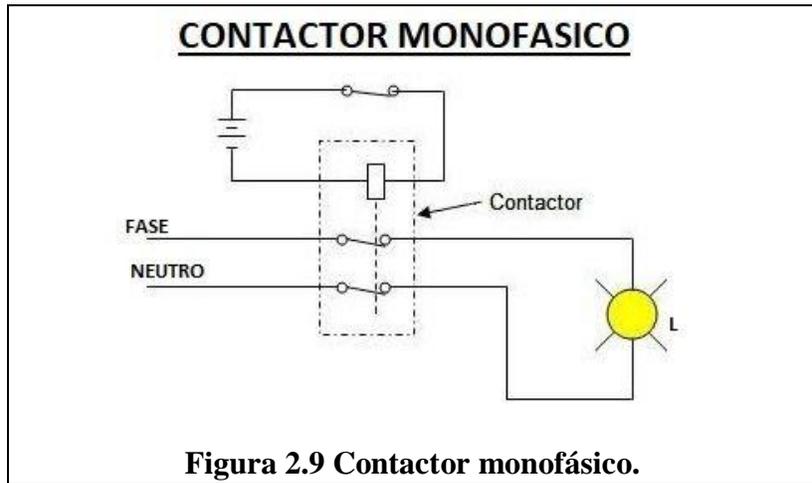


Figura 2.8. Nos muestra el esquema de cómo está compuesto un contactor y posteriormente se explicará su funcionamiento. Si nos fijamos en la imagen anterior tenemos un contactor con 4 contactos abiertos y el último es un contacto cerrado en reposo.

Si hacemos llegar corriente a la bobina, está que está formada por un electroimán, atrae hacia sí el martillo arrastrando en su movimiento a los contactos móviles que tirará de ellos hacia la izquierda. Esta maniobra se llama "enclavamiento del contactor". Todos los contactos que estaban abiertos ahora serán contactos cerrados, y el último que estaba cerrado ahora será un contacto abierto.

Cuando la bobina está activada se dice que el contactor está enclavado. En el momento que dejemos de dar corriente a la bobina el contactor volverá a su posición de reposo por la acción del muelle resorte, dejando los contactos como estaban al principio, al tirar de ellos hacia la derecha.

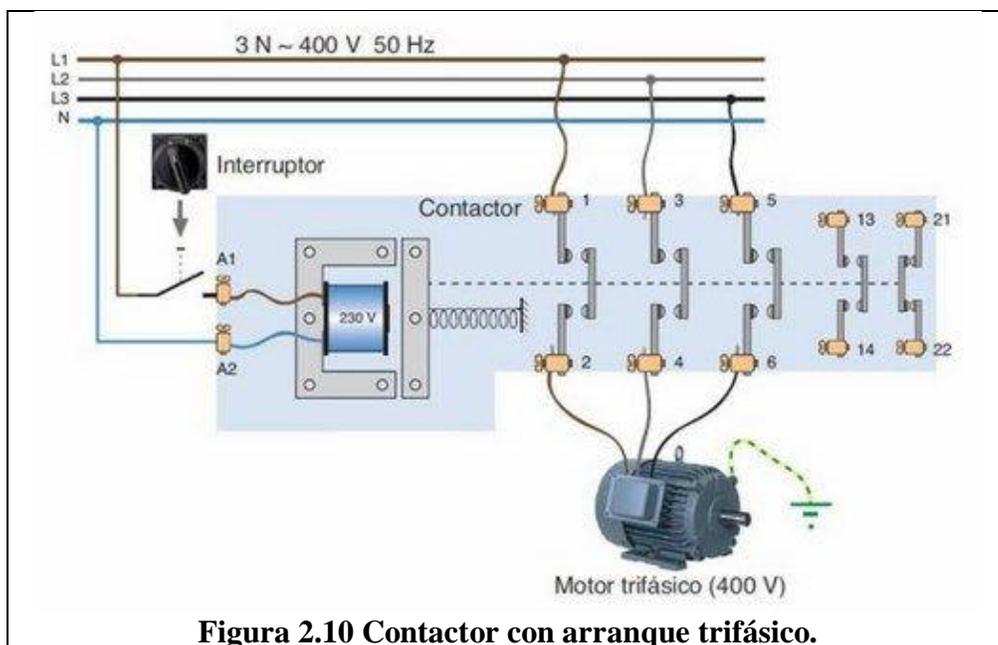
El contactor de la figura 2.8 anterior tiene 3 contactos de fuerza, por lo que serviría para un sistema trifásico (3fases). En el caso de un contactor monofásico (solo la fase y el neutro) sería el siguiente caso. Figura 2.9.



Lo hemos utilizado para el control de una lámpara. Si queremos apagar la lámpara solo tendremos que abrir el pulsador normalmente cerrado de la parte de arriba que activa la bobina. Para estos casos es mejor usar un simple relé, ya que es más barato. Para un motor monofásico solo tendríamos que cambiar la lámpara por el motor.

Contactor trifásico.

El diagrama de funcionamiento del contactor trifásico es de la siguiente manera. Figura 2.10



Si nos fijamos en la bobina se activa a través de un interruptor por una fase y el neutro (L1 y N), es decir a 220V. Se conecta a los bornes A1 y A2 del contactor real.

El motor trifásico se activa a través de los contactos principales del contactor con las 3 fases (L1, L2 y L3), por ejemplo a 400V (o 380V). Se conecta en los contactos reales del contactor de fuerza 1-2, 3-4, 5-6. Los contactos 13-14 y 21-22 son para el circuito de control que luego veremos.

Cuando activamos el Interruptor le llega corriente a la bobina y el contactor se enclava cerrando los contactos principales y arrancando el motor eléctrico.

Cuando desconectamos la corriente a la bobina mediante el interruptor, deja de llegarle corriente a la bobina y los contactos vuelven a la posición de reposo haciendo que el motor se pare. Este es un arranque básico y directo.

Como ves en los circuitos de los contactores se distinguen dos circuitos diferentes, el circuito de mando, que será el que active o desactive la bobina y el circuito de fuerza, que será el que arranque o pare el motor.

El circuito de mando suele ser un circuito a menor tensión e intensidad que el circuito de fuerza. De ahí que los contactos principales o de fuerza sean más gordos que los auxiliares.

Una de las características básicas de un contactor es su posibilidad de maniobra en circuitos sometidos a corrientes muy fuertes, en el circuito de fuerza, pero con pequeñas corrientes en el circuito de mando. Con una pequeña corriente (circuito de mando) podemos accionar un circuito de fuerza con mucha potencia o corriente.

Por ejemplo para activar la bobina podemos hacerlo a 0,35A y 220V y para el de circuito de Fuerza podemos usar una intensidad de arranque del motor de 200A. (Tecnología Área ©)

2.6 Motores.

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los motores universales, motores DC y motores grandes síncronos.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. Según el

Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de 120° , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor.

Este campo magnético variable va a inducir una tensión eléctrica en el rotor según la Ley de inducción de Faraday: La diferencia entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor a inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor sino que está eléctricamente aislado. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia.

Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito como dicen los electricistas) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas para ejercitar a mascotas como hámsters y por eso a veces se llama “jaula de ardillas”, y los motores de inducción se llaman motores de jaula de ardilla.

El motor asincrónico funciona según el principio de inducción mutua de Faraday. Al aplicar corriente alterna trifásica a las bobinas inductoras, se produce un campo magnético giratorio, conocido como campo rotante, cuya frecuencia será igual a la de la corriente alterna con la que se alimenta al motor.

Este campo al girar alrededor del rotor en estado de reposo, inducirá corrientes en el mismo, que producirán a su vez un campo magnético que seguirá el movimiento del campo estático, produciendo una cupla o par motor que hace que el rotor gire (principio de inducción mutua).

No obstante, como la inducción en el rotor sólo se produce si hay una diferencia en las velocidades relativas del campo estático y el rotórico, la velocidad del rotor nunca alcanza a la del campo rotante. De lo contrario, si ambas velocidades fuesen iguales, no habría inducción y el rotor no produciría par.

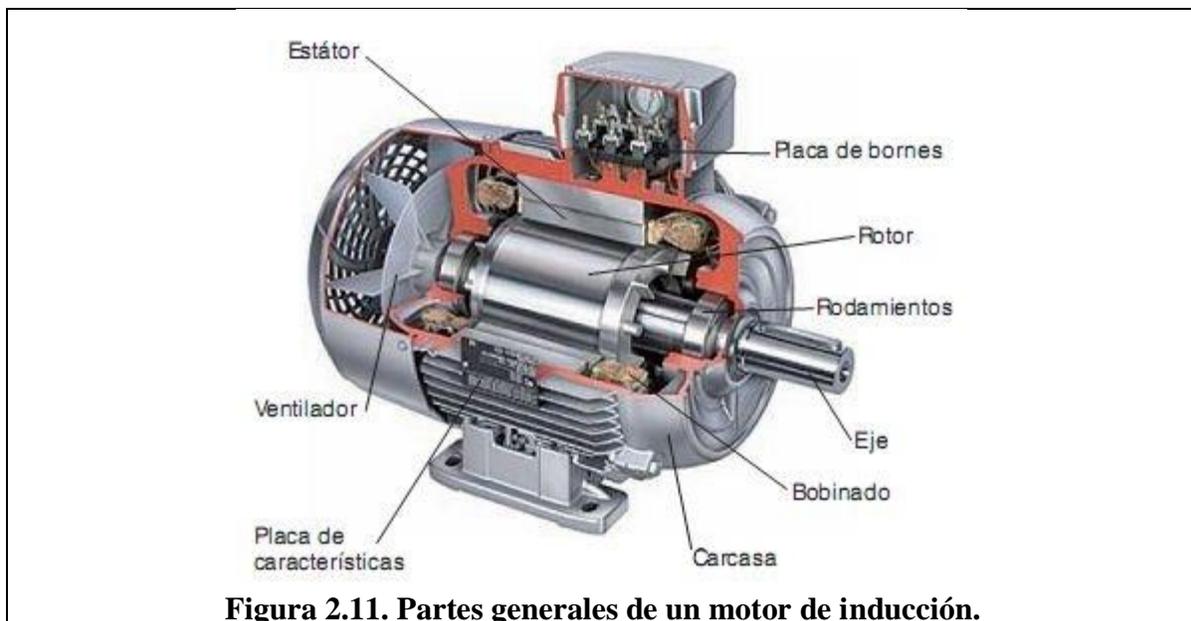
A esta diferencia de velocidad se la denomina “deslizamiento” y se mide en términos porcentuales, por lo que ésta es la razón por la cual a los motores de inducción se los denomina asincrónicos, ya que la velocidad rotórica difiere levemente de la del campo rotante.

El deslizamiento difiere con la carga mecánica aplicada al rotor, siendo máximo con la máxima carga aplicada al mismo. Sin embargo, a pesar de esto, el motor varía poco su velocidad, pero el par motor o cupla aumenta (y con ello la intensidad de corriente consumida) por lo que se puede deducir que son motores de velocidad constante.

En el momento del arranque, producto del estado de reposo del rotor, la velocidad relativa entre campo estático y rotórico es muy elevada. Por lo tanto, la corriente inducida en el rotor es muy alta y el flujo de rotor (que se opone siempre al del estator) es máximo.

Como consecuencia, la impedancia del estator es muy baja y la corriente absorbida de la red es muy alta, pudiendo llegar a valores de hasta 7 veces la intensidad nominal. Este valor no hace ningún daño al motor ya que es transitorio, y el fuerte par de arranque hace que el rotor gire enseguida, pero causa bajones de tensión abruptos y momentáneos que se manifiestan sobre todo como parpadeo en las lámparas lo cual es molesto, y puede producir daños en equipos electrónicos sensibles.

Los motores de inducción están todos preparados para soportar esta corriente de arranque, pero repetidos y muy frecuentes arranques sin períodos de descanso pueden elevar progresivamente la temperatura del estator y comprometer la vida útil de los devanados del mismo hasta originar fallas por derretimiento del aislamiento. Por eso se utilizan en potencias medianas y grandes, dispositivos electrónicos de “arranque suave”, que minimizan la corriente de arranque del motor. Figura 2.11. (FI)



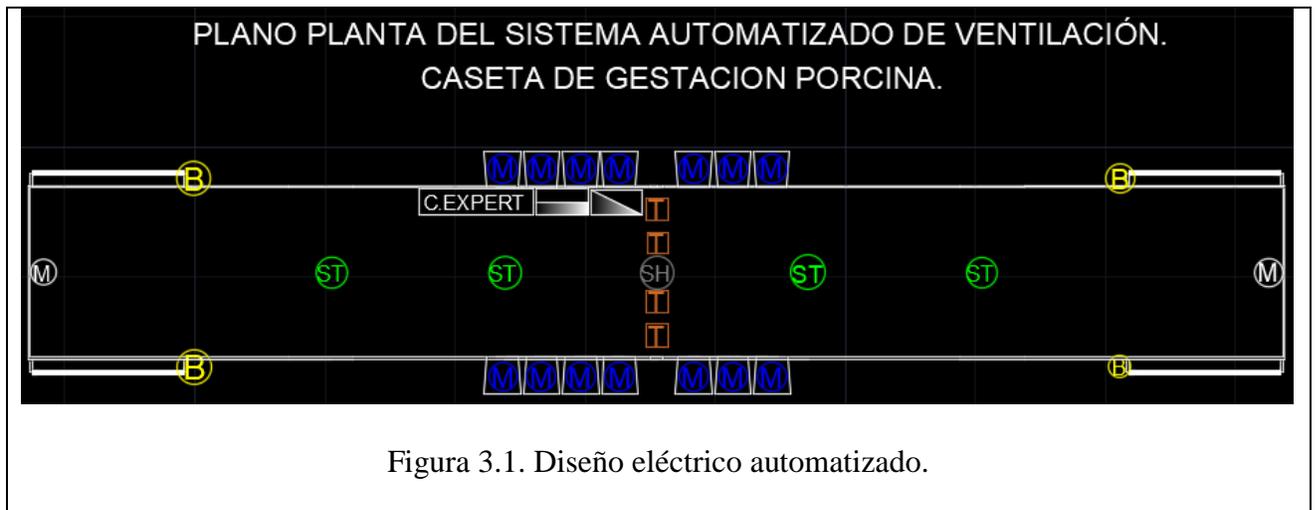
3 Desarrollo.

3.1 Diseño eléctrico para la automatización de la caseta de gestación porcina y cálculos de instalación eléctrica.

Para conseguir que el sistema automatizado cumpla con un mejor funcionamiento en las casetas de gestación, ofrezca una mejor eficiencia ventilando el área, produzca más porcinos, ahorre las actividades de los trabajadores dentro del sitio y posea mayor protección en el sistema eléctrico, se propuso el diseño del siguiente plano. Figura 3.1.

La automatización actuará con base a sensores de temperatura (termopares anexo 11) y sensores de humedad de la manera automática. Contará con termostatos (anexo 12) para participar en el sistema en caso de que el controlador se dañe y no tenga como operar.

Recordando que éste sistema cumple con los objetivos requeridos, antes visto en otra granja.



Considerando los equipos eléctricos en la figura anterior, tenemos la siguiente simbología. Figura 3.2.



La razón de éste diseño fue para optimizar el ambiente dentro de las casetas, con los nuevos equipos de sustitución y de mejor eficiencia. Recordemos que el sistema de ventilación actual, no cumple con los requisitos para obtener una buena calidad en cuestiones de producción y ambiente en los animales.

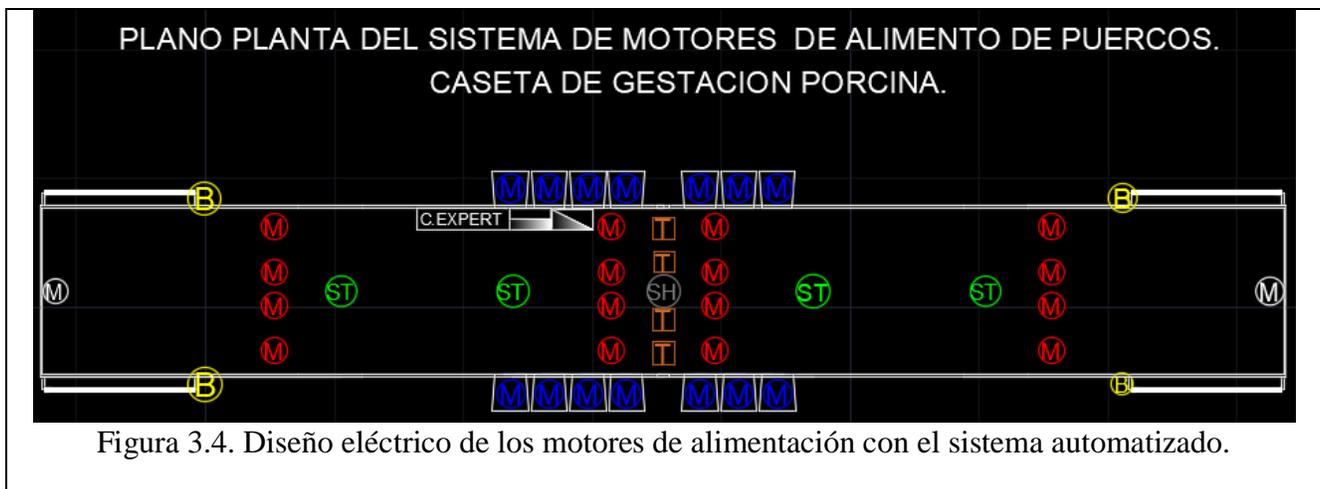
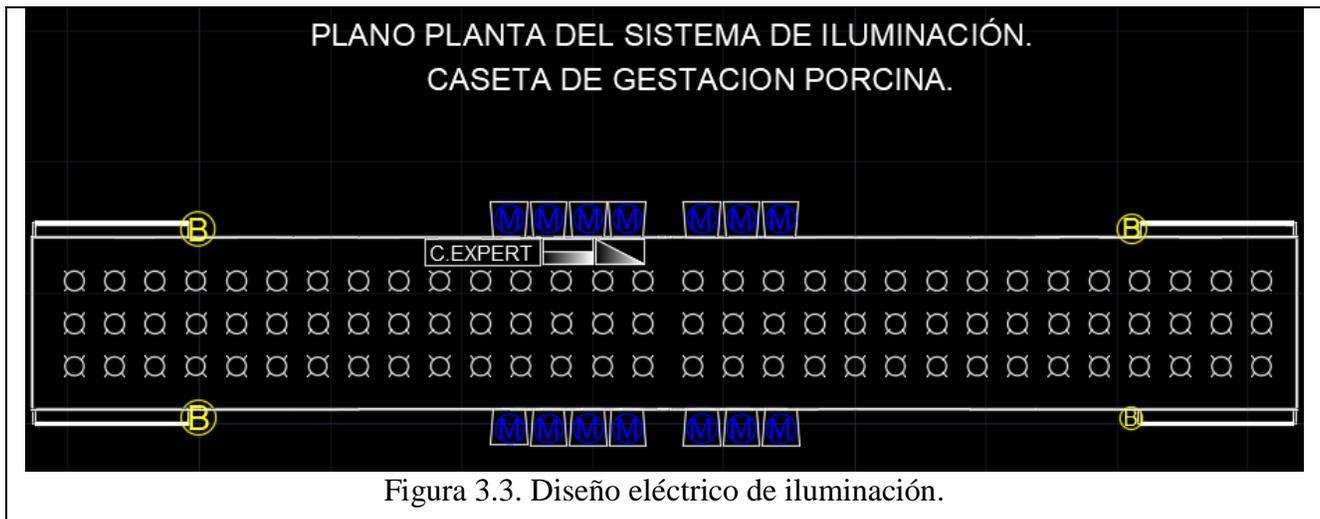
Se implementó el sistema automatizado con características de una sala tipo túnel, como se muestra en la figura 3.1.

Las salas constan de extractores, paneles de humidificación que se accionan con bombas, cortinas de apertura controladas por motores, un controlador que será programado manual o automáticamente con respecto a la temperatura requerida en distintos tiempos, sensores indicadores de temperatura que serán de mucha importancia en el sistema automatizado dentro de la caseta.

El funcionamiento del sistema antes mencionado será a través de un controlador llamado “Expert” y su trabajo de éste será manipulado por sensores de temperatura y de humedad.

Los sensores tendrán como objetivo indicar la temperatura ambiente promedio en el controlador y respecto a los parámetros programados de temperatura exigida por los animales se activaran los ventiladores de extracción y paneles de humidificación con ayuda de bombas centrífugas; las cuales distribuirán el flujo del agua a través del sistema hidráulico del panel.

Éste sistema tendrá esa función de equilibrar los balances de calor y frio dentro de las salas. Posteriormente se remodelaran las instalaciones eléctricas de iluminación (figura 3.3.) y motores que proporcionan el alimento a los puercos (figura 3.4.), todo esto con el objetivo de obtener el sistema eléctrico industrial de seguridad con base a la norma IP67. Anexo 4. Figura 3.3. Y 3.4. El funcionamiento de la iluminación será manualmente controlado por interruptores termomagneticos y los motores de alimentación tendrá un especifico CCM'S.



Considerando todos los equipos eléctricos de la automatización y remodelación de instalación eléctrica de la caseta, se registra la tabla 3.5. Donde se muestran éstos mismos con especificaciones:

Tabla de relación de equipos eléctricos.				
Equipo.	Marca.	Potencia.	Voltaje.	Amp.
Extractor	THE GSI GROUP	1 ½ hp	2ϕ 240 V	6.5-7.2 amp
Bomba centrífuga	THE GSI GROUP	¾ hp	2ϕ 240 V	2.6 amp
Motor de cortina	THE GSI GROUP	1/8 hp	2ϕ 240 V	0.5 amp
Motor de Alimentación	THE GSI GROUP	½ hp	2ϕ 240 V	4-8 amp
Focos	LUMIANCE	15 watts	1ϕ 127 V	0.118 amp
Hidrolavadora	COMET	5 hp	3ϕ 240 V	17 amp

Tabla 3.5. Relación de los equipos eléctricos por caseta porcina.

En base a los datos de la tabla 3.5 se realizaran los cálculos de capacidades de interruptores, guardamotores, contactores con respecto a las cargas, cálculo de conductores eléctricos en cuanto a su ampacidad (anexo 6), capacidad de corta circuito fusible, capacidad de transformador.

Para obtener la carga de consumo se convierte las unidades de *hp* a *watts*.

Entonces.

1 hp	745.7 watts
------	-------------

El sitio de “gestación porcina” consta de 4 casetas con las mismas especificaciones. Por tanto la potencia de consumo por caseta se determina en base al total de los equipos eléctricos instalados en el lugar.

- Potencia de 1 extractor = 1 ½ hp.

La potencia equivalente a 1 hp se multiplico por los hp’s del extractor.

$$P = (745.7)watts \times (1.5)hp$$

El resultado de la potencia activa (anexo 7) de 1 extractor es igual a:

$$P = 1\ 118.55\ watts$$

La potencia unitaria de 1 extractor se multiplico por el número de extractores que se encuentran en la caseta.

$$P = (1\ 118.55)watts \times (14)$$

Resultando un total de.

$$P = \underline{15\ 659.7\ watts}$$

- Potencia de 1 bomba = $\frac{3}{4}$ hp.

La potencia equivalente a 1 hp se multiplico por los hp's de la bomba centrifuga.

$$P = (745.7)watts \times (0.75)hp$$

El resultado de la potencia activa de 1 bomba es igual a:

$$P = 559.275\ watts$$

La potencia unitaria de 1 bomba se multiplico por el número de bombas que se encuentran en la caseta.

$$P = (559.275)watts \times (4)$$

Resultando un total de.

$$P = \underline{2\ 237.1\ watts}$$

- Potencia de 1 motor de cortina = $\frac{1}{8}$ hp.

La potencia equivalente a 1 hp se multiplico por los hp's del motor de cortina.

$$P = (745.7)watts \times (0.125)hp$$

El resultado de la potencia activa de 1 motor de cortina es igual a:

$$P = 93.2125\ watts$$

La potencia unitaria de 1 motor de cortina se multiplico por el número de motores que se encuentran en la caseta.

$$P = (93.2125)watts \times (2)$$

Resultando un total de.

$$P = \underline{186.425 watts}$$

- Potencia de 1 motor de alimentación = $\frac{1}{2}$ hp.

La potencia equivalente a 1 hp se multiplico por los hp's del motor de alimentación.

$$P = (745.7)watts \times (0.5)hp$$

El resultado de la potencia activa de 1 motor de alimentación es igual a:

$$P = 372.85 watts$$

La potencia unitaria de 1 motor de alimentación se multiplico por el número de motores que se encuentran en la caseta.

$$P = (372.85)watts \times (16)$$

Resultando un total de.

$$P = \underline{5965.6 watts}$$

- Potencia de focos = 15 watts.

La potencia unitaria de 1 foco se multiplico por el número de focos que se encuentran en la caseta.

$$P = (15)watts \times (90)$$

Resultando un total de.

$$P = \underline{1350 watts}$$

- Potencia de 1 hidrolavadora = 5 hp.

La potencia equivalente a 1 hp se multiplico por los hp's de la hidrolavadora.

$$P = (745.7)watts \times (5)hp$$

El resultado de la potencia activa de 1 hidrolavadora es igual a:

$$P = 3\,728.5 \text{ watts}$$

Se obtuvieron las potencias independientes de cada equipo. Se realizó la siguiente tabla de relación de equipos eléctricos por cada caseta.

Tabla de relación de equipos eléctricos por caseta.			
Equipo	Cantidad	Potencia unitaria	Potencia total.
Extractores	14	1 118.55 watts	15 659.7 watts
Bomba centrifuga	4	559.275 watts	2 237.1 watts
Motor de cortina	2	93.2125 watts	186.425 watts
Motor de alimentación	16	372.85 watts	5 965.6 watts
Focos	90	15 watts	1 350 watts
Hidrolavadora.	1	3 728.5 watts	3 728.5 watts

Posteriormente el total de todas las potencias fue sumada para obtener la potencia activa de cada caseta.

Potencia total de consumo de una caseta.	<u>29 127.325 watts</u>
--	--------------------------------

Ésta potencia se multiplico por las 4 casetas que tenemos en el área para obtener la potencia total del lugar. Resultando.

$$P = (29\,127.325)watts \times (4)$$

Dádonos como potencia activa total.

<u>P= 116 509.3 watts</u>

Con base a la potencia activa de consumo, ahora podemos definir la capacidad del transformador, los interruptores principales y corta circuitos fusibles.

- Cálculo de la capacidad del transformador.

Para obtener la capacidad del transformador en KVA ´S se emplea la siguiente fórmula.

$$KVA = \frac{KW}{FP}$$

Dónde:

KVA es la potencia aparente del transformador.

KW es la potencia activa de consumo.

FP es el factor de potencia destinado con (0.9)

Tenemos 116 509.3 watts de consumo equivalentes a 116.509 KW, entonces.

$$KVA = \frac{116.509 KW}{0.9}$$

Resultando la capacidad siguiente:

$$KVA = 129.454$$

Debido a que un transformador siempre está expuesto a utilizar una potencia extra a futuro, ya sea instalándole más equipos o teniendo potencias elevadas por factores como pérdidas de energía en conductores o por perdidas en los devanados del núcleo de los equipos, se le considera un porcentaje de reserva para que el transformador no este suministrando la potencia total o tenga una saturación por su consumo total.

Ahora considerando una reserva proporcional al 10 % de la capacidad total. Tomamos en cuenta que sí.

$$\textit{Potencia del transformador} = 129.454 KVA$$

Se aumentó la capacidad con el +10 %.

$$\textit{Potencia del transformador actual} = 129.454 KVA + 10 \% (\textit{reserva})$$

Dividiendo la potencia de consumo entre el 100% para obtener 1 %.

$$1 \% = \frac{129.454 \text{ KVA}}{100}$$

Obteniendo que $1 \% = 1.29454 \text{ KVA}$.

Entonces.

$$\% \text{ de reserva} = 1.29454 \text{ KVA} \times 10 \% (\text{reserva})$$

$$10 \% \text{ de reserva} = 12.9454 \text{ KVA}$$

Ahora bien, sumando el total del consumo del transformador con la reserva del 10 % antes calculada.

$$\text{Potencia del transformador actual} = 129.454 \text{ KVA} + 12.9454 \text{ KVA} (\text{reserva})$$

Dándonos una capacidad con reserva incluida de +10%.

142.3994 KVA

Para elegir el transformador nos empleamos en la siguiente tabla 3.6

Transformadores trifásicos tipo poste										
Capacidad [kVA]	frente [mm]	alto [mm]			fondo [mm]			Masa aproximado [kg]		
		15 kV	25 kV	34.5 kV	15 kV	25 kV	34.5 kV	15 kV	25 kV	34.5 kV
30	1115	1220	1373	1476	735	735	905	532	536	536
45								542	546	557
75	1190	1310	1465	1575	777	777	950	730	735	740
112.5								763	767	783
150	1425	1502	1654	1764	777	777	950	1063	1060	1066
225								1195	1197	1208

Tabla 3.6. Capacidades de transformadores tipo poste.

El valor aproximado a la capacidad que requerimos de 142.3994 KVA es el siguiente.

$$\text{Capacidad del transformador} = 150 \text{ KVA}$$

- Cálculo de corto circuito fusible (I_{ccf}).

Para obtener el valor de los corta circuitos fusibles en MT (media tensión) necesitamos la capacidad del transformador a utilizar ya calculado, el voltaje de MT y la raíz de 3 usada por los sistemas trifásicos. Aplicando la relación de la siguiente manera.

$$I_{ccf} = \frac{CAPACIDAD\ DEL\ TRANSFORMADOR\ KVA}{(\sqrt{3})(VOLTAJE\ DE\ MT.\ KV)}$$

Sustituyendo valores:

$$I_{ccf} = \frac{150\ KVA}{(\sqrt{3})(13.2\ KV)}$$

El resultado de la operación es la corriente nominal en amperes, para poder tener una reserva en el I_{ccf} se multiplica por 1.25 (factor de corrección) para obtener la corriente corregida y así tener el valor aproximado del I_{ccf} :

$$I_{ccf} = 6.560\ Amp$$

$$I_{ccf} = 6.560 \times 1.25$$

$$I_{ccf}\ corregido = 8.20\ Amp.$$

Capacidad del I_{ccf} es proporcional a.

$$I_{ccf} = 8.20 \approx 10\ Amp.$$

- Cálculo de interruptores termomagnéticos principales.

Para obtener el valor de los ITM'S (interruptores termomagnéticos) principales en BT (baja tensión) necesitamos la capacidad del transformador a utilizar ya calculado, el voltaje de BT y la raíz de 3 usada por los sistemas trifásicos. Aplicando la relación de la siguiente manera.

$$ITM = \frac{CAPACIDAD\ DEL\ TRANSFORMADOR\ KVA}{(\sqrt{3})(VOLTAJE\ DE\ BT.\ KV)}$$

Sustituyendo valores:

$$ITM = \frac{150\ KVA}{(\sqrt{3})(0.22\ KV)}$$

El resultado de la operación es la corriente nominal en amperes, para poder tener una reserva en el ITM se multiplica por 1.25 para obtener la corriente corregida y así tener el valor aproximado del ITM:

$$ITM = 393.64 \text{ Amp}$$

$$ITM = 393.64 \times 1.25$$

$$ITM \text{ corregido} = 492.05 \text{ Amp.}$$

Capacidad del ITM es proporcional a.

$$ITM = 492.05 \approx 500 \text{ Amp.}$$

Para tener el control total de la carga de las cuatro casetas de gestación porcina se dividió en dos interruptores principales.

Dejando las capacidades de la siguiente manera. Un interruptor primario controla dos casetas.

$$ITM1PRIM = 250 \approx 300 \text{ Amp.}$$

$$ITM2PRIM = 250 \approx 300 \text{ Amp.}$$

Entonces la equivalencia de un ITM secundario de caseta es igual a.

$$ITM SEC = \frac{300 \text{ Amp.}}{(2)}$$

$$ITM SEC = 150 \text{ Amp.}$$

En su totalidad tendremos cuatros ITM'S secundarios de 150 amp.

- Cálculo de conductores.

El procedimiento del cálculo de los conductores eléctricos se realiza en base a las siguientes condiciones:

Conociendo la corriente eléctrica que viajará del transformador al interruptor principal y del interruptor principal al interruptor secundario podemos definir con base a la tabla el conductor.

- Se define el conductor con respecto a la ampacidad (capacidad de intensidad de corriente eléctrica de un conductor).

Los valores necesarios para éste cálculo es:

- S: Sección del conductor en mm^2 .
- C: Conductividad $\text{m}/\Omega \text{mm}^2$.
La cual está destinada en la fracción de $1/56$ que es igual a $0.0178 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$ (Anexo 8).
- L: Longitud de la línea en metros.
- I: La corriente en amperes.
- U: Caída de tensión.

$$S = C \frac{2(L)(I)}{(U)}$$

Para calcular la caída de tensión se considera un 3% en instalaciones internas industriales como es el caso y para energización de interruptores principales se considera un 2%. Que en total nos da 5%, éste porcentaje no debe sobrepasarse. (Anexo 9).

- Cálculo del conductor del transformador al interruptor principal.

Para encontrar los valores de Intensidad de corriente utilizamos la siguiente fórmula:

$$I = \frac{(P)}{(V)}$$

I: Corriente eléctrica en amperes.

P: Potencia activa en watts.

V: Voltaje de operación en volts.

Entonces. Conociendo la potencia activa del transformador que es igual a 135 000 W y el voltaje de operación igual a 220 V. La corriente eléctrica es.

$$I = \frac{(135\ 000\ W)}{(220\ V)}$$

$$I = 613.63\ \text{amperes.}$$

Ahora definimos la caída de tensión con el 2% antes dicho, de la siguiente forma.

$$U = \frac{2(220\ V)}{(100\%)}$$

Dándonos como resultado una caída de tensión de:

$$U = 4.4 \text{ v}$$

- En cuanto a la longitud del conductor se consideró 15 metros de distancia.

Tomando los datos obtenidos sustituiremos en la fórmula para obtener el calibre del conductor que conduce del transformador al interruptor principal.

$$S = C \frac{2 (L)(I)}{(U)}$$

$$S = (0.0178) \frac{2 (15 \text{ m})(613.63 \text{ amp})}{(4.4 \text{ V})}$$

Resultando una dimensión del conductor de:

$$S = 74.47 \text{ mm}^2$$

Con base al valor resultante, se utilizaran las tablas de conductores con respecto a las dimensiones para obtener el valor del calibre del conductor. Anexo 10.

El valor aproximado a $74.47 \text{ mm}^2 \approx 85 \text{ mm}^2$. Dando un conductor de calibre 3/0 de cobre en la alimentación del transformador-interruptor principal. Éste conductor se distribuirá en dos circuitos principales.

Para el cálculo del conductor que viaja del interruptor principal al secundario se realizó el mismo procedimiento.

- Cálculo del conductor del interruptor principal al interruptor secundario.

Para definir el calibre del conductor, se consideró la potencia independiente que viaja del interruptor principal a cada caseta (interruptor secundario). Y se tomó en cuenta la longitud más larga para el cálculo de su conductor.

Entonces. Conociendo la potencia activa de la caseta igual a 29 127.325 W y el voltaje de operación igual a 220 V. La corriente eléctrica es.

$$I = \frac{(29\ 127.325 \text{ W})}{(220 \text{ V})}$$

$$I = 132.39 \text{ amperes.}$$

Ahora definimos la caída de tensión con la suma del 2% antes calculado y el 3% de la instalación, dándonos el 5% de la siguiente forma.

$$U = \frac{5(220 V)}{(100\%)}$$

Dándonos como resultado una caída de tensión de:

$$U = 11 \text{ v}$$

- En cuanto a la longitud del conductor se consideró 100 metros de distancia.

Tomando los datos obtenidos sustituiremos en la fórmula para obtener el calibre del conductor que conduce del interruptor principal al interruptor secundario.

$$S = C \frac{2(L)(I)}{(U)}$$

$$S = (0.0178) \frac{2(100 \text{ m})(132.39 \text{ amp})}{(11 \text{ V})}$$

Resultando una dimensión del conductor de:

$$S = 42.84 \text{ mm}^2$$

Con base al valor resultante, se utilizaran las tablas de conductores con respecto a las dimensiones para obtener el valor del calibre del conductor. Anexo 10.

El valor aproximado a $42.84 \text{ mm}^2 \approx 53.5 \text{ mm}^2$. Dando un conductor de calibre 1/0 de cobre en la alimentación del interruptor principal-interruptor secundario. Éste calibre de conductor se distribuirá en 4 circuitos secundarios.

- Cálculo de conductores para cada equipo eléctrico.

Para definir el calibre de los conductores de cada equipo con respecto a la ampacidad, nos basamos en la corriente nominal de operación y en algún caso la corriente corregida.

Se utilizó la misma fórmula que hemos venido manejando. Recordemos que los equipos eléctricos se encuentran distribuidos a longitudes distintas.

Entonces, utilizaremos las longitudes más largas de cada equipo para obtener un valor máximo de área y podamos definir el calibre. Utilizando la relación de amperaje de la siguiente tabla.

Tabla de relación de equipos eléctricos.				
Equipo.	Marca.	Potencia.	Voltaje.	Amp.
Extractor	THE GSI GROUP	1 ½ hp	2ϕ 240 V	6.5-7.2 amp
Bomba centrífuga	THE GSI GROUP	¾ hp	2ϕ 240 V	2.6 amp
Motor de cortina	THE GSI GROUP	1/8 hp	2ϕ 240 V	0.5 amp
Motor de Alimentación	THE GSI GROUP	½ hp	2ϕ 240 V	4-8 amp
Focos	LUMIANCE	15 watts	1ϕ 127 V	0.118 amp
Hidrolavadora	COMET	5 hp	3ϕ 240 V	17 amp

Calibre del conductor de un extractor:

El extractor se encuentra situado a 100 metros. Y la caída de voltaje es de 11 V. Teniendo los valores se sustituyó.

$$S = (0.0178) \frac{2 (100 m)(7.2 amp)}{(11 V)}$$

$$S = 2.33 mm^2$$

La sección del conductor que viajará del equipo al centro de alimentación será de 2.33 mm², siendo 3.3 mm² el valor más aproximado al calculado, con un número de calibre 12 de cobre soportando 25 amperes.

Calibre del conductor de una bomba centrífuga:

La bomba se encuentra situado a 200 metros. Y la caída de voltaje es de 11 V. Teniendo los valores se sustituyó.

$$S = (0.0178) \frac{2 (200 m)(2.6 amp)}{(11 V)}$$

$$S = 1.68 mm^2$$

La sección del conductor que viajará del equipo al centro de alimentación será de 1.68 mm², siendo 2.08 mm² el valor más aproximado al calculado, con un número de calibre 14 de cobre soportando 20 amperes.

Calibre del conductor de un motor de cortina:

El motor se encuentra situado a 200 metros. Y la caída de voltaje es de 11 V. Teniendo los valores se sustituyó.

$$S = (0.0178) \frac{2 (200 m)(0.5 amp)}{(11 V)}$$

$$S = 0.32 mm^2$$

La sección del conductor que viajará del equipo al centro de alimentación será de 0.32 mm², por seguridad de la instalación eléctrica industrial se optó por el calibre 14 de cobre soportando 20 amperes, ya que la dimensión del conductor que dio el cálculo es muy pequeño.

Calibre del conductor del motor de alimentación:

El motor de alimentación se encuentra situado a 100 metros. Y la caída de voltaje es de 11 V. Teniendo los valores se sustituyó.

$$S = (0.0178) \frac{2 (100 m)(8 amp)}{(11 V)}$$

$$S = 2.58 mm^2$$

La sección del conductor que viajará del equipo al centro de alimentación será de 2.58 mm², siendo 3.3 mm² el valor más aproximado al calculado, con un número de calibre 12 de cobre soportando 25 amperes.

Calibre del conductor de la instalación eléctrica de iluminación:

Las lámparas se encuentran situado a 150 metros.

Y la caída de voltaje es de 6.35 V, ya que el sistema es calculado con un voltaje de monofásico de 127 V. Y la corriente eléctrica es igual a 3 amperes, ya que cada circuito de iluminación será conformado por 15 lámparas. Teniendo los valores se sustituyó.

$$I = (15 lámparas)(0.2amp)$$

Dándonos una corriente promedio de I: 3 amperes por circuito.

$$U = \frac{5(127 V)}{(100\%)}$$

$$U = 6.35 \text{ V}$$

Obteniendo la caída de tensión ahora se calcula la sección.

$$S = (0.0178) \frac{2 (150 \text{ m})(3 \text{ amp})}{(6.35 \text{ V})}$$

$$S = 2.52 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor que viajará de las lámparas al centro de alimentación será de 2.52 mm², siendo 3.3 mm² el valor más aproximado al calculado, con un número de calibre 12 de cobre soportando 25 amperes.

Calibre del conductor de la hidrolavadora trifásica:

Para conocer la capacidad del conductor que utilizará el equipo trifásico. Tomamos el dato de la corriente nominal que es de 17 amperes y la multiplicamos por 1.25 para obtener la corriente corregida y poder diagnosticar el calibre del conductor. No tenemos mucha longitud de distancia entre el centro de carga y el equipo (5 metros).

Entonces:

$$I = (17 \text{ amperes})(1.25)$$

$$I \text{ corregida} = 21.25 \text{ amperes.}$$

La selección del conductor será destinada por la corriente corregida de 21.25 amperes la cual nos establece un calibre 12 de cobre soportando 25 amperes.

- Balance de cargas.

Con base al transformador trifásico, comprendemos que tenemos tres líneas (fases) de alimentación en su salida con 127 V aproximados (lado de baja). Estas líneas tienen que ser balanceadas equitativamente con la misma carga o sea la misma corriente eléctrica. Para tener un sistema eléctrico totalmente balanceado y no ocasionar problemáticas en la instalación. Como factor principal el conductor, el cual se expone a sobrecalentarse por sobrecorriente o quemarse por un mal balance de corriente eléctrica. Para ello se realiza una tabla de relación, donde se distribuyen las corrientes de cada equipo en cada fase.

Recordemos el voltaje de cada equipo.

- Extractores 220 V.
- Bombas centrífugas 220 V.

- Motor de alimentación 220 V.
- Motor de cortina 220 V.
- Alumbrado 127 V.
- Hidrolavadora 240 V.

Equipo.	L1	L2	L3
Extractor 1	8	8	
Extractor 2		8	8
Extractor 3	8		8
Extractor 4	8	8	
Extractor 5		8	8
Extractor 6	8		8
Extractor 7	8	8	
Extractor 8		8	8
Extractor 9	8		8
Extractor 10	8	8	
Extractor 11		8	8
Extractor 12	8		8
Extractor 13	8	8	
Extractor 14		8	8
Bomba 1	3		3
Bomba 2	3	3	
Bomba 3		3	3
Bomba 4	3		3
Motor Alim. 1	8	8	
Motor Alim. 2		8	8
Motor Alim. 3	8		8
Motor Alim. 4	8	8	
Motor Alim. 5		8	8
Motor Alim. 6	8		8
Motor Alim. 7	8	8	
Motor Alim. 8		8	8
Motor Alim. 9	8		8
Motor Alim. 10	8	8	
Motor Alim. 11		8	8
Motor Alim. 12	8		8
Motor Alim. 13	8	8	
Motor Alim. 14		8	8
Motor Alim. 15	8		8
Motor Alim. 16	8	8	
Motor Cort.1		1	1
Motor Cort. 2	1		1

Alumbrado 1	3		
Alumbrado 2		3	
Alumbrado 3			3
Alumbrado 4	3		
Alumbrado 5		3	
Alumbrado 6			3
Hidrolavadora	17	17	17
TOTAL (AMP):	193 AMP	198 AMP	196 AMP

Como pudimos observar las cargas se encuentran distribuidas adecuadamente, teniendo un porcentaje de error mínimo. Para saber éste porcentaje de desbalance en nuestros tableros, aplicamos la siguiente fórmula. Considerando la carga mayor y menor de corriente eléctrica.

$$\% \text{ de desbalance} = \frac{((\text{Carga mayor}) - (\text{carga menor})) \times (100)}{(\text{Carga mayor})}$$

$$\% \text{ de desbalance} = \frac{((198) - (193)) \times (100)}{(198)}$$

Dándonos un porcentaje de desbalance del:

$$\% \text{ de desbalance} = 2.52 \%$$

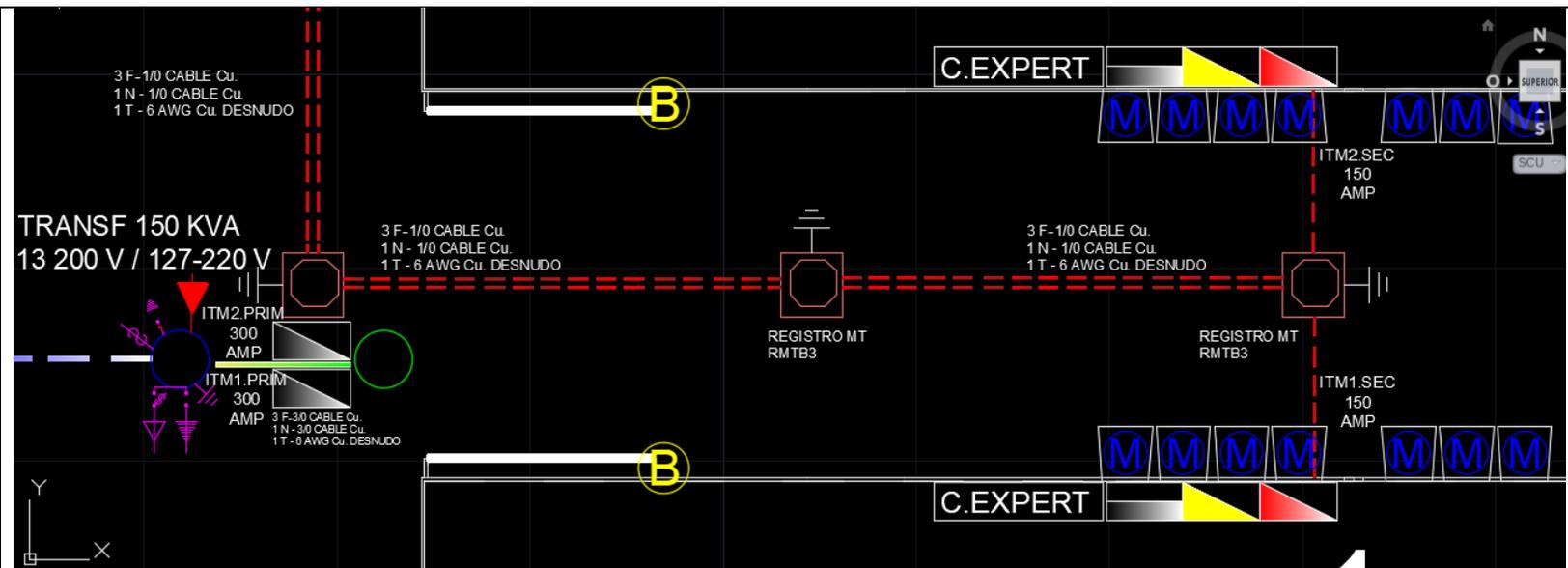
3.2 Diseño de la nueva red eléctrica de baja tensión (planos eléctricos, diagramas unifilares).

El diseño de la nueva red eléctrica se renovará debido a que la carga que se consumirá en el sistema automatizado de las cuatro salas sobrepasa la capacidad del transformador que anteriormente tenía 112.5 KVA y no satisface la potencia de consumo actual. Ahora con la automatización, el transformador que tendrá el sitio será de 150 KVA, éste valor se obtuvo con base a los cálculos derivados de los equipos eléctricos. Por ello se llevó a cabo la remodelación total de la instalación eléctrica y sus protecciones, ITMS, conductores etc.

El transformador trifásico tendrá la capacidad de reducir el voltaje de 13.2 KV de media tensión a 0.22 KV en baja tensión. Utilizaremos voltajes bajos con valores aproximados a 127 (monofásicos) y 220 V (bifásicos y trifásicos) para energizar totalmente la instalación

automatizada, respaldándonos con los resultados de los cálculos anteriores de conductores eléctricos, interruptores principales, interruptores secundarios y cortacircuitos fusibles.

Se diseñó el siguiente plano considerando los datos obtenidos y establecimos simbologías eléctricas para su entendimiento. Recordemos que en base a la automatización, los equipos eléctricos, la potencia eléctrica, la intensidad de corriente y otras variantes se llevaron a cabo la realización de éste diseño.



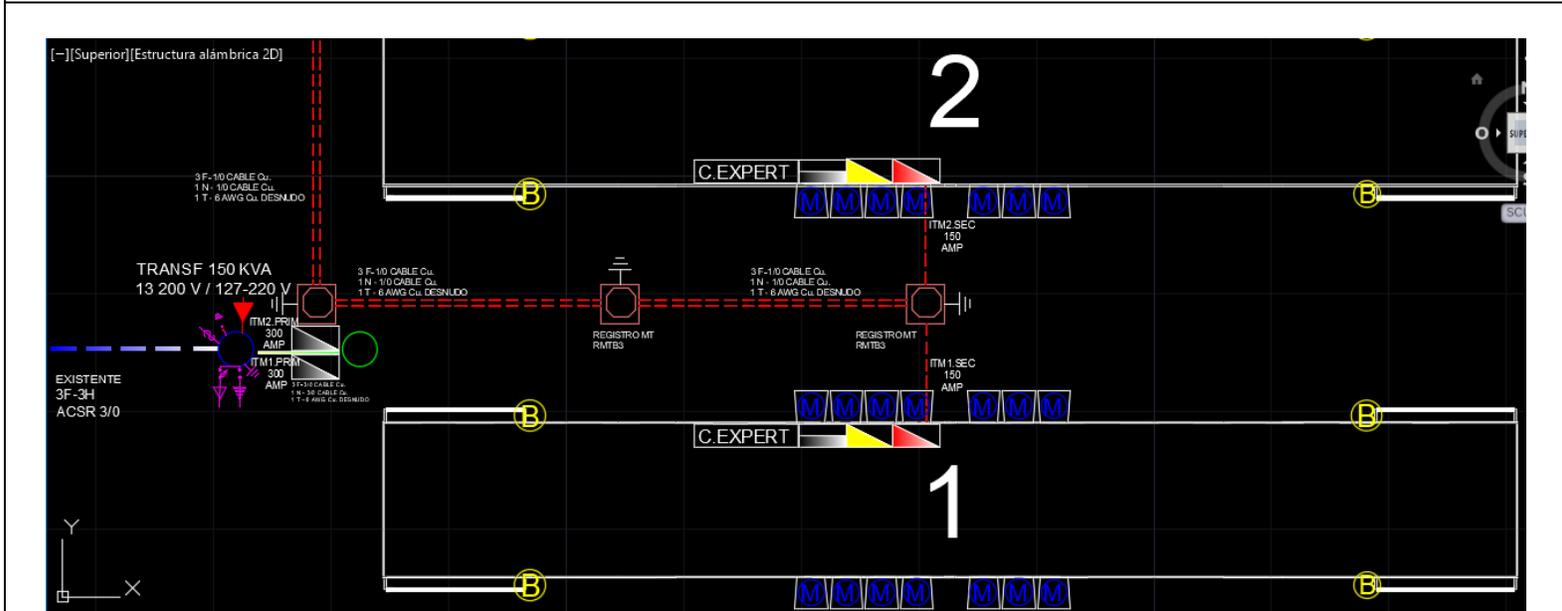
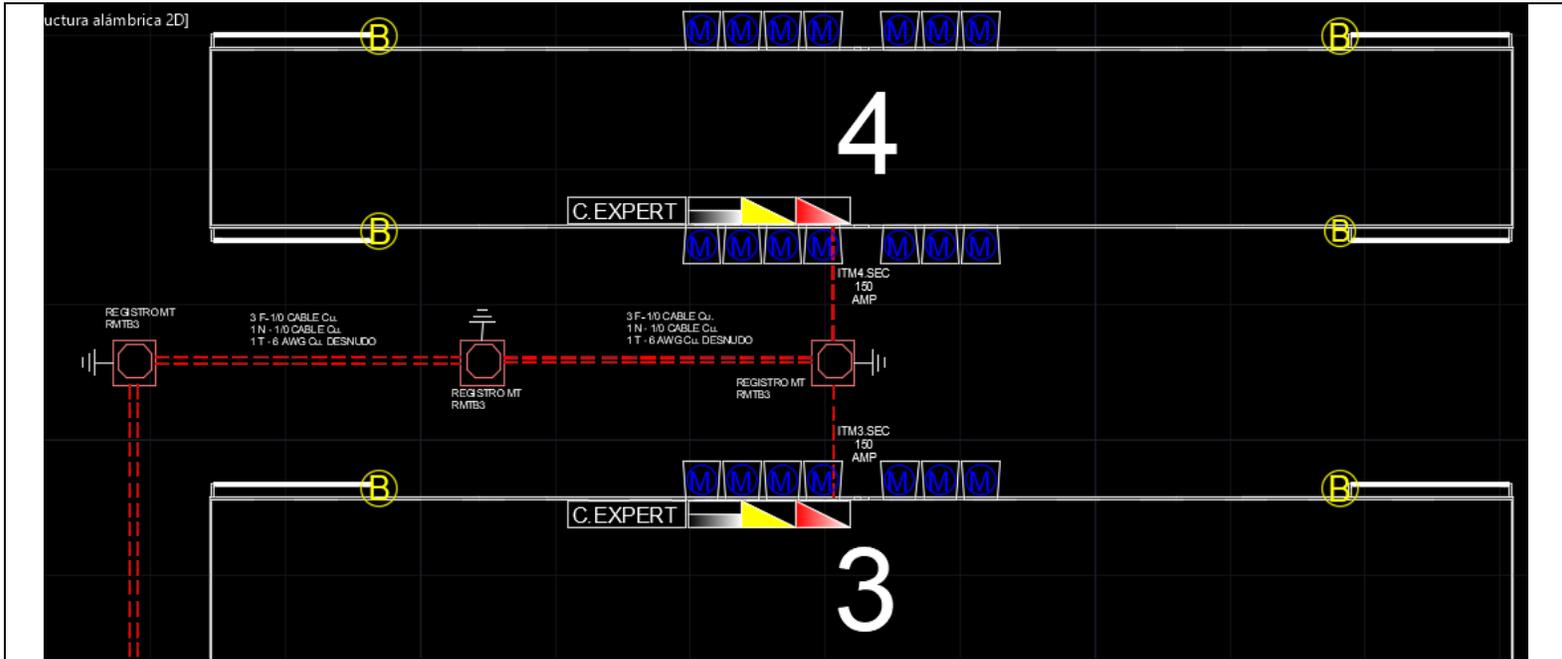
En la siguiente tabla se muestran los valores de las capacidades que tendrán los materiales eléctricos, los datos de transformador, conductores e interruptores que contendrá nuestra red eléctrica de baja tensión.

Material	Cantidad	Capacidades	Especificaciones.
Transformador	1	150 KVA	Reductor de MT/BT.
Conductor (TRANSF / ITM PRIM).	8	Cal.3/0 Cu	6 F Cu y 2 N Cu.
Conductor (ITM PRIM / ITM SEC).	16	Cal. 1/0 Cu	12 F Cu y 4 N Cu.
ITM PRIMARIO	2	300 Amperes	1 ITM PRIM por 2 salas.
ITM SECUNDARIO	4	150 Amperes	1 ITM SEC por sala.
REGISTRO DE MT	6	RMTB3	3 registros por 2 salas.
TIERRA FÍSICA	6	Cu	1 varilla por registro.

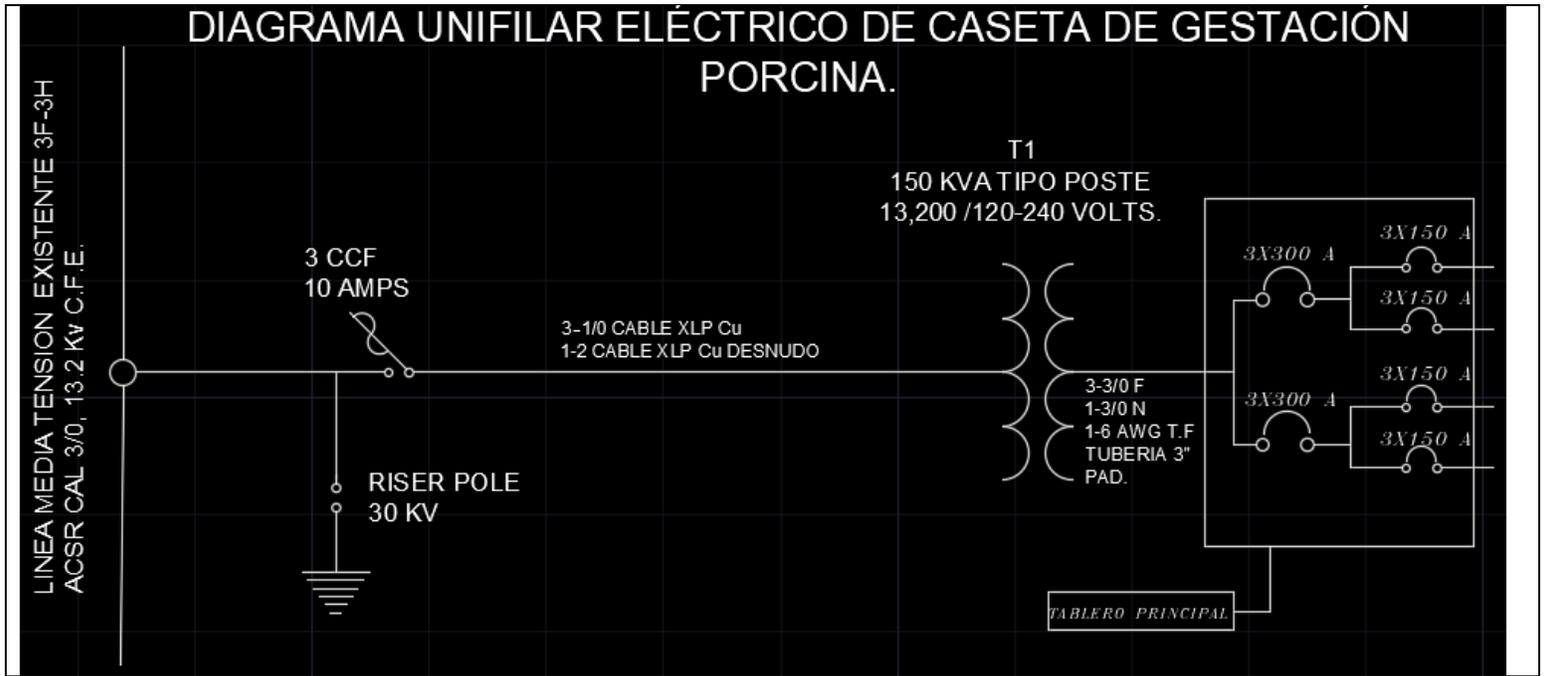
En base a la tabla se muestra la simbología del plano eléctrico que se visualizó anteriormente.



Tomando en cuenta que el sitio tiene 4 salas de gestación porcina automatizadas. Se ejemplifica la distribución del conductor principal y el secundario que viajan hasta las casetas, ITM'S, centros de carga, CCM'S y equipos eléctricos.



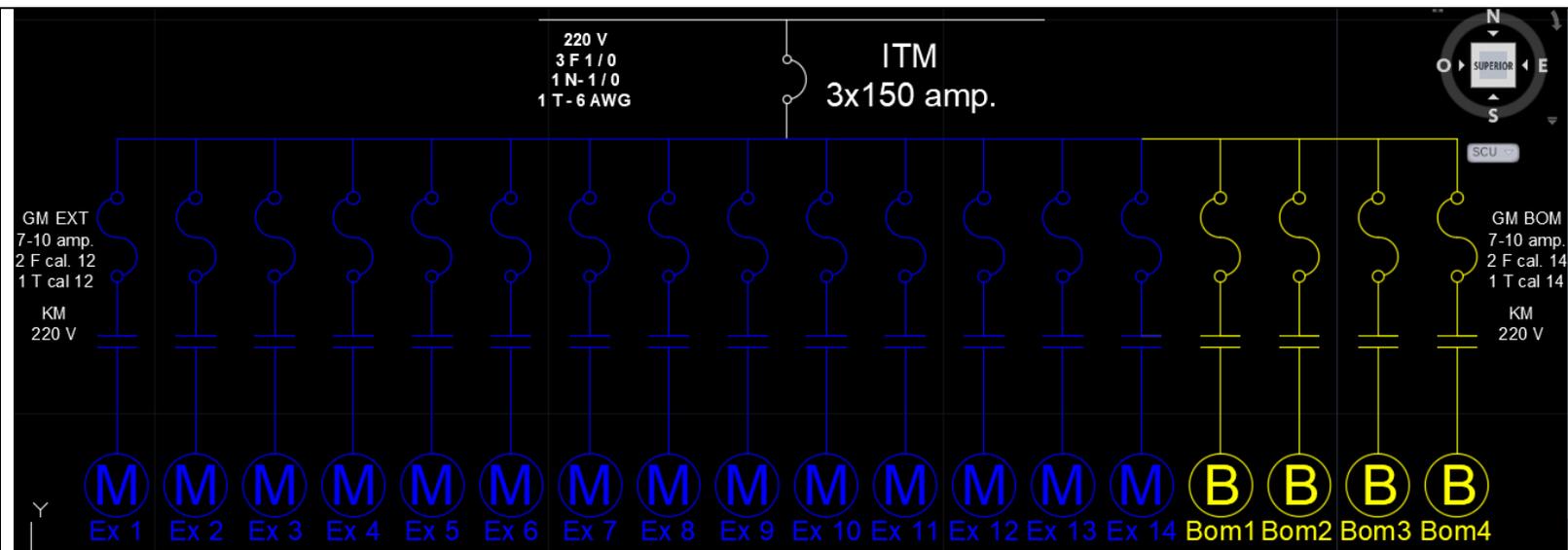
El plano del sistema eléctrico representado en un diagrama unifilar de la transición aérea-subterránea queda de la siguiente manera.



3.3 Centro de control de motores.

La relación de todos los motores eléctricos se encuentra concentrado en el “Centro de control de motores” más conocido como CCM’S. En éste CCM organizamos los motores de extracción y bombas centrífugas, los cuales actúan con la etapa de control comunicándose con el controlador Expert de ventilación y los motores de alimentación que por medio una espira acoplada al motor actúan en movimiento de desplazamiento dando así el alimento a los puercos en sus comederos y motores de cortinas que actúan de la manera electromecánica (manual).

El diagrama de control de los extractores y bombas centrífugas se interpreta de la siguiente manera. Diagrama 3.3.1.

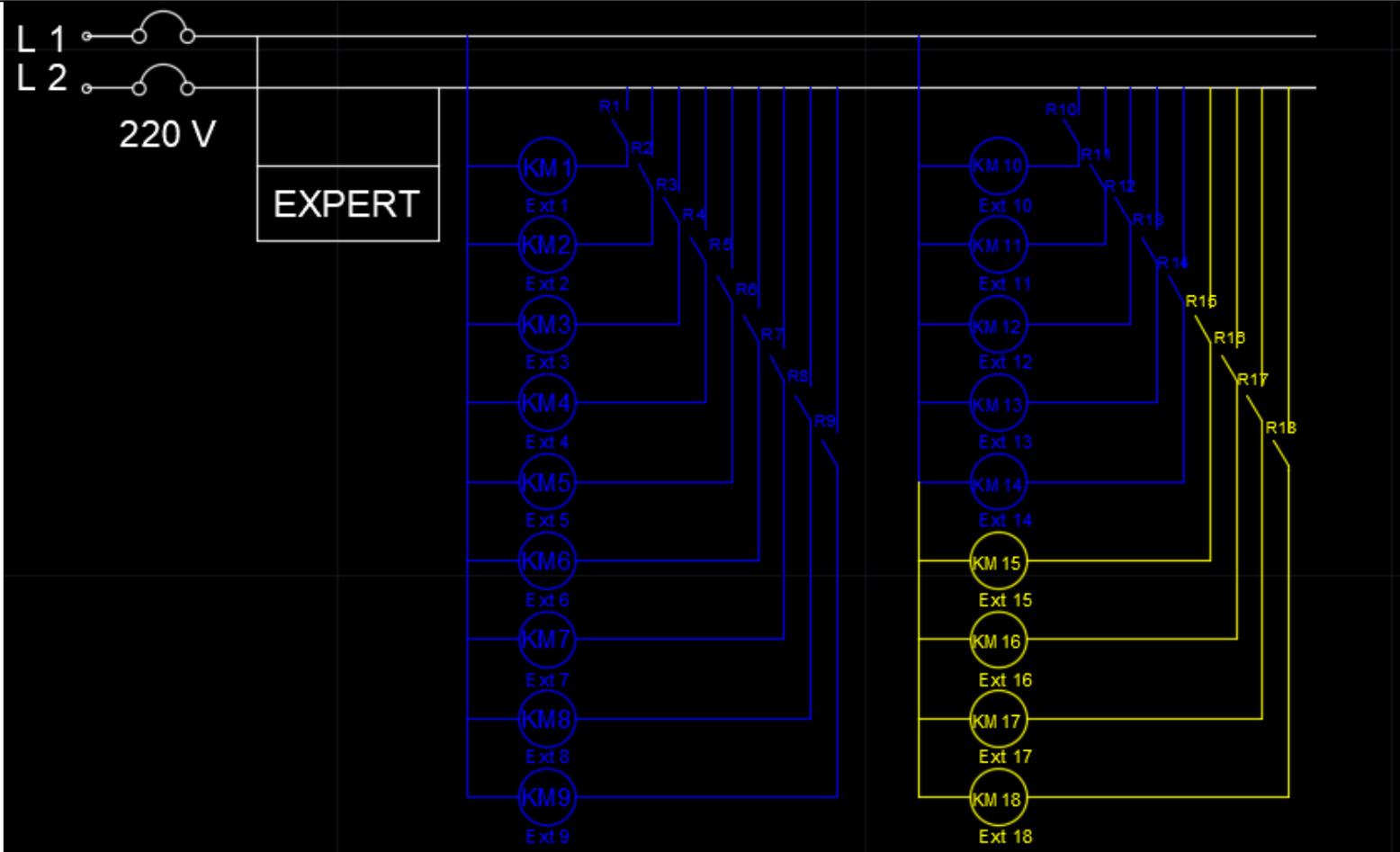


3.3.1 Diagrama unifilar del sistema automatizado por medio de contactores y guardamotores, controlando extractores y bombas centrífugas.

En el diagrama unifilar 3.3.1., se demuestra que tendremos 14 extractores y 4 bombas centrífugas por sala. Protegiendo el sistema con guardamotores y contactores, los cuales nos subdividirán los circuitos en potencia eléctrica y control eléctrico. Recordando que el sistema eléctrico de ventilación anterior, tenía accionamiento manual por medio de interruptores termomagnéticos y el tipo de sistema era de inyección de aire con ventiladores.

El trabajo que realizarán los guardamotores será proteger el equipo contra una sobrecorriente o bien sea un corto circuito, habilitar las fases de energía que suministrara el motor de extracción y bombas por medio de los contactores que tendrán su activación por medio del controlador expert. Recordemos que en el controlador tendremos entradas de señales (sensores) y salidas (relevadores).

Los relevadores serán las activaciones de nuestros equipos a operar (extractores y bombas centrífugas). A continuación se muestra el diagrama del controlador expert. Diagrama 3.3.2.



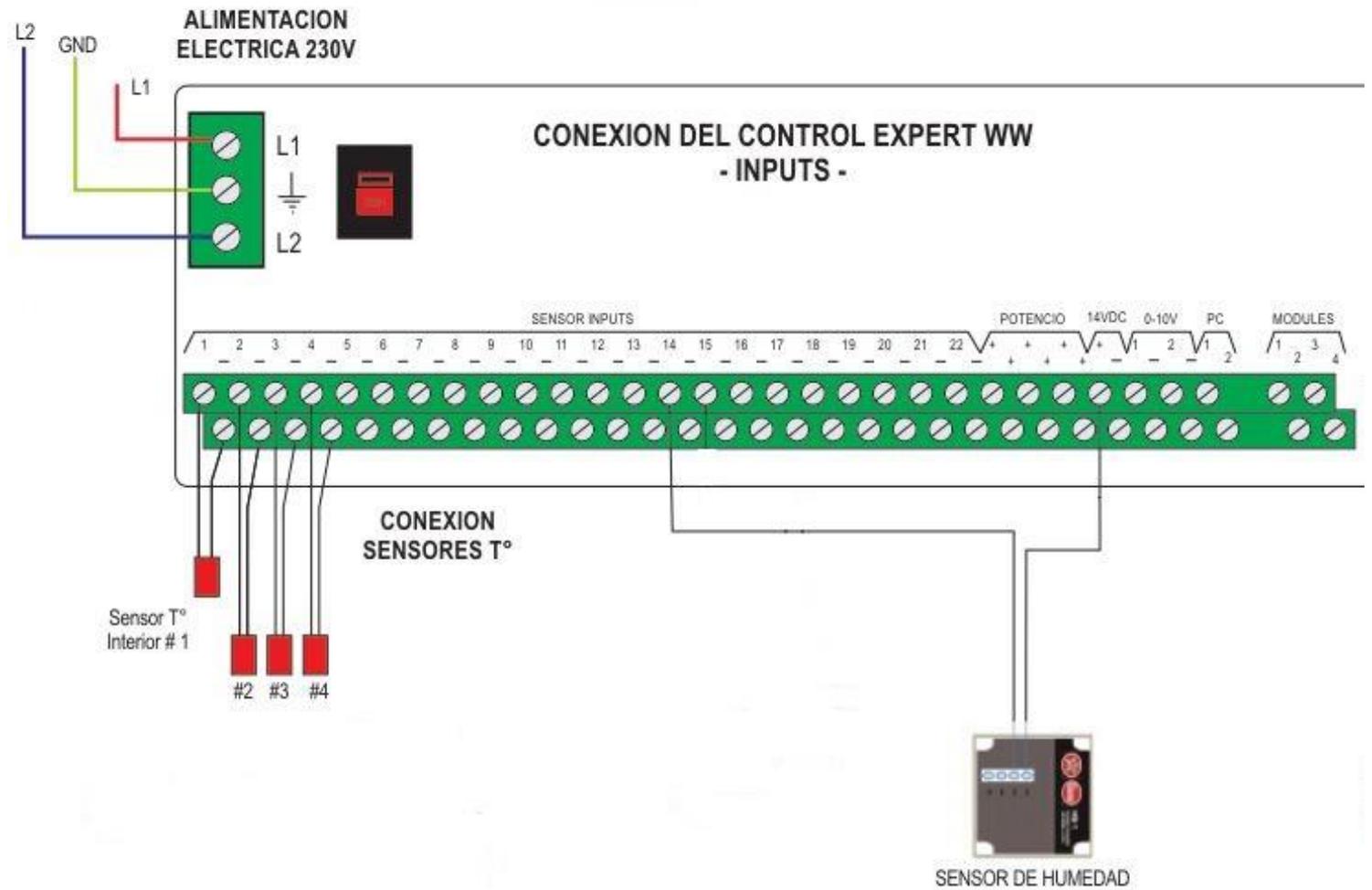
3.3.2. Diagrama de bobinas (relés) de los contactores de accionamiento de extractores y bombas centrífugas.

En el diagrama 3.3.2., se muestra la energización de nuestro controlador Expert y las salidas de los relevadores activando los contactores de nuestro CCM.

Etapa de sensores.

El objetivo de los sensores de temperatura y de humedad será; medir la temperatura ambiente de estancia en las salas y realizar una temperatura promedio, para programar los parámetros en el controlador y conseguir las activaciones automáticamente de los equipos. El controlador tendrá la opción de programas sus equipos con la mayor flexibilidad posible. Alternando extractores y bombas, para darle un uso total a todo el sistema automatizado consiguiendo ahorrar energía eléctrica.

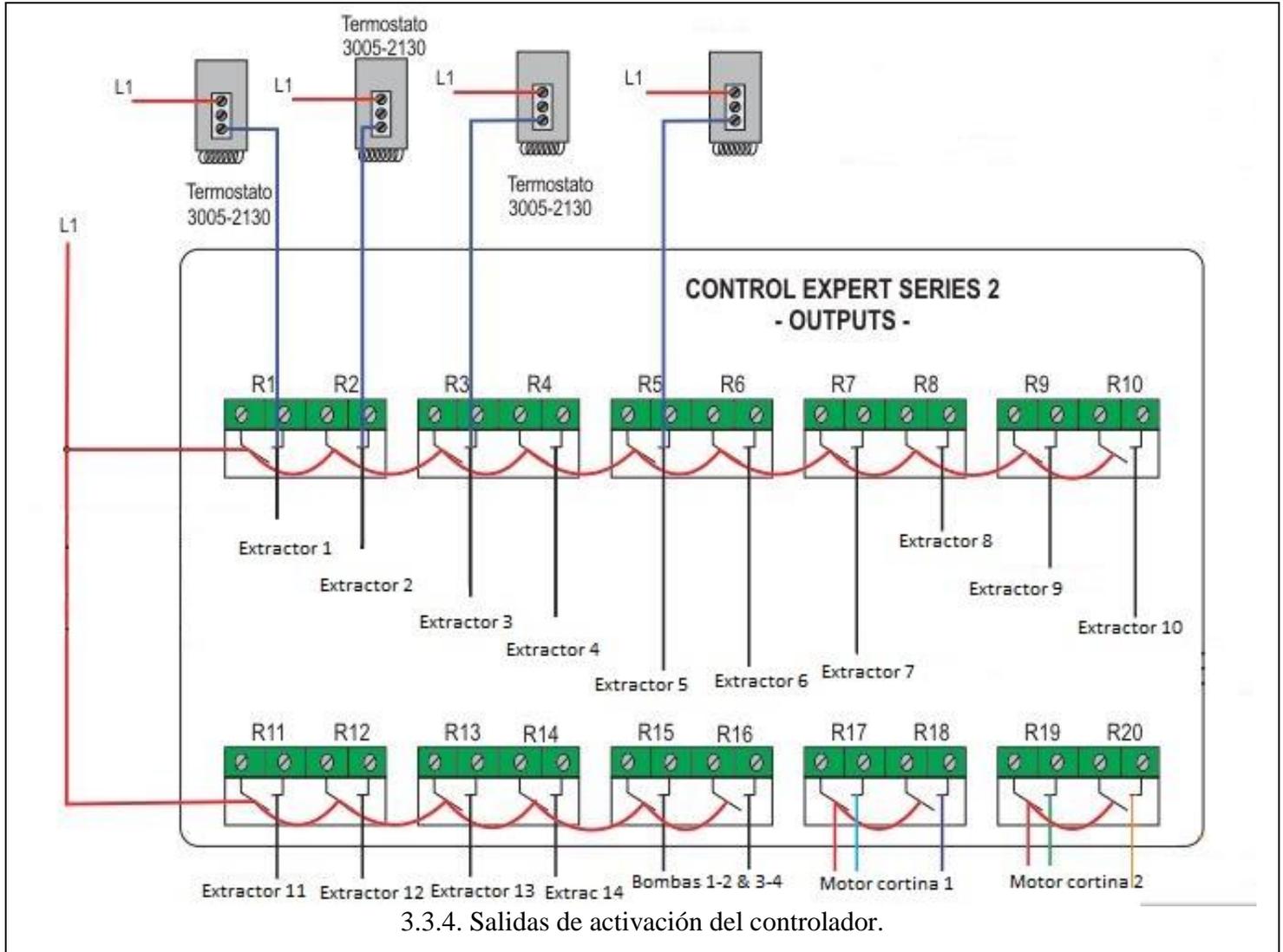
A continuación se muestra la etapa de entradas de señales con base a nuestros sensores.
Etapa 3.3.3.



3.3.3. Etapa de entrada de señales al controlador Expert por medio de sensores de temperaturas y sensor de humedad.

En la imagen 3.3.3., se demuestra el conexionado de los sensores eléctricos por medio del borne de conexiones de entrada de señales del controlador, el cual cuenta con más entradas para poder medir temperatura más exacta y precisa, la función de ellos será activar los extractores y bombas a una cierta temperatura con un valor promedio entre ellos.

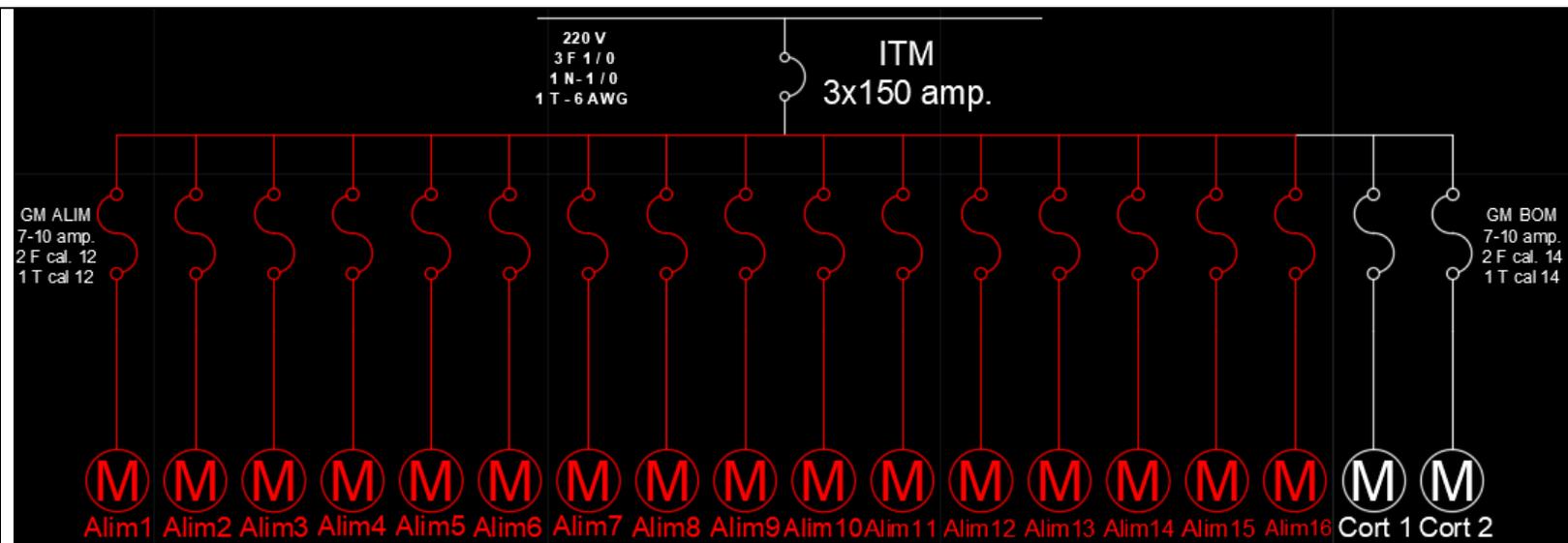
Ahora bien, si el sistema se ve afectado en fallas eléctricas y dejamos de obtener las señales de entrada por medio de los termopares, podremos manipular los termostatos los cuales los controlaremos por una perilla de variación. Las salidas del controlador por medio de los relevadores son los siguientes. Salidas 3.3.4.



La imagen 3.3.4., señala las salidas de cada relevador con su respectiva activación de su equipo eléctrico. Consiguiendo así la funcionalidad de la automatización de ventilación de salas.

Etapa de motores activados electromecánicamente.

Como se mencionó en textos anteriores, los motores que suministran la alimentación de los puercos y motores de cortinas tendrán simple activación por medio de guardamotors. Ya que por protección del sistema eléctrico también se utilizó la misma estructura.



3.3.5. Diagrama del centro de control de motores de etapa electromecánica.

En el diagrama 3.3.5., se muestra que la activación de estos motores de alimentación será manualmente. Y su operación de transportar el alimento se realizara con ayuda de sensores de llenados, ubicados en los contenedores principales. En cuanto a los motores de cortina se activaran de la manera manual, siendo su objetivo subir y bajar las cortinas con base a un riel de desplazamiento.

4 Resultados y conclusiones

4.1 Resultados.

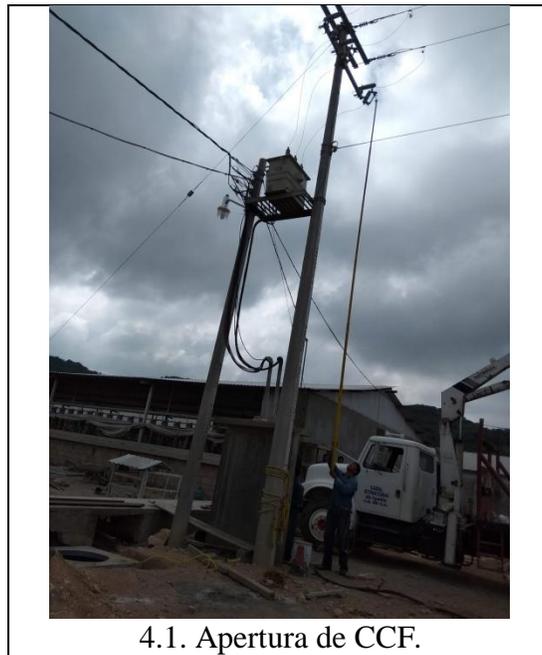
Cambio de transformador y transición de MT A BT.

Se llevó a cabo la puesta del transformador de 150 KVA, ya que la potencia que suministrará la automatización actual consumirá más energía eléctrica. El transformador anterior tenía una capacidad de 112.5 KVA el cuál no cumplía con la capacidad de suministro para la automatización del sitio.

Para poder hacer éste cambio de transformador y la transición de MT a BT, se consideró un tiempo aproximado a 2 horas. Así que este rango de tiempo fue programado en el horario de 07:00 am – 09:00 am, ya que en este tiempo el consumo de energía disminuye y no afecta en el ambiente a los porcinos dentro de las casetas.

Cabe aclarar que, en tanto, se hicieron las modificaciones pertinentes se mantuvo la instalación eléctrica anterior mientras conseguíamos la remodelación de la caseta y cambio de conductores con los nuevos equipos eléctricos.

Primero se realizó la apertura de cortacircuitos fusibles de las tres fases de energía de MT con ayuda de la pértiga (anexo 13), esto para trabajar de forma muerta (sin energía) para evitar peligros en el cambio del transformador (imagen 4.1.). Por seguridad se apertura las fases de los extremos y después el centro, para evitar riesgos de arcos eléctricos.



4.1. Apertura de CCF.

Posteriormente se realizó el cambio de transformador (Imagen 4.2.).



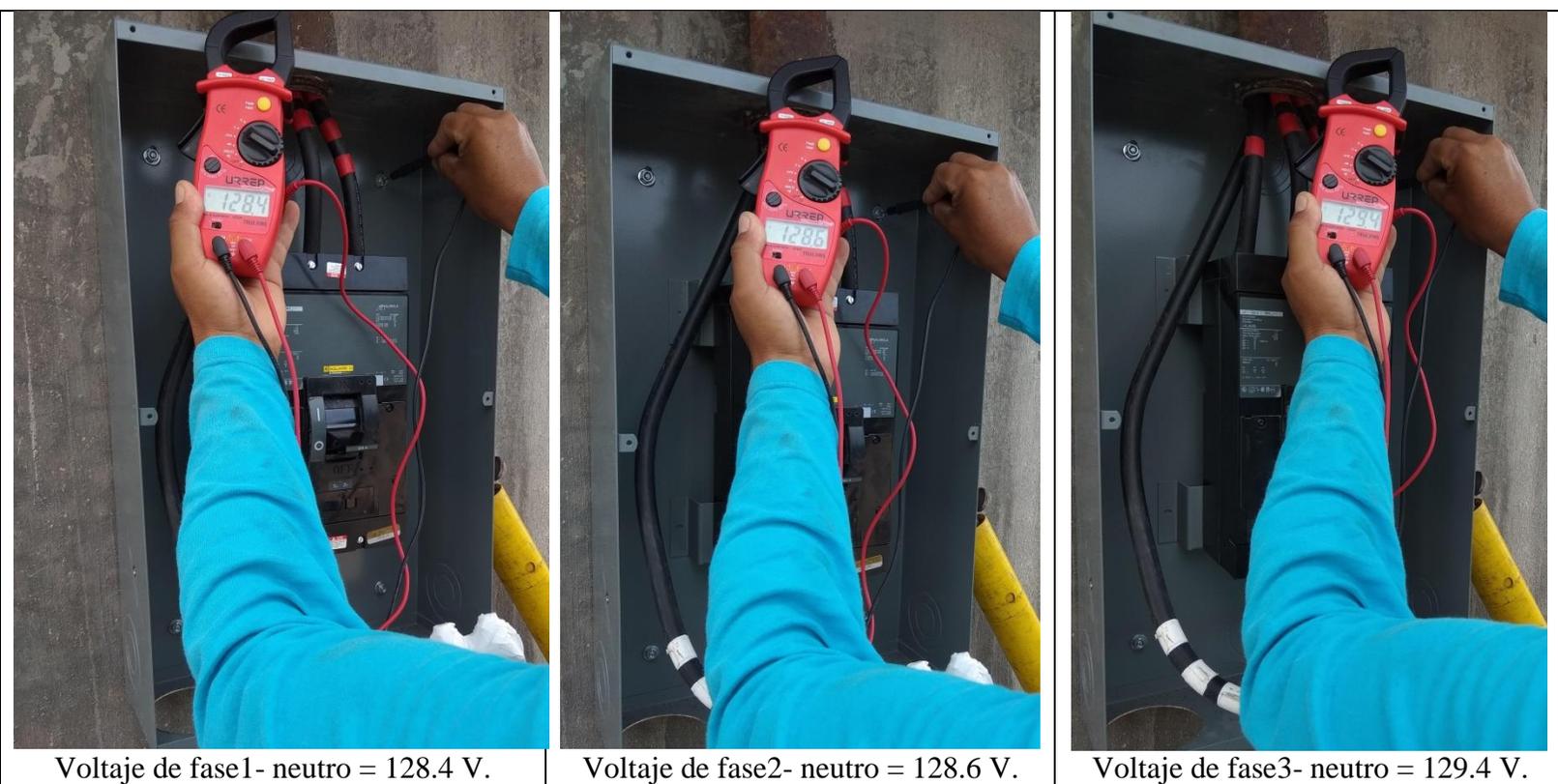
4.2. Cambio del T1= 112.5 KVA.



4.2. T2= 150 KVA.

Obteniendo el conexionado del transformador en el lado de MT, se realizó la puesta de conductores de calibre 3/0 de cobre en su salida de BT, para habilitar los interruptores primarios de 3x300 amperes cada uno (2 interruptores). Consiguiendo la transición y la ubicación de los 2 interruptores primarios, se restablecen los cortacircuitos fusibles y hacemos las mediciones eléctricas de voltaje de fases.

Medición de fase a neutro.



Los resultados de fase a neutro son totalmente similares. No existe un desbalance de fase excesivo. Esto quiere decir que tendremos el voltaje que necesitan nuestros equipos monofásicos (1 fase y neutro).

Ahora las mediciones de voltajes de fase a fase.



Voltaje de fase1- fase2 = 223.1 V.



Voltaje de fase2- fase 3 = 223.7 V.



Voltaje de fase1- fase3 = 223.9 V.

Registros subterráneos y conductores de interruptores secundarios de cada sala.

Registros tipo RMTB3 y manguera de 3''.



Posteriormente se llevó a cabo el cableado del conductor que viaja de los interruptores primarios a los interruptores secundarios de cada sala, con el número de calibre 1/0 de cobre y con tierra física calibre 6 desnudo de cobre. 4 conductores 1/0 (3 conductores de fase y 1 neutro) y 1 calibre 6 AWG para la tierra física en cada tubería de 3´´.

Se aterrizó el sistema eléctrico en cada registro con varilla copperweld.



4 Conductores de F y N cal. 1/0 y 1 cal. 6 TF



Varilla de tierra física copperweld en cada registro.

Interruptores secundarios de salas.

El calibre número 1/0 llega hasta cada sala de gestación y energiza el interruptor secundario de 3x150 amperes. Posteriormente se deriva en el tablero de distribución de iluminación, el CCM y el controlador Expert.

A continuación la ubicación de tableros.

1. ITM SECUNDARIO 3x150 amperes.
2. Tablero de distribución de iluminación de sala e hidrolavadora.
3. Centro de control de motores de extractores, bombas centrífugas, motores de alimentación para los puercos y motores de cortinas.
4. Control Expert.



Control total de cada sala anterior.



Control total de cada sala nuevo.

Recordemos que tenemos electricidad en el interruptor secundario de 3x150 amperes únicamente.

Teniendo la ubicación de los tableros en el lugar correspondiente, se realiza la remodelación de la instalación eléctrica automatizada. Con los calibres de conductores calculados en el desarrollo, que conducirán de los equipos eléctricos a los tableros de control. En base a la siguiente tabla se realizó el cableado de la instalación.

Equipo	Calibre de conductor	Ampacidad de conductor
Extractores	12	25
Bombas centrífugas	14	20
Motor de cortina	14	20
Motor de alimentación	12	25
Sistema de iluminación	12	25
Hidrolavadora	12	25

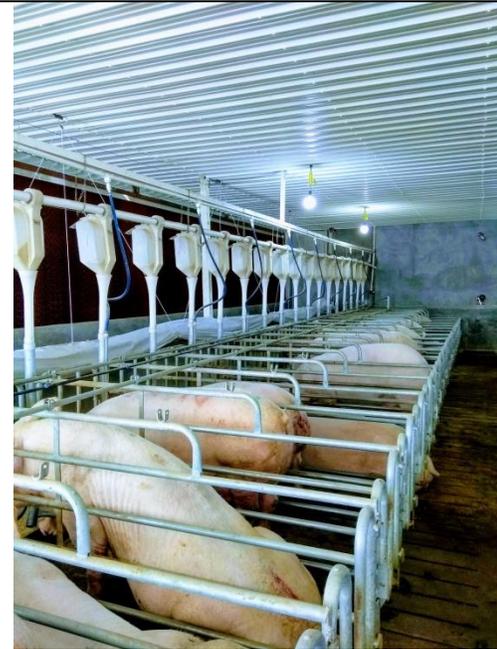
A continuación capturas de la instalación industrial de las salas.



Cableado aparente (dentro de tubería PVC de 1").



Contactos de motores 2 ϕ de extracción (instalación industrial IP67).



Sistema de iluminación 1 ϕ (instalación industrial IP67).

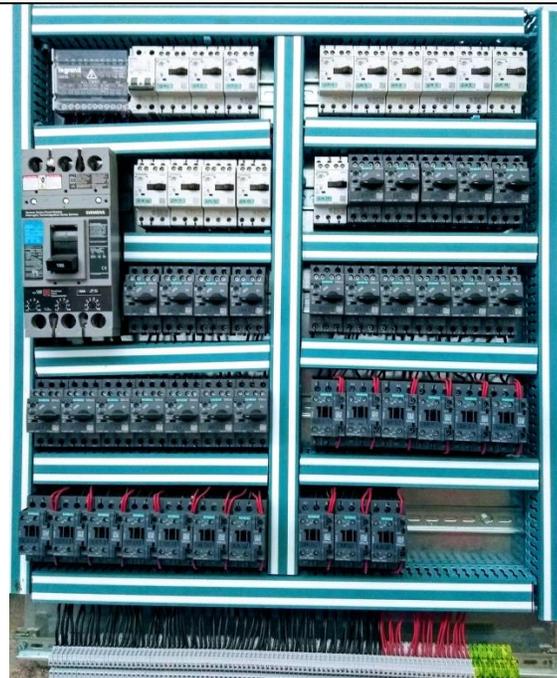
Posteriormente, teniendo el cableado listo, se llevó a cabo el cierre de conexiones en los tableros de distribución de iluminación, el CCM y el control Expert (ninguno de estos tableros está energizado, solo el ITM secundario de 3x150 amperes).



Cierre de conexiones en el tablero QO20 de iluminación y CCM.



Tablero de distribución QO20 Squar D.

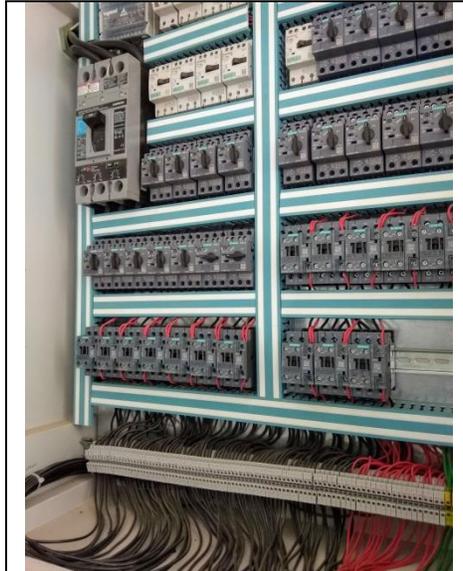


CCM'S.



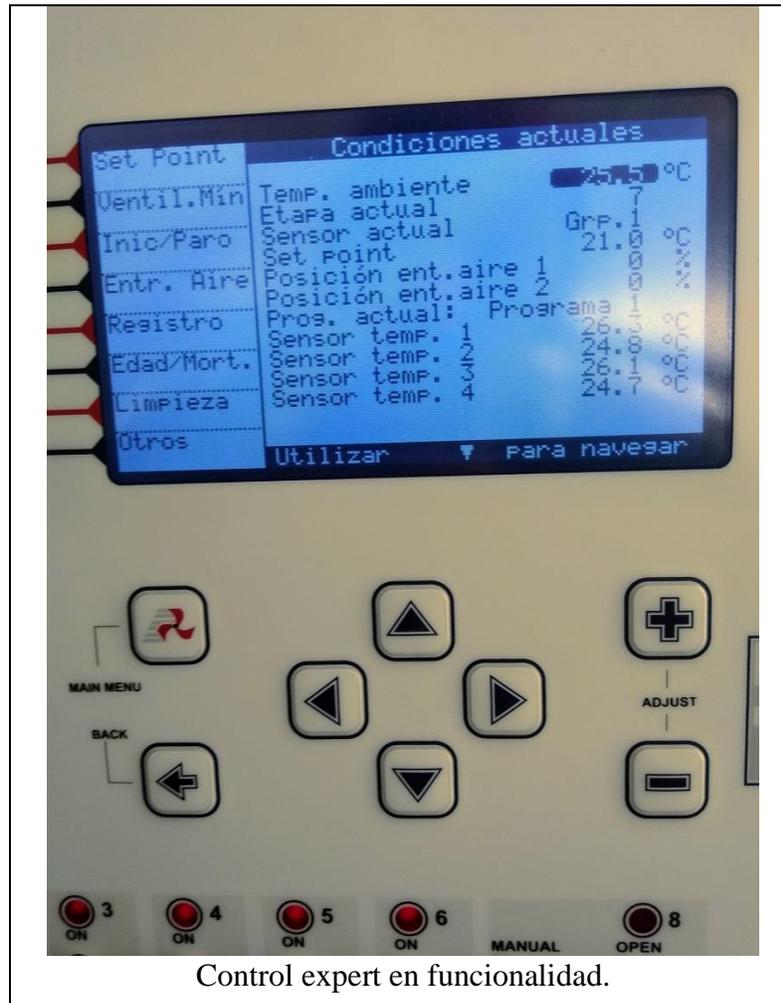
Control Expert.

En las imágenes anteriores tenemos la demostración del cableado en los tableros de mando. Y se realizó la energización de estos mismos, derivándolo del ITM secundario. Todo esto para poder darle funcionalidad de arranque al sistema automatizado de ventilación. Se activaron interruptores, guardamotores y por lo consiguiente las activaciones de manera manual del controlador Expert.



Se realizaron pruebas de los equipos eléctricos de manera manual para saber si todo el sistema operaba y estaba totalmente correcto. Obteniendo el sistema al 100% aprobado de errores, se realizó la programación de parámetros de temperatura en el controlador Expert y se hizo la programación total del sistema de ventilación con extractores por etapas.

Pasamos de la configuración manual a automática. Todo esto para comprobar que el sistema es eficiente y cumple con las exigencias del proyecto.



Control expert en funcionalidad.

Como se ve en la imagen anterior, el sistema está en marcha correctamente. Obteniendo señales de entrada por medio de los sensores y realizando la operación promedio de la temperatura internamente en el controlador, la cual dará la orden de activación del sistema.

Con base a la temperatura de mando 21°C que es el parámetro, se desactivaran los motores de extracción, considerando que si el sistema automatizado está fuera de ese parámetro como es el caso de la imagen 25.5° (ejemplo), el equipo de extracción y paneles de humidificación estarán activados hasta conseguir la temperatura de mando.

Consiguiendo esta temperatura, una etapa del sistema descansara, hasta que la temperatura se vuelva a variar entrara otra etapa. Esto para ahorrar energía eléctrica, intercalando los extractores en las 14 etapas de ventilación.

4.2 Conclusiones.

La automatización de ventilación de casetas, representa mucha importancia para el manejo total del ambiente interno en el sitio. Obteniendo como ventaja general la eficiencia y calidad en producción porcina. Se logra concluir que es vital para alcanzar mayores índices de productividad, reduciendo tiempo y mejorando la calidad de confort en el estado porcícola.

Se consiguió ésta mejora con bases fundamentales como fue el análisis de cargas, cálculo de nuevos equipos eléctricos y establecimiento de circuitos con materiales adecuados. Se evaluó la remodelación del sistema de ventilación abierta al sistema de ventilación con ambiente controlado, mediante la ventilación tipo túnel en el cual se logra destacar la importancia que genera el sistema eléctrico en la implementación de un sistema automatizado.

Los resultados obtenidos demuestran un correcto funcionamiento en el sistema automatizado de ventilación, disminuyendo las actividades de los trabajadores y resolviendo las problemáticas eléctricas que se presentaban en el sistema de ventilación abierto.

Bibliografía

- © Copyright 2007 RTE de Mexico. (s.f.). *RTE DE MÉXICO*. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de RTE DE MÉXICO: <http://rte.mx/transformadores/poste-trifasico>
- © S&P 2018. (s.f.). *S&P Sistema de ventilación*. . Recuperado el 10 de octubre de 2018, de S&P Sistema de ventilación. : <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/extractor-de-aire/>
- Carrier Corporation 2018. (2018). *Carrier*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Carrier: <https://www.carrier.com/commercial-refrigeration/es/ib/about/willis-carrier/>
- Copyright © 1999-2018 Engormix. (1999-2018). *Porcicultura*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Porcicultura: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/granja-porcina-confinamiento-sistemas-t26962.htm>
- Copyright © AGCO Corporation. 2018. (s.f.). *Controlador de ventilación experto ww*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Controlador de ventilación experto ww: <http://www.cumberlandpoultry.com/products/climate-control/controls/expert-climate-controllers.html>
- Copyright, 2. ©. (2016). *Silber Ventilación Inteligente*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Silber Ventilación Inteligente: <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/evolucion-de-los-sistemas-de-ventilacion-a-lo-largo-de-la-historia/>
- EcuRed 2018. (s.f.). *EcuRed*. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de Ecured: https://www.ecured.cu/Transformador_el%C3%A9ctrico
- FI, I. (s.f.). *Máquinas Eléctricas*. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de Máquinas Eléctricas: <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/motor-de-induccion/>
- info@grupointustrial.cl. (s.f.). *Grupo Industrial*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Grupo Industrial: <http://mundoventilacion.cl/ventilacion-automatizada.html>
- Isma 12 Noviembre 2016. (s.f.). Como funciona. . *Como funciona cada cosa paso a paso*. México .
- Meritxell Esquiús, julio 25, 2016 in Know How. (s.f.). *Ventilación automatizada en la Smart Home*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de Ventilación automatizada en la Smart Home: <https://www.loxone.com/eses/ventilacion-automatizada-en-la-smart-home/>

selecciones avícolas • septiembre 2014. (s.f.). *¿QUÉ DISEÑO DE LA VENTILACIÓN ES EL MÁS ADECUADO? casos prácticos.* . Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de *¿QUÉ DISEÑO DE LA VENTILACIÓN ES EL MÁS ADECUADO? casos prácticos.* .

selecciones avícolas • septiembre 2014. (s.f.). *¿QUÉ DISEÑO DE LA VENTILACIÓN ES EL MÁS ADECUADO? casos prácticos.* . Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de *¿QUÉ DISEÑO DE LA VENTILACIÓN ES EL MÁS ADECUADO? casos prácticos.* : <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2014/9/006-010-Medio-ambiente-ventilacion-Garcia-Freire-SA201409.pdf>

Soto ©2017. (2017). *Historia y evolución de la ventilación mecánica.* Recuperado el 28 de Septiembre de 2018, de *Historia y evolución de la ventilación mecánica.*: <https://fcsalud.ua.es/es/portal-de-investigacion/documentos/monografias-libros-y-capitulos-2016/historia-y-evolucion-de-la-ventilacion-mecanica.pdf>

Tecnología Área ©. (s.f.). *TECNOLOGÍA.* Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de *TECNOLOGÍA:* <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>

Transformadores Subterráneos y Aéreos S.A de C.V. 2000. (s.f.). *Transformadores marca Daltor.* Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de *Transformadores marca Daltor:* <http://daltor.com.mx/por-que-preferir-daltor/>

Wikipedia®. (s.f.). *Wikipedia.* Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de *Wikipedia:* <https://es.wikipedia.org/wiki/Guardamotor>

Anexos

Anexo 1.

Inyección de aire: en estos sistemas se produce una impulsión de aire mediante equipos de ventilación a las estancias, lo que hace que se encuentren situados normalmente en los techos o paredes para impulsar el aire. En función del tamaño de la estancia puede ser necesario el uso de varios ventiladores para la impulsión del aire.

Además, el aire se calienta o se enfría en los procesos de climatización: añadir o quitar calor de la masa de aire, exige un consumo de energía, que cuesta dinero y emite gases nocivos a la atmósfera. Luego, en las épocas en que el aire se trata térmicamente, hay que tasar los caudales que se introducen en los locales.

Anexo 2.

Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Ambiente controlado: Entorno cerrado donde parámetros tales como luz, temperatura, humedad relativa y, algunas veces presión parcial de los gases (e incluso su composición), están completamente controlados.

Anexo 3.

ITM (Interruptor Termo Magnético): es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Anexo 4:

Motor eléctrico: El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Silo: es una construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel; son parte del ciclo de acopio de la agricultura.

Lámparas fluorescentes: denominada tubo fluorescente, y una armadura, que contiene los accesorios necesarios para el funcionamiento. La lámpara es de descarga de vapor de mercurio a baja presión y se utiliza normalmente para la iluminación doméstica o industrial. Su ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

IP67: El grado de protección IP hace referencia a la norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection, utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc.

- Las letras «IP» identifican al estándar (del inglés: Ingress Protection).
- El valor «6» en el primer dígito numérico describe el nivel de protección ante polvo, en este caso: «El polvo no entra bajo ninguna circunstancia».

- El valor «7» en el segundo dígito numérico describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua), en nuestro ejemplo: «El objeto debe resistir (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos».

Como regla general se puede establecer que cuando mayor es el grado de protección IP, más protegido está el equipamiento.

Anexo 5:

THE GSI GROUP: Es una marca que vende equipos adecuados para la construcción de una granja, GSI tiene los recursos que necesita para ayudar a planificar el sistema de grano perfecto, así como todo lo que necesita para que su sistema funcione de manera eficiente y segura.

Anexo 6:

AMPACIDAD: La corriente máxima (también conocida como corriente admisible y, sobre todo en los países hispanoamericanos, como ampacidad, tomado del inglés ampacity) es la máxima intensidad de corriente que puede circular de manera continua por un conductor eléctrico sin que éste sufra daños.

Esta corriente varía según las condiciones en que se encuentre el conductor, su sección, el material de su aislamiento y de la cantidad de conductores agrupados. Posteriormente se muestra una tabla de ampacidad.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
	Cobre			Aluminio			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Tabla de ampacidades de conductores de cobre y aluminio.

Anexo 7:

POTENCIA ACTIVA: es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida en el vatio (W).

Anexo 8:

VALORES OFICIALES DE LA CONDUCTIVIDAD DEL COBRE (Cu). Se han popularizado ciertos valores de conductividad para Cu y Al que se emplean en los cálculos de caídas de tensión en las líneas. Es hora de confirmar con las normas la exactitud de dichos valores.

Con los cálculos de caídas de tensión incidimos en la importancia de considerar la temperatura de los conductores para obtener un valor real de las caídas de tensión. Difundiendo el mensaje de considerar la temperatura máxima admisible en los conductores (situación más desfavorable) cuando no se sabe la temperatura real para no desvirtuar los cálculos ya que las desviaciones en los resultados puede ser de casi un 30 %.

Según los conductores de cobre en la norma UNE 20003 (Cobre-tipo recocido e industrial, para aplicaciones eléctricas) recoge los siguientes valores:

- Resistividad del cobre-tipo recocido a 20 °C:
- Conductividad = $1/58 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (en lugar del popular valor $1/56 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) que es igual a $0.0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- Coeficiente de variación con la temperatura de la resistencia a 20 °C:
 $\alpha_{\text{Cu}} = 0,00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Anexo 9:

La NEC (Código eléctrico nacional) recomienda que la caída de voltaje máxima combinada para el alimentador, más el circuito ramal no debe superar el 5% y el máximo en el circuito alimentador o ramal no debe superar el 3% .Esta recomendación es un problema de rendimiento, no es una cuestión de seguridad.

El propósito del Código Eléctrico Nacional es la protección práctica de las personas y los bienes contra los peligros derivados del uso de la electricidad. Se recomienda que los conductores del alimentador estén dimensionados para evitar una caída de voltaje máxima del 3%. La caída de voltaje total máxima para una combinación de circuito ramal y alimentador no debe exceder el 5%.

Anexo 10:

Tabla de conductores con base a la dimensión.

Ohms al neutro / km									
Tamaño nominal del conductor		Reactancia inductiva para todos los conductores (ohm/km)		Resistencia a la corriente alterna a 75 °C de conductores de cobre (ohm/km)			Resistencia a la corriente alterna a 75 °C de conductores de aluminio (ohm/km)		
mm ²	AWG/ kcmil	Con-duit de PVC o Al	Con-duit de acero	Con-duit de PVC	Con-duit de Al	Con-duit de acero	Con-duit de PVC	Con-duit de Al	Con-duit de acero
2,08	14	0,190	0,240	10,20	10,20	10,20	--	--	--
3,30	12	0,177	0,223	6,6	6,6	6,6	--	--	--
5,26	10	0,164	0,207	3,9	3,9	3,9	--	--	--
8,36	8	0,171	0,213	2,56	2,56	2,56	--	--	--
13,3	6	0,167	0,210	1,61	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66
21,15	4	0,157	0,197	1,02	1,02	1,02	1,67	1,67	1,67
33,62	2	0,148	0,187	0,62	0,66	0,66	1,05	1,05	1,05
53,48	1/0	0,144	0,180	0,39	0,43	0,39	0,66	0,69	0,66
67,43	2/0	0,141	0,177	0,33	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52
85,01	3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,43	0,43	0,43
107,20	4/0	0,135	0,167	0,203	0,220	0,207	0,33	0,36	0,33
126,67	250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,279	0,295	0,282
152,01	300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,233	0,249	0,236
177,34	350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,200	0,217	0,207
202,68	400	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,177	0,194	0,180
253,35	500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,141	0,157	0,148
304,02	600	0,128	0,157	0,075	0,092	0,082	0,118	0,135	0,125
380,03	750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,095	0,112	0,102
506,71	1 000	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,075	0,089	0,082

La norma Oficial Mexicana de instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2005 indica que la caída de tensión máxima permitida en la instalación, tomando en consideración los cables del circuito alimentador y del circuito derivado, no debe ser mayor de 5%.

Para el caso de circuito derivado, la caída de tensión no deberá ser mayor de 3% y debe considerarse una caída de tensión máxima de 2% para el circuito alimentador. Si la caída de tensión resultante del cálculo es mayor a lo anterior, debemos considerar un calibre de cable mayor, volver a realizar las operaciones anteriores y verificar que se cumplan los porcentajes de caída de tensión sugeridos.

Anexo 11:

TERMOPARES: Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre.

SENSORES DE HUMEDAD: El sensor de humedad se usa siempre que sea necesario detectar la humedad del aire. El sensor de humedad se usa por ejemplo junto con un regulador para obtener una humedad constante en un laboratorio. El sensor de humedad se usa cada vez más en el sector de la técnica de calefacción, ventilación y climatización, así como en los procesos de producción que requieren un control de la humedad. Con frecuencia, además de medir la humedad, también es necesario medir la temperatura.

Anexo 12:

TERMOSTATOS: Un termostato es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Su versión más simple consiste en una lámina metálica como la que utilizan los equipos de aire acondicionado para apagar o encender el compresor.

Anexo 13:

PÉRTIGA: La pértiga telescópica con acoplamiento universal, fabricada con tubo de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio. Está diseñada para proporcionar protección contra descargas eléctricas, aislamiento térmico para evitar quemaduras o lesiones.

Anexo 14:

Levantamiento de cargas en la caseta de gestación porcina.

Con base a las modificaciones posteriores, se realizó un levantamiento de cargas actual en las casetas de gestación, para ver las condiciones del sistema eléctrico de ventilación, donde se harán las renovaciones.

Se identifica un transformador reductor de voltaje de 112.5 kV, el cual nos transforma el voltaje de MT a BT, éste transformador nos emite una red de bajo voltaje trifásico. Ésta red se interrumpe con un interruptor principal con capacidad de **300 Ampers**. Figura 1.1.



Figura 1.1. Interruptor termomagnético principal.

La red de baja tensión se distribuye en 4 salas con conductores neutrales 3+1 calibre 1/0, cada sala contiene un interruptor secundario con capacidad de **125 amperes** cada uno, ubicados en cada centro de carga. Figura 1.2.



Figura 1.2. Interruptor secundario.

A continuación se muestran los tableros donde se controlaban los motores bifásicos, en el primer tablero se controlaba los motores de distribución del alimento para porcinos y un equipo de hidrolavadora trifásico para dar mantenimiento en la misma sala. Figura 1.3. Y en el segundo tablero se tenía el control de iluminación de la sala y de motores de ventilación. Figura 1.4. Todos los equipos controlados por ITM'S.



Se encuentra un sistema de control de ventilación, el cual detecta la temperatura actual por medio de un sensor tipo termopar y manda activar los ventiladores para estabilizar el ambiente en la sala. Su activación es manualmente con interruptores termomagneticos desde el centro de carga. Figura 1.5.



Cada sala cuenta con 32 ventiladores bifásicos de $\frac{1}{2}$ hp cada uno, marca GSI GROUP. 1 interruptor de 30 amperes controla 8 ventiladores. Lo cual nos dice que con 4 interruptores de la misma capacidad controlamos toda la ventilación de la sala. Figura 1.6.

$$32 \times \frac{1}{2} \text{ hp} = 16 \text{ hp}$$

32 ventiladores multiplicados por $\frac{1}{2}$ hp que tiene cada motor de ventilación.

$$1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kW}$$

Equivalencia de 1 hp en kilo watts.

$$16 \text{ hp} \times (0.7457 \text{ kW}) = 11.9312 \text{ kW}$$

Potencia total de una caseta en el sistema de ventilación.

Se encuentran 16 motores bifásicos de $\frac{1}{2}$ hp cada uno, marca GSI GROUP. En el tablero de control se identifica que con 1 interruptor de 20 amperes controlamos 2 motores. Concluyendo que con 8 interruptores termomagnéticos conseguimos su activación de todos estos.

$$16 \times \frac{1}{2} \text{ hp} = 8 \text{ hp}$$

16 motores multiplicados por $\frac{1}{2}$ hp que tiene cada comedero.

$$8 \text{ hp} \times (0.7457 \text{ kW}) = 5.9656 \text{ kW}$$

Conociendo la equivalencia de 1 hp, conseguimos el total de la potencia de una caseta en el control de los motores.

En cuanto al sistema de iluminación, se tienen 90 focos monofásicos por caseta de 15 watts cada uno. Estos focos se controlan con interruptores de 15 amperes. En su totalidad tenemos 9 interruptores que controlan 10 focos cada uno.

$$90 \times (15 \text{ w}) = 1.350 \text{ kW}$$

Los 90 focos se multiplican por sus watts unitarios consiguiéndose así la totalidad de la potencia por caseta.

Ahora bien. Teniendo las cargas reconocidas, vamos a obtener la potencia en la caseta, considerando que son 4 salas que se encuentran alimentadas por el transformador de 112.5 kV.

$$\textit{Ventilacion} = \mathbf{11.9312 \textit{ kW}}$$

$$\textit{Motores de comederos} = \mathbf{5.9656 \textit{ kW}}$$

$$\textit{Iluminación} = \mathbf{1.350 \textit{ kW}}$$

$$\textit{Ventilación} + \textit{Motores de alimentación} + \textit{Iluminación} = \mathbf{19.2468 \textit{ kW}}$$

Se encuentra la potencia que se utiliza en cada sala. Ésta potencia será multiplicada por el número de salas en total en el sitio.

$$\mathbf{19.2468 \textit{ kW} \times 4 = 76.9872 \textit{ kW}}$$

Ahora vemos escrita la potencia total que se utiliza en el sitio alimentado por nuestro transformador.

Para saber si el transformador cuenta con la capacidad adecuada para suministrar los equipos eléctricos, se realiza el siguiente procedimiento. La capacidad del transformador está dada en kVA, pero la necesitamos en kW. Entonces.

$$\mathbf{112.5 \textit{ kVA} \times 0.9 \textit{ fp} = 101.25 \textit{ kW}}$$

Se realiza la anterior operación para conocer la potencia real, relacionando el factor de potencia con los kVA's del transformador, obteniendo así la potencia real (activa). Viendo lo anterior nos damos cuenta que el transformador está capacitado para el sistema que tiene actualmente. Pero a la vez estamos desperdiciando un porcentaje de energía que es igual a 24.26 kW.

En su totalidad se aprovecha un 76.21% de energía, desperdiciándose un 23.78 %.

Después de obtener la potencia real del transformador, se realiza el análisis en base a cálculos para saber si está capacitado para abastecer el nuevo sistema eléctrico automatizado.