



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

www.bdigital.ula.ve

AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO
DE INDULAC FÁBRICA EL VIGÍA

Br. María Laura Pérez Muñoz

Mérida, Marzo, 2021

Reconocimiento-No comercial- Compartir igual

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO
DE INDULAC FÁBRICA EL VIGÍA

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero

Electricista

Br. María Laura Pérez Muñoz

Tutor: Prof. Marisol Dávila Calderon

Asesor: Ing. Siúl Padilla

Mérida, Marzo, 2021

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

AJUSTE Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE
INDULAC FÁBRICA EL VIGÍA

Br. María Laura Pérez Muñoz

Trabajo de grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar por el título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente jurado.

www.bdigital.ula.ve

Ing. María Daniela Urriola

MSc. Ernesto José Mora Noguera

Dra. Marisol Dávila Calderón

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Carmen por mostrarme la salida en los momentos más difíciles.

A mis ABUELOS que desde el cielo me acompañaron en recorrido de este logro.

A mis PADRES **Claver** y **Juan** quienes siempre me apoyaron incondicionalmente, así como me acompañaron en cada momento difícil, y me han dado ejemplo de lucha y superación.

A mis HERMANAS Virginia, Francy y Daniela por siempre estar al pendiente a lo largo de mi carrera y en especial en el progreso de este trabajo.

A mis SOBRINOS Juan e Ivihan, para que vean en mí un ejemplo a seguir para cumplir sus metas.

A FRANK quien me acompañó en gran parte de mi carrera y en el desarrollo de mi trabajo.

www.bdigital.ula.ve

María Laura Pérez Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen del Carmen por guiarme en el camino ante situaciones difíciles.

A mis PADRES por brindarme siempre apoyo incondicional, por confiar en mí y por ser la persona que soy, este triunfo es de ustedes.

A mis HERMANAS por siempre apoyarme, ayudarme y aconsejarme, las quiero mucho.

A FRANK GUADUA por acompañarme en todo momento en especial en momentos difíciles, gracias por apoyarme, por entenderme.

A mis AMIGOS con los que compartí gran parte de mi carrera con rizas, bromas, frustraciones y discusiones, son ustedes el camino fue muy bonito. Los quiero mucho, donde quiera que se encuentren.

A INDULAC VIGÍA por abrirme las puertas para la realización de este trabajo, al personal técnico quien me apoyo día a día en el progreso de cada parte del proceso.

A mi TUTORA Prof. Marisol Dávila, gracias por creer en mí y darme la oportunidad de realizar el trabajo, gracias por toda la asesoría y apoyo que me brindo.

Al Sr Leonardo Montilla por brindarme su confianza y su apoyo todos estos años.

María Laura Pérez Muñoz

María Laura Pérez Muñoz, Ajuste y coordinación de protecciones en el sistema eléctrico de INDULAC Fábrica el Vigía. Universidad de los Andes, Tutor académico: Prof. Marisol Dávila Calderón, Marzo 2021.

Resumen

En el presente trabajo se analizó la coordinación de protecciones para un sistema eléctrico industrial, donde se estudiaron diferentes tipos de dispositivos de protección para la detección y despeje de fallas, para lo cual dichos dispositivos de protección deben ser ajustados y coordinados de tal forma que opere solo el dispositivo que se encuentre más cerca de la falla, si por alguna razón el dispositivo no opera, entonces debe operar el siguiente. Para este estudio se comienza por realizar una recopilación de datos de los equipos eléctricos y los dispositivos de protección que utilizan con sus respectivos parámetros de ajustes. Se realiza el levantamiento de planos para la identificación de circuitos, barras y cargas por circuito, se hizo un estudio de cortocircuito para conocer los valores de las corrientes máximas que se presentan en la barra de 440 V en caso de alguna falla. Los resultados de este estudio nos permiten realizar los ajustes y la coordinación de los dispositivos de protección (fusibles, interruptores termomagnéticos, contactores y relés Térmico), además se pueden analizar los niveles de corriente de falla para verificar que los dispositivos puedan soportar este valor de corriente. Se logró hacer un cálculo de ajuste para cada uno de los diferentes dispositivos de protección, dependiendo de su esquema de conexión, obteniendo así un diagrama de protecciones adecuado a las exigencias del complejo industrial en estudio.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1 problemas en el sistema de protecciones de la planta Indulac-parmalat El Vigia	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Alcances.....	5
1.5 METODOLOGÍA.....	5
1.6 La Empresa INDULAC Fabrica El –Vigía.....	25
1.6.1 Misión.....	25
1.6.2 Visión	26
1.6.3 Valores.....	26
1.6.4 Política.....	26
Capitulo II.....	3
2 Fundamentos teóricos para protecciones electricas	3
2.1 Conceptos.....	3
2.1.1 Sistema de Protección.....	3
2.1.2 Determinación de corrientes de cortocircuito.....	8
2.1.3 Protección contra cortocircuitos	12
2.1.4 Protección contra sobrecarga.....	13
2.1.5 Dispositivos de Protección	14

2.2	Coordinación de equipos de protección en serie	20
2.2.1	Interruptor-Fusible.....	20
2.2.2	Fusible-Fusible	1
2.3	Curva ANSI (American National Standard Institute).....	22
CAPITULO III		27
3	Determinación del sistema eléctrico actual.....	27
3.1	Recopilación de información de equipos mediante fichas técnicas e instructivos de trabajo.	27
3.2	Trabajo de campo e inspección visual	28
3.3	Entrevistas al personal de servicio técnico para recolectar información basadas en sus experiencias	28
3.4	Datos recopilados.....	29
3.5	Curvas de ajustes de coordinación de protecciones actuales en los diferentes transformadores	48
Capítulo IV		54
4	Estudio de cortocircuito en el sistema eléctrico de INDULAC-parmalat.....	54
4.1	Niveles de cortocircuito del sistema	54
4.2	Niveles de corriente de cortocircuito en la barra de 115 KV de la S/E “Vigía I”	54
4.3	Verificación de niveles de cortocircuito	56
4.3.1	Cálculos de corrientes de cortocircuito trifásico y monofásico.....	63
4.4	Coordinación de protecciones para transformadores.....	66
4.5	Coordinación de protecciones para equipos eléctricos.	67
Conclusiones.....		77
Recomendaciones		79
Bibliografía.....		80
Anexos.....		81

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Pag
2.1 Característica de funcionamiento Tiempo Vs Intensidad de un fusible gG (SOCOMECA, 2019).....	19
2.2 Curva de coordinación Interruptor- Fusible (Espinoza y Lara, 1990).....	1
2.3 Curva de daño del transformador de Categoría I.....	22
2.4 Curva de daño de un transformador con características II, III o IV	23
3.1 Curvas de coordinación actual del transformador Txp1.....	49
3.2 Curva de Daño del Tx3.....	50
3.3 Curva de daño del transformador Tx4 y protecciones.....	51
3.4 Curvas de coordinación de banco de transformadores en planta de tratamiento.....	51
3.5 curvas de coordinación de protecciones del transformador Tx6	52
3.6 Curvas de coordinación del transformador de alumbrado.....	53
4.1 Ajuste en coordinación de transformador de Pozos	67

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pag.
2.1 Categoría del transformador	22
2.2 Puntos para definir la curva de daño del transformador	23
2.3 Impedancias mínimas	24
2.4 Factor ANSI.....	24
3.1. Datos de los transformadores en la S/E "INDULAC"	28
3.2. Datos de equipos en Sala de refrigeración.....	29
3.3. Datos de equipos en sala de calderas.....	30
3.4. Aventadores 1,2 y 3	31
3.5. Datos de equipos en Aventadores 4 y 5.....	32
3.6.Datos de equipos de la Torre de enfriamiento.....	33
3.7 Datos de equipos en Estandarización	34
3.8. Datos de equipos en sala de condensación	37
3.9.Datos de equipos en Recepción	38
3.10. Datos de equipos en Egrón 1	39
3.11. Datos de equipos en Sala de Máquinas	40
3.12. Equipos en Egrón 2	41
3.13 Datos de equipos en Llenaje.....	42
3.14. Datos de equipos en Lab. General	43
3.15. Datos de equipos en Servicio Técnico.....	44
3.16 Demanda del transformador de alumbrado	44
3.17 datos de transformador Elevador.....	45
3.18 Datos de equipos en Circuito viviendas	46
4.1. Datos del fabricante	60
4.2. Impedancias equivalentes en las barras del sistema eléctrico de potencia	63
4.3 Corrientes de cortocircuito en las barras del sistema de potencia en estudio.....	65
4.4 Ajustes en Sala de refrigeración	68
4.5 Ajustes en sala de calderas	68
4.6 Ajustes en sala de Aventadores A	69

4.7Ajustes en sala de Aventadores B	69
4.8 Ajustes en Torre de Enfriamiento.....	69
4.9 Ajustes en Sala de Condensación	70
4.10 Ajustes en Egrón 1.....	71
4.11 Ajustes en Egrón 2.....	72
4.12 Ajustes en Llenaje	73
4.13 Ajustes en Talleres.....	73
4.14 Ajustes en sala de Máquinas.....	74
4.15 Ajustes en Recepción.....	74
4.16 Ajustes en Estandarización.....	74
4.17 Ajustes en Área de pozos.....	75
4.18 Ajustes en Planta de Tratamiento	75
4.19 Ajuste en Viviendas.....	76

www.bdigital.ula.ve

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
2.1 Diagrama fasorial trifásico de secuencia positiva (Espinoza y Lara, 1990).....	9
2.2 Diagrama fasorial trifásico de secuencia negativa	10
2.3 Diagrama fasorial trifásico de secuencia cero	10
2.4 Interconexión de las mallas de secuencia (Espinoza y Lara, 1990)	13
2.5 Característica de funcionamiento de un interruptor Termomagnético	17
2.6 Acción termomagnética de un interruptor	¡Error! Marcador no definido.
2.7 Esquema de coordinación Interruptor-Fusible (Espinoza y Lara, 1990).....	20
2.8 Esquema de coordinación Fusible-Fusible	1
3.1 Fusibles en aventadores	31
3.2 Contactor para aventador 5.....	32
3.3.Tablero en la torre de enfriamiento	33
3.4. Tablero Estandarización	35
3.5.Tablero de condensación	36
3.6 Tablero Recepción.....	38
3.7 Tablero Egrón 2	41
3.8 Transformador de alumbrado	45
3.9 Distribución del transformador Elevador	46
3.10 Diagrama Unifilar INDULAC.....	48
4.1 Diagrama unifilar desde la barra 115 KV de la S/E “Vigía I”	55
4.2 Sistema de potencia desde S/E “Vigía I” hasta S/E “INDULAC”	56

INTRODUCCIÓN

El sistema de protecciones eléctrico de la empresa INDULAC Fabrica El Vigía es fundamental para el trabajo continuo de cada nivel del proceso, esta Compañía cuentan con 12 espacios de producción en los cuales se ubican gran cantidad de motores y equipos eléctricos que trabajan de manera articulada, gran parte de estos equipos tienen más de 60 años instalados y en los que han sido reemplazados no han sido ajustados los dispositivos de protección como consecuencia de esto se han generado pérdidas en motores y dispositivos de protección, es por ello que surge la necesidad de hacer un ajuste adecuado de las protecciones del sistema eléctrico de INDULAC Fábrica El Vigía para esto es necesario tener una data de todos los equipos eléctricos en la empresa, unos planos eléctricos que nos ayuden a identificar los circuitos y conocer los equipos de protección que están actualmente en la empresa. Para el desarrollo de este trabajo de grado fue necesaria la repartición en capítulos que se exponen a continuación:

En el capítulo I se plantean los problemas en el Sistema de protecciones, se realiza la justificación, la metodología empleada y se hace mención a los objetivos establecidos para la ejecución del presente trabajo los cuales dan respuesta a la problemática presentada de la planta INDULAC Fábrica el Vigía.

En el capítulo II se presentan los Fundamentos teóricos para el estudio de las protecciones eléctricas. Se presentan todas las bases teóricas que dan sustento a la presente investigación. Contiene también toda la información teórica para la coordinación de protecciones y el método de construcción de la curva ANSI para representar el daño del transformador ante cortocircuito.

En el capítulo III muestra el sistema eléctrico actual en la fábrica. En este capítulo se establecen los procedimientos necesarios para obtener los datos de todos los equipos eléctricos y la información necesaria para diseñar los planos eléctricos.

En el capítulo IV se realizan estudios de cortocircuito y nuevos ajustes. Se presentan los valores de corriente de cortocircuito para hacer la coordinación a las protecciones de los transformadores y motores.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones surgidas de la elaboración de este trabajo.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PROTECCIONES DE LA PLANTA INDULAC-PARMALAT EL VIGIA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía INDULAC fábrica el Vigía, es una empresa creada en 1969 dedicada a producir alimentos lácteos, como principal producto la leche en polvo, esta empresa cuenta con 12 áreas de trabajo y cada una de estas áreas tiene su circuito ramal para así todas conformar el sistema eléctrico de potencia. El sistema de protecciones eléctrico de la empresa INDULAC Fabrica El Vigía es fundamental para el trabajo continuo de cada nivel del proceso, en esta Compañía se cuentan con 12 espacios de producción en los cuales se ubican gran cantidad de motores y equipos eléctricos que trabajan de manera articulada, gran parte de estos equipos tienen más de 50 años instalados.

Actualmente la planta no cuenta con un sistema de protecciones actualizado, es por ello que se han generado daños irreparables a los motores y esto implica gastos imprevistos al momento de sustituirlos, además no hay un diagrama unifilar que facilite al personal de mantenimiento la identificación de equipos y circuitos, tampoco tiene una data actualizada de equipos instalados y en funcionamiento. Los sistemas eléctricos de potencia suelen tener fallas o averías inevitables, es por ello que las empresas buscan disminuir el impacto sobre los equipos, en

ocasiones se han presentado fallas que pudieron ser despejadas a tiempo, pero por problemas en algunos dispositivos de protección se han visto afectados directamente los motores.

En base a la problemática expuesta, este trabajo de investigación tiene como objetivos hacer una actualización de datos de equipos instalados, niveles de tensión e identificación de los circuitos de cada área, con estos datos se puede actualizar el diagrama unifilar de la empresa y con este realizar el cálculo de corrientes de cortocircuito para un óptimo ajuste y coordinación de las protecciones en diferentes puntos de importancia.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la empresa INDULAC, se han comprobado daños a equipos como motores, producto de ajustes inadecuados de las protecciones y se ha evidenciado que equipos eléctricos han sido instalados o cambiados y las protecciones no han sido ajustadas ni coordinadas. Por esta razón en este trabajo se plantea realizar una revisión exhaustiva del sistema de protecciones que se tiene en la planta para luego hacer un análisis detallado del comportamiento de las mismas y con esto proponer nuevos ajustes y calibración de todas las protecciones para eliminar las paradas por fallas en los equipos. Además, este trabajo proporciona un juego de planos eléctricos que ayudan a detectar fallas en el sistema de forma eficiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Ajustar las protecciones del sistema eléctrico de INDULAC Fábrica El Vigía.

1.3.2 Objetivos específicos

- Hacer el levantamiento del diagrama unifilar de la planta
- Determinar los niveles de cortocircuito en los puntos donde se deben ajustar las protecciones
- Determinar y realizar el ajuste adecuado de las protecciones

- Realizar la coordinación de las protecciones existentes en la planta

1.4 ALCANCES

El alcance principal del presente proyecto es crear una propuesta para ajustar las protecciones del sistema eléctrico INDULAC Fábrica el Vigía el cual permita solventar la problemática existente para evitar daños a los motores mediante el ajuste adecuado tomando en cuenta las siguientes actividades:

- Crear una data de la información de todos los equipos eléctricos que describan ordenadamente las principales características.
- Elaboración de planos eléctricos para la identificación de circuitos y motores que permitan al personal técnico realizar maniobras en corto tiempo.
- Realizar el cálculo de cortocircuito en base a los datos de cortocircuito tomados el día 29-06-2020 de la subestación Vigía I de la Barra de 115 kV suministrados por CORPOELEC y datos de equipos que se encuentran actualmente en la empresa.

1.5 METODOLOGÍA

La metodología a seguir en este trabajo es de tipo combinada, es decir, se trabajara en campo y al mismo tiempo se investigará y estudiará el comportamiento de los diferentes dispositivos de protección existentes en INDULAC Fábrica El Vigía, Se hacen recorridos a todas las áreas de la empresa para identificar todos los equipos existentes, luego se identificarán los dispositivos de protección y que parámetros de ajuste poseen, se usará la herramienta computacional DIgSILENT® para hacer el diseño de los planos eléctricos y una simulación de cortocircuito para corroborar los calculados por el método de las componentes simétricas, luego se definen los nuevos ajustes de las protecciones haciendo uso de las corrientes de cortocircuito para el caso de los transformadores y para el ajuste de los motores se considera el método del código eléctrico nacional con los diferentes factores dependiendo de las características de cada motor.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA PROTECCIONES ELECTRICAS

En este capítulo se hace una breve definición de los conceptos utilizados para el estudio de coordinación de protecciones, además, se describe el método utilizado para el cálculo de corrientes de cortocircuito y el método para realizar las curvas de daño de los transformadores que son importantes para la coordinación.

2.1 CONCEPTOS

2.1.1 Sistema de Protección

Es un conjunto de dispositivos que mantienen la vigilancia permanente de todos los parámetros eléctricos de importancia y cuya función es actuar de forma sensible, confiable, selectiva, segura y rápida ante fallas en el sistema eléctrico de potencia, esto mediante la apertura de los diversos interruptores.

La necesidad de disponer de un sistema de protección se desprende del hecho de que cualquiera de los elementos que hacen parte en un sistema de potencia puede fallar afectando al sistema y, por tanto, a los consumidores durante todo el tiempo que dicho elemento permanezca fuera de servicio. Todos los elementos de los sistemas están sujetos a fallas, pudiendo presentarse en cualquier momento.

El objetivo fundamental de los sistemas de protección es el detectar la falla, localizarla y, retirar rápidamente del sistema la parte fallada, permitiendo que el resto del sistema continúe prestando un buen servicio.

En la actualidad, los dispositivos utilizados frecuentemente para la protección a motores eléctricos contra cortocircuitos son interruptores termomagnéticos o fusibles, acompañados de un dispositivo relé térmico bimetálico para proteger frente a una sobrecorriente la cual es, una corriente de sobrecarga o de corto circuito. La corriente de sobrecarga es una corriente excesiva en relación a la corriente nominal de operación. Se presenta en los conductores y en otros componentes de un sistema de distribución. [1] [2]

2.1.2 Determinación de corrientes de cortocircuito

Para determinar las corrientes de cortocircuito se utiliza el método de las componentes simétricas, de esta forma se trabaja con un sistema equivalente balanceado de una sola fase en cualquier punto las corrientes en las tres fases son iguales en magnitud y separadas un ángulo de 120°; de la misma forma ocurre con los voltajes de fase a fase y fase a neutro.

Un punto importante de los cálculos de las corrientes de cortocircuito, es la especificación de la capacidad de cortocircuito de las barras. La capacidad de cortocircuito de una barra se define como $\sqrt{3}$ veces el producto de la tensión de la línea en la barra antes de la falla por la corriente que sale del punto de falla durante un cortocircuito trifásico.

$$MVA_{cc3\phi} = \sqrt{3} * V_{pre-falla} * I''_{cc3\phi} \quad (2.1)$$

La capacidad de cortocircuito de una barra indica la posible corriente de cortocircuito que puede soportar la barra sin sufrir desperfectos.

Los sistemas trifásicos fasoriales, usando el análisis de las componentes simétricas, son:

- Sistema de secuencia positiva.

Consiste en tres fasores de igual magnitud y 120° de separación de fases, cuya secuencia de fases es igual a la del sistema trifásico desequilibrado.

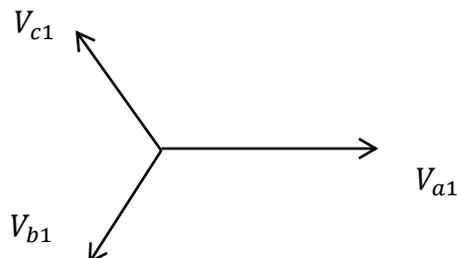


Figura 2.1. Diagrama fasorial trifásico de secuencia positiva

$$\begin{aligned}
 V_{a_1} &= V_{a_1} \\
 V_{b_1} &= a^2 * V_{a_1} = 1 \angle 120^\circ * 1 \angle 120^\circ * V_{a_1} = V_{a_1} \angle 240^\circ \\
 V_{c_1} &= a * V_{a_1} = 1 \angle 120^\circ * V_{a_1} = V_{a_1} \angle 120^\circ
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Donde el operador a es un número complejo cuya magnitud es uno y su ángulo $2/3 = 120^\circ$ es decir:

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

- Sistema de secuencia negativa.

Consiste de tres fasores de igual magnitud y 120° de separación entre fases, cuya secuencia de fases es opuesta a la del sistema trifásico desequilibrado.

$$\begin{aligned}
 V_{a_2} &= V_{a_2} \\
 V_{b_2} &= a * V_{a_2} = 1 \angle 120^\circ * V_{a_2} = V_{a_2} \angle 120^\circ \\
 V_{c_2} &= a^2 * V_{a_2} = 1 \angle 120^\circ * 1 \angle 120^\circ * V_{a_2} = V_{a_2} \angle 240^\circ
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

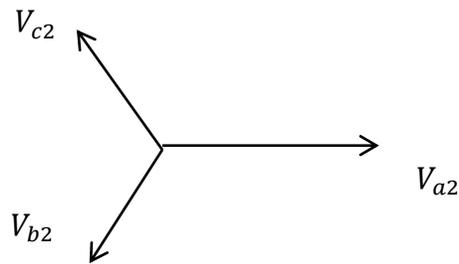


Figura 2.2. Diagrama fasorial trifásico de secuencia negativa

- Sistema de secuencia cero.

Consiste de tres fasores de igual magnitud y en fase, cuya secuencia de fases es la misma del sistema trifásico desequilibrado.

$$V_{a_0} = V_{b_0} = V_{c_0}$$

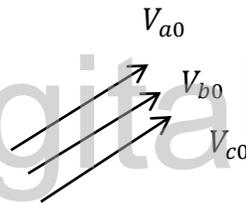


Figura 2.3. Diagrama fasorial trifásico de secuencia cero

Los diagramas fasoriales vistos previamente también son aplicados a las corrientes del sistema. Las siguientes relaciones se usan para hacer transformaciones de componentes simétricas a cantidades de fase.

$$\left. \begin{aligned} V_a &= V_{a_1} + V_{a_2} + V_{a_0} \\ V_b &= V_{b_1} + V_{b_2} + V_{b_0} \\ V_c &= V_{c_1} + V_{c_2} + V_{c_0} \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

De los diagramas fasoriales se obtienen las siguientes relaciones:

$$\left. \begin{aligned} V_{b_1} &= a^2 * V_{a_1} * V_{b_2} = a * V_{a_2} \\ V_{c_1} &= a * V_{a_1} * V_{c_2} = a^2 * V_{a_2} \\ V_{a_0} &= V_{b_0} = V_{c_0} \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

Sustituyendo (2.5) en (2.4) y agrupando en forma matricial, se tiene:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_{a_1} \\ V_{a_2} \\ V_{a_0} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Al sumar el sistema de ecuaciones anterior se tiene

$$V_a + V_b + V_c = V_{a_1}(1 + a^2 + a) + V_{a_2}(1 + a + a^2) + 3V_{a_0} \quad (2.7)$$

Por otro lado:

$$\left. \begin{aligned} a &= 1 \angle 120^\circ = \cos(120^\circ) + j\text{sen}(120^\circ) = -0,5 + j\sqrt{3}/2 \\ a^2 &= 1 \angle 240^\circ = \cos(240^\circ) + j\text{sen}(240^\circ) = -0,5 - j\sqrt{3}/2 \\ a^3 &= 1 \angle 360^\circ = \cos(360^\circ) + j\text{sen}(360^\circ) = 1 + j0 \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

Se sustituye (2.8) en la ecuación (2.7) y se tiene:

$$V_a + V_b + V_c = 3 * V_{a_0}$$

Despejando,

$$V_{a_0} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} \quad (2.9)$$

Como se mencionó previamente, un sistema trifásico balanceado se puede analizar con base en una fase. Esto es también aplicable a los tres sistemas de las componentes simétricas, que resultan de la aplicación del método de las componentes simétricas a un sistema trifásico

desbalanceado. Las mallas de secuencia positiva, negativa y cero son interconectadas, dependiendo del tipo de falla.

Las mallas de secuencia dan la siguiente ecuación:

$$I_a = \frac{3 * E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3 * Z_f} \quad (2.10)$$

Para una falla trifásica

$$I_{cc3\phi} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \quad (2.11)$$

Falla monofásica

$$I_{cc1\phi} = \frac{3 * V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3 * Z_f} \quad (2.12)$$

2.1.3 Protección contra cortocircuitos

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo. Los dispositivos de protección deben detectar el defecto e interrumpir el circuito muy rápidamente. Si es posible, antes de que la corriente llegue a su valor máximo. [3]

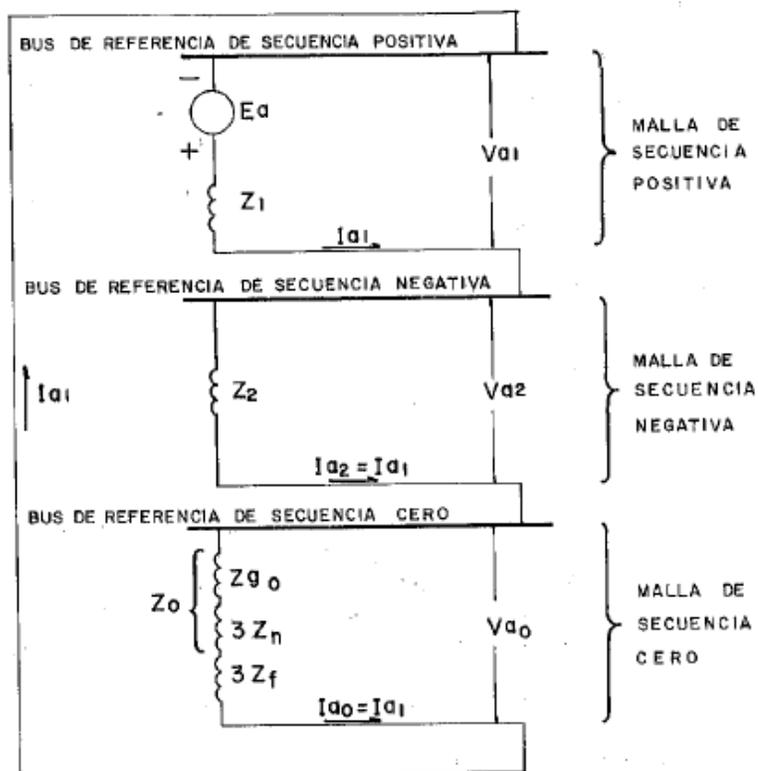


Figura 2.4 Interconexión de las mallas de secuencia [2]

2.1.4 Protección contra sobrecarga

La sobrecarga es el defecto más frecuente sobre las máquinas. Se presenta como un aumento de la corriente absorbida por el motor y por sus efectos térmicos. Hay casos en los que la vida de un motor se reduce en un 50% si su temperatura de funcionamiento se sobrepasa en 10% de manera permanente. Según el nivel de protección deseado y la categoría de empleo del receptor, la protección contra sobrecarga se puede realizar por:

- Relés Térmicos con bimetálicos que son los más utilizados y deben poseer funciones tales como:
 - ✓ Insensibilidad a las variaciones de temperatura ambiente.
 - ✓ Sensibilidad ante la pérdida de una fase.

- ✓ Protección por rotor bloqueado o arranque prolongado, definido por la clase de la protección térmica (Clase 10, 20 o 30).
- Relés a sondas por termistor (PTC): que controlan en forma directa la temperatura del bobinado estatórico.
- Relés electrónicos multifunción, que proveen por lo general la protección considerando las curvas del calentamiento del hierro y del cobre, además de disponer de entradas para sondas por termistores y funciones adicionales. [3]

2.1.5 Dispositivos de Protección

La escogencia de un dispositivo de protección no dependerá solamente de la inversión inicial que se haga sino de los resultados de operación que satisfacen las expectativas del usuario. En caso de seleccionar una protección con fusibles, al fundirse la lámina tendrá que reponerla para restablecer el servicio, por lo cual habrá que estar preparado para esta eventualidad. La reposición de un fusible muchas veces puede significar la pérdida de tiempo, que eventualmente en una vivienda, no puede tener tanta importancia como lo podría tener un edificio de oficinas, comercial o industrial, donde el tiempo se mide en dinero perdido por las horas hombre dejadas de producir. Por otro lado una combinación de fusibles con interruptor automático debidamente seleccionados puede brindar un excelente servicio y seguridad en el mantenimiento de equipos. [2]

- Interruptores

Un interruptor es el dispositivo que se utiliza para abrir o cerrar un circuito. Es un dispositivo de operación manual. Son fáciles de operar, en caso de falla por sobrecorriente un resorte abre el circuito rápidamente interrumpiendo el servicio. Para hacer la selección adecuada, es necesario conocer la corriente de carga y la tensión del sistema de alimentación. Son muy utilizados en instalaciones industriales.

- Interruptores automáticos

Son dispositivos diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, sin que sufra daño el mismo. El disparo se producirá únicamente para un valor determinado de corriente. [2]

Existen dos tipos de interruptores automáticos:

- ✓ Electromagnéticos en aire: En este dispositivo el valor del disparo puede ajustarse a un valor determinado regulando el tiempo en atraso o en forma instantánea conforme a las necesidades y la coordinación que había que hacer con el resto del sistema de protecciones de la instalación.
- ✓ Termomagnéticos en caja moldeada: Los interruptores termomagnéticos son diseñados para un tiempo fijo de disparo. En algunos casos estos dispositivos poseen unidades de disparo que se pueden cambiar conforme a las nuevas necesidades que podría imponer un sistema. Su operación se puede describir de tres maneras:
 - Manual.
 - Por sobrecorriente por acción magnética.
 - Por sobrecarga con dispositivo bimetálico.

La caja moldeada donde viene la unidad provee el aislamiento necesario para proteger todos los componentes. Por lo general es de urea o poliéster de vidrio los cuales poseen excelentes características dieléctricas. Consta además de la unidad de disparo, mecanismo de operación, extinguidor de arco, contactos y terminales de protección.

2.1.6 Características de corte de un interruptor automático

Una sobrecarga, caracterizada por un aumento paulatino de la corriente por encima de la corriente nominal (I_n), puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar a causa de una falla de aislamiento, también pueden ser transitorias producto de las corrientes de arranque de los motores. Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta superando varias veces la corriente nominal de manera instantánea frente a un cortocircuito, el cual deberá despejarse rápidamente para salvaguardar los equipos. Un interruptor automático contiene dos protecciones independientes para garantizar:

- Protección contra sobrecargas: su característica de disparo es a tiempo dependiente o inverso, es decir que a mayor valor de corriente es menor el tiempo de actuación.

- Protección contra cortocircuitos: su característica de disparo es a tiempo independiente, es decir que a partir de cierto valor de la corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

Para las instalaciones industriales, subestaciones y tablero se anteponen los interruptores electromagnéticos en aire. Los interruptores termomagnéticos son utilizados de forma más generalizada a nivel residencial, edificios de oficina, comercial, entre otros; viene con capacidad de operación de hasta 2.500 A. [2] [3]

Cuando el interruptor es usado para la protección de un centro de carga o un centro de control de motores, el ajuste se hace considerando la capacidad del interruptor del motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes nominales del resto de las cargas. Para ajustar el instantáneo, se requiere conocer el valor de la corriente de cortocircuito momentánea de la barra, y a partir de este, se determina el valor múltiplo ajuste

2.1.7 Fusibles

Las protecciones fusibles son partes conductoras de cierto metal que, con el paso de una determinada corriente, se funden por exceso de temperatura y abren el circuito. Pueden operar tanto en alta como en baja tensión desde 1V a más de 100.000 V, según las necesidades y con corrientes de miliamperios hasta 6.000 A o más. El alambre fusible se escoge por lo general basándose en la corriente nominal del conductor del circuito a proteger. El alambre fusible puede ser de plomo, plata, plomo-estaño. El fusible tiene un tiempo de respuesta mayor que el interruptor automático en caso de cortocircuitos. En algunos casos cuando ocurre una falla monofásica, se fundirá el fusible de una sola fase (para un sistema trifásico), cosa que también provocaría un problema adicional si no existe una protección de respaldo por sobrecorriente.

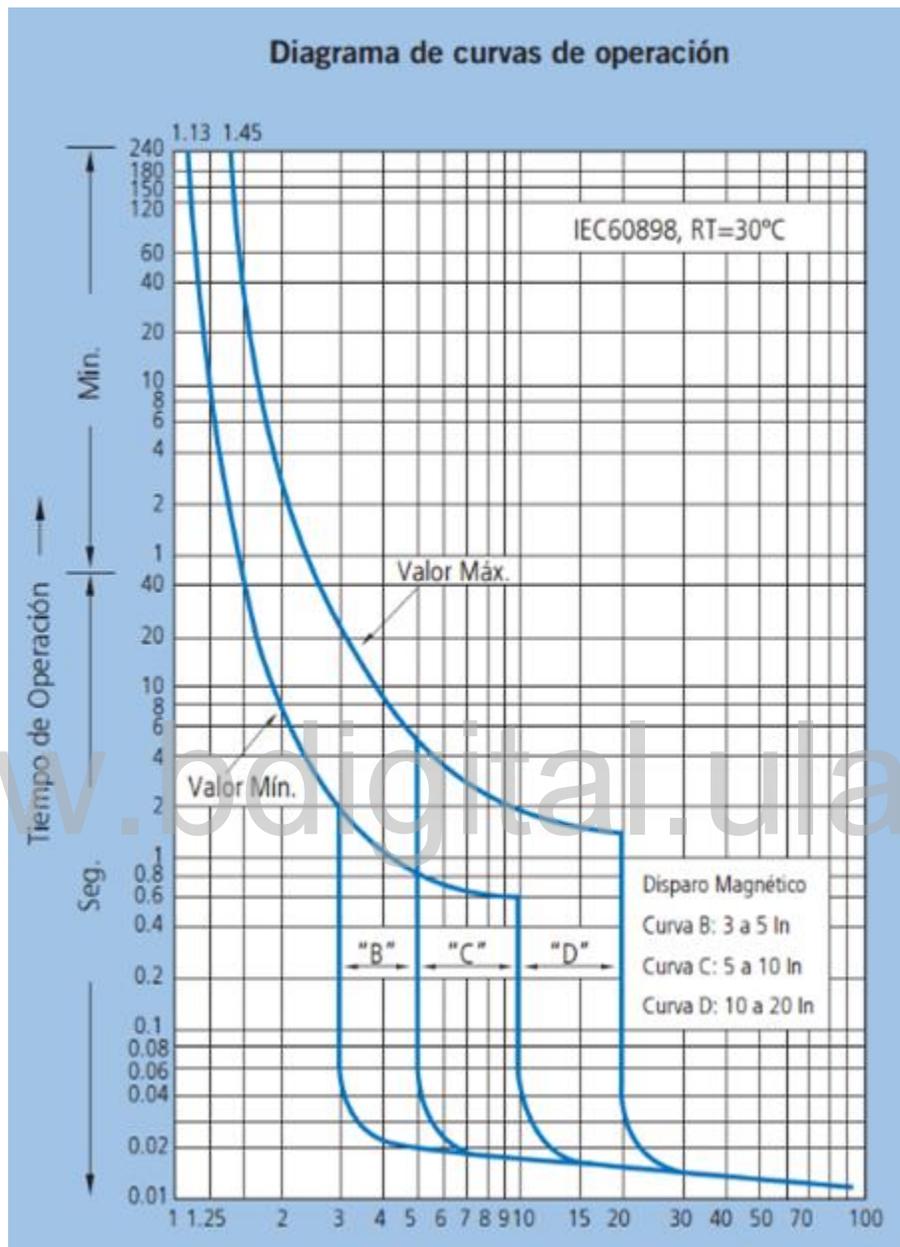


Figura 2.5. Construcción de curva de disparo un interruptor Termomagnético

- *Tipos de fusibles:*
- ✓ Limitadores: Este limita el arco que se produce al fundirse el fusible en un tiempo menor que el correspondiente a la corriente máxima de falla, extinguiéndose dentro de su

cámara, por lo general los fusibles limitadores van acompañados de dispositivos de acción térmica.

- ✓ Convencional: Protegen al circuito contra sobrecarga y cortocircuito con un rango de trabajo de 0 a 30 A. Para corrientes mayores se recomienda el de tipo cartucho hasta 600 V con corrientes que van desde 1 a 6000 A.

El fusible se caracteriza por su curva de respuesta, en gráficos de tiempo vs corriente. El tiempo de fusión dependerá de la aleación del elemento usado, siendo la plata el más rápido, a diferencia del cobre que es 10% o 15% más lento. Cuando se necesite coordinar fusibles con otros dispositivos de protección habrá que tomar en cuenta la curva característica de los mismos como se muestra en la gráfica 2.1 la característica de funcionamiento de fusibles industriales tipo gG.

2.1.8 Protector térmico

Los relés térmicos de biláminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Sus características más habituales son:

- Tripolares
- Compensados, es decir, insensibles a los cambios de la temperatura ambiente
- Sensibles a una pérdida de fase (1), por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor
- Rearme automático o manual,
- Graduación en “amperios motor”: visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor. [4]

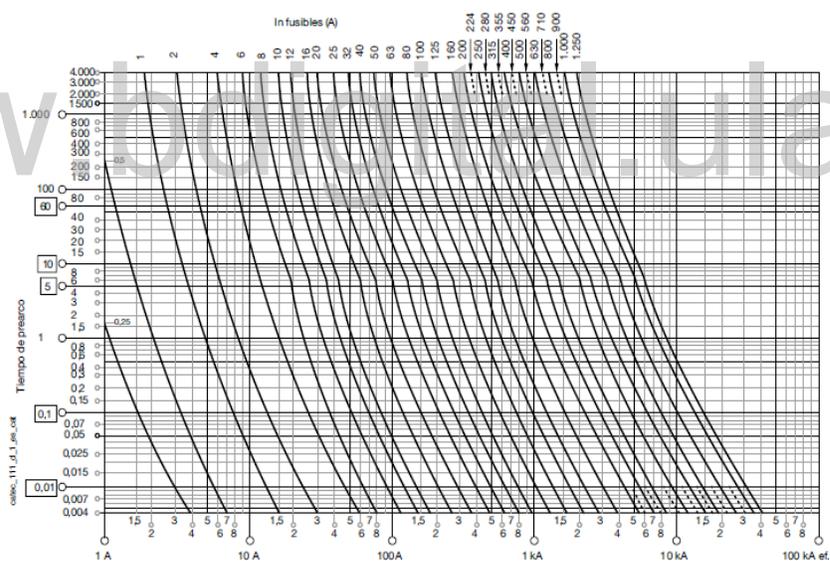
- Principio de funcionamiento de los relés térmicos tripolares

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un

árbol unido al dispositivo de disparo. Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción. Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- Relés de clase 10: Válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: Admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.



Gráfica 2.1 Característica de funcionamiento Tiempo Vs Intensidad de un fusible gG [5]

2.2 COORDINACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN SERIE

Actualmente la coordinación de los dispositivos de protección debe hacerse en serie debido a que la mayoría de estos operan en forma radial. Existen diferentes esquemas de protección que se aplican dependiendo de la importancia del suministro de energía, a continuación, se describen los más comunes:

2.2.1 Interruptor-Fusible

En esta configuración, el fusible tiene la función de operar con una falla del lado de la carga, impidiendo que opere el interruptor, a menos que el interruptor cuente con un relevador instantáneo que operara de inmediato, y en caso de persistir la falla operara el fusible después de realizarse el recierre, quedando como respaldo nuevamente el interruptor. Se recomienda un tiempo mínimo de 0,35 s entre la curva I vs t de interrupción total del fusible y la curva I vs t del relevador de tiempo del interruptor como se muestra en la gráfica 2.2

www.bdigital.ula.ve

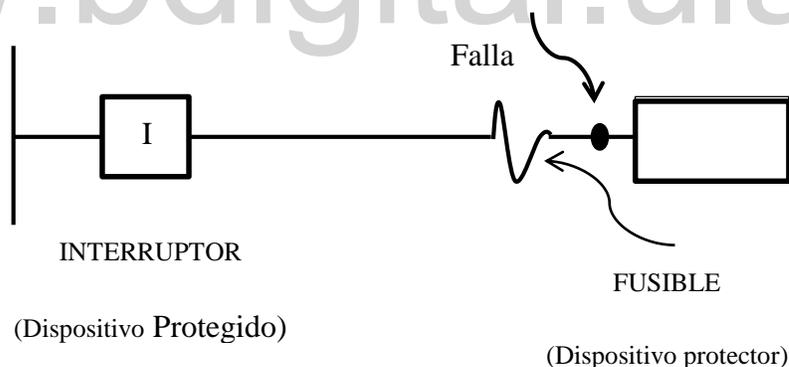
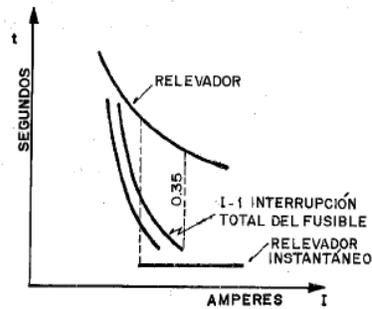


Figura 2.6 Esquema de coordinación Interruptor-Fusible



Gráfica 2.2 Curva de coordinación Interruptor- Fusible [2]

2.2.2 Fusible-Fusible

Para lograr una coordinación entre fusibles se utilizan las curvas corriente-tiempo mínimo de fusión y las curvas corriente Vs tiempo de interrupción total de cada fusible empleado (F1 y F2), de tal forma que para una falla en el lado de la carga debe operar el fusible protector F2 antes que se presente algún daño en el fusible protegido F1 como se muestra en la figura 2.12, el cual debe operar únicamente como respaldo para la misma falla o para alguna otra que se presente entre los dos fusibles serie.

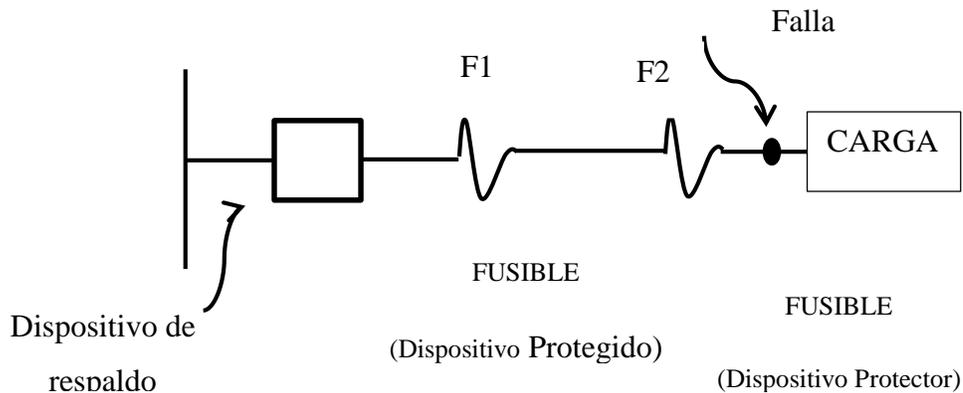


Figura 2.9 Esquema de coordinación Fusible-Fusible

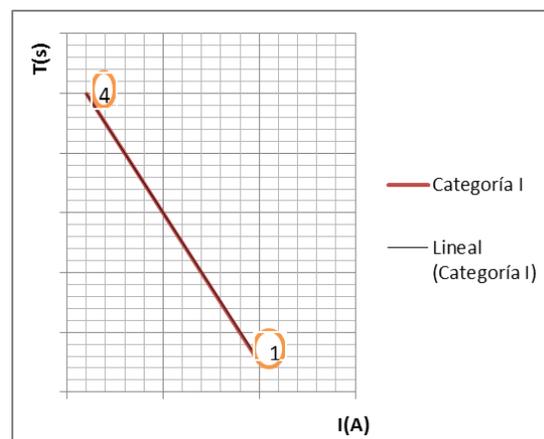
2.3 CURVA ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE)

La curva ANSI representa la máxima capacidad que puede soportar el transformador sin dañarse cuando es sometido a esfuerzos mecánicos y térmicos ocasionados por cortocircuito. Para calcular la curva ANSI es necesario clasificar a los transformadores en categorías como se muestra en la tabla 2.1.

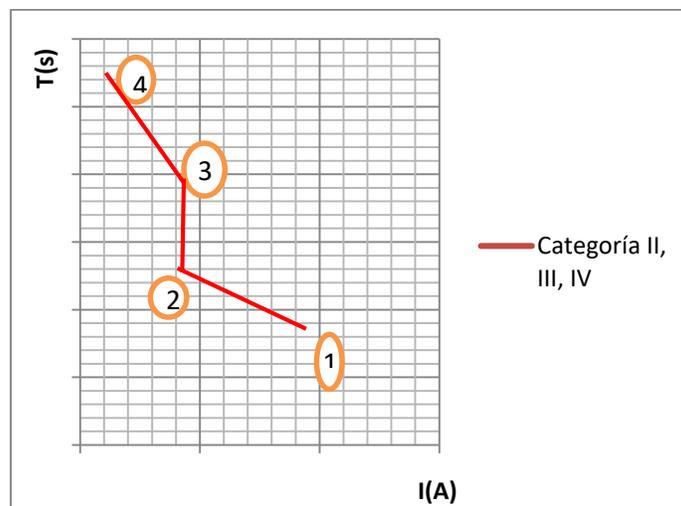
Tabla 2.1 Categoría del transformador

CATEGORIA DE TRANSFORMADORES		
kVA Nominales de placa		
CATEGORÍA	MONOFÁSICOS	TRIFÁSICOS
I	5-500	15-500
II	501-1.667	501-5.000
III	1.668-10.000	5.001-30.000
IV	Arriba de 10.000	Arriba de 30.000

La categoría del transformador define la curva como se muestra en las gráficas 2.3 y 2.4 dependiendo del caso.



Gráfica 2.3 Curva de daño del transformador de Categoría I



Gráfica 2.4 Curva de daño de un transformador con características II, III o IV

Cada uno de los puntos se puede observar en las gráficas 2.3 y 2.4 se calculan en base a la tabla con características de tiempo vs corriente que se expresan en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Puntos para definir la curva de daño del transformador

PUNTO	CATEGORIA	TIEMPO	INTENSIDAD
1	I	$1.250*(Z_t)^2$	I_{pc}/Z_t
	II	2	I_{pc}/Z_t
	III, IV	2	$I_{pc}/(Z_t+Z_s)$
2	II	4,08	$0,7*I_{pc}/Z_t$
	III, IV	8,0	$0,5*I_{pc}/(Z_t+Z_s)$
3	II	$2.551*(Z_t)^2$	$0,7 I_{pc}/Z_t$
	III,IV	$5.000(Z_t+Z_s)^2$	$0,5 I_{pc}/(Z_t+Z_s)$
4	I, II, III y IV	50	$5 I_{pc}$

Donde:

Z_t = Impedancia del transformador en por unidad en base a los kVA con enfriamiento OA.

Z_s = Impedancia de la fuente en por unidad en base a los kVA del transformador con enfriamiento OA.

I_{pc} = Corriente en A a plena carga del transformador en base a su capacidad con enfriamiento OA.

Al momento de calcular los puntos de la curva ANSI es necesario verificar que la impedancia del transformador no sea menor a las indicadas en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Impedancias mínimas

MONOFÁSICO (kVA)	TRIFÁSICO (kVA)	Impedancia mínima Z_t en pu en base a los kVA del transformador
5 - 25	15 – 75	0,0250
37,5 – 100	112,5 – 300	0,0286
167 - 500	500	0,0400

Dependiendo de la conexión del transformador, los valores de la curva se deben multiplicar por el factor ANSI de la tabla 2.4

Tabla 2.4 Factor ANSI

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR	Factor ANSI
Delta-Delta	0,87
Delta-Estrella Aterrizada	0,58
Delta-Estrella	1
Estrella Aterrizada-Estrella	1
Estrella Aterrizada- Estrella Aterrizada	1
Estrella- Estrella Aterrizada (Tipo Núcleo)	0,67

Cont. Tabla 2.5 Factor ANSI

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR	Factor ANSI
Estrella-Estrella (Tipo Acorazado)	1
Estrella-Estrella	1
Estrella Aterrizada-Delta	1
Estrella-Delta	1

2.4 LA EMPRESA INDULAC FABRICA EL VIGÍA

El origen de esta empresa en el país es el producto de la fusión de dos transnacionales como lo son la Nestlé Anglo-Suiza y la Bordan Company, para el 28 de mayo de 1941, Fundan INDULAC como una empresa filial de ellas, construyendo la primera procesadora de leche en Santa Bárbara del Zulia, convirtiéndose en el primer centro de operaciones establecido que construiría una fábrica pionera. Fue hasta 1964 cuando los directivos de dicha empresa acordaron la instalación de una planta en la ciudad de el Vigía, la cual se inauguró en mayo de 1969 con capacidad de procesar 400 mil litros diarios y con los equipos tecnológicos más actualizados para el momento, incorporando dos líneas de pulverización continua. INDULAC busca satisfacer los deseos del consumidor, manteniéndolo y sorprendiéndolo, a través de productos innovadores, seguros y de calidad superior, administrando, produciendo y comercializando en calidad junto con proveedores y clientes, como estrategia clave para lograr ventajas competitivas y ser una empresa exitosa. INDULAC persigue objetivos diversos, de los cuales los más importantes para la misma son:

- Producir alimentos lácteos con la finalidad de obtener productos de máxima calidad y a su vez que cubran con el abastecimiento del mercado.
- Proporcionar fuentes de trabajo, donde se le brinde la máxima confianza y apoyo al personal que labora en la empresa.

2.4.1 Misión

Alcanzar y sostener una clara posición de liderazgo en el campo de la calidad proveyendo a nuestra empresa Parmalat de un equipo de trabajo que con su compromiso y nivel de competencia presta apoyo técnico y humano necesario para establecer las mejores prácticas y metodologías que garanticen el cumplimiento de los altos estándares de seguridad y calidad alimentaria exigidos en la producción de nuestros alimentos.

“Como un sólido equipo de trabajadores que somos, nos establecemos objetivos y metas de la calidad retadora, lográndolas de formas exitosas gracias al capital humano comprometido, competente, capaz y dedicado con el que cuenta la gerencia aseguradora de la calidad a nivel nacional, esto con el fin de brindarle los mejores productos alimenticios”. [6]

2.4.2 Visión

Contribuir a la construcción de un alto compromiso de calidad, liderando un trabajo en equipo con nuestros compañeros de Parmalat para alcanzar las más exigentes certificaciones en el ámbito de la calidad y seguridad alimentaria.

2.4.3 Valores

- Estar atentos a las necesidades y expectativas de nuestros clientes para satisfacerlas con eficiencia
- Construir equipos de trabajos interdisciplinarios con absoluto respeto a los aportes de todos
- Estamos identificados y comprometidos con la organización
- Somos personas con motivación al logro, lo que nos permite mantener en el tiempo un sistema de calidad y eficiencia.
- Mantenemos una actitud pro-activa ante nuestras labores y necesidades de la organización

2.4.4 Política

La política de calidad Parmalat está en cada actividad realizada por todos y cada uno de sus trabajadores, por lo que la calidad “voluntaria” es un compromiso que se evidencia en el estilo de comportamiento de su gente.

CAPITULO III

DETERMINACION DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE INDULAC-PARMALAT

El sistema eléctrico de la empresa INDULAC Fábrica el Vigía es uno de los más antiguos en funcionamiento, por este hecho algunos de los equipos no tienen respaldo tecnológico ante daños o reparaciones, es por esto que se adoptó un formato de investigación descriptiva con inspecciones de campo, observaciones, revisión de fichas técnicas, manuales y entrevistas al personal de trabajo para recopilar toda la información de equipos y analizar las condiciones de las protecciones actuales. A continuación, se describe la metodología empleada:

3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS MEDIANTE FICHAS TÉCNICAS E INSTRUCTIVOS DE TRABAJO.

Para llevar a cabo el presente trabajo se necesitó tomar una muestra de los datos de placa de todos los equipos existentes y así hacer un análisis de los esquemas de protección que usan actualmente, indicando capacidad, voltaje, corriente, tipo de protección usada y características principales.

En la investigación realizada se encontró que el sistema eléctrico de potencia de INDULAC está compuesto por 16 circuitos que trabajan de forma articulada, estos circuitos corresponden a diferentes áreas. En las fichas técnicas consultadas se obtuvo poca información pues este archivo fue actualizado por última vez en el año 1999. De este archivo se pudo tomar datos de los motores aventadores, motor compresor de amoníaco, bombas de

transferencia, bombas de limpieza y del homogeneizador, al ser estos de los equipos que menos fallas ha tenido y larga duración a pesar que son equipos de operación continua.

3.2 TRABAJO DE CAMPO E INSPECCIÓN VISUAL

Se realizó un recorrido a todas las áreas para tomar datos de placa de los diferentes motores, transformadores y dispositivos de protección, de su esquema de conexión y control para el respectivo análisis, con sus características principales.

En la S/E INDULAC se encuentran los equipos de la tabla 3.1, aquí hay dos transformadores, ellos están conectados en paralelo, en su esquema de protección hay por el lado de alta tensión un fusible tipo K por cada línea y por el lado de baja tensión un interruptor de tres polos que alimentan la barra principal de 440V.

Tabla 3.1. Datos de los transformadores en la S/E "INDULAC"

Ubicación	Capacidad (kVA)	Voltaje (V)	Vcc(%)	Característica	Conexión	Protección fusibles	Protección interruptores
S/E INDULAC Tx1	1375	13,8KV/440V	5,8	reductor	DYN5	40/40/40	1250
S/E INDULAC Tx2	1375	13,8KV/440V	5,8	reductor	DYN5	40/40/40	1250

3.3 ENTREVISTAS AL PERSONAL DE SERVICIO TÉCNICO PARA RECOLECTAR INFORMACION BASADAS EN SUS EXPERIENCIAS

La recolección de datos en campo, mediciones y otras actividades realizadas para este trabajo se ejecutaron siempre junto con el personal técnico de la empresa, los cuales fueron explicando las distintas áreas y las diferentes situaciones a las cuales han tenido que acudir por distintas fallas en el sistema. Entre estas situaciones se encuentran las fallas por cortocircuito en las canalizaciones de alimentación o en el motor debido a las veces que ha sido rebobinado o que ha presentado sobrecargas, por ejemplo los motores que están

acoplados a bombas de agua industrial, que debido a la corrosión que el fluido va generando en las partes internas de la bomba, o motores que están al aire libre o en partes donde circulan muy cerca tuberías de agua, que al momento de haber una fuga recae sobre el equipo produciéndole un cortocircuito en la alimentación o desgaste de los rodamientos.

3.4 DATOS RECOPIRADOS

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los circuitos con la información detallada:

- **Sala de Refrigeración**

En este circuito se tiene un tablero de área que cuenta con un interruptor principal, cada motor tiene un esquema de protección serie conformado por un interruptor, un contactor y un relé térmico, en el caso especial del motor del compresor de amoníaco, éste cuenta con un contactor más para hacer la configuración del arranque DY. En la tabla 3.2 podemos comparar el ajuste que tienen cada uno de los relés térmico con la corriente nominal de cada equipo y se puede ver que estos no tienen un ajuste eficiente por la diferencia entre el ajuste y su corriente nominal.

Tabla 3.2. Datos de equipos en Sala de refrigeración

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Bomba de agua	440	4,8	0,80	4476,00	5,6	7,35	10
Bomba de agua	440	9	0,86	7806,98	9,8	12,82	12
Bomba de agua	440	9	0,86	7806,98	9,8	12,82	11
Bomba de agua	440	17,5	0,90	14505,56	18,1	23,82	25
Agitador	440	0,5	0,86	433,72	0,5	0,71	2
Agitador	440	1	0,86	867,44	1,1	1,42	2,5
Compresor de amoníaco	440	75	0,80	69937,50	87,4	140,00	80
Breaker de 500A con ajuste en 375 A, con 50 kA			Consumo Total=		132,29	kVA	

- **Sala de calderas**

Este tablero está en condiciones precarias debido a la falta de mantenimiento, organización de cables y dispositivos como fusibles que fueron desactivados y no fueron retirados del tablero. Este circuito alimenta dos calderas, cada caldera tiene sus motores y su respectivo control, además los motores de las bombas de agua están debajo de las tuberías de agua caliente lo que es un riesgo, de hecho, una de las canalizaciones del alimentador esta fuera de servicio por un cortocircuito y aún no ha sido reemplazado el cableado.

Tabla 3.3. Datos de equipos en sala de calderas

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por (A)	Ajuste de protección
Bomba de agua	440	30	0,86	26023,26	32,53	42,73	30
Bomba de agua	440	20	0,86	17348,84	21,69	28,49	25
Bomba de agua	440	35	0,86	30360,47	37,95	49,86	40
Bomba de combustible	440	3	0,80	2797,50	3,50	4,59	1
Motor del compresor	440		0,80	6600,00	8,25	10,84	15
Motor de ventilador	440	50	0,80	46625,00	58,28	76,56	24
Motor de ventilador 2	440	12,6	0,80	11749,50	14,69	19,29	10
Bomba de combustible para calderas	440	1	0,80	932,50	1,17	1,53	2,5
Bomba para tanque de calderas	440	2,5	0,80	2331,25	2,91	3,83	4,3
Bomba para tanque de calentadores	440	2,5	0,80	2331,25	2,91	3,83	4,3
Bomba para tanque de calentadores	440	0,9	0,80	839,25	1,05	1,38	2,5
Breaker de 250 A, Ajuste en 187,5 A, con 30 kA				Consumo Total =	184,92	kVA	

- **Aventadores (1, 2 y 3) y calentadores (1, 2 y 3)**

En este tablero se pudo observar que uno de los contactores no ha sido reemplazado en años, además el tablero está muy sucio, aquí se conectan tres aventadores, uno para reserva, el esquema de protección se compone de fusibles, contactores y relé térmico conectados en serie. De uno de los aventadores no tiene los fusibles, en caso de poner en funcionamiento se deben cambiar con el que sale de servicio.



Figura 3.1. Fusibles en aventadores

Tabla 3.4. Aventadores 1,2 y 3

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección fusibles	Ajuste de protección Relé térmico
Aventador 1	440	100	0,9	82888,89	103,61	120	160/200/250	110
Aventador 2	440	100	0,9	82888,89	103,61	120	-----	110
Aventador 3	440	100	0,9	82888,89	103,61	120	200/250/250	110
Motor del quemador del Cal. 1	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	63/63/63	10
Motor bomba combustible caldera 1	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	-----	5
Motor del quemador del Cal. 2	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	63/63/63	10
Motor del quemador del Cal. 3	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	63/63/63	10
Breaker de sala 500 A con ajuste en 375 A, con 50 kA			Consumo Total=		339,4	kVA		

- **Aventadores (4 y 5) y Calentadores (4 y 5)**

Este circuito tiene el mismo esquema que el de aventadores 1, 2 y 3. Cuenta con un esquema Fusible-Contactor-Relé térmico, donde los fusibles también tienen desbalance en los valores nominales, la diferencia es que el contactor del aventador 5 fue reemplazado hace tres años.

Tabla 3.5. Datos de equipos en Aventadores 4 y 5

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección fusibles	Ajuste de protección Relé térmico
Motor aventador 4	440	100	0,9	82888,89	103,61	136,12	250/200/250	110
Motor aventador 5	440	100	0,9	82888,89	103,61	136,12	200/200/160	110
Motor del quemador del Cal. 4	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	63/63/63	7
Motor del quemador del Cal. 5	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	63/63/63	6
Breaker de 500 A, ajuste en 375 A, con 50 kA			Consumo total=		224,70	kVA		

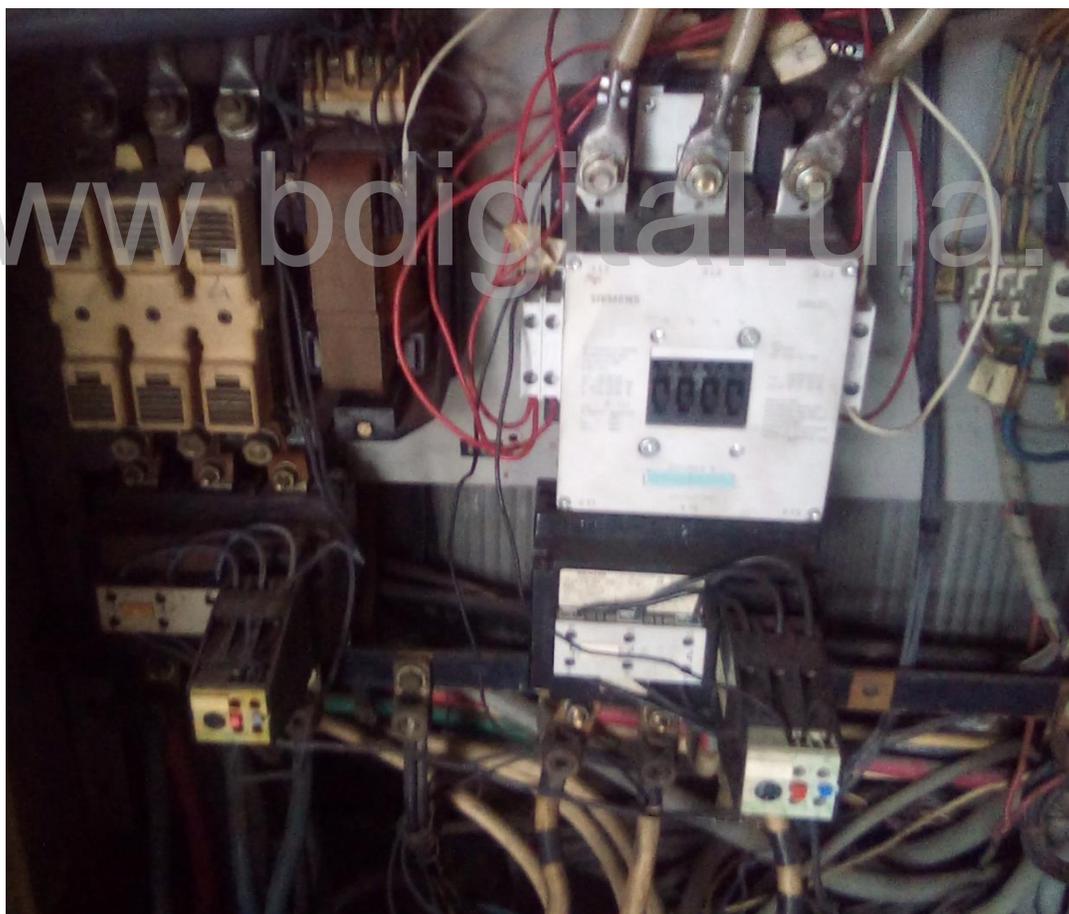


Figura 3.2 Contactor para aventador 5

- **Torre de enfriamiento**

Este tablero cuenta con esquema de protección interruptor, contactor y relé térmico. En este circuito se alimentan 10 motores, dos de estos, con conexión DY, los demás con conexión directa, en la tabla 3.6 se observa que hay tres motores para bombas de agua potable, tres para agua industrial y dos para las líneas de producción, además se alimentan dos ventiladores de enfriamiento de la torre.

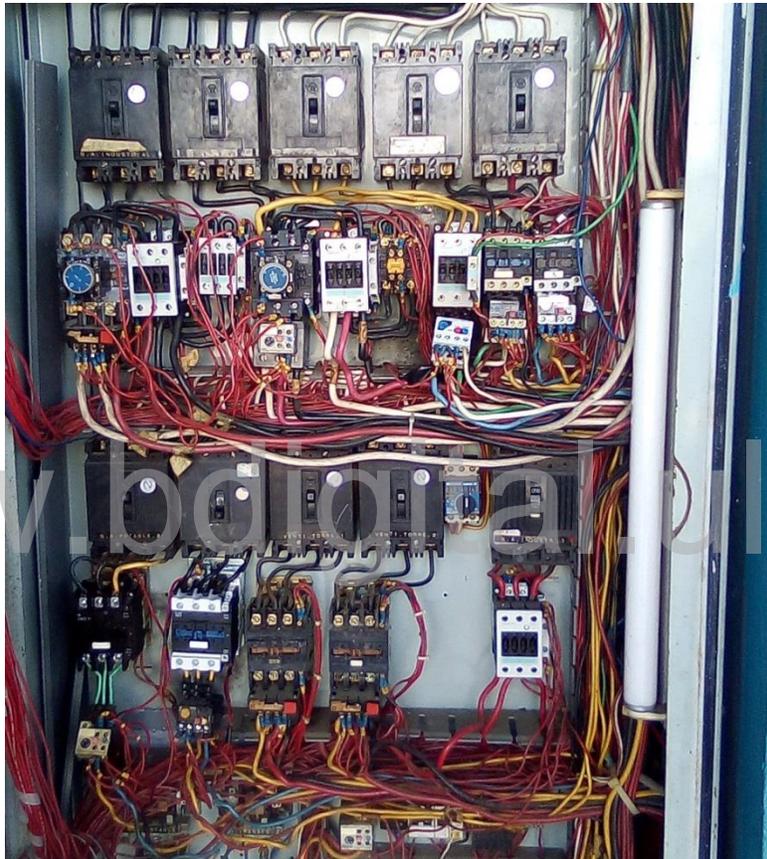


Figura 3.3. Tablero en la torre de enfriamiento

Tabla 3.6. Datos de equipos de la torre de enfriamiento

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Bomba de agua potable	440	14	0,8	13055	16,32	0,02	17
Bomba de agua potable	440	14	0,8	13055	16,32	0,02	20
Bomba de agua potable	440	14	0,8	13055	16,32	0,02	17,5
Bomba de agua industrial	440	47	0,8	43827,5	54,78	0,07	30
Bomba de agua industrial	440	23	0,8	21447,5	26,81	0,04	25

Cont. Tabla 3.7. Datos de equipos de la torre de enfriamiento

Bomba de agua industrial	440	23	0,8	21447,5	26,81	0,04	27,5
Ventiladores de enfriamiento	440	25	0,8	23312,5	29,14	0,04	30
Ventiladores de enfriamiento	440	25	0,8	23312,5	29,14	0,04	30
Bombas para las líneas de producción	440	25	0,8	23312,5	29,14	0,04	22
Bombas para las líneas de producción	440	10	0,8	9325	11,66	0,02	23
Breaker de 500 A, ajuste en 375 A, con 50 kA				Consumo Total=	256,44	kVA	

- **Sala de Estandarización**

Este es el tablero tecnológicamente más actualizado y organizado, el esquema de protección se compone por guardamotor, contactor y relé térmico, cuenta con un interruptor en el tablero principal acompañado de fusibles. Los motores agitadores de los tanques de esta área están trabajando forzados, a estos se les realizó una medición de consumo y están consumiendo más que su corriente nominal.

Tabla 3.8 Datos de equipos en Estandarización

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Motor agitador de leche # 1	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	4
Motor agitador de leche # 2	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 3	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 4	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 5	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 6	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 7	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 8	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 9	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 10	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 11	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor agitador de leche # 12	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3,5
Motor cepillo lavado de tubos	440	0,25	0,8	233,13	0,29	0,38	1
motor de bomba lavado tubos	440	10	0,86	8674,42	10,84	14,24	15
Bomba para descremar	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	15
bomba Magna	440	7,5	0,8	6993,75	8,74	11,48	20
Bomba limpieza química	440	5	0,8	4662,5	5,83	7,66	10
Breaker de 250 A, Ajuste en 187,5 A ,con 30 kA				Consumo Total=	65,34	kVA	

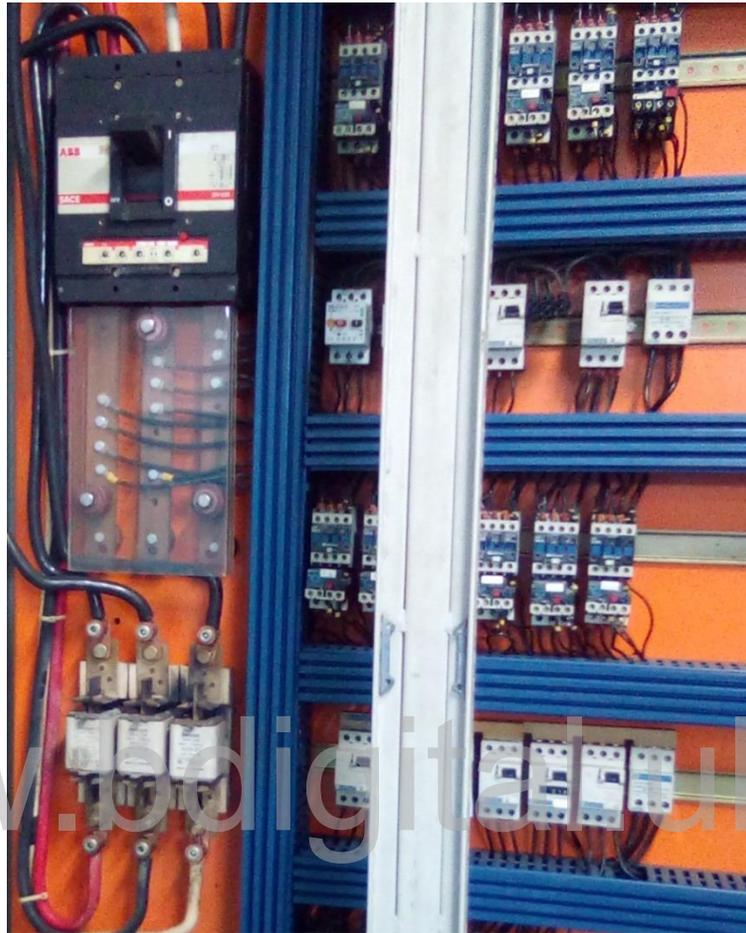


Figura 3.4. Tablero Estandarización

- **Sala de condensación**

En este tablero se encontraron varios detalles que dificultan una operación eficaz, pues aquí no hay interruptor principal de tablero, aquí se conectan las 2 líneas de producción que trabajan independientemente y las barras están directamente conectadas con el esquema de protección de cada motor; durante la inspección ocurrió un fallo en este tablero cuando un día de lluvia fuerte hizo contacto con agua. En la figura 3.5 se puede observar la conexión directa del alimentador a las barras y no hay un interruptor termomagnético. Como consecuencia se obtuvo la pérdida total de varios dispositivos de protección y para el reemplazo de los mismos se necesitó de una parada general de la empresa lo cual generó pérdidas en producción. El esquema de protección está compuesto por, Interruptor-Contactor-Relé térmico y para otros

equipos se tiene un guardamotor. En la tabla 3.8 se pueden encontrar los ajustes de relé térmico o guardamotor en cada caso.



Figura 3.5. Tablero de condensación

Tabla 3.9. Datos de equipos en sala de condensación

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Homogeneizador	440	30	0,8	27975	34,97	45,94	24
B. Agua condensada Pasteurizador(1)	440	0,75	0,8	699,38	0,87	1,15	2
B. Agua condensada Pasteurizador(2)	440	0,75	0,8	699,38	0,87	1,15	2
B. Agua condensada Sheffer3 L1	440	4	0,8	3730	4,66	6,13	14,8
B. Alimentación de leche tanque balanceo	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	4,6
B. Agua Caliente	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	4
B. Tanque de balanceo L 1	440	3	0,8	2797,5	3,50	4,59	9
B. Tanque de espera L1	440	5,5	0,8	5128,75	6,41	8,42	9
B. Leche Condensada evaporador L1(1)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	9
B. Leche Condensada evaporador L1(2)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	9
B. Leche Condensada evaporador L1(3)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	7,6
B. Agua condensada Sheffer L1	440	4	0,8	3730,00	4,66	6,13	5,5
Línea 2						0,00	
Homogeneizador	440	30	0,8	27975	34,97	45,94	50
B. Agua condensada Pasteurizador(1,2)	440	0,75	0,8	699,38	0,87	1,15	3
B. Agua condensada Pasteurizador(1,2)	440	0,75	0,8	699,38	0,87	1,15	5
B. Agua condensada Sheffer3 L1	440	4	0,8	3730	4,66	6,13	7
B. Alimentación de leche tanque balanceo	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	5
B. Agua Caliente	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	5
B. Tanque de balanceo L 1	440	3	0,8	2797,5	3,50	4,59	5
B. Tanque de espera L1	440	5,5	0,8	5128,75	6,41	8,42	10
B. Leche Condensada evaporador L1(1)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	20
B. Leche Condensada evaporador L1(2)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	7
B. Leche Condensada evaporador L1(3)	440	4	0,87	3429,89	4,29	5,63	7
B. Agua condensada Sheffer L1	440	4	0,8	3730	4,66	6,13	7
Breaker de 500 A, ajuste en 375 A, con 50 kA	Consumo Total=	146,95	kVA				

- **Recepción**

En este tablero se encontraron algunos dispositivos de protección desconectados, pero aún no se han desinstalados, con los cables sueltos, en la figura 3.6 se muestra como están. Aquí se cuenta con un esquema de protección compuesto por interruptor, contactor y relé térmico.

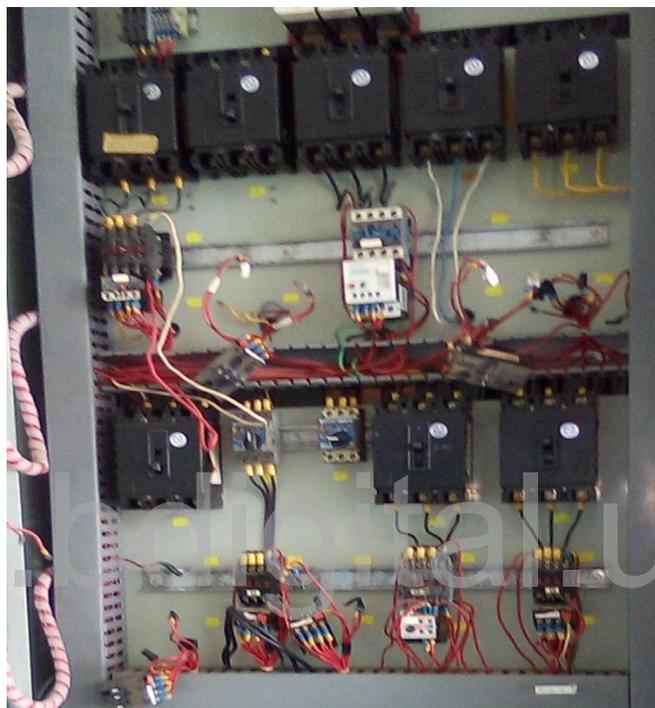


Figura 3.6 Tablero Recepción

Tabla 3.10. Datos de equipos en Recepción

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
B. Descarga de camiones	440	15	0,8	13987,5	17,48	22,97	18
B. Descarga de camiones	440	12	0,8	11190,0	13,99	18,38	20
Descremadora	440	30	0,8	27975,0	34,97	45,94	19
B. limpieza química	440	7,5	0,8	6993,8	8,74	11,48	
B. Positiva de crema (llenar camión)	440	5	0,83	4494,0	5,62	7,38	10
Agitador de tanque de crema	440	2	0,8	1865,0	2,33	3,06	4
Agitador de tanque de crema	440	2	0,8	1865,0	2,33	3,06	4

Tabla 3.11. Datos de equipos en Recepción

B. Positiva de la crema	440	5	0,8	4662,5	5,83	7,66	11
B. de agua caliente crema	440	1,5	0,8	1398,8	1,75	2,30	2,5
B. agua suavizada de la descremadora	440	4	0,8	3730,0	4,66	6,13	2,5
B. Limpieza de camión	440	2	0,8	1865,0	2,33	3,06	5,5
Breaker de 250 A, Ajuste en 187,5 A, con 30 kA				Consumo Total=	100,03	kVA	

- **Egrón 1**

Este tablero tiene buena organización y algunos equipos ya cuentan con esquema de protección guardamotor, contactor y relé térmico, este circuito es uno de los que maneja mayor carga, la ubicación del tablero es en la planta baja del edificio de producción es un cuarto cerrado y amerita ventilación constante.

Tabla 3.12. Datos de equipos en Egrón 1

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
A/A LPI	440	1	0,8	932,5	1,17	1,53	2
Válvula Transportadora neumática del 2 do piso	440	1	0,8	932,5	1,17	1,53	2
vibrador tubular 2do piso	440		0,8	1800	2,25	2,96	5
Golpeador del Egrón #1	440	1,1	0,8	1025,75	1,28	1,68	2
Multiclón (1)	440	0,9	0,8	839,25	1,05	1,38	1.5
Multiclón (2)	440	0,9	0,8	839,25	1,05	1,38	1.5
Válvula de aire caliente	440	1	0,8	932,5	1,17	1,53	2
Bomba de agua fría	440		0,8	2850	3,56	4,68	7
Transportador neumático p/b	440	0,75	0,8	699,375	0,87	1,15	1.5
Transportador neumático 2do piso	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3
Ventilador	440	0,85	0,8	792,625	0,99	1,30	1.5
Válvula de transportador neumático p/b	440	1,5	0,8	1398,75	1,75	2,30	3
Enfriador White	440	3	0,8	2797,5	3,50	4,59	5
Cedazo P/b	440		0,8	1100	1,38	1,81	3
Válvula de salida del Egrón	440	2,5	0,8	2331,25	2,91	3,83	3
Motor Extractor # 1	440		0,8	75000	93,75	123,16	110
Motor Extractor # 2	440		0,8	75000	93,75	123,16	110
Golpeador del Multiclón	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3

Cont. Tabla 3.13. Datos de equipos en Egrón 1

Ventilador auxiliar separador	440	9,3	0,8	8672,25	10,84	14,24	15
Ventilador auxiliar secundario	440	9,3	0,8	8672,25	10,84	14,24	15
Válvula separadora	440	1,5	0,8	1398,75	1,75	2,30	3
Polipasto Grúa	440	5	0,8	4662,5	5,83	7,66	10
Plataforma del Egrón	440	4	0,8	3730	4,66	6,13	10
Freno	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	2
Transformador							
Enfardadora 1	380	5	0,8	4662,5	5,83	8,87	10
Enfardadora 2	380	5	0,8	4662,5	5,83	8,87	10
Fabrima 1	380	7	0,8	6527,5	8,16	12,41	15
Fabrima 2	380	7	0,8	6527,5	8,16	12,41	15
Breaker de 500 A, ajuste en 375 A, con 50 kA			Consumo total=		278,73	kVA	

- **Sala de maquinas**

Este circuito es de pocos equipos con mayor potencia, los dos compresores tienen incorporado sus esquemas de protección y externo poseen un interruptor.

Tabla 3.14. Datos de equipos en Sala de Máquinas

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (KVA)	Corriente nominal por fase (A)
Compresor Atlas Copco	440	200	0,8	186500	233,13	0,31
Compresor Ingersoll Rand	440	150	0,8	139875	174,84	0,23
Breaker de 250 A, Ajuste en 187,5 A, con 30 kA			Consumo Total=		407,97	kVA

- **Egrón 2**

Es el tablero crítico, está compuesto por 22 cajas organizadas de forma contigua, alimentando 21 equipos, en la figura 3.7 se puede observar que en cada caja están los dispositivos de protección de 1 o 2 motores, el problema viene del espacio dentro de cada caja, que los dispositivos no están bien conectados, están como al aire, esto puede hacer que tenga contacto con la caja y se produzca un cortocircuito, y para detectar una falla es difícil identificarla debido a que no están identificados también se puede observar que el espacio es utilizado para guardar elementos de limpieza..



Figura 3.7 Tablero Egrón 2

Tabla 3.15. Equipos en Egrón 2

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Válvula Transportadora neumática del 2 do piso	440	1	0,8	932,5	1,17	1,53	3
vibrador tubular 2do piso	440		0,8	1800	2,25	2,96	3
Golpeador del Egrón # 2	440	1,1	0,8	1025,75	1,28	1,68	2
multiclón	440	0,9	0,8	839,25	1,05	1,38	3
Válvula de aire caliente	440		0,8	750	0,94	1,23	5
transportador neumático 2do piso	440	14,7	0,8	13707,8	17,13	22,51	20
Bomba de agua fría	440	1	0,8	932,5	1,17	1,53	3

Cont. Tabla 3.16. Equipos en Egrón 2

Transportador neumático p/b	440	0,75	0,8	699,4	0,87	1,15	3
Ventilador	440	0,85	0,8	792,6	0,99	1,30	3
Válvula de transportador neumático p/b	440	1,5	0,8	1398,8	1,75	2,30	3
Enfriador White	440	1,5	0,8	1398,8	1,75	2,30	3
Cedazo P/b	440		0,8	1100	1,38	1,81	1,5
Válvula de salida del egrón	440	2,5	0,8	2331,3	2,91	3,83	5
Motor Extractor # 1	440	100	0,88	84772,7	105,97	139,21	120
Motor Extractor # 2	440	100	0,88	84772,7	105,97	139,21	120
Golpeador del multiclón	440	2	0,8	1865,0	2,33	3,06	3
Válvula separadora	440	1,5	0,8	1398,8	1,75	2,30	3
Ventilador auxiliar separador	440	9,3	0,8	8672,3	10,84	14,24	15
Ventilador auxiliar secundario	440	9,3	0,8	8672,3	10,84	14,24	15
Plataforma del egrón	440	0,6	0,8	559,5	0,70	0,92	1,5
Freno	440	0,5	0,8	466,3	0,58	0,77	1,5
Breaker de 500 A, ajuste en 375 A, con 50 kA			Consumo Total=		273,61	kVA	

- Llenaje

Aquí se encuentra una máquina para llenar las bolsas de leche en polvo, este equipo es importante y muy sensible a fallas por esta razón, tienen incorporados su sistema de protección, además, externo tiene un esquema de interruptor, contactor y relé térmico al igual que el resto de los equipos en la Tabla 3.12 se mencionan los valores de ajuste de cada relé térmico.

Tabla 3.17 Datos de equipos en llenaje

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Masipack	440		0,8	7000	8,75	11,50	15
Cedazo 1	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	1
Cedazo 2	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	1,5
Tornillo sin fin	440	2	0,8	1865	2,33	3,06	3
Cinta transportadora 1 B	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	1
Cinta transportadora 2 B	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	1

Cont. Tabla 3.18 Datos de equipos en llenaje

A/A 20 ton	440		0,8	70337	87,92	115,50	110
Ventilador A/A	440	4,7	0,8	1000	1,25	1,64	2
Mesa rotativa	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77	1
Breaker de 630 A, ajuste en 473 A, con 60 kA			Consumo total=		103,166563	kVA	

- **Laboratorio General**

En el laboratorio hay dos transformadores reductores de 2,5 kVA, 440/120-208 V a estos se les conecta la carga expresada en la tabla 3.13, en esta área se tienen interruptores y la carga está distribuida debido a que solo conectan cargas bifásicas.

Tabla 3.19. Datos de equipos en Lab. General

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (VA)	Corriente nominal por fase (A)
Motor para peso específico	220	2	1	1492	1,9	8,48
Solumixero 1	220		1	2800	3,5	15,91
estufa Memmert	220		1	3400	4,25	19,32
estufa Memmert	220		1	3400	4,25	19,32
Estufa 1	220		1	3500	4,375	19,89
Estufa 2	220		1	3500	4,375	19,89
Estufa EU2100	220		1	3400	4,25	19,32
Campana extractor	220	1	1	931,875	1,16	5,29
B. de agua caliente leche descremada	220	4	1	2984	3,73	16,95
Breaker de 630 A, ajuste en 473 A, con 60 kA			Consumo total=		31,7598438	kVA

- **Área de servicio técnico**

Estos equipos solo poseen interruptor externo. Los valores están en la tabla 3.14

Tabla 3.20. Datos de equipos en Servicio Técnico

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)
Torno	440	3	0,8	2797,5	3,50	4,59
Taladro de banco	440	1,3	0,8	1212,25	1,52	1,99
Fresadora	440	1,3	0,8	1212,25	1,52	1,99
Sierra vertical Eléctrica	440	0,5	0,8	466,25	0,58	0,77
Máquina de soldar 1	440	10	0,8	9325	11,66	15,31
Esmeril pequeño	440	0,3	0,8	279,75	0,35	0,46
Polipasto (rache)	440	4	0,8	3730	4,66	6,13
Breaker de 250 A, Ajuste en 187,5 A, con 30KA				Consumo Total=	23,78	KVA

- **Alumbrado general y circuito provisional Administración- Servicio obrero**

Inicialmente este transformador cubría la carga de alumbrado, TUG y aires acondicionado de todas áreas de producción y servicio técnico, hace dos años le agregaron la carga que corresponde a las áreas de administración y servicio obrero debido a una falla en uno de los transformadores del banco que alimentaba esta área, este transformador es de 350 kVA la carga de alumbrado y TUG actualmente es de 224.453,95 VA lo que representa un 60% de la capacidad del transformador, si se compara con el resto de la carga, que se expresa en la tabla 3.16, se observa una sobrecarga, considerando un factor de utilización de 80% nos queda un porcentaje de utilización de 112% representado en 393.121 VA. En la figura 3.8 se puede apreciar en la base del transformador que hay unos residuos y es posible que sea el papel aislante del transformador que esté perdiendo sus características.

Tabla 3.21 Demanda del transformador de alumbrado

Demanda	VA
Alumbrado y TUG	224453,95
Aires Acondicionado	261415,4
Lavandería	5533,0078
	491402,35
Usando un fFu=0,8	Total= 393121,6



Figura 3.8 Transformador de alumbrado

- **Transformador elevador**

En este circuito se tiene un transformador elevador que hace una distribución a tres circuitos de la empresa que son: viviendas, pozos y planta de tratamiento, en cada una de estas áreas se cuenta con los respectivos transformadores para hacer la reducción de tensión.

Tabla 3.22 Datos de transformador Elevador

Ubicación	(KVA)	(V)	Vcc(%)	Característica	Conexión	Protección interruptores
S/E INDULAC	347	2400/440	3,8	elevador	DYN5	500 A

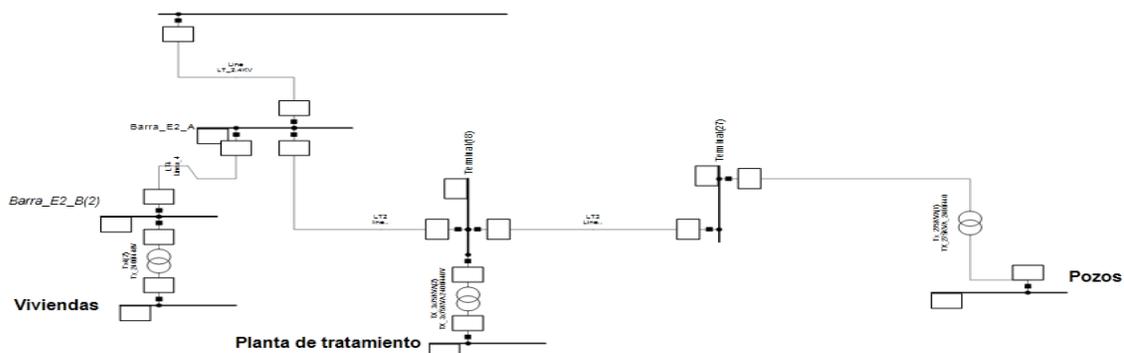


Figura 3.9 Distribución del transformador Elevador

- **Viviendas**

En este circuito está bien organizado el tablero. Hace más de un año se instaló el Tx, estaba en mantenimiento.

Tabla 3.23 Datos de equipos en Circuito viviendas

Nombre del Equipo	Voltaje (V)	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección breaker
Vivienda_1	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_2	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_3	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_4	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_5	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_6	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_7	120	5000	5000	41,67	70
Vivienda_8	120	5000	5000	41,67	70
Casa club	120	7000	7000	58,33	100
Casa Soltero	120	3000	3000	25,00	70
Aguas Servidas	220		5800	0,00	70
Alumbrado	120	5000	5000	41,67	70
Breaker 400 A con 30 kA		55000	VA		

- **Pozos**

En este circuito se alimenta a tres bombas de transferencia y un motor para una bomba en la galería, en el transformador se encuentra en un área abierta, y los dispositivos de protección de algunas bombas están descubiertos y visualmente se observa un deterioro a causa de la humedad y el tiempo que tienen esos equipos instalados.

Tabla 3.24 Datos de equipos en circuito pozos

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Bomba de transferencia_1	440	30	0,8	27975	34,97	45,94	50
Bomba de transferencia_2	440	36	0,8	33570	41,96	55,13	30
Bomba de transferencia_3	440	30	0,8	27975	34,97	45,94	-
Bomba galería	440	30	0,8	27975	34,97	45,94	30
No posee Breaker principal en esta area			Consumo total=		146,87	kVA	

- **Planta de tratamiento**

Este tablero ha presentado fallas por cortocircuito trifásicas, en este caso, uno de los aventadores, en este escenario sufrió directamente el motor, porque el interruptor que tenía en su esquema de protección no se abrió ante la presencia de la sobrecorriente por cortocircuito, este no se abrió porque la capacidad del interruptor tenía el ajuste con un factor de 300% de la corriente nominal, en ese caso también falló el relé térmico que no se abrió ante el aumento de la temperatura en los contactos, el que se disparó fue el interruptor termomagnético principal en este tablero de 400 A.

Tabla 3.25 Datos de equipos en circuito planta de tratamiento

Nombre del equipo	Voltaje (V)	Potencia mecánica (hp)	fp	Potencia activa (w)	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de protección
Bomba de transferencia	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	20
Bomba de transferencia	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	15
Motor de cepillo	440	20	0,8	18650	23,31	30,63	50
Bomba de agua al rio	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	15
Bomba de agua al rio	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	15
Aventador 1	440	25	0,8	23312,5	29,14	38,28	30
Aventador 2	440	25	0,8	23312,5	29,14	38,28	30
Aireador flotante	440	10	0,8	9325	11,66	15,31	15
Transformador de alumbrado	15 kVA_440/120 V						
carga conectada	5 kVA				5		
Breaker Principal 400 A					144,88		

Luego de obtener una data completa de todos los motores y transformadores existentes en INDULAC se inició el levantamiento de planos eléctricos con la ayuda del DIGSILENT® que son una herramienta fundamental para el desarrollo de trabajos, maniobras, detección de fallas, ajuste en las coordinaciones de las protecciones eléctricas, manejo de cargas, hacer distribuciones de carga. En la figura 3.1 se observa el diagrama unifilar de INDULAC donde se muestran los transformadores, barras, interruptores, generadores y otros elementos.

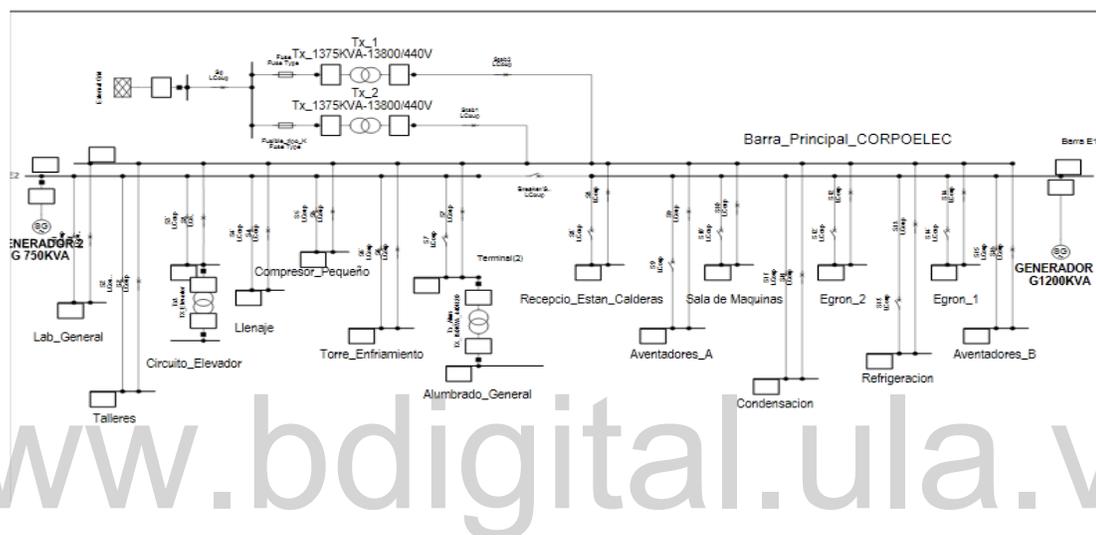


Figura 3.10 Diagrama Unifilar INDULAC

3.5 CURVAS DE AJUSTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ACTUALES EN LOS DIFERENTES TRANSFORMADORES

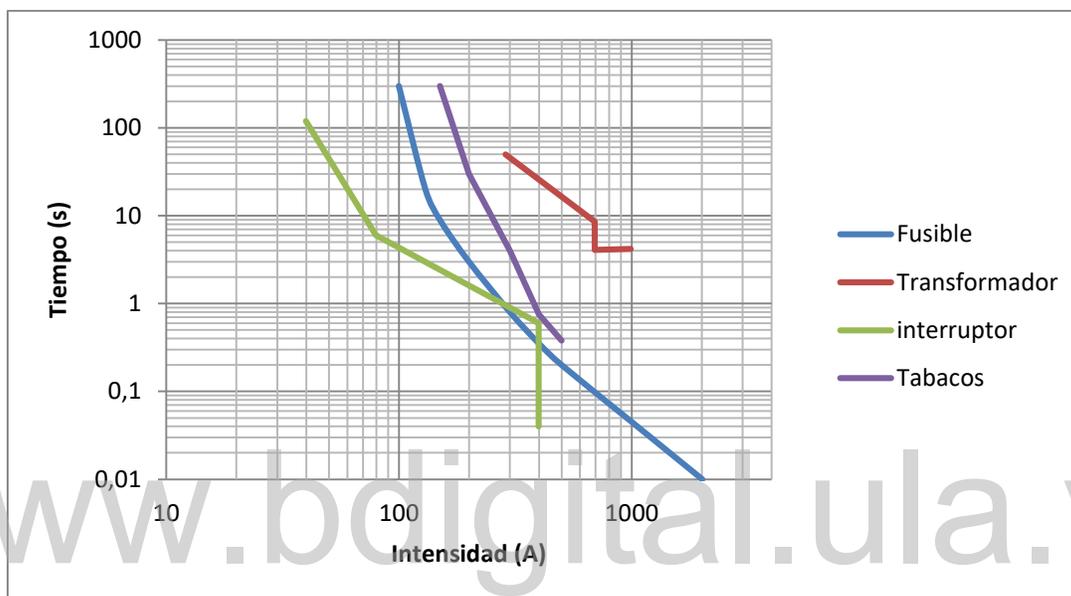
Se contó con el apoyo del personal técnico de la empresa para el recorrido a todos los puntos donde se encuentran estos transformadores y sus dispositivos de protección:

- El transformador Txp1 ubicado en la subestación de INDULAC que a su vez es igual a Txp2, cuenta con esquema de protección Fusible-Interruptor, en alta y baja tensión respectivamente.

Fusibles tipo K con $I_n = 40$ A, $I_k = 40$ kA, Marca Siemens.

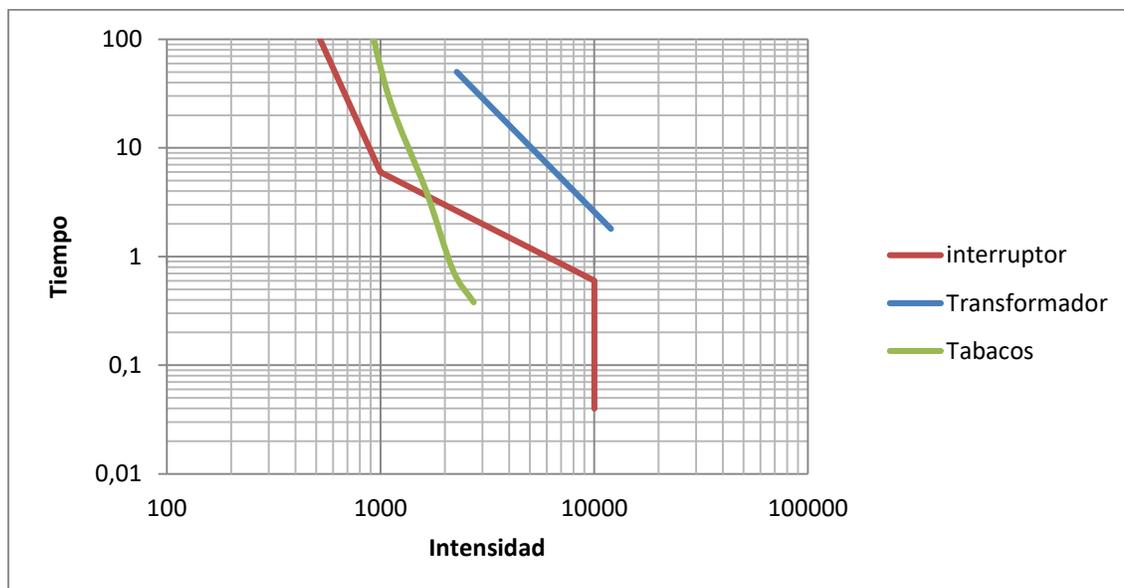
Interruptor termomagnético, $I_n = 1.250$ A, $I_k = 70$ kA, Marca Merlín Gerín.

En la Gráfica 3.1 se observan cuatro curvas, la de color rojo es la curva de daño del transformador por el lado AT construida usando la curva ANSI, este transformador es de Categoría II, la azul es la curva de fusión del fusible tomada de unas gráficas de fusibles tipo K (Anexo A), la curva verde representa la curva de disparo del interruptor construida mediante la corriente nominal del interruptor y la curva morado es de los fusibles en el pórtico de entrada.



Gráfica 3.1 Curvas de coordinación actual del transformador Txp1

- Transformador Tx3: este es un transformador utilizado para elevar el voltaje para hacer la distribución a tres circuitos, este transformador cuenta con esquema de protección de solo interruptor termomagnético de $I_n = 400$ A, en la gráfica 3.2 se puede observar de color rojo, en este caso la curva del transformador es lineal, pues como este Tx es de categoría I porque su capacidad es menor de 500 kVA.



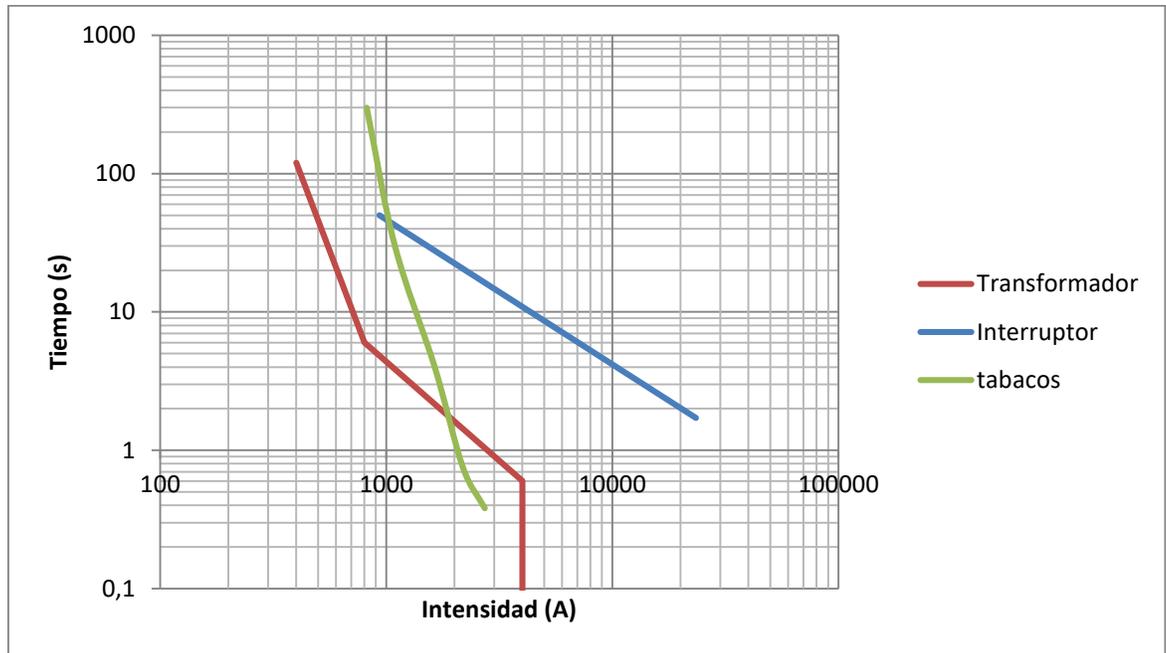
Gráfica 3.2 Curva de Daño del Tx3

- Transformador del circuito viviendas Tx4

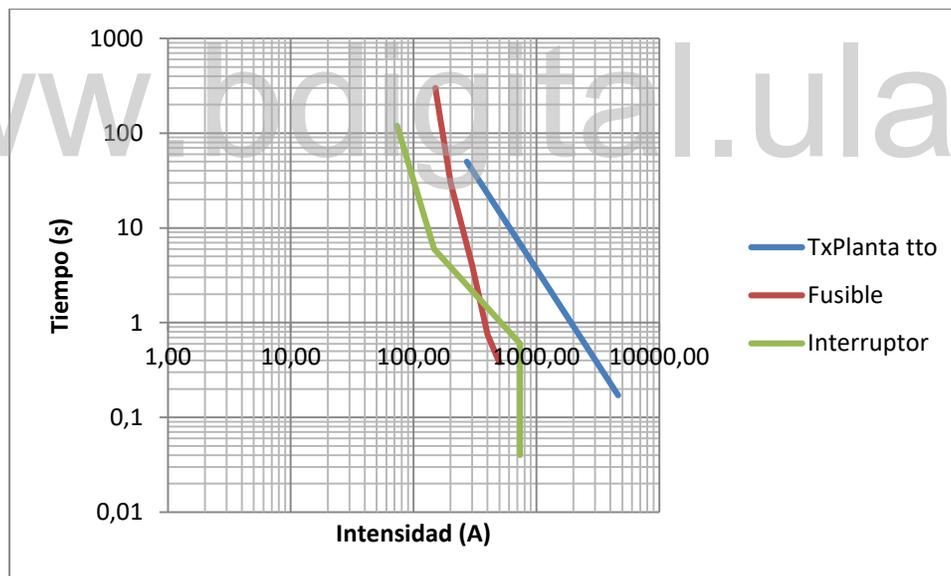
Este transformador cuenta con protección interruptor termomagnético de $I_n=400$ A por el lado de baja tensión ubicado en el tablero de viviendas, en la gráfica 3.3 la curva de color Azul es la curva de daño del transformador y la curva color rojo es la curva de disparo del interruptor termomagnético

- Transformador del circuito de planta de tratamiento Tx5

Aquí se tiene un banco de transformadores de 3×75 kVA, este cuenta con fusibles tipo K de $I_n=65$ A en el pórtico de entrada como protección por el lado de alta tensión e interruptor termomagnético por el lado de baja con $I_n=400$ A, las curvas de estos dispositivos se presentan en la gráfica 3.4.



Gráfica 3.3 Curva de daño del transformador Tx4 y protecciones.

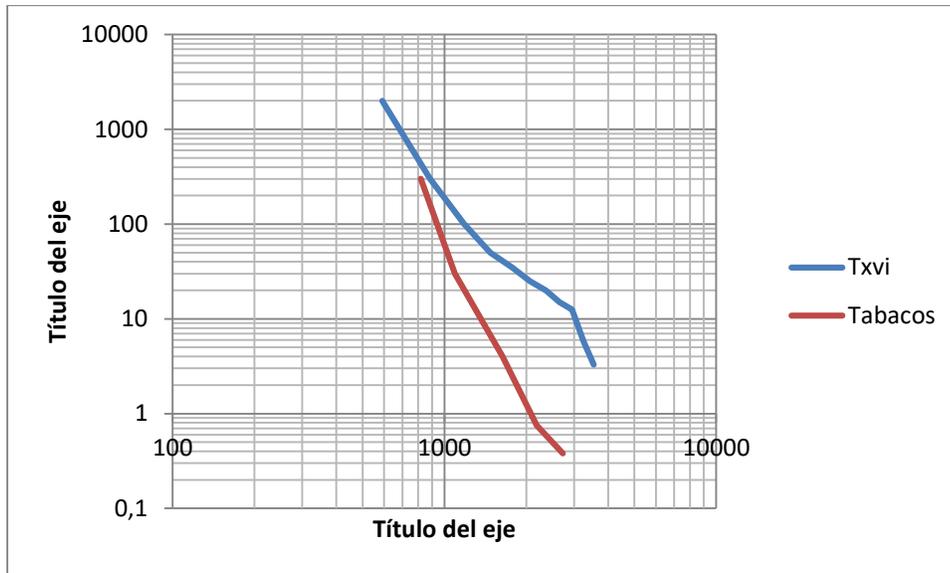


Gráfica 3.4 Curvas de coordinación de banco de transformadores en planta de tratamiento

- Transformador del área de pozos

Este transformador cuenta solamente con protección en el pórtico de entrada, por alta tensión con fusibles de $I_n=65$ A. Las gráficas que componen su esquema de protección

están representadas en la gráfica 3.5, y se puede diferenciar que la curva de daño del transformador está por encima de las curvas de los dispositivos de protección.



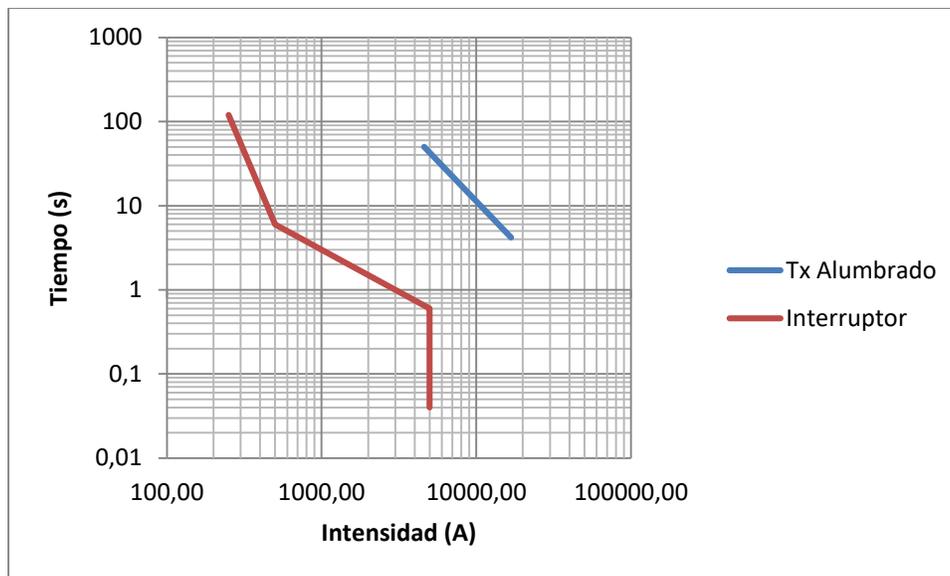
Gráfica 3.5 curvas de coordinación de protecciones del transformador Tx6

- Transformador de alumbrado

El transformador de alumbrado es un equipo con esquema de protección interruptor termomagnético por el lado de alta tensión, en la gráfica 3.6 se observa el comportamiento de la curva de disparo del interruptor con respecto a la curva de daño del transformador.

En este capítulo se recopiló toda la información necesaria para realizar el diagrama unifilar del sistema eléctrico de INDULAC. Este estudio se realizó en un principio con las fichas técnicas existentes en el archivo de servicio técnico, pero estas fichas no están actualizadas porque en el recorrido no coincidían los datos de archivo con los equipos encontrados o algunos ya no existen en el sistema eléctrico. Por esta razón se realizaron inspecciones de campo a cada una de las áreas a verificar los equipos conectados y tomar datos de placa en compañía del técnico de guardia, también se recopiló toda la información necesaria sobre los esquemas de protección, en el caso de los motores la mayoría cuentan con esquema Interruptor-Contactor-Relé Térmico esto para proteger ante sobrecargas y cortocircuito, además se hizo un recorrido tanto en la subestación principal como los otros puntos de

distribución a las áreas de pozos, planta de tratamiento y viviendas para obtener la información detallada de los ajustes actuales de las protecciones con respecto a los transformadores.



Gráfica 3.6 Curvas de coordinación del transformador de alumbrado

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO IV

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO EN EL SISTEMA ELECTRICO DE INDULAC-PARMALAT

4.1 NIVELES DE CORTOCIRCUITO DEL SISTEMA

Para estudiar el esquema de protección es importante conocer los niveles de corriente de cortocircuito en los diferentes puntos de interés de la red de distribución, con esto se verifica que los equipos de protección puedan soportar e interrumpir estas corrientes, y también se logra una adecuada operación y coordinación de estos.

Se dará inicio al cálculo de los niveles de corriente de cortocircuito, partiendo desde la barra de 115 kV de la S/E de “Vigía I” hasta la barra de distribución 13,8 kV de la S/E de INDULAC (Pórtico de entrada de la subestación principal). Para este estudio se utilizó el programa DIgSILENT®. Posteriormente, se realizará un cálculo manual para comparar y verificar los resultados obtenidos mediante el programa.

4.2 NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA BARRA DE 115 KV DE LA S/E “VIGÍA I”

Los niveles de cortocircuito en la barra de 115 KV de la S/E Vigía I del estado Mérida fueron suministrados por la oficina de Despacho de carga – CORPOELEC Mérida.

Tabla 4.1 Datos de cortocircuito

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD
Falla Trifásica		
Corriente subtransitoria	kA	5,486
Ángulo de desfasaje	°	-76,41
MVA de cortocircuito	MVA	1092,64
Corriente de choque (asimétrica)	kA	---
Falla Monofásica		
Corriente subtransitoria	kA	3,822
Ángulo de desfasaje	°	-75,42
MVA de cortocircuito	MVA	253,75
Corriente de choque (asimétrica)	Ka	---

Para correr dicho sistema se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Tener todos los datos de los elementos existentes en el sistema incluyendo las distancias que recorren cada una de las líneas de transmisión.
- ✓ Para el cálculo de cortocircuito seleccionar el método de la norma IEC 60909.

www.bdigital.ula.ve

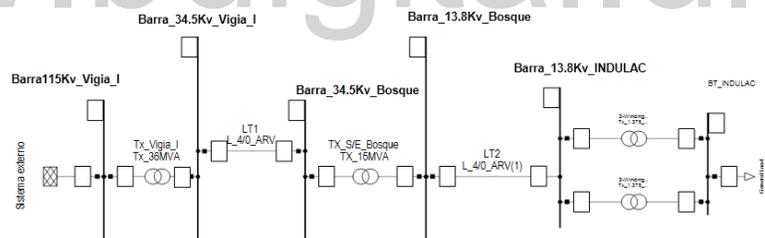


Figura 4.1 Diagrama unifilar desde la barra 115 KV de la S/E “Vigía I”

Luego de ingresar todos los niveles de cortocircuito y las características de los equipos pertenecientes a las subestaciones “Vigía I” y El Bosque y se observe en funcionamiento, se realiza el corrido del sistema dando como resultado los valores mostrados en la tabla 4.1

Tabla 4.2 Corrientes de cortocircuito arrojados por el programa DIGSILENT®

SUBESTACIÓN	BARRA	ICC(kA)
		TRIFÁSICA
Vigía I	115 KV	5,48
Vigía I	34,5 KV	4,25
El Bosque	34,5 KV	3,19
El Bosque	13,8 KV	3,90
INDULAC	13.8 KV	3,34
INDULAC	440 V	40,60

4.3 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO

En la figura 4.2 se muestra el diagrama unifilar que contiene el tramo desde la S/E “Vigía I” hasta la barra del pórtico de entrada de la S/E “INDULAC”

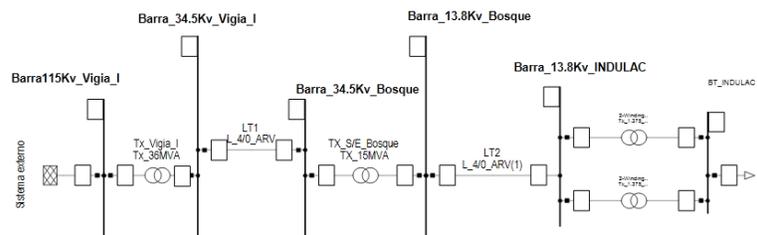


Figura 4.2. Sistema de potencia desde S/E Vigía I hasta S/E INDULAC

Con los datos obtenidos de las corrientes de falla en la barra de 115 kV se calculan las impedancias de secuencia vistas hacia la fuente (Sistema externo) en p.u., haciendo uso del método de las componentes simétricas, los valores base para realizar los cálculos son los siguientes:

$$MVA_{base} = 100 \text{ MVA}$$

$$kV_{base115KV} = 115 \text{ kV (lado AT de S/E Vigía I)}$$

$$kV_{base34.5KV} = 34,5 \text{ kV (lado BT de S/E Vigía I)}$$

- Calculo de la impedancia equivalente para la barra de 115 kV de la S/E Vigía I)

$$V_{(pu)} = 1\angle 0^{\circ} pu$$

$$MVA_{base} = 100 \text{ MVA}$$

$$I_{CC3\phi} = 5,486 \angle -76,41^{\circ} \text{ KA}$$

Utilizando la ecuación,

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} * kV_{base115KV}} \quad (4.1)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.1 se tiene:

$$I_{base} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 115 \text{ kV}} = 0,50204 \text{ kA}$$

Ahora bien, se calcula el valor en pu de la corriente subtransitoria trifásica

$$I_{CC3\phi(pu)} = \frac{I_{CC3\phi}}{I_{base}} \quad (4.2)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.2

$$I_{CC3\phi(pu)} = \frac{5,486 \angle -76,41 \text{ kA}}{0,50204 \text{ kA}} = 10,9274 \angle -76,41^{\circ}$$

Secuencia positiva:

$$Z_{AT}^{+} = \frac{V_{(pu)}}{I_{CC3\phi(pu)}}$$

Sustituyendo,

$$Z_{AT}^{+} = \frac{1\angle 0^{\circ} pu}{10,9274 \angle -76,41^{\circ}} = 0,091513 \angle 76,41^{\circ}$$

Secuencia negativa:

Como la impedancia de un circuito lineal y simétrico es independiente del orden de fases, y los voltajes aplicados están equilibrados, la impedancia de secuencia positiva es igual a la impedancia de secuencia negativa, de esta manera,

$$Z_{AT}^+ = Z_{AT}^- = 0,091513 \angle 76,41^\circ$$

Secuencia cero:

Haciendo uso de la siguiente ecuación

$$Z_{AT}^0 = \frac{V_{(pu)} * 3}{I_{CC1\phi(pu)}} - Z_{SE^+} - Z_{SE^-} \quad (4.3)$$

De donde,

$$V_{(pu)} = 1 \angle 0^\circ pu$$

$$I_{CC1\phi} = 3,822 \angle -75,42^\circ kA$$

De la ecuación 4.2 pero con valores monofásicos y se despeja $I_{CC1\phi(pu)}$ y luego se sustituyen los valores

$$I_{CC1\phi(pu)} = \frac{I_{CC1\phi}}{I_{base}} = \frac{3,822 \angle -75,42^\circ}{0,50204} = 7,6129 \angle -75,42^\circ$$

Ahora, utilizando la ecuación de secuencia cero 4.3 se tiene,

$$Z_{AT}^0 = \frac{(1 \angle 0^\circ pu) * 3}{7,6129 \angle -75,42^\circ} - 2 * (0,091513 \angle 76,41^\circ) = 0,2111 \angle 74,56^\circ$$

- Cálculo de la impedancia del transformador de potencia (115/34,5) KV de la S/E “Vigía I”

$$Z_{CC} = Z_{vieja} \left[\frac{MVA_{nueva}}{MVA_{vieja}} \right] \quad (4.4)$$

Datos del transformador:

$$Z_{vieja} = Z_{transformador(pu)}$$

$$Z_{transformador(pu)} = 0,1231 pu$$

$$MVA_{nueva} = 100 MVA$$

$$MVA_{vieja} = 36 MVA$$

Sustituyendo en la ecuación 4.4, se tiene

$$Z_{cc} = j0,1231 \left[\frac{100MVA}{36MVA} \right] = j0,34194$$

Secuencia positiva-negativa:

$$Z_{tx}^+ = Z_{tx}^- = j0,3419$$

Secuencia cero:

$$Z_{tx}^0 = 0,85 * Z_{tx}^+$$

$$Z_{tx}^0 = 0,85 * (j0,3419)$$

$$Z_{tx}^0 = j0,29065$$

- Calculo de la impedancia equivalente vista de la barra 34,5 KV de la S/E “Vigía I”

Secuencia positiva:

$$Z_{eq_{P1}}^+ = Z_{eq_{P1}}^- = Z_{AT}^+ + Z_{tx}^+$$

$$Z_{eq_{P1}}^+ = 0,091513 \angle 76,41^\circ + j0,3419$$

$$Z_{eq_{P1}}^+ = 0,4314 \angle 87,14^\circ$$

Secuencia cero:

$$Z_{eq_{P1}}^0 = Z_{AT}^0 + Z_{tx}^0$$

$$Z_{eq_{P1}}^0 = 0,2111 \angle 74,56^\circ + j0,2907$$

$$Z_{eq_{P1}}^0 = 0,4974 \angle 83,51^\circ$$

- Cálculo de la impedancia equivalente vista de la barra 34,5 KV de la S/E “El Bosque”

Secuencia positiva:

$$Z_{eq_{p2}}^+ = Z_{eq_{p2}}^- = Z_{eq_{p1}}^+ + Z_{LT1}^+ \quad (4.5)$$

Secuencia cero:

$$Z_{eq_{p2}}^0 = Z_{eq_{p1}}^0 + Z_{LT1}^0 \quad (4.6)$$

En este punto se necesita saber los valores característicos de la línea de transmisión, para esto se toman los datos del fabricante.

Tabla 4.3. Datos del fabricante

ARV	X	Xo
4/0	0,307	1,9257

Hallamos la Z_{base} en este punto

$$Z_{base} = \frac{KVbase^2}{MVAbase}$$

Se sustituyen los valores

$$Z_{base} = \frac{(34,5kV)^2}{100MVA} = 11,90$$

La línea de transmisión de este tramo tiene una distancia de 5 Km, así:

Secuencia positiva:

$$Z_{LT}^+ = \frac{(j0,307)(\Omega/Km) * 5Km}{11,90} = j0,1290$$

Secuencia cero:

$$Z_{LT}^0 = \frac{(j1,9257)(\Omega/Km) * 5Km}{11,90} = j0,8091$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones 4.5 y 4.6 se obtienen las siguientes impedancias de secuencia:

Secuencia positiva:

$$Zeq_{p2}^+ = Zeq_{p2}^- = 0,4314 \angle 87,14^\circ + j0,1290$$

$$Zeq_{p2}^+ = 0,5603 \angle 87,80^\circ$$

Secuencia cero:

$$Zeq_{p2}^0 = 0,4974 \angle 83,51^\circ + j0,8091$$

$$Zeq_{p2}^0 = 1,3045 \angle 87,53^\circ$$

Calculo de la impedancia equivalente vista de la barra de 13,8 kV

Secuencia positiva:

$$Zeq_{p3}^+ = Zeq_{p3}^- = Zeq_{p2}^+ + Z_{tx2}^+ \quad (4.7)$$

Secuencia cero:

$$Zeq_{p3}^0 = Zeq_{p2}^0 + Z_{tx2}^0 \quad (4.8)$$

- Calculo de la impedancia del transformador de potencia (34,5/13,8) kV de la S/E “El Bosque”

Datos del transformador:

$$Z_{vieja} = Z_{transformador}(pu)$$

$$Z_{transformador(pu)} = 0,0925 pu$$

$$MVAnueva = 100 MVA, MVAvieja = 15 MVA$$

Sustituyendo en la ecuación 4.4, se tiene

$$Z_{cc} = j0,0925 \left[\frac{100MVA}{15MVA} \right] = j0,61667$$

Secuencia positiva-negativa del transformador Tx2:

$$Z_{tx2}^+ = Z_{tx2}^- = j0,61667$$

Secuencia cero del transformador Tx2:

$$Z_{tx2}^0 = 0,85 * Z_{tx2}^+$$

$$Z_{tx2}^0 = 0,85 * (j0,61667)$$

$$Z_{tx2}^0 = j0,5242$$

- Impedancia equivalente vista de la barra d 13.8 kV S/E “el Bosque”

Secuencia positiva:

$$Zeq_{p3}^+ = Zeq_{p3}^- = Zeq_{p2}^+ + Z_{tx2}^+$$

$$Zeq_{p3}^+ = Zeq_{p3}^- = 0,5603 \angle 87,80^\circ + j0,61667$$

$$Zeq_{p3}^+ = 1,1768 \angle 88,95^\circ$$

Secuencia cero:

$$Zeq_{p3}^0 = Zeq_{p2}^0 + Z_{tx2}^0$$

$$Zeq_{p3}^0 = 1,302 \angle 87,53^\circ + j0,5242$$

$$Zeq_{p3}^0 = 1,8258 \angle 88,23^\circ$$

De la misma forma se calculan las impedancias equivalentes en las barras P4 y P5, en la tabla 4.2 se muestran los resultados de las impedancias de secuencia positiva y cero en todas las barras.

Tabla 4.4. Impedancias equivalentes en las barras del sistema eléctrico de potencia

Barra	$Z_{eq_{pu}}^+$	$Z_{eq_{pu}}^0$
P1	$0,4314 \angle 87,14^\circ$	$0,4974 \angle 83,51^\circ$
P2	$0,5603 \angle 87,80^\circ$	$1,3045 \angle 87,53^\circ$
P3	$1,1768 \angle 88,95^\circ$	$1,8258 \angle 88,23^\circ$
P4	$1,3541 \angle 89,09^\circ$	$2,9380 \angle 88,90^\circ$
P5	$3,463 \angle 89,64^\circ$	$4,730 \angle 9,31^\circ$

4.3.1 Cálculos de corrientes de cortocircuito trifásico y monofásico

Corriente de cortocircuitos en P1 (Barra 34,5 kV S/E “Vigía I”)

- ✓ Cortocircuito trifásico en P1:

$$I_{cc_{3\phi}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{Z_{eq_{P1}}^+} = \frac{1}{0,4314 \angle 87,14^\circ} = 2,3180 \angle -87,14^\circ$$

$$I_{base} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 34,5 \text{ KV}} = 1673,47 \text{ A}$$

$$I_{cc_{3\phi}} = 2,3180 \angle -87,14^\circ * 1673,47 \text{ A} = 3879,1 \angle -87,14^\circ \text{ A}$$

- ✓ Cortocircuito monofásico en P1:

$$I_{cc_{1\phi}} = \frac{3}{2 * Z_{eq_{P1}}^+ + Z_{eq_{P1}}^0}$$

$$I_{cc_{1\phi}} = \frac{3}{2 * (0,4314 \angle 87,14^\circ) + 0,4974 \angle 83,51^\circ}$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 2,2066 \angle -85,81^\circ \text{ pu}$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 2,2066 \angle -85,81^\circ * 1673,47$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 3692,68 \angle -85,81^\circ A$$

Corrientes de cortocircuito en P2 (Barra 34,5 KV S/E El Bosque")

✓ Cortocircuito trifásico P2:

$$I_{cc_{3\phi}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{Z_{eq_{P2}^+}} = \frac{1}{0,5603 \angle 87,80^\circ} = 1,7848 \angle -87,80^\circ$$

$$I_{base} = \frac{100 MVA}{\sqrt{3} * 34,5 KV} = 1673,47 A$$

$$I_{cc_{3\phi}} = 1,7848 \angle -87,80^\circ * 1673,47 A = 2986,81 \angle -87,80^\circ A$$

✓ Cortocircuito Monofásico en P2:

$$I_{cc_{1\phi}} = \frac{3}{2 * Z_{eq_{P2}^+} + Z_{eq_{P2}^0}} = \frac{3}{2 * (0,5603 \angle 87,80^\circ) + 1,3045 \angle 87,53^\circ}$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 1,24 \angle -87,65^\circ pu$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 1,24 \angle -87,65^\circ * 1673,47$$

$$I_{cc_{1\phi}} = 2075,1 \angle -87,65^\circ A$$

Corriente de Cortocircuito en P3 (Barra 13,8 KV S/E "El Bosque")

✓ Cortocircuito trifásico en P3:

$$I_{cc_{3\phi}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{Z_{eq_{P3}^+}} = \frac{1}{1,177 \angle 88,95^\circ} = 0,849 \angle -88,95^\circ$$

$$I_{base} = \frac{100 MVA}{\sqrt{3} * 13,8 KV} = 4183,7 A$$

$$I_{cc_{3\phi}} = 0,849 \angle -88,95^\circ * 4183,7 A = 3554,89 \angle -88,95^\circ A$$

✓ Cortocircuito Monofásico en P3:

$$I_{cc1\phi} = \frac{3}{2 * Zeq_{p3}^+ + Zeq_{p3}^0} = \frac{3}{2 * (1,1768\angle 88,95^\circ) + 1,8258\angle 88,23^\circ}$$

$$I_{cc1\phi} = 0,7178\angle - 88,64^\circ pu$$

$$I_{cc1\phi} = 0,7178\angle - 88,64^\circ * 4183,7$$

$$I_{cc1\phi} = 3003,14\angle - 88,64^\circ A$$

De la misma forma se calculan las corrientes de cortocircuito en el resto de las barras, los resultados se muestran en la tabla 4.4:

Tabla 4.5 Corrientes de cortocircuito en las barras del sistema de potencia en estudio

Barra	TRIFÁSICO	MONOFÁSICO
34,5 KV S/E"Vigía I"	2,3180 \angle - 87,14 $^\circ$	2,2066 \angle - 87,65 $^\circ$
34,5 KV S/E"El Bosque"	1,7848 \angle - 87,80 $^\circ$	1,24 \angle - 87,65 $^\circ$
13,8 KV S/E"El Bosque"	0,8497 \angle - 88,95 $^\circ$	0,7178 \angle - 88,64 $^\circ$
13,8 KV S/E"INDULAC"	0,7385 \angle - 89,09 $^\circ$	0,5313 \angle - 88,09 $^\circ$
440 V S/E "INDULAC"	37845 \angle - 89,64 $^\circ$	0,2573 \angle - 89,49 $^\circ$

Valores reales de cada barra

Barra	TRIFÁSICO(KA)	MONOFÁSICO
34,5 KV S/E"Vigía I"	3,8791 \angle - 87,14 $^\circ$	3,6927 \angle - 85,81 $^\circ$
34,5 KV S/E"El Bosque"	2,9868 \angle - 87,80 $^\circ$	2,075 \angle - 87,65 $^\circ$
13,8 KV S/E"El Bosque"	3,5549 \angle - 88,95 $^\circ$	3,003 \angle - 88,64 $^\circ$
13,8 KV S/E"INDULAC"	3,0896 \angle - 89,09 $^\circ$	2,222 \angle - 88,09 $^\circ$
440 V S/E "INDULAC"	37,845 \angle - 89,64 $^\circ$	33,772 \angle - 89,49 $^\circ$

Por medio del método de las componentes simétricas se hizo el cálculo de corrientes de cortocircuito, partiendo de los datos proporcionados por el departamento de transmisión, mediciones y protecciones del estado Mérida, el cálculo se hizo desde la barra de 115 kV de la S/E "Vigía I" porque los datos que suministro CORPOELEC corresponden a esa barra. Se utilizó la herramienta computacional DigSILENT® para realizar una simulación de cálculos de cortocircuito y así, comparar con los cálculos de cortocircuito por el método de las

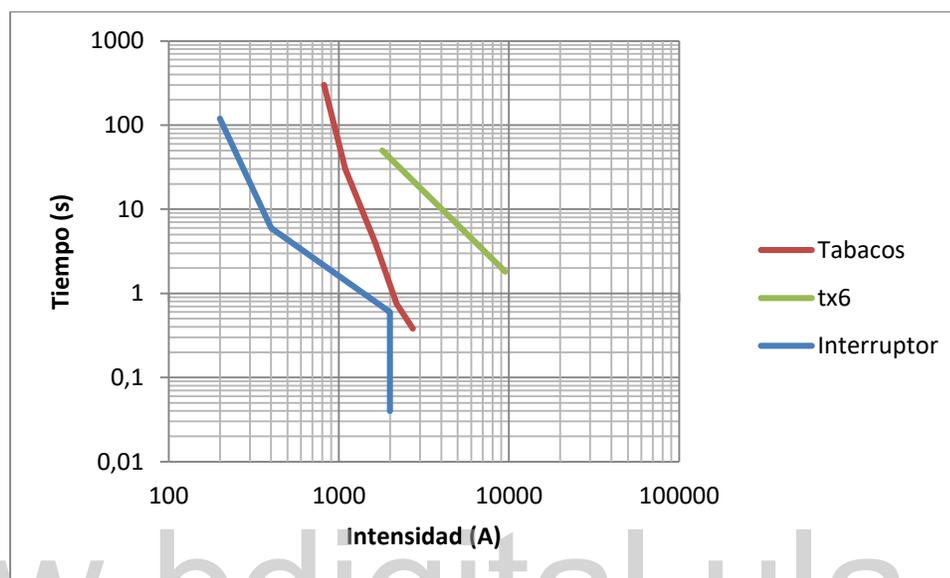
componentes simétricas. Encontrando de esta forma una diferencia de más o menos 10% entre los dos métodos esto se debe al DigSILENT® que realiza la simulación mediante el método IEC 60909 la cual utiliza un factor de 1.1 en los valores de las corrientes para realizar el cálculo de cortocircuito.

4.4 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA TRANSFORMADORES

En las curvas presentadas en el capítulo III apartado 5, se observa que:

- Para los transformadores Tx1 y Tx2 se cuenta con una adecuada coordinación de protecciones ya que las curvas de los elementos de protección que se muestran en la gráfica 3.1 están por debajo de la curva de daño del transformador y la corriente de ruptura tanto del interruptor como del fusible tienen un valor de 70 kA, es decir que el dispositivo abrirá el circuito ante una falla y si se presenta una corriente de cortocircuito en éste punto, los dispositivos son capaces de soportar esta falla sin dañarse.
- Para el transformador elevador se usa el mismo método con diferencia en la curva de daño del transformador ya que su capacidad es menor a 500 kVA y la norma ANSI usa diferentes factores para calcularla pues esta se genera con dos puntos, es decir que para transformadores menores de 500 kVA la gráfica es una línea con pendiente negativa además su esquema de protección está bien ajustado ya que las curvas de los dispositivos de protección están por debajo de la curva de daño del transformador como se muestra en la gráfica 3.2.
- Para el transformador del circuito de viviendas se tienen ajustados los dispositivos de protección, en la gráfica 3.3 se puede observar que la línea que representa la curva de daño del transformador está por encima de las curvas de los dispositivos de protección Fusible-Interruptor.
- Para el banco de transformadores del circuito de planta de tratamiento, se tiene una buena coordinación, en la gráfica 3.4 se puede ver que las curvas de los dispositivos de protección están por debajo de la línea que representa la curva de daño del transformador.

- Transformador de Pozos, en este transformados se cuenta solo con protección de fusibles de pórtico (tabacos) tipo K, y si se agrega un interruptor termomagnético de 200 A del lado de baja tensión se tendría una óptima coordinación y se tendría un esquema Fusible –Interruptor, en la gráfica 4.1 se puede observar que el interruptor actuaría antes del Fusible.



Gráfica 4.1 Ajuste en coordinación de transformador de Pozos

4.5 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA MOTORES ELÉCTRICOS.

Para coordinar el sistema de protecciones hay que considerar que al momento de seleccionar el dispositivo de protección a usar, porque primero debe operar el dispositivo más cercano a la falla y si por alguna razón esta falla, debe operar el siguiente. En INDULAC en el 90% de los motores eléctricos existentes e instalados cuentan con un esquema de protección compuesto por: interruptor termomagnético, contactor y relé térmico y cada circuito de sala incluye un grupo de motores de al menos 5. Hay protección contra sobrecargas, cortocircuitos y falta de fase. Para realizar los nuevos ajustes se necesita conocer el nivel de tensión en la cual va a operar el dispositivo, el valor de corriente de operación del equipo y el valor de cortocircuito que interrumpirá la protección, tomando en cuenta estos criterios se seleccionan los dispositivos de protección.

En este esquema se deben ajustar los valores de interruptor (breaker) y relé térmico, para esto, se utilizan los siguientes factores expuestos en el Código Eléctrico Nacional: 150% para los interruptores y 125% para los relés térmicos en base a la corriente nominal, el contactor se seleccionará con respecto al valor de tensión, a continuación, se presentan las tablas de ajuste de los dispositivos de protección de cada motor agrupados por las salas de trabajo.

Tabla 4.6 Ajustes en Sala de refrigeración

Nombre del equipo	Potencia (kVA)	Corriente nominal (A)	Ajuste de relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Bomba de agua	5,60	7,35	9,19	11,03
Bomba de agua	9,76	12,82	16,03	19,23
Bomba de agua	9,76	12,82	16,03	19,23
Bomba de agua	18,13	23,82	29,78	35,73
Agitador	0,54	0,71	0,89	1,07
Agitador	1,08	1,42	1,78	2,14
Compresor de amoniaco	87,42	140,00	175,00	210,00

Tabla 4.7 Ajustes en sala de calderas

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste de relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Bomba de agua	32,53	42,73	53,42	64,10
Bomba de agua	21,69	28,49	35,61	42,73
Bomba de agua	37,95	49,86	62,32	74,78
Bomba de combustible	3,50	4,59	5,74	6,89
Motor del compresor	8,25	10,84	13,55	16,26
Motor de ventilador	58,28	76,56	95,71	114,85
Motor de ventilador 2	14,69	19,29	24,12	28,94
Bomba de combustible para calderas	1,17	1,53	1,91	2,30
Bomba para tanque de calderas	2,91	3,83	4,79	5,74
Bomba para tanque de calentadores	2,91	3,83	4,79	5,74
Bomba para tanque de calentadores	1,05	1,38	1,72	2,07

Tabla 4.8 Ajustes en sala de Aventadores A

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé Térmico (A)	Ajuste en fusibles (A)
Aventador 1	103,61	120,00	150	165,00
Aventador 2	103,61	120,00	150	165,00
Aventador 3	103,61	120,00	150	165,00
Motor del quemador del Cal. 1	8,74	11,48	14,3559306	15,79
Motor bomba combustible cald, 1	2,33	3,06	3,828248161	4,21
Motor del quemador del Cal. 2	8,74	11,48	14,3559306	15,79
Motor del quemador del Cal. 3	8,74	11,48	14,3559306	15,79

Tabla 4.9 Ajustes en sala de Aventadores B

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé Térmico (A)	Ajuste en fusibles (A)
Motor aventador 4	103,61	136,12	170,14	187,16
Motor aventador 5	103,61	136,12	170,14	187,16
Motor del quemador del Cal. 4	8,74	11,48	14,36	15,79
Motor del quemador del Cal. 3	8,74	11,48	14,36	15,79

Tabla 4.10 Ajustes en Torre de Enfriamiento

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Bomba de agua potable	16,32	21,44	26,80	32,157
Bomba de agua potable	16,32	21,44	26,80	32,157
Bomba de agua potable	16,32	21,44	26,80	32,157
Bomba de agua industrial	54,78	71,97	89,96	107,957
Bomba de agua industrial	26,81	35,22	44,02	52,830
Bomba de agua industrial	26,81	35,22	44,02	52,830
Ventiladores de enfriamiento	29,14	38,28	47,85	57,424

Tabla 4.11 Ajustes en Torre de Enfriamiento (cont)

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Ventiladores de enfriamiento	29,14	38,28	47,85	57,424
Bombas para las líneas de producción	29,14	38,28	47,85	57,424
Bombas para las líneas de producción	11,66	15,31	19,14	22,969

Tabla 4.12 Ajustes en Sala de Condensación

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Homogeneizador	34,97	45,94	57,424	68,91
B. Agua condensada Pasteurizador(1)	0,87	1,15	1,436	1,72
B. Agua condensada Pasteurizador(2)	0,87	1,15	1,436	1,72
B. Agua condensada Sheffer3 L1	4,66	6,13	7,656	9,19
B. Alimentación de leche tanque balanceo	2,33	3,06	3,828	4,59
B. Agua Caliente	2,33	3,06	3,828	4,59
B. Tanque de balanceo L 1	3,50	4,59	5,742	6,89
B. Tanque de espera L1	6,41	8,42	10,528	12,63
B. Leche Condensada evaporador L1(1)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Leche Condensada evaporador L1(2)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Leche Condensada evaporador L1(3)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Agua condensada Sheffer L1	4,66	6,13	7,656	9,19
Línea 2		0,00	0,000	0,00
Homogeneizador	34,97	45,94	57,424	68,91
B. Agua condensada Pasteurizador(1,2)	0,87	1,15	1,436	1,72
B. Agua condensada Pasteurizador(1,2)	0,87	1,15	1,436	1,72
B. Agua condensada Sheffer3 L1	4,66	6,13	7,656	9,19
B. Alimentación de leche tanque balanceo	2,33	3,06	3,828	4,59

Tabla 4.13 Ajustes en Sala de Condensación (cont)

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
B. Agua Caliente	2,33	3,06	3,828	4,59
B. Tanque de balanceo L 1	3,50	4,59	5,742	6,89
B. Tanque de espera L1	6,41	8,42	10,528	12,63
B. Leche Condensada evaporador L1(1)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Leche Condensada evaporador L1(2)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Leche Condensada evaporador L1(3)	4,29	5,63	7,040	8,45
B. Agua condensada Sheffer L1	4,66	6,13	7,656	9,19

Tabla 4.14 Ajustes en Egrón 1

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
A/A LPI	1,17	1,53	1,91	2,30
Válvula Transportadora neumática del 2 do piso	1,17	1,53	1,91	2,30
vibrador tubular 2do piso	2,25	2,96	3,69	4,43
Golpeador del Egrón #1	1,28	1,68	2,11	2,53
Multiclón (1)	1,05	1,38	1,72	2,07
Multiclón (2)	1,05	1,38	1,72	2,07
Válvula de aire caliente	1,17	1,53	1,91	2,30
Bomba de agua fría	3,56	4,68	5,85	7,02
Transportador neumático p/b	0,87	1,15	1,44	1,72
Transportador neumático 2do piso	2,33	3,06	3,83	4,59
Ventilador	0,99	1,30	1,63	1,95
Válvula de transportador neumático p/b	1,75	2,30	2,87	3,45
Enfriador White	3,50	4,59	5,74	6,89
Cedazo P/b	1,38	1,81	2,26	2,71
Válvula de salida del Egrón	2,91	3,83	4,79	5,74
Motor Extractor # 1	93,75	123,16	153,95	184,74
Motor Extractor # 2	93,75	123,16	153,95	184,74
Golpeador del Multiclón	2,33	3,06	3,83	4,59
Válvula separadora	1,75	2,30	2,87	3,45

Tabla 4.15 Ajustes en Egrón 1

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Ventilador auxiliar separador	10,84	14,24	17,80	21,36
Ventilador auxiliar secundario	10,84	14,24	17,80	21,36
Polipasto Grúa	5,83	7,66	9,57	11,48
Plataforma del Egrón	4,66	6,13	7,66	9,19
Freno	0,58	0,77	0,96	1,15
			0,00	0,00
Enfardadora 1	5,83	8,87	11,08	13,30
Enfardadora 2	5,83	8,87	11,08	13,30
Fabrima 1	8,16	12,41	15,51	18,62
Fabrima 2	8,16	12,41	15,51	18,62

Tabla 4.16 Ajustes en Egrón 2

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Válvula Transportadora neumática del 2 do piso	1,17	1,53	1,91	2,297
vibrador tubular 2do piso	2,25	2,96	3,69	4,434
Golpeador del egrón # 2	1,28	1,68	2,11	2,527
Multiclón	1,05	1,38	1,72	2,067
Válvula de aire caliente	0,94	1,23	1,54	1,847
transportador neumatico 2do piso	17,13	22,51	28,14	33,765
Bomba de agua fria	1,17	1,53	1,91	2,297
Transportador neumático p/b	0,87	1,15	1,44	1,723
Ventilador	0,99	1,30	1,63	1,952
Válvula de transportador neumático p/b	1,75	2,30	2,87	3,445
Enfriador White	1,75	2,30	2,87	3,445
Cedazo P/b	1,38	1,81	2,26	2,710
Válvula de salida del Egrón	2,91	3,83	4,79	5,742
Motor Extractor # 1	105,97	139,21	174,01	208,814
Motor Extractor # 2	105,97	139,21	174,01	208,814
Golpeador del Multiclón	2,33	3,06	3,83	4,594
Válvula separadora	1,75	2,30	2,87	3,445

Tabla 4.17 Ajustes en Egrón 2 (cont)

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Ventilador auxiliar separador	10,84	14,24	17,80	21,362
Ventilador auxiliar secundario	10,84	14,24	17,80	21,362
Plataforma del Egrón	0,70	0,92	1,15	1,378
Freno	0,58	0,77	0,96	1,148

Tabla 4.18 Ajustes en Llenaje

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Masipack	8,75	11,50	14,37	17,24
Cedazo 1	0,58	0,77	0,96	1,15
Cedazo 2	0,58	0,77	0,96	1,15
Tornillo sin fin	2,33	3,06	3,83	4,59
Cinta transportadora 1 B	0,58	0,77	0,96	1,15
Cinta transportadora 2 B	0,58	0,77	0,96	1,15
A/A 20 ton	87,92	115,50	144,38	173,26
Ventilador A/A	1,25	1,64	2,05	2,46
Mesa rotativa	0,58	0,77	0,96	1,15

Tabla 4.19 Ajustes en Talleres

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Torno	3,497	4,594	5,7	6,9
Taladro de banco	1,515	1,991	2,5	3,0
Fresadora	1,515	1,991	2,5	3,0
Sierra vertical Eléctrica	0,583	0,766	1,0	1,1
Máquina de soldar 1	11,656	15,313	19,1	23,0
Esmeril pequeño	0,350	0,459	0,6	0,7
Polipasto (rache)	4,663	6,125	7,7	9,2

Tabla 4.20 Ajustes en sala de Máquinas

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Compresor Atlas Copco	233,13	306,20	382,75	459,30
Compresor Ingersoll Rand	174,84	229,69	287,12	344,54

Tabla 4.21 Ajustes en Recepción

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
B. Descarga de camiones	17,48	22,97	28,71	34,5
B. Descarga de camiones	13,99	18,38	22,97	27,6
Descremadora	34,97	45,94	57,42	68,9
B. limpieza química	8,74	11,48	14,36	17,2
B. Positiva de crema (llenar camión)	5,62	7,38	9,22	11,1
Agitador de tanque de crema	2,33	3,06	3,83	4,6
Agitador de tanque de crema	2,33	3,06	3,83	4,6
B. Positiva de la crema	5,83	7,66	9,57	11,5
B. de agua caliente crema	1,75	2,30	2,87	3,4
B. agua suavizada de la descremadora	4,66	6,13	7,66	9,2
B. Limpieza de camión	2,33	3,06	3,83	4,6

Tabla 4.22 Ajustes en Estandarización

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Motor agitador de leche # 1	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 2	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 3	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 4	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 5	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 6	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 7	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 8	2,33	3,06	3,83	4,59

Tabla 4.23 Ajustes en Estandarización (cont)

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Motor agitador de leche # 9	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 10	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 11	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor agitador de leche # 12	2,33	3,06	3,83	4,59
Motor cepillo lavado de tubos	0,29	0,38	0,48	0,57
Motor de bomba lavado tubos	10,84	14,24	17,81	21,37
Bomba para descremar	11,66	15,31	19,14	22,97
Bomba Magna	8,74	11,48	14,36	17,23
Bomba limpieza química	5,83	7,66	9,57	11,48

Tabla 4.24 Ajustes en Área de pozos

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Bomba de transferencia_1	34,969	45,939	57,424	68,91
Bomba de transferencia_2	41,963	55,127	68,908	82,69
Bomba de transferencia_3	34,969	45,939	57,424	68,91
Bomba galería	34,969	45,939	57,424	68,91

Tabla 4.25 Ajustes en Planta de Tratamiento

Nombre del equipo	Potencia aparente (kVA)	Corriente nominal por fase (A)	Ajuste en relé térmico (A)	Ajuste interruptor/breaker (A)
Bomba de transferencia	11,656	15,313	19,141	22,97
Bomba de transferencia	11,656	15,313	19,141	22,97
Motor de cepillo	23,313	30,626	38,282	45,94
Bomba de agua al rio	11,656	15,313	19,141	22,97
Bomba de agua al rio	11,656	15,313	19,141	22,97
Aventador 1	29,141	38,282	47,853	57,42
Aventador 2	29,141	38,282	47,853	57,42
Aireador flotante	11,656	15,313	19,141	22,97
Transformador de alumbrado	15 kVA_440/120 V			
Carga conectada	5 kVA			

Tabla 4.26 Ajuste en Viviendas

Nombre del equipo	Potencia aparente (VA)	Corriente nominal por fase (A)	Valor interruptor
Vivienda_1	5000	41,67	64,58
Vivienda_2	5000	41,67	52,08
Vivienda_3	5000	41,67	52,08
Vivienda_4	5000	41,67	52,08
Vivienda_5	5000	41,67	52,08
Vivienda_6	5000	41,67	52,08
Vivienda_7	5000	41,67	52,08
Vivienda_8	5000	41,67	52,08
Casa club	7000	58,33	72,92
Casa Soltero	3000	25,00	31,25
Aguas Servidas	7000	9,20	11,50
Alumbrado	5000	41,67	62,50

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES

En el proceso para la recolección de datos se verifico que el archivo que existe en el área de servicio técnico esta desactualizado, además, no se tenía un plano eléctrico de apoyo para la identificación de los circuitos de las diferentes áreas. Luego de recopilar los datos de todos los equipos y con la herramienta computacional DigSILENT® se diseñaron los planos eléctricos de todos los circuitos que conforman el sistema eléctrico de INDULAC que se muestran en el adjunto de planos, a partir de estos planos se pueden ejecutar maniobras con más facilidad para la detección de fallas, aquí se indican los valores de tensión en las barras, los transformadores con sus datos principales, los motores con sus datos de placa y disposición en los tableros.

La coordinación actual de los equipos de protección existentes en INDULAC para los motores en su mayoría no cumplen con los porcentajes dados en la normativa del Código Eléctrico Nacional en los Artículos 430-32 y 430-33 [1], de este modo evitan que los dispositivos de protección cumplan con su función de despejar fallas, por esta razón se hace un ajuste en las protecciones de todos los motores usando las normas del código eléctrico nacional usando 125% de la corriente nominal para relés térmicos y 150% para interruptores termomagnético y para el caso en que haya guardamotor, hacer los dos ajustes en el mismo equipo, comparando los resultados entre los valores actuales de las protecciones con los calculados por el método del código eléctrico nacional se llega a la conclusión que hay una diferencia este los ajustes que en algunos casos puede ocasionar pérdidas de motores o paradas en producción, se sugiere aplicar estos ajustes en los equipos de la empresa para mejorar y proteger los motores, en algunos casos se tendrá que sustituir algunos dispositivos de protección porque el rango de ajuste es muy alto para el valor que se requiere ajustar.

Para el estudio de los esquemas de protección de los transformadores se puede observar en el capítulo 3 las gráficas de coordinación de los transformadores tienen una eficiente coordinación pues en todos los casos las curvas de los dispositivos de protección están por debajo de la curva de daño del transformador, lo que se debe implementar es mejorar este esquema en el caso del transformador de Pozos que requiere agregar un interruptor termomagnético de 200 A en la salida del transformador.

Para el transformador de alumbrado se requiere hacer una reducción de carga, porque actualmente está sobre cargado en un 112% de la capacidad nominal del transformador, el cual estaría trabajando en un 80% si se retira la carga de administración-servicio obrero-dirección, pero esto sería activando el banco de transformadores de estas áreas, además como este transformador está en el tablero principal en sala de máquinas se necesita ventilación para que no sufran recalentamiento las bobinas. Además, se necesita un balance en los fusibles de baja tensión.

www.bdigital.ula.ve

RECOMENDACIONES

Agregar un interruptor termomagnético en el esquema de protección del transformador de pozos para dar seguridad y mejorar al momento de una maniobra.

Agregar un interruptor termomagnético en el tablero de condensación para independizar las líneas de producción.

Cambiar el tablero del Egrón 2, para uno de mayor dimensión y hacer una organización de todos los equipos de protección.

Identificar los dispositivos de protección de cada motor con una lámina plástica troquelada o con etiqueta donde indique el motor al cual se aplican.

Retirar los dispositivos que no se están utilizando y que se encuentran en el tablero de recepción.

Activar el banco de transformadores que cubre la carga de administración-servicio obrero-dirección para que el transformador de alumbrado trabaje en 80% de su capacidad nominal.

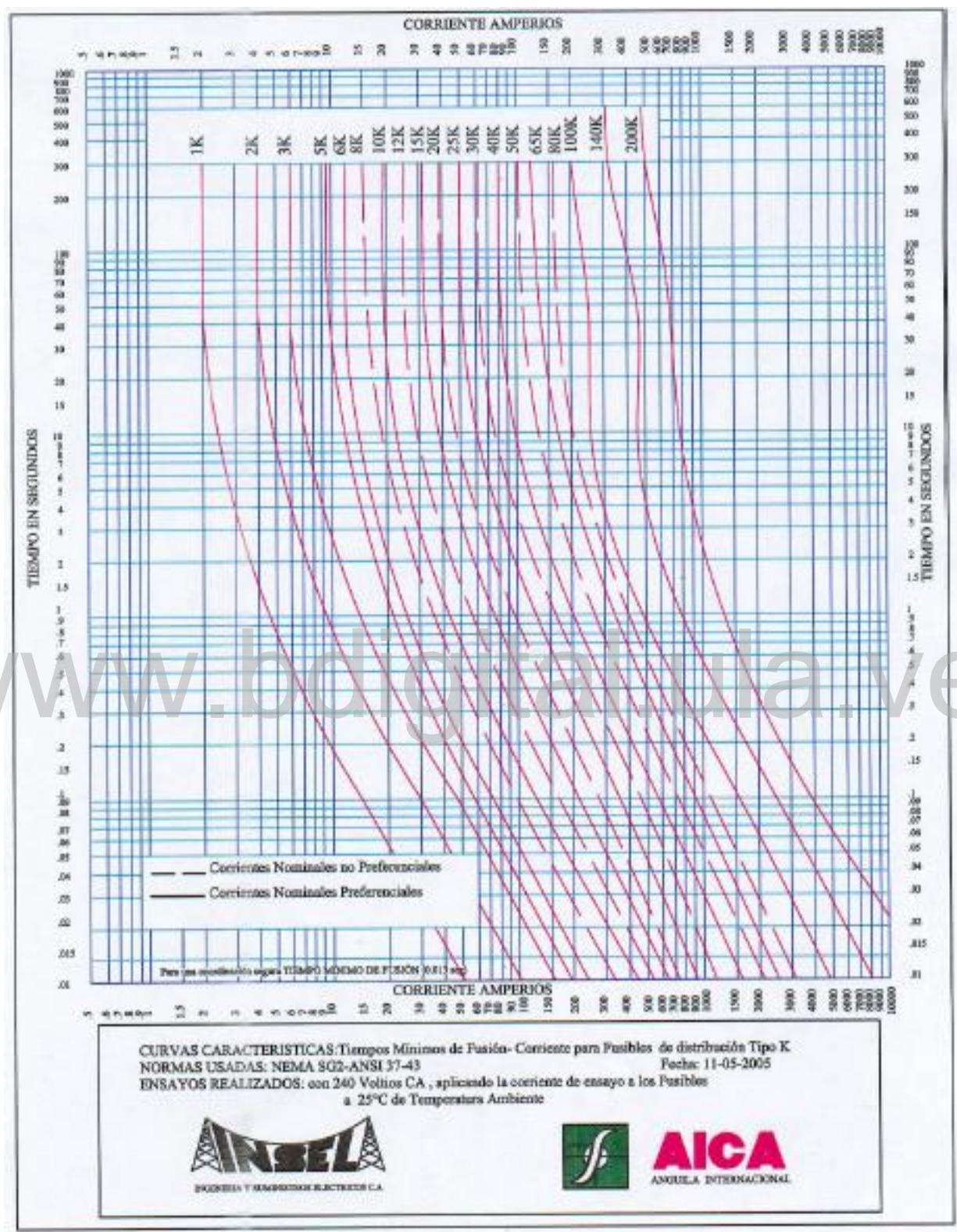
Aplicar los ajustes a los motores eléctricos realizados en este trabajo de grado para lograr una óptima coordinación de los dispositivos de protección del sistema eléctrico de INDULAC Fábrica El Vigía.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CODELECTRA, «COVENIN 0200-1999,» *Codelectra*, 1999.
- [2] R. Espinoza y Lara, *Sistemas de Distribución*, Mexico D.F.: Limusa, 1990.
- [3] E. Schneider, *Manual y Catálogo del electricista*, Caracas, 2009.
- [4] Telesquemario, «Manual Electrotécnico,» *Telesquemario*, p. 280, 1999.
- [5] SOCOMEC, «Fusibles Industriales,» *Catálogo de Fusibles*, 2019.
- [6] J. Rodríguez, «INDULAC-GRUPO LACTALIS,» 2016.
- [7] G. Enríquez Harper, *Manual del Técnico en Subestaciones Eléctricas*, México D.F.: Limusa, 2010.
- [9] O. Penissi, *Canalizaciones Electricas Residenciales*, 2009.
- [10] A. L. Farina, «Motores Eléctricos,» *Suplemento Instaladores*, pp. 70,71,72, 2018.

ANEXO

www.bdigital.ula.ve



Anexo A: Curva de fusión de fusibles tipo K usada para la S/E Principal.