

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA Y DE  
CONTROL DE UN PARQUE ACUÁTICO”**

**REALIZADO POR:**

**MIGDALIA DEL CARMEN VÁSQUEZ VILLARROEL**  
**C.I: 16.854.905**

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito  
Parcial para Optar al Título de:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**Barcelona, Julio de 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA Y DE  
CONTROL DE UN PARQUE ACUÁTICO”**

**ASESORES:**

---

**Ing. Verena Mercado**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. Erick Natera**  
**Asesor Industrial**

**Barcelona, Julio de 2010.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA Y DE  
CONTROL DE UN PARQUE ACUÁTICO”**

**JURADO CALIFICADOR**

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

---

**Ing. Verena Mercado**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. Daniel Velásquez**  
**Jurado Principal**

---

**Ing. Manuel Maza**  
**Jurado Principal**

**Barcelona, Julio de 2010.**

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado de la universidad de oriente:

“Los Trabajos son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

## **DEDICATORIA**

A mi padre de los ojos azules mi Dios, a su madre mi Virgen del valle quienes han sido mis guías desde siempre gracias por ayudarme alcanzar esta meta.

A todos mis hermanos y santos que me ayudaron a sobrevivir este camino de retos y esfuerzos, como el Profesor Lino Valles y mi Maestra y amiga María Francia.

A mi madre Luisa Villarroel, que con su amor me enseñó que en la vida el que persevera vence, gracias mamá por todo tu amor eres lo mejor que tengo en mi vida Te Amo mucho.

A mi padre Rafael Vásquez, gracias por enseñarme lo duro de la vida para así poder defenderme sola sin depender de nadie. Hoy en día soy lo que tú quisiste que yo fuera Te Quiero.

A mi tercera madre la Sra. Chela quien me dio y enseñó las herramientas necesarias para continuar mi camino sin ningún obstáculo, gracias por todo su cariño.

A la Ingeniera Verena Mercado, que con sus regaños y consejos me ha enseñado más de lo que ella imagina de la vida, eres una parte muy importante de este proyecto y de mi vida, gracias por todo Te Quiero Mucho eres mi modelo a seguir.

A todos mis hermanos y hermanas que los amo con todo mi corazón a pesar de todo y eso fortalece mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Dios, al universo entero.

A la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui y al Departamento de Electricidad por su formación académica y profesional gracias por ser mi segunda casa.

A mis hermanos Frank, Rafael, Carlos, Icdalia, Edita, Yumaira, Valentina y Luisa los amos muchachos gracias por ayudarme en algún momento de mi carrera y por confiar en mí.

A mi sobrina Edimar que siempre me dio mucha fortaleza al ser yo su ejemplo a seguir te adoro hija mía.

A Tomas Sánchez quien fue un impulsor para empezar este camino de mi vida, a Griselda Oroño eres una gran amiga para mí gracias por tus palabras de aliento.

A Javier Salcedo a quien Dios puso en mi camino y me ha enseñado muchas cosas de la vida gracias por todo lo vivido.

A la tienda de Bordados V&E Asociados quien ha sido mi tercera casa de aprendizaje, en especial a su Gerente Edy Orduz gracias por soportarme todos estos años y enseñarme una labor con la cual aprendí a ganarme mis cosas y me queda de profesión mil gracias por eso, la aprecio mucho.

A mi amiga la Dra. Niuska Gil gracias por tu linda amistad, tus palabras en algunos momentos de tristeza me han fortalecido eres una gran mujer y persona, vales mucho.

A mis amigas Leorangelys Gómez, Janinna Figueroa, Iris Paola, María Vásquez, chicas las quiero mucho son como unas hermanas para mí, gracias por todos los momentos vividos, gracias por su apoyo mil gracias.

A la Ing. Yasither Muñoz, amiga gracias por siempre darme ese empujón que necesitaba para salir adelante, eres una gran mujer te quiero estoy orgullosa de ti.

A todos mis amigos y compañeros del Departamento de Ingeniería Eléctrica José Jesús Navarro (JJ), Adelnin Calzadilla (Súper), Ezequiel Castillo, Gregory Sotilleth, Sergio Oropeza, Orlando Cisneros, Reinaldo Velásquez, Melvin Uricaro, Victoria Guerra, Luis Maican, Sioly Alaña, Daniel Campos, Gabriel Weky, Gabriel Rodríguez, Rafael Narváez, Fernando Navarro, Miguel Ortiz, Gabriel Zamora, Carlos Castillo, Alejandra Salazar, Oswaldo García, Juan Diego Martínez, Marcos Soto, Pedro Hernández, Reina Aguilera, Daniel Guerrero, Jesús León, Nelsis Gil, Gabriela Hernández, Ángel Patiño, Alexis Perales, Caru, Oriana Castillo, Héctor León, Daniel Velásquez, Daniel Indriago a todos gracias por los momentos compartidos. Y a mis amigos los nuevos de eléctrica José Gabriel, Leipnelly, Marcos, Marianela, Ana Grau, Ruth, Ángela, Rosaura, Mi pana Álvaro, Cesar, Donisel, Freddy, Javier y Carlos muchachos son muy lindos amigos sigan adelante que la meta está ganada. Eléctrica lo Mejor! A mis amigos Jesús Cisneros, Deibys, Blanco, Adrian, Soyre, Gabriela Fuentes, Luis Eduardo, Graciela, Melissa, Thania, Karelys Ríos, Armirys, Rhodia, amigos gracias por los momentos que me han regalados.

Gracias a la vida por regalarme esta oportunidad...

*Migdalia Vásquez.*

## **RESUMEN**

En este trabajo se realizó la actualización del Sistema de Potencia y de Control de un Parque Acuático, como lo es, en este caso el Parque de Agua Kariña, primeramente se realizó una descripción del sistema de potencia y de control del parque de agua Kariña, luego se actualizó la documentación eléctrica con la incorporación de los nuevos cuartos de filtrado. Para la actualización se realizaron los cálculos en cuanto a conductores, protecciones y análisis de cargas, en los cuartos nuevos, bombas y en todo el sistema eléctrico, los cuales se comprobaron con simulaciones computacionales. En el sistema de control se realizaron cambios en las bombas de achique y se diseñó la automatización de los nuevos cuartos de filtrado, incluyendo protecciones eléctricas y mecánicas para así evitar posibles inundaciones por roturas de tuberías, producto de altas presiones, también se estudiaron las altas corrientes de la turbina del cuarto de la piscina de olas sugiriendo la colocación de un arrancador suave. Se estudió, la influencia de la temperatura en el funcionamiento de equipos y componentes eléctricos, mediante el registro de mediciones durante varios días, identificando que las temperaturas son muy altas, sobrepasando en algunos casos la temperatura exigida por normas y por las especificaciones de los equipos. Con base en esta actualización se exponen propuestas y recomendaciones técnicas que conlleven a un mejor desempeño de los equipos y componentes eléctricos, aumenten su vida útil y mejoren el servicio.

## CONTENIDO

	<b>PAG.</b>
RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- LA EMPRESA.....	1
1.1.1-    Objetivos de la empresa.....	2
1.1.2-    Funciones de la empresa.....	2
1.1.3-    Descripción de la empresa.....	2
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
1.4.- ALCANCE.....	7
1.5.- OBJETIVOS.....	7
1.5.1.- Objetivo General.....	7
1.5.2.- Objetivos Específicos.....	7
1.6.- METODOLOGÍA.....	8
1.6.1.- Nivel de la investigación.....	8
1.6.2.- Diseño de investigación.....	9
1.6.3.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	9
1.6.4.- Técnicas de análisis de datos.....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1.- ANTECEDENTES.....	10
2.2.- SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL.....	11
2.2.1.- Transformación.....	12
2.2.2.- Distribución.....	13

2.2.3.- Motores.....	13
2.2.4.- Iluminación.....	16
2.2.5.- Compensación de Reactiva.....	17
2.3.- TRANSFORMADOR.....	18
2.3.1.- Tipos de Transformadores.....	21
2.3.1.1. – Pad Mounted.....	21
2.3.1.2.- De Control.....	22
2.3.1.3.- Secos.....	23
2.3.2.- Características de los transformadores.....	23
2.4.- BOMBAS.....	25
2.4.1.- Clasificación.....	31
2.4.2.- Componentes de las bombas.....	32
2.4.3.- Componentes del sistema de bombeo.....	33
2.4.4.- Tipos.....	35
2.4.4.1.- La bomba centrífuga o rotodinámica.....	35
2.4.4.2.- Las bombas de desplazamiento positivo.....	36
2.4.5.- Característica.....	36
2.5.- SISTEMA DE CONTROL.....	37
2.5.1.- Lógica Cableada.....	38
2.5.2.- Contactores.....	39
2.5.3.- Relés Térmicos.....	41
2.5.4.- Relés de control de nivel.....	42
2.5.5.- Variador de Velocidad.....	42
2.5.6.- Arrancadores.....	44
2.5.6.1.- Ventajas.....	44
2.6.- PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	44
2.6.1. - Requisitos para una Protección.....	46
2.6.2.- Interruptores.....	46
2.6.3.- Relé de Protección.....	49

2.6.3.1. - Funcionamiento de los relés de protección.....	49
2.7. - ANÁLISIS DE CARGA.....	51
2.8. - GENERADORES.....	52
2.9. - TRANSFERENCIAS.....	53
2.9.1. - Consideraciones sobre la transferencia de barras.....	54
2.9.2. - Tipos de Transferencia.....	55
2.10. - CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	56
2.10.1. - Cálculo de conductor por capacidad de corriente.....	56
2.10.2. - Cálculo del conductor por corriente de cortocircuito.....	57
2.10.3. - Cálculo del conductor por caída de tensión.....	57
2.11. - TIEMPO DE OPERACIÓN REAL (TOR).....	58
2.12. - EL FACTOR DE OPERACIÓN (FOP).....	58
2.13. - LOS KVA DE OPERACIÓN.....	59
2.14. - PROGRAMA DE SIMULACION ETAP.....	59
CAPÍTULO III.....	60
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DEL PARQUE DE AGUA KARIÑA.....	60
3.1.- SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.....	60
3.2.- SISTEMA DE CONTROL ACTUAL.....	63
3.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	65
3.3.1.- Transformadores de Potencia.....	65
3.3.2.- Generadores.....	66
3.3.3.- Bombas.....	66
3.3.4.- Tableros de Control.....	68
3.3.5.- Tableros de Potencia.....	68
CAPÍTULO IV.....	69
ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL CON LA INCORPORACIÓN DE LAS NUEVAS CARGAS ELÉCTRICAS.....	69

4.1.- SISTEMA ELÉCTRICO.....	69
4.1.1.- Consideraciones para los cálculos de protecciones y conductores.	69
4.1.2.- Cálculo de corriente y protecciones. ....	70
4.1.2.1.- Motores de 20hp a 480 VAC. ....	70
4.1.2.2.- Cuartos de filtrados de CM-12A, CM-6A y CM-2A. ....	71
4.1.2.3.- Otras Cargas. ....	72
a) Iluminación. ....	72
b) Transformador de control. ....	73
4.1.3.- Cálculo de Conductores. ....	73
4.1.3.1.- Motores de 20hp a 480 V. ....	73
4.1.3.1.1.- Por capacidad de corriente. ....	73
4.1.3.1.2.- Por caída de tensión. ....	74
4.1.3.2.- Cuartos de Filtrado. ....	75
4.1.3.2.1.- Por capacidad de corriente. ....	75
4.1.3.2.2.- Por caída de tensión. ....	76
4.1.3.3.- Corriente por cortocircuito. ....	78
4.1.3.4.- Diagramas de Tableros. ....	79
4.1.4.- Análisis de Carga. ....	83
4.1.5.- Evaluación de las cargas instaladas en la subestación 01. ....	86
4.1.5.1.- Estudio de Cargas del Transformador 2 de la subestación 01. ...	86
4.1.5.2.- Estudio de las cargas del transformador 3 de la subestación 02.	90
4.1.6.- Actualización de documentos eléctricos. ....	93
4.1.6.1.- Diagrama Unifilar. ....	93
4.1.6.2.- Estudio de flujo de cargas y Coordinación de Protecciones. ....	94
4.1.6.2.1.- Simulación de flujo de carga. ....	94
4.1.6.2.2.- Simulación de Coordinación de protecciones. ....	97
4.2.- SISTEMA DE CONTROL.....	99
4.2.1.- Arranque de la turbina de 100hp en la piscina de olas. ....	99
4.2.2.- Control de arranque y paro de bombas de achique. ....	104

4.2.3.- Automatización de la parada por alta y baja presión de las bombas.	111
4.2.3.1.- Incorporación del sensor de presión en las tuberías.....	117
4.2.4.- Contactores de las bombas de 20hp. ....	118
CAPÍTULO V .....	120
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	120
5.1.- MEDICIONES DE TEMPERATURA. ....	120
5.1.1.- Mediciones de temperatura en el CM-08 en un día Laborable en el Parque. ....	124
5.1.2.- Mediciones de Temperatura en el CM-08 en un día no Laborable del Parque.....	130
5.1.3.- Mediciones de Temperatura en el CM-13 en un día Laborable en el Parque. ....	134
5.1.4.- Mediciones de Temperatura en el CM-13 en un día no Laborable en el Parque.....	142
5.1.5.- Mediciones de Temperatura en la Subestación-01.....	148
5.1.6.- Mediciones de Temperatura en la Subestación-02.....	152
5.1.7.- Mediciones de Temperatura en los Transformadores. ....	154
5.2.- ANÁLISIS DE TEMPERATURAS. ....	156
CAPÍTULO VI .....	158
PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL .....	158
6.1.- PROPUESTAS. ....	158
6.1.1.- Sistema Eléctrico.....	158
6.1.2.- Sistema de Control. ....	161
6.2.- RECOMENDACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO .....	162
6.2.1.- Sistema Eléctrico.....	162

6.2.2.- Sistema de Control. ....	163
CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES .....	167
BIBLIOGRAFÍA.....	168
ANEXO A.- diagrama unifilar ACTUALES DE LA SUBESTACION 01 Y 02 ...	170
A.1. Diagrama Unifilar Actual de la Subestación 01. ....	170
Anexo A.2. Diagrama Unifilar Actual de la Subestación 02. ....	172
ANEXO B.- diagrama unifilar ACTUALIZADOS DE LA SUBESTACION 01 Y 02	
.....	174
B.1. Diagrama Unifilar Actualizado de la subestación 01. ....	174
Anexo B.2. Diagrama Unifilar Actualizado de la subestación 02.....	176
ANEXO C.- REPORTES Y DIAGRAMA DE ANALISIS DEL FLUJO DE CARGA	
Y DE COORDINACION DE PROTECCIONES .....	177
Anexo C.1. Diagrama del Análisis del Flujo de Carga. ....	179
Anexo C.2. Coordinación de Protecciones.....	184
Anexo C3. Graficas corriente-tiempo de la subestación 01 .....	185
Anexo C4. Graficas corriente-tiempo de la subestación 02 .....	186
Anexo C5. Graficas corriente-tiempo de la subestación 03 .....	187
Anexo C6. Graficas corriente-tiempo de los motores. ....	188
Anexo C7. Graficas corriente-tiempo de los transformadores principales	
.....	189
ANEXO D.- TABLAS Y DATOS SACADOS DE LOS MANUALES DE LOS	
EQUIPOS.....	190
D.1. Tabla 430.150 del CEN. Corriente a Plena Carga en Amperios -	
Motores Trifásicos de Corriente Alterna .....	191
D.2. Tabla 310.16 del CEN. Ampacidades Admisibles de los Conductores	
Aislados para Tensiones Nominales de 0 a 2000 Voltios y 60°C a 90°C (140°F a	
194°F) con No Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una	

Canalización, Cable o Directamente Enterrados, Basadas en Una Temperatura Ambiente de 30°C (86°F) .....	192
D.3. Tabla 9 del CEN. Resistencia y Reactancia de Corriente Alterna (ca) para Cables de 600 Voltios, 3 Fases, 60 Hz, 75°C (167°F) - Tres Conductores Sencillos en Conducto.....	193
D.4. Datos del DPF sensor E13-VF.....	194
D.5. Datos de los Contactores. ....	195

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 2.1. Subsistema del Sistema Eléctrico Industrial .....	12
Figura 2.2. Factores de un Motor de Inducción.....	15
Figura 2.3. Componentes de un motor de inducción.....	15
Figura 2.4. Componentes Básicos del Transformador. ....	18
Figura 2.5. Presión de succión y de descarga.....	27
Figura 2.6. Clasificación De las Bombas. ....	32
Figura 2.7. Componentes de una bomba. ....	32
Figura 2.8. Componentes del sistema de bombeo. ....	35
Figura 2.9. Esquema de un sistema de control. ....	38
Figura 2.10. Esquema funcional de un relé de protección.....	51
Figura 2.11. Condiciones que afectan a un generador.....	53
Figura 3.1. Tablero de Control: a) Parte Frontal, b) Parte Interna c) Parte interna con cableado .....	65
Figura 4.1. Arrancador Sirius. ....	102
Figura 4.2. Circuito de Mando de un motor trifásico. ....	103
Figura 4.3. Diagrama de control de un motor trifásico.....	103
Figura 4.4. Diagrama de control de los cuartos de maquinas.....	105
Figura 4.5. Circuito Lógico. ....	109
Figura 4.6. . Diagrama de control actualizado de los cuarto de maquinas. ....	110
Figura 4.7. Circuito Lógico. ....	115
Figura 4.8. Diagrama de control con sensores de presión.....	116
Figura 4.9. Incorporación del sensor de presión en las tuberías.....	118
Figura 5.1. Cuarto de Maquina.....	122
Figura 5.2. Motor de la bomba de filtrado B de 3hp. ....	126
Figura 5.3. Motor de la bomba de impulsión A de 15hp.....	126
Figura 5.4. Contactor de la bomba de filtrado B. ....	127
Figura 5.5. Relé térmico de la bomba de filtrado B.....	128

Figura 5.6. Ambiente del CM-08.....	129
Figura 5.7. Motor de la bomba de filtrado B. ....	131
Figura 5.8. Contactor de la bomba de filtrado B. ....	132
Figura 5.9. Relé térmico de la bomba de filtrado B.....	133
Figura 5.10. Ambiente del CM-08.....	134
Figura 5.11. Motor de la bomba de filtrado A. ....	136
Figura 5.11. Motor de la bomba de filtrado B. ....	137
Figura 5.12. Motor de la bomba de impulsión de 10 hp.....	138
Figura 5.13. Motor de la bomba de impulsión de 15 hp.....	139
Figura 5.14. Contactor de la bomba de filtrado A. ....	140
Figura 5.15. Relé térmico de la bomba de filtrado A. ....	141
Figura 5.16. Ambiente CM-13. ....	142
Figura 5.17. Motor de la bomba de filtrado A. ....	144
Figura 5.18. Motor de la bomba de filtrado B. ....	145
Figura 5.19. Contactor de la bomba de filtrado A. ....	146
Figura 5.20. Relé térmico de la bomba de filtrado A. ....	147
Figura 5.21. Ambiente del CM-13.....	147
Figura 5.22. Generador 1. ....	149
Figura 5.23. Generador 2. ....	150
Figura 5.24. Ambiente de la subestación 01.....	150
Figura 5.25. Tubo de Escape de uno de los generadores.....	151
Figura 5.26. Transformador Seco A. ....	152
Figura 5.27. Transformador Seco B. ....	153
Figura 5.28. Ambiente de la subestación 02.....	153
Figura 5.29. Transformador Seco CMO.....	154
Figura 5.30. Transformador Seco ADM.....	155
Figura 6.1. Ubicación de la ventana nueva, para mejorar ventilación en Subestación 1. ....	159

Figura 6.2. Colocación de curva menor de 45o la tubería pasa por encima de la pared.....	159
Figura 6.3. Ubicación drenaje para evitar acumulación de agua.....	160

## LISTA DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
Tabla 2.1. Clasificación de los Transformadores. ....	20
Tabla 2.2. Pautas para la selección del Transformador. ....	21
Tabla 3.1. Cargas Instaladas en subestación 01.....	62
Tabla 3.1. Cargas Instaladas en subestación 01.....	63
Tabla 3.2. Cargas Instaladas en subestación 02.....	63
Tabla 3.3. Características de los tres transformadores principales.....	66
Tabla 3.4. Características de los Generadores. ....	66
Tabla 3.5. Características de las Bombas de 1 ½ hp. ....	67
Tabla 3.6. Características de las Bombas de 3hp. ....	67
Tabla 3.7. Características de las bombas de 10 hp. ....	67
Tabla 3.8. Características de las bombas de 15 hp. ....	67
Tabla 3.9. Características de las bombas de 20 hp. ....	68
Tabla 3.10. Características de los tableros de control. ....	68
Tabla 3.11. Características de los tableros de Potencia. ....	68
Tabla 4.1. Valores totales en VA.....	72
Tabla 4.2. Corriente por calibre.....	75
Tabla 4.3. Conductor por caída de tensión. ....	77
Tabla 4.4. Diagrama de los cuartos de maquinas CM-2A_CM-6A_CM-12A..	82
Tabla 4.5. . Nueva demanda en kVA a incorporar en el transformador 1 de la S/E 01.....	83
Tabla 4.6. Cargas actuales del transformador 1.....	84
Tabla 4.7. Cargas Total asociadas al transformador 1 de la subestación 01. ....	85
Tabla 4.8. Cargas actuales del transformador 2 de la subestación 01. ....	87
Tabla 4.9. Carga total asociada al transformador 2 de la subestación 01.....	88
Tabla 4.10. Cargas a instalar con un solo generador. ....	89
Tabla 4.11. Cargas del transformador 3 de la subestación 02. ....	90
Tabla 4.12. Carga Total asociada al transformador 3 de la subestación 02.....	91

Tabla 4.13. Cargas a instalar en el transformador 3 de la subestación 02.....	91
Tabla 4.14. Cargas Total del transformador 3 de la subestación 02.....	92
Tabla 4.15. Cargas totales de los transformadores 1,2, y 3. ....	93
Tabla 4.16. Distintos escenarios para el estudio de flujo de carga. ....	95
Tabla 4.17. Corriente de la Turbina del CM-OLA. ....	100
Tabla 4.18. Características Generales del Arrancador Sirius. ....	101
Tabla 4.19. Variables del sistema. ....	106
Tabla 4.20. Motor D 15Hp. ....	107
Tabla 4.21. Motor E 10Hp. ....	107
Tabla 4.22. Motor A 3Hp. ....	108
Tabla 4.23. Motor B 3Hp.....	108
Tabla 4.24. Motor E 1 ½Hp.....	109
Tabla 4.25. Variables del sistema que se desea automatizar. ....	112
Tabla 4.26. Motor A 20Hp. ....	113
Tabla 4.27. Motor B 20Hp.....	113
Tabla 4.28. Motor C 1 ½Hp.....	114
Tabla 4.29. Alarmas.....	114
Tabla 4.30. . Selección de contactores (Norma IEC-947). ....	119
Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina. ....	122
Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina. ....	123
Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina. ....	124
Tabla 5.2. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de filtrado B 3hp. .....	125
Tabla 5.3. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de impulsión A 15 hp.....	126
Tabla 5.4. Mediciones de temperatura en contactor de la bomba de filtrado B 3hp.....	127
Tabla 5.5. Mediciones de temperatura de relé térmico de la bomba de filtrado B 3hp.....	128

Tabla 5.6. Mediciones de temperatura del ambiente del CM-08.....	129
Tabla 5.7. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de filtrado B. .	131
Tabla 5.8. Mediciones de temperatura del contactor de la bomba de filtrado B. .....	132
Tabla 5.9. Mediciones de temperatura del relé térmico de la bomba de filtrado B. ....	132
Tabla 5.10. Mediciones de temperatura del ambiente del CM-08.....	133
Tabla 5.11. Motor de la bomba de Filtrado A. ....	135
Tabla 5.12. Motor de la bomba de filtrado B. ....	136
Tabla 5.13. Motor de la bomba de impulsión 10 hp.....	137
Tabla 5.14. Motor de la bomba de impulsión 15 hp.....	138
Tabla 5.15. Contactor de la bomba de filtrado A. ....	139
Tabla 5.16. Relé de la bomba de filtrado A.....	140
Tabla 5.17. Ambiente del CM-13.....	141
Tabla 5.18. Motor de la bomba de filtrado A. ....	143
Tabla 5.19. Motor de la bomba de filtrado B. ....	144
Tabla 5.20. Contactor de la bomba de filtrado A. ....	145
Tabla 5.21. Relé térmico de la bomba de filtrado A.....	146
Tabla 5.22. Ambiente del CM-13.....	147
Tabla 5.23. Generador 1. ....	149
Tabla 5.24. Generador 2. ....	149
Tabla 5.25. Ambiente de la subestacion-01.....	150
Tabla 5.26. Transformador seco A. ....	152
Tabla 5.27. Transformador seco B. ....	152
Tabla 5.28. Ambiente de la subestación 02.....	153
Tabla 5.29. Transformador Seco CMO. ....	154
Tabla 5.30. Transformador Seco ADM.....	155

## NOMENCLATURA

<i>kVA</i> :	Kilovoltio amperios
<i>V</i> :	Voltaje
<i>HP</i> :	Caballo de Fuerza
<i>S</i> :	Energía Aparente
<i>Q</i> :	Energía Reactiva
<i>VAR</i> :	Voltamperios Reactivo
<i>P</i> :	Potencia Activa
<i>kVAR</i> :	Kilovoltiamperios Reactivos
<i>CA</i>	Corriente Alterna
<i>N<sub>p</sub></i> :	Número de vueltas del devanado primario
<i>N<sub>s</sub></i> :	Número de vueltas del devanado secundario
<i>Fe</i> :	Hierro
<i>kV</i> :	Kilovoltios
<i>ANSI</i> :	Instituto Nacional Americano de Estándares
<i>VA</i> :	Voltio amperios
<i>Hz</i> :	Hertz
<i>ISO</i> :	Organización Internacional para la Estandarización
<i>CEN</i> :	Código Eléctrico Nacional
<i>Nr</i> :	Velocidad del motor en función al número de polo
<i>C-C</i> :	Corto Circuito
<i>CM</i> :	Circular mil
<i>CM-X</i> :	Cuartos de Maquinas
<i>Fp</i> :	Factor de Potencia
<i>Amp</i> :	Amperios
<i>W</i> :	Vatios
<i>Seg</i> :	Segundos

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se hace una breve reseña de la empresa, Parque de Agua Kariña, donde se realizó el trabajo de grado, así como también, se presenta un enfoque del problema, los objetivos, justificación, alcance y la metodología que se utilizará.

### **1.1.- LA EMPRESA.**

El 05 de Junio de 2009, abrió sus puertas al público el PARQUE DE AGUA KARIÑA, perteneciente a la PROMOTORA TURISTICA KARIÑA, ubicado en la carretera de la costa, sector Los Potocos a solo 10 minutos de Barcelona. La idea de construir un parque con tales características nació de un sueño, de una persona que viajó a Margarita y visitando el parque de agua decidió invertir en este proyecto. Con solo seis meses de funcionamiento el parque de agua Kariña ofrece diversión a grandes y chicos con sus 23 atracciones acuáticas que hacen gritar de emoción. La apertura del parque se realizó con el 90% de la capacidad total del parque, con una inversión de 80 millones de bolívares fuertes.

Cabe destacar que el Parque de Agua Kariña impulsa no solo el Turismo en la Zona Oriental con su capacidad de atender hasta 5 mil personas diarias, generando unos 160 empleos y espera generar unos 3000 empleos más, sino también impulsa sus raíces culturales, a través de modernas y seguras atracciones cuyos nombres están traducidos al idioma Kariña. “Kariña”, que atribuye su nombre a la etnia indígena anzoatiguense, es el primer Parque de agua más grande de Venezuela, superando incluso al reconocido parque de agua de Margarita.

Por ser tan grande el Parque de agua Kariña cuenta con un amplio sistema eléctrico, el cual consta de tres transformadores de potencia de 500KVA cada uno, los cuales se encargan de bajar la tensión de 13.800 V a 480V para poder ser usados en los equipos que harán funcionar las diversas atracciones así como también suministrar la energía a las instalaciones administrativas, operacionales y recreacionales. Cuenta con dos subestaciones y tres grupos electrógenos, los cuales proveen la energía eléctrica a los veinte y un (21) cuartos de maquinas ubicados cerca de las atracciones, a restaurantes, área administrativa, riego, tratamiento de aguas negras y otros.

#### **1.1.1- Objetivos de la empresa.**

- Generar una cantidad de empleos para la región anzoatiguense.
- Satisfacer las necesidades de los usuarios.
- Mantener las expectativas del visitante.
- Asegurarles seguridad a los usuarios.

#### **1.1.2- Funciones de la empresa.**

Esta empresa está dedicada a la diversión de todos sus usuarios, tratando de ofrecer un día diferente, divertido y muy relajante para desestresar la mente y el cuerpo con sus divertidos toboganes y piscina de olas, así como, su relajante rio lento que ayuda a despejar la mente de cualquier preocupación, esta empresa ofrece esto y más, su función primordial es la de complacer a todos sus visitantes tanto grandes y chicos.

#### **1.1.3- Descripción de la empresa.**

El agua es vida, de eso no hay duda, pero también diversión. Sobre todo en los territorios que gozan de mucho sol y mucho calor. Como el estado Anzoátegui, por

ejemplo. El cual, dicho sea de paso, posee mucha agua en sus 43.300 kilómetros cuadrados de extensión: el Parque Nacional Mochima, la Laguna de Uchire, el río Orinoco, las playas de Boca de Uchire, Puerto La Cruz y Puerto Píritu. Y, desde hace poco más de seis meses, con aún más de 70 mil metros cuadrados de diversión como lo es el Parque de agua Kariña.

Los aparatos con los que cuenta el parque son provenientes de México, en el parque se encuentran la torre de los dioses con 22 metros de altura. El parque está capacitado para recibir a 5 mil personas y hasta 7 mil personas si así la situación lo amerita. El parque cuenta con toboganes de velocidad, río lento, camikaze, péndulo, piscina de olas, áreas infantiles, tobo lanchas, montaña rusa de agua, son algunos de los atractivos que podemos encontrar en “Kariña”.

Además de los atractivos acuáticos el parque cuenta con servicio de restaurante el cual ofrece gastronomía tanto nacional como internacional, y además con tres snacks los cuales se encontraran ubicados estratégicamente, además de esto las instalaciones cuentan con cancha deportiva, son 70 mil metros cuadrados llenos de adrenalina, emoción y diversión con la mayor seguridad y servicio que sólo Parque de agua Kariña puede ofrecer, para dar paso a un sin fin de oportunidades de diversión y esparcimiento a todos los venezolanos.

## **1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El Parque de Agua Kariña es una empresa privada que inició sus actividades el 05 de junio del 2009. El Parque de Agua Kariña es una empresa dedicada a proveer servicios, brindar diversión y entretenimiento a la población del estado Anzoátegui y a todos los turistas que visitan esta zona.

El parque cuenta con 70 mil metros cuadrados de terreno, donde se encuentran más de 20 atracciones, entre toboganes y piscinas, además de brindar servicios de restaurantes, cafetines y tiendas souvenirs.

Para prestar los servicios y atención a los clientes, todas las atracciones deben tener características especiales, como es el filtrado de agua, la impulsión del flujo de agua, y en general el acondicionamiento del agua de toboganes y piscinas. Además, de mantener en adecuadas condiciones las plantas de tratamientos de agua y servicios generales. Todas las atracciones cuentan con cuartos de maquinas donde se manejan y controlan las bombas necesarias para su funcionamiento. En estos cuartos se encuentran ubicados los tableros de potencia y control, además de las bombas.

Para suplir la energía eléctrica necesaria en el parque se cuenta con una capacidad total de 1500 KVA, a un nivel de tensión de 480 V, distribuidos en dos (2) subestaciones eléctricas. La subestación uno (1) está constituida por dos transformadores tipo Pat Mounted de 500 KVA, 13.800/480/277 V cada uno, para su transformación y distribución y dos generadores de 500 KVA cada uno para el suministro de energía de respaldo. En la subestación dos (2) se encuentra un transformador de 500 KVA, 13.800/480/277 V para su transformación y distribución y un generador de 500 KVA, 480 V para el suministro de energía eléctrica de respaldo.

Actualmente el sistema eléctrico presenta una reserva del 30% de la potencia total instalada, sin embargo se están diseñando tres (3) cuartos de maquinas para el filtrado del agua correspondiente al rio lento, con el fin de disminuir el tiempo de filtrado y mejorar las condiciones del agua. La incorporación de estos tres (3) cuartos de maquinas, aumentaran la demanda de carga y por ende disminuirán la reserva actual de la potencia instalada, lo que hace necesario la actualización de la carga eléctrica instalada incorporando los nuevos cuartos de filtrado y otras cargas

eléctricas que se han venido instalando. Además, debido a problemas de inundaciones presentados anteriormente por rotura de tuberías, se considerará revisar las protecciones por presión en el sistema de control.

Los cuartos de maquinas y las subestaciones eléctricas presentan problemas en cuanto a daños en elementos de control y en el funcionamiento de equipos eléctricos, se estima que la falta de ventilación aumenta las temperaturas de operación de todos los equipos y componentes eléctricos, lo que pudiera estar influenciando su deterioro y daños técnicos. Para evaluar esta situación se estudiará la influencia de la temperatura en el funcionamiento de equipos y componentes eléctricos, la cual se realizará a través de la recolección de mediciones de temperatura en los diferentes equipos y componentes.

Todos los cuartos de maquinas están provistos de tableros de control para el arranque directo de las bombas de filtrado e impulsión y el control automático de las bombas de achique y el arranque de la turbina correspondiente a la piscina de olas. Actualmente la bomba de achique funciona de forma manual y automática la opción automática está constituido por un flotante eléctrico que activa su funcionamiento pero desactiva el funcionamiento de las otras bombas de filtrado e impulsión. Esta situación no es conveniente, dado que al momento de funcionar las bombas de achique suspenden el funcionamiento de los toboganes y los usuarios quedan sin servicio. En la turbina de la piscina de olas, actualmente se tienen corrientes muy altas en el arranque, lo que puede ocasionar problemas en el funcionamiento de los generadores dado que la turbina es de 100 hp y el generador es de 500 KVA.

En este trabajo se actualizaran los documentos correspondientes al análisis de cargas eléctricas donde se contemplaran la incorporación de los nuevos cuartos de filtrado, se realizará un análisis de flujo de carga y protecciones eléctricas mediante el software ETAP, en este punto se consideran varios escenarios de funcionamiento, con

el fin de verificar que el sistema eléctrico se encuentre en buenas condiciones y ajustado a las normas eléctricas vigentes. Además, se contempla el estudio de la influencia de la temperatura en el funcionamiento de los equipos y componentes eléctricos, mediante la recolección de mediciones de temperatura Vs tiempo de funcionamiento en varios instantes del día. En el sistema de control se realizarán ajustes en el funcionamiento de las bombas teniendo en cuenta los arranques de las bombas de achique y turbina.

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

Este proyecto surge como alternativa de solución, ajustándose a las normas eléctricas establecidas. Así como también, para disminuir los costos por mantenimiento y reparación ocasionados por problemas de funcionamiento, como las altas temperaturas en los cuartos de maquinas, problemas mecánicos o hidráulicos.

La importancia del desarrollo de este trabajo se fundamenta en actualizar el sistema de potencia y control existente, analizando los problemas que han ocurrido hasta el momento con respecto a los equipos eléctricos que forman parte del sistema eléctrico en general y que son parte fundamental en la operación del parque. En este trabajo se evaluará el sistema eléctrico con la incorporación de nuevas bombas de filtrado e impulsión, se estudiará la influencia de la temperatura en el comportamiento de los parámetros eléctricos de los motores y componentes eléctricos. Además, se realizará un estudio en las cargas eléctricas conectadas a los generadores, con el fin de revisar si es posible el uso de un solo generador en días de no apertura al público. En el sistema de control se ajustará el control del arranque y apagado de las bombas, de achique, impulsión y filtrado, para aumentar su eficiencia. El desarrollo de este trabajo es de gran importancia, ya que la actualización del sistema eléctrico y control permitirá proponer mejoras en los sistemas eléctricos y de control de motores y equipos en general, con el fin de disminuir inconvenientes o fallas en equipos por

falta de protecciones mecánicas, y aumentar la vida útil de los equipos y disminuir costos por mantenimiento y daños.

#### **1.4.- ALCANCE.**

Este trabajo cubre la actualización de todo el sistema eléctrico del parque de agua Kariña, sirviendo este de modelo, para mejorar el funcionamiento de todas sus instalaciones eléctricas y mecánicas. Esta actualización cubrirá la incorporación de dos cuartos de maquinas nuevos para filtrado, revisando potencia, corriente, protecciones y análisis de carga. Además, se propondrán mejoras en el área de control, que incluye mejora en el uso de las bombas de achique, protección por alta presión y mejora en el arranque de la turbina. Otro punto importante es el estudio de la influencia de la temperatura en los equipos y componentes eléctricos.

#### **1.5.- OBJETIVOS.**

##### **1.5.1.- Objetivo General.**

Actualizar el sistema eléctrico de potencia y control con la incorporación de nuevas cargas y automatización del sistema de bombeo de los cuartos de maquina en el Parque de Agua Kariña, Estado Anzoátegui.

##### **1.5.2.- Objetivos Específicos.**

1. Describir la situación actual del sistema eléctrico general y de control de los cuartos de maquinas del parque de agua.
2. Calcular protecciones y conductores de alimentación principal y motores de los nuevos cuartos de filtrado.

3. Realizar cambios en el sistema de control de las bombas de las atracciones considerando el uso de las bombas de achique, arranque de la turbina de piscina de olas y automatización del arranque y apagado de las bombas por alta presión.
4. Analizar el flujo de carga y las protecciones eléctricas mediante simulaciones computacionales, teniendo en cuenta la incorporación de las nuevas cargas eléctricas.
5. Estudiar la influencia de la temperatura en el funcionamiento de los equipos y componentes eléctricos, mediante las mediciones de temperatura de operación en diferentes momentos del día.
6. Proponer mejoras en el sistema eléctrico y en el sistema de control, ajustándose a las normas eléctricas y especificaciones técnicas de los diferentes elementos del sistema eléctrico.

## **1.6.- METODOLOGÍA.**

### **1.6.1.- Nivel de la investigación.**

El nivel de esta investigación es mixto entre descriptivo y explicativo, en la modalidad de proyecto factible, ya que se abordará una problemática real a la cual se le buscará solución.

### **1.6.2.- Diseño de investigación.**

En esta investigación el diseño será de campo, ya que toda la información obtenida se basará, en datos tomados directamente de los equipos que se estudiarán.

### **1.6.3.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Las técnicas a usar en esta investigación serán de recopilación de datos y técnicas de análisis bibliográficos.

### **1.6.4.- Técnicas de análisis de datos.**

Este trabajo investigativo será analizado, siguiendo los aspectos regulatorios del código eléctrico nacional y los datos se presentarán en gráficos y tablas para su correspondiente análisis cuali-cuantitativo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Este capítulo contiene los conceptos teóricos necesarios para el entendimiento e interpretación del desarrollo de este trabajo de grado. Se explica de manera breve y precisa cada término.

#### **2.1.- ANTECEDENTES.**

Al investigar sobre estudios previos realizados en el departamento de electricidad de la universidad de oriente y en distintas publicaciones en internet, se destacan estudios sobre distintos sistemas de control y potencia y en área de bombas.

Muñoz Y., presentó en el año 2010 un trabajo de grado, en el cual estudió diversas variables eléctricas del sistema de unos turbogeneradores mediante el programa de ETAP.

Prado A., presentó en el año 2009 un trabajo de grado, en el cual realizó la ingeniería básica conceptual para la operación de motores sincrónicos de 1100 HP a 6,6 en el área de bombeo de una planta hidrológica.

Lira L., presentó en el año 2009 un trabajo de grado, en el cual se estudiaron las cargas de la subestación I de la planta de Metil Ter-Butil-Eter, para ver qué tanta carga podía soportar dicha planta.

Velásquez M., presentó en el año 2008 un trabajo de grado, en el cual se estudio el funcionamiento de los motores para asegurar una producción continua de calidad mediante la técnica de supervisión por condición.

Gil H., presentó en el año 1999 un trabajo de grado, en el cual incorporó nuevas cargas al sistema actual con métodos actualizados de automatización a través de un programador lógico programable, para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas.

Larese de Santos, realizó en el año 1994 un trabajo de grado con el cual usando métodos novedosos para mantener el sistema eléctrico en forma continua, en las subestaciones con secundario selectivo el cual posee más de dos fuentes, para transferir la alimentación de una fuente otra por sistema automático.

Duarte R y Masciopinto J., presentaron en el año 1988 un trabajo de grado, en el cual su finalidad fue asegurar que se contara con una alimentación de energía eléctrica segura y confiable, ajustado a un buen sistema de protección y control, permita realizar los distintos procesos.

## **2.2.- SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL.**

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial” dice; en el ámbito industrial, la electricidad juega un papel muy importante en el funcionamiento y control de los equipos eléctricos, y en el desarrollo de técnicas modernas que permiten mejorar sus procesos; todo esto en función del aprovechamiento óptimo de los recursos primarios, la eficiencia energética y la armonía con el medio ambiente.

El sector industrial es, después del sector residencial, el segundo mayor consumidor de energía eléctrica del país. Conviene analizar los componentes básicos que conforman el sistema eléctrico industrial. Un sistema eléctrico industrial consta básicamente del siguiente subsistema mostrado en la figura 2.1, sistema de

transformación, sistema de distribución, sistema de fuerza motriz, sistema de iluminación y sistema de compensación reactiva.

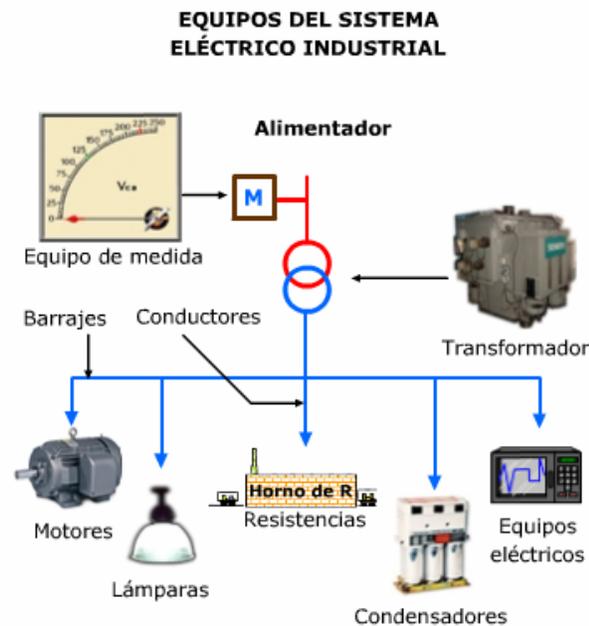


Figura 2.1. Subsistema del Sistema Eléctrico Industrial

### 2.2.1.- Transformación.

Según Pérez J., en el “Sistema Eléctrico Industrial”, dice que el sistema de transformación en la industria basa su importancia en la necesidad de garantizar el nivel de voltaje adecuado en los equipos eléctricos. Lo anterior se hace debido a que en el sistema interconectado la energía eléctrica es transmitida a alto voltaje (muy superior al requerido en las industrias) con el propósito de disminuir las pérdidas técnicas por conducción.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o

devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

### **2.2.2.- Distribución.**

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial” dice que el sistema de distribución en la industria está constituido por el conjunto de conductores eléctricos (cables, alambres, barrajes, etc.), cuya función principal es la de transmitir la energía eléctrica requerida para que los equipos de la planta operen bajo condiciones específicas.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el cobre es el más aceptado por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas. El uso de uno u otro material dependerá de las características eléctricas (capacidad para transmitir la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad, etc.), del uso específico que se le quiera dar y el costo.

El sistema de fuerza motriz está compuesto por uno o varios motores eléctricos, un motor eléctrico es una máquina rotativa que transforma la energía eléctrica proveniente de la red (o de un banco de baterías) en energía mecánica, la cual se manifiesta como una fuerza o par de giro sobre unas bobinas (arrollamientos).

### **2.2.3.- Motores.**

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial” dice que el motor de inducción basa su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, debido a la circulación de corriente alterna por los devanados trifásicos del estator. Se les llama de inducción precisamente porque operan bajo el principio de inducción magnética que se suscita en los transformadores.

El motor de inducción es de construcción simple, robusto, de bajo costo y con poco mantenimiento, al carecer de escobillas y colectores en rozamiento. La desventaja referente a la utilización en automóviles es su tamaño (que los relega casi a uso industrial) y la dificultad para su control cuando hay que trabajar con velocidades de giro variables.

En la actualidad el uso del motor de inducción ha sido preponderante debido a factores como se muestra en la figura 2.2 y se mencionan a continuación:

- Gran versatilidad de utilización y potencias que hacen posible su uso en la industria, el comercio, etc.
- Larga duración: Con buena utilización y mantenimiento su vida útil es superior a 20 años.
- Bajos costos de adquisición y menos mantenimiento (comparados con un motor de combustión interna).
- Generan menos contaminación (gases al ambiente, ruido, fugas, etc.).

Al igual que cualquier motor eléctrico, el de inducción está constituido por dos partes básicas, una fija denominada estator, y otra móvil respecto a esta última denominada rotor. Ambas están fabricadas en material ferromagnético, y disponen de una serie de ranuras en las que se alojan los hilos conductores de cobre que forman el devanado eléctrico. En todo motor eléctrico existen dos tipos de devanados: El inductor, que origina el campo magnético para inducir las tensiones correspondientes en el segundo devanado, que se denomina inducido, puesto que en él aparecen las corrientes eléctricas que producen el par de funcionamiento deseado (torque).



Figura 2.2. Factores de un Motor de Inducción.

Los elementos constructivos más importantes de un motor de inducción se especifican en la figura 2.3:

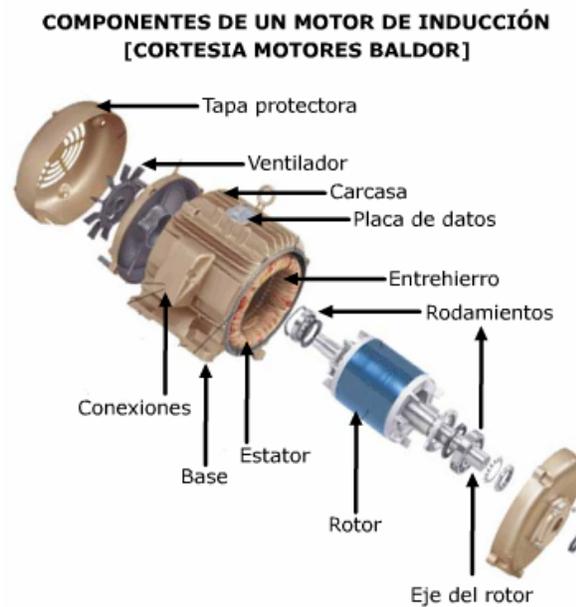


Figura 2.3. Componentes de un motor de inducción.

#### **2.2.4.- Iluminación.**

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial” nos habla de las actividades que realiza el hombre a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella es el trabajo. En tal sentido la actividad laboral, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, requiere que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz. Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en aspectos tan importantes como:

- La seguridad.
- El confort.
- La productividad.

Para llevar a cabo un proyecto de iluminación se debe tener en cuenta un conjunto de factores técnicos y económicos, entre los que cabe destacar:

- La tarea a desarrollar, dimensiones y características físicas del local a iluminar.
- Propiedades del color de las fuentes de luz a utilizar, así como las características y la reproducción del color de los objetos a iluminar.
- Cálculo de alumbrado o luminotécnicos propiamente dichos. Determinación del número y distribución de luminarias a instalar.
- Montaje y mantenimiento que garanticen el máximo rendimiento luminoso de la instalación de alumbrado.
- Verificación y evaluación para determinar si se han logrado los propósitos del proyecto, tanto en características fotométricas, como económicas.

### **2.2.5.- Compensación de Reactiva.**

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial” explica que se puede hablar de otro componente del sistema eléctrico industrial como es el sistema de compensación reactiva. En una instalación industrial, a medida que el factor de potencia disminuye, la energía reactiva (Q) consumida crecerá y, por consiguiente, la energía aparente (S) suministrada por la red será también más elevada.

De esta forma se presenta un aumento inútil de la corriente total requerida por la carga, con los consecuentes gastos por penalización. Adicionalmente, habrá un aumento de las pérdidas por conducción, un incremento de la temperatura en los componentes, una mayor caída de tensión en conductores y una sobreutilización de la capacidad de la instalación.

El objetivo primordial de la compensación reactiva es mejorar el factor de potencia a un valor adecuado, normalmente entre 0,90 y 1,00.

Al colocar una carga de carácter capacitiva en una instalación industrial, el sistema resultante adopta corrientes desfasadas  $90^\circ$ , en adelante, con respecto al voltaje. Estas corrientes al hallarse en oposición de fase con respecto a las corrientes reactivas de tipo inductivo, tienen por efecto reducir la corriente reactiva total del sistema. De esta forma, no tiene que transportarse la componente reactiva de la potencia (Q), liberando la instalación para llevar más potencia efectiva o aparente (S).

La corrección del factor de potencia mediante motores sincrónicos no es tan flexible como el de los condensadores, ya que usualmente son de gran potencia y no son económicos para la operación a 220 ó 440 V que es el voltaje común en plantas industriales

### 2.3.- TRANSFORMADOR.

Pérez J., en “Sistema Eléctrico Industrial”, define el transformador como una máquina eléctrica estática que consta de una bobina (arrollamiento) de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para modificar los niveles de tensión y unir dos o más circuitos de corriente alterna (CA) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se denomina bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias.

Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario, este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de la corriente por el voltaje es constante en cada juego de bobinas, de tal forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

Un transformador eléctrico consta básicamente de los siguientes elementos como se muestra en la figura 2.4.

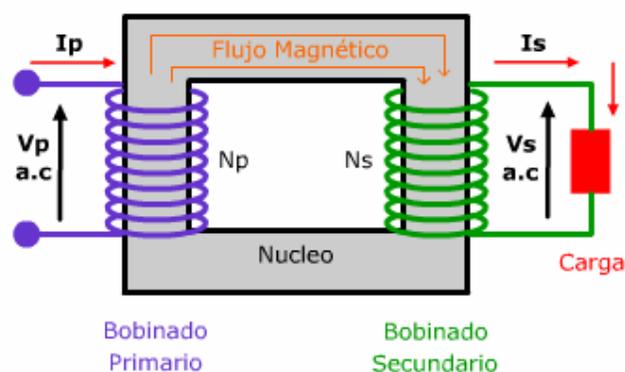


Figura 2.4. Componentes Básicos del Transformador.

- **Devanado Primario:** También llamado bobina primaria, es un arrollamiento de cobre con  $N_p$  vueltas que al circularle una corriente alterna genera un campo magnético.
- **Devanado Secundario:** También llamado bobina secundaria, es un arrollamiento de cobre con  $N_s$  vueltas que al estar inmerso en un campo magnético variable se induce en sus terminales un voltaje.
- **Núcleo Ferromagnético:** Elemento construido mediante el apilamiento de placas o chapas de material ferromagnético (aleaciones de Fe, y acero al silicio) caracterizado por presentar una baja reluctancia (propiedad de los materiales a oponerse a la circulación del flujo magnético). El objetivo del núcleo ferromagnético es acoplar magnéticamente al transformador y "amplificar" la transmisión del campo magnético creado en el devanado primario. También es un soporte mecánico en donde van soportados los devanados o arrollamientos.

En general los transformadores se clasifican con base en la forma constructiva y la aplicación o funcionalidad en el sistema eléctrico. Una clasificación típica y más particular de los transformadores se muestra en la tabla 2.1. Para la adecuada elección del tipo de transformador se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Aplicación y condiciones del local.
- Dimensionamiento de la carga (KVA).
- Información nominal de la instalación (voltaje, corriente, frecuencia, etc.) y equipos.
- Transformador de bajas pérdidas.
- Análisis de la eficiencia, etc.

Por ejemplo, un transformador para la industria puede ser: de Distribución, trifásico, seco, de superficie y núcleo acorazado. Un transformador para una unidad

residencial puede ser: Distribución, monofásico, seco, subterráneo y núcleo acorazado. Las principales recomendaciones que permiten reducir el consumo de energía eléctrica en transformadores son las siguientes:

- Utilizar siempre transformadores de bajas pérdidas.
- Desconecte siempre el transformador desde el primario, así se evitará el consumo de energía debido a las pérdidas en vacío.
- Procurar conocer la carga del transformador para no sobrecargarlo, y así reducir las pérdidas en el Cobre.
- Evitar operar el transformador a baja carga ( $<$  al 20%), si es posible redistribuir las cargas.
- Revisar el nivel y rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
- Realizar una limpieza periódica del transformador es decir superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, bornes, etc.

Tabla 2.1. Clasificación de los Transformadores.

<b>Clasificación de los transformadores en función de:</b>	
<b>Potencia y voltaje</b>	Distribución. $P < 500$ KVA y $V < 67$ KV
	Potencia. $P > 500$ KVA y $V > 67$ KV
<b>Refrigerante y aislamiento</b>	Baño de askarel (Inflamable pero tóxico)
	Baño de aceite (no tóxico pero flamable)
	Seco (Industrias alimenticias)
<b>Núcleo</b>	Tipo núcleo
	Tipo acorazado
	Tipo toroidal
<b>No. de fases</b>	Monofásico
	Trifásico
	Auto transformador
<b>Aplicación</b>	Unidad
	Distribución
	Potencia
	Medida
	Control
	Acople de Z

En la tabla 2.2., se presentan algunas pautas adicionales que facilitan la elección de un transformador.

Tabla 2.2. Pautas para la selección del Transformador.

<b>Funcionalidad</b>	<b>Eléctricas</b>	<b>Proceso</b>
Unidad	Monofásico	Askarel
Potencia	Trifásico	Aceite
Distribución	Autotransformador	Seco
Medida	Distribución (V<67Kv)	
Acople de Z	Potencia (V>67kv)	
Control		
<b>Ambientales</b>	<b>Local</b>	<b>Núcleo</b>
Askarel	Auto protegido	Acorazado
Aceite	Sumergible	Núcleo
Seco	Subterráneo	Toroidal
Verde		
Pedestal		
De Superficie		

### 2.3.1.- Tipos de Transformadores.

Existen mucho tipos de transformadores dependiendo del requerimiento de su uso, en esta sección solo se hablara de tres tipos en específicos como lo son los Pad Mounted, de control y Secos, los encontrados en el parque de agua Kariña.

#### 2.3.1.1. – Pad Mounted.

Los transformadores Pad Mounted son diseñados para servicios subterráneos y exteriores montados sobre una base de concreto. El transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales.

El compartimiento de alto voltaje no es accesible mientras la puerta del compartimiento de baja tensión este abierta. Estos se encuentran separados por una barrera de metal u otro material rígido como lo indica la norma ANSI C57.12.26.

Todas las partes vivas de este tipo de transformador se encuentran en compartimientos bloqueados adecuadamente por seguridad como se describe en la norma ANSI C57.12.28. Una cubierta sobre la toma del tanque es accesible a través del gabinete y proporciona la protección contra daños por vandalismo y el medio ambiente.

Los Pad Mounted tienen capacidad desde 75 kVA hasta 5000 kVA, con un rango de alta tensión de 2.400 V hasta 34.500 V, en conexión delta o estrella. El aumento permitido de temperatura es de 55/65 °C o 65 °C.

Cuentan con un indicador de nivel del aceite y termómetro localizados en el compartimiento de media tensión. Así mismo, contará con dos válvulas, una de entrada para el relleno del aceite, y otra de salida, para el vaciado, situadas también en el compartimiento de media tensión. Incluye una válvula de sobrepresión. Es recomendable para industrias, comercios, instituciones gubernamentales, pequeños y medianos comercios de comida rápida.

### **2.3.1.2.- De Control.**

Este tipo de transformadores son creados para el manejo de altas corrientes de entradas asociadas a los contactores y relevadores.

Los transformadores de control son transformadores de aislamiento de tensión constante y tipo seco. Generalmente se usan con los devanados primarios conectados a circuitos de distribución de baja tensión de 600 V o menos. La elección adecuada de

un transformador de control facilitará la alimentación con la potencia correcta a tensión reducida para cargas de alumbrado y de control hasta 250 VA.

Principalmente se usan para proporcionar salidas de 120 V a partir de relés de 240 a 480 V a 60 Hz.

### **2.3.1.3.- Secos.**

Estos transformadores pueden instalarse en cualquier lugar, especialmente en interiores y espacios reducidos, no son explosivos y no representan riesgos ecológicos; Son ligeros, requieren un mantenimiento mínimo y tienen alta eficiencia de operación. Para reducir la contaminación medioambiental y el peligro de incendio, es recomendable usar transformadores secos. Estos transformadores cumplen estrictos parámetros con respecto a las demandas de los sistemas eléctricos y funcionan en áreas con condiciones climáticas extremas. Los transformadores secos y encapsulados al vacío están prácticamente libres de mantenimiento y son fabricados de acuerdo a las normas internacionales incluyendo la norma ISO 9001.

Su principal características es que son refrigerados en aire con aislamientos, siendo innecesarios cualquier mantenimiento posterior a su instalación. Se fabrica en potencias normalizadas desde 100 hasta 2500 kVA, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33, 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.

### **2.3.2.- Características de los transformadores.**

Tosatado M., en “Transformadores Características Generales” dice que es importante conocer los datos característicos que es necesario aportar para realizar la adquisición de un transformador para una determinada aplicación.

Seguidamente se indican los más relevantes:

- Potencia nominal en KVA.
- Tensión primaria y secundaria.
- Regulación de tensión en la salida.
- Grupo de conexión.
- Frecuencia.
- Normas de aplicación.
- Temperatura máxima ambiente.
- Altitud de instalación sobre el nivel del mar.
- Accesorios principales.
- Instalaciones interiores o interperie.

Por otro lado, todos los transformadores reúnen una serie de características comunes independientemente del tipo de transformador que sea. Las características más importantes en este aspecto son:

**Tensión primaria:** es la tensión a la cual se debe alimentar el transformador, dicho en otras palabras, la tensión nominal de su bobinado primario. En algunos transformadores hay más de un bobinado primario, existiendo en consecuencia, más de una tensión primaria.

**Tensión máxima de servicio:** es la máxima tensión a la que puede funcionar el transformador de manera permanente.

**Tensión secundaria:** si la tensión primaria es la tensión nominal del bobinado primario del transformador, la tensión secundaria es la tensión nominal del bobinado secundario. Este parámetro debe ser un valor da baja tensión, normalmente 400 V entre fases.

**Potencia nominal:** es la potencia aparente máxima que puede suministrar el bobinado secundario del transformador. Este valor se mide en kilovoltio amperios (kVA), siendo las más usuales de 63, 100, 200, 400 y 630 kVA.

**Relación de transformación:** es el resultado de dividir la tensión nominal primaria entre la secundaria.

**Intensidad nominal primaria:** es la intensidad que circula por el bobinado primario, cuando se está suministrando la potencia nominal del transformador. Dicho en otras palabras, es la intensidad máxima a la que puede trabajar el bobinado primario del transformado

**Intensidad nominal secundaria:** al igual que ocurría con la intensidad primaria, este parámetro hace referencia a la intensidad que circula por el bobinado secundario cuando el transformador está suministrando la potencia nominal.

**Tensión de cortocircuito:** hace referencia a la tensión que habría que aplicar en el bobinado primario para que, estando el bobinado secundario cortocircuitado, circule por éste la intensidad secundaria nominal. Se expresa en porcentaje.

**Grupo de conexión:** indica la forma de conexión del bobinado primario y secundario (estrella, triángulo o zig zag). Se indica mediante dos letras, una mayúscula para el bobinado primario y otra minúscula para el bobinado secundario

**Índice horario:** representa el desfase existente entre la tensión primaria y la secundaria. Se representa mediante un número obtenido de colocar los vectores de tensión como si fueran las agujas de un reloj.

## **2.4.- BOMBAS.**

Montoya C., en “Bombeo y Ventilación” dice que cualquier proceso industrial por simple que sea requiere del desplazamiento de líquidos de un lugar a otro, desde un simple llenado de tanques hasta la recirculación de fluidos calientes o fríos por los equipos del proceso.

El rango de aplicación de las bombas es tan extenso como variada es la producción en la industria. Es posible encontrar bombas con flujos desde unas pocas gotas por minuto hasta varios metros cúbicos por segundo, con potencias desde fracciones hasta miles de caballos de fuerza. La confiabilidad de una bomba es importante e incluso crítica; en un sistema de refrigeración por ejemplo, el daño de una bomba puede representar el sobrecalentamiento de los equipos o el inadecuado proceso de fabricación de cierto producto y en un sistema de lubricación puede causar daños irreparables e incluso la destrucción de un equipo en pocas horas.

En la industria es común encontrar bombas totalmente sobredimensionadas operando de manera ineficiente y consumiendo en un año la energía suficiente para cambiar todo el sistema de bombeo de la planta. Las bombas se utilizan para impulsar toda clase de líquidos tales como agua, aceites de lubricantes, combustibles, ácidos, líquidos alimenticios: Cerveza, leche, gaseosas; líquidos espesos con sólidos en suspensión como pastas de papel, melazas, fangos desperdicios, etc. Su uso no se limita exclusivamente a cambiar un líquido de altura, sino llevar fluidos a través de largas distancias, hacerlo pasar por equipos con alta pérdida de presión como intercambiadores de calor y equipos hidráulicos o en condiciones donde se desee pasar de baja a alta presión.

Las bombas se clasifican en centrífugas y de desplazamiento positivo; las primeras son las más empleadas en el sector industrial, con una participación superior al 95%, y sus aplicaciones están relacionadas con el transporte de fluidos en proceso industriales; las bombas de desplazamiento positivo cuentan con aplicaciones más específicas como dosificación, procesos químicos de mezcla y requerimientos de alta presión.

Cuando se habla de bombeo se deben diferenciar varios conceptos asociados con la presión, cabeza de la bomba, N<sub>ps</sub>h y cavitación de las bombas. El primero de

ellos se relaciona con la presión atmosférica, o la fuerza que ejerce el peso de la atmósfera en una unidad de área. La presión atmosférica a nivel del mar es 14,7 psi ó 101,32 kPa. Mientras mayor sea la altura sobre el nivel del mar, menor es la presión atmosférica. El otro concepto se relaciona con la presión manométrica la cual es el valor de la presión del sistema registrado por un manómetro y se expresa normalmente en psig, en Bares o en milímetros de mercurio. La presión absoluta se mide a partir de la referencia cero y debe cumplirse que  $P_{\text{Absoluta}} = P_{\text{Manométrica}} + P_{\text{Atmosférica}}$ .

La presión de succión es la presión en la conexión de entrada a la bomba, normalmente es una presión de vacío, su evaluación es determinante para la selección de estos equipos. La presión de descarga es la presión en la conexión de salida de la bomba, debe ser mayor a la presión atmosférica para lograr flujo en el sentido correcto y es muy empleada como parámetro de control de flujo en las bombas. Es importante anotar que tanto la presión de succión como la presión de descarga se miden de manera relativa a la atmósfera y que en la medida de lo posible toda bomba debe contar con manómetros instalados en ambos puntos. La ilustración de estas presiones se muestra en la figura 2.5 que se muestra a continuación.

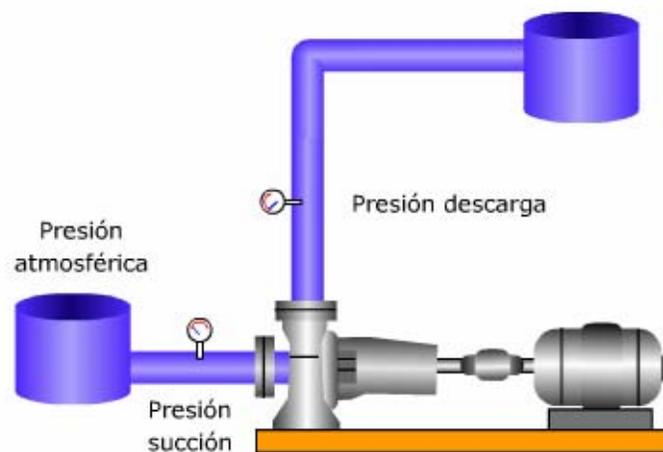


Figura 2.5. Presión de succión y de descarga.

La altura, o cabeza de la bomba representa el trabajo neto hecho por el líquido que se bombea. Se compone de la altura de elevación (cabeza de altura), la altura de presión (cabeza de presión), la altura de fricción (Pérdidas de fricción) y la carga de velocidad (cabeza de velocidad). Se calcula en unidades de longitud (metros o pies) y es un parámetro fundamental en la selección adecuada de una bomba. Cuando se bombea un fluido en un sistema debe asegurarse que la bomba sea capaz de vencer la cota de altura, las pérdidas por fricción y que adicionalmente entregue el caudal deseado. La cabeza es el valor que indica la capacidad que tiene la bomba para entregar esa energía requerida.

La cavitación es la formación y el derrumbamiento (explosión e implosión) subsiguiente de vapor dentro de una bomba. Presenta un sonido característico similar al de piedras chocando unas con otras al interior de la bomba. Si la presión absoluta de un fluido alcanza la presión de saturación ocurre el cambio de fase a vapor, cuando la presión aumenta de nuevo las pequeñas burbujas colapsan violentamente y estallan sobre las superficies que las rodean. Una bomba que se encuentra cavitando presenta disminución en su eficiencia, picaduras en las aletas, fallos y desgastes prematuros en los rodamientos y sellos mecánicos. Más o menos el 40% de las bombas que se encuentran en reparación, están allí debido a problemas de cavitación que no son detectados a tiempo.

Las fallas en las bombas son frecuentemente ocasionadas por los ingenieros y operadores de la planta que no reconocen las limitaciones inherentes de capacidad en las bombas. Cuando se opera una bomba en un punto que no sea el de flujo de máxima eficiencia, se producen anomalías hidráulicas en la carcasa y el impulsor. Estas anomalías, que ocurren en todas las bombas, pueden ocasionar aspereza hidráulica, impulsos de vibración, flexiones del eje y menor duración de cojinetes y sellos mecánicos, así como mayor desgaste.

Dentro de las fallas frecuentes en bombas se pueden distinguir tres tipos de problemas, hidráulicos reales, mecánicos reales e hidráulicos irreales. Los problemas hidráulicos reales consisten en que la bomba no puede funcionar de acuerdo con las especificaciones de capacidad, carga y eficiencia. Los problemas mecánicos reales se refieren a desperfectos mecánicos, los cuales se notan por síntomas como ruido, vibraciones, sobrecalentamiento y pueden llevar a mal funcionamiento hidráulico. En cuanto a los problemas hidráulicos irreales, estos son el resultado de diseño y colocación incorrecta de la tubería y procedimientos deficientes.

Entre los problemas más comunes que presenta la operación de una bomba se pueden destacar, los siguientes:

- La bomba no entrega líquido.
- Entrega menos líquido del esperado.
- No produce suficiente presión.
- La forma de la curva de carga y capacidad es diferente de la curva original de rendimiento.
- Pierde el cebado después del arranque.
- Consume demasiada potencia.
- Tiene vibraciones.
- Presenta ruido.
- Corta duración del prensaestopas.
- Fugas excesivas por el sello mecánico.
- Corta duración del sello mecánico.
- La bomba se sobrecalienta y se pega.

Algunas posibles causas que puedan generar los problemas anteriormente descritos pueden deberse a lo siguiente:

- Instrumentos de medición mal instalados o descalibrados.

- No cumple con parámetros de operación como la carga del sistema, presión o viscosidad del fluido.
- Partes o accesorios del sistema de bombeo de tamaños superiores o inferiores a los recomendados
- Sentido incorrecto de rotación.
- Partes de la bomba mal instaladas, como el impulsor, empaquetaduras, cojinetes, sellos mecánicos, entre otros.
- El aire entra a la bomba durante el funcionamiento o el sistema de bombeo no está desaireado por completo antes del arranque.
- Impulsor o carcasa obstruidos parcial o totalmente con sólidos.
- Obstrucciones en las líneas de distribución de fluido.
- Impulsor, ejes o cojinetes dañados, desgastados o flojos.
- Desalineación de piezas por mala reparación o instalación.
- El nivel de agua en el tanque o sumidero de succión, muy por debajo de la entrada de la bomba.
- Falta lubricante.
- La bomba no está cebada y está funcionando en seco.

El mantenimiento preventivo en bombas incluye una serie de medidas de verificación de la correcta operación de las partes que la componen. Estas medidas deben ser ejecutadas periódicamente y controladas mediante un programa de mantenimiento. A continuación se expone una propuesta para la ejecución de un programa de mantenimiento preventivo.

- **Semanalmente.**
  - Comprobar el libre movimiento de los casquillos de los prensa estopas.
  - Revisar empaquetadura.

- **Anualmente.**

- Revisar la bomba a fondo.
- Sacar los rodamientos para limpiarlos y ver si presentan fallas.
- Sacar empaquetadura y reponerla si es necesario.
- Lavar la cañería de drenaje, la de cierre hidráulico y la de enfriamiento del motor.

El mantenimiento predictivo consiste en el diagnóstico de operación de cada uno de los elementos que componen el sistema, teniendo en cuenta su vida útil, para realizar los reemplazos necesarios antes de que fallen las piezas, para realizar estos diagnósticos se utilizan métodos de análisis como vibraciones y ruido, placas radiográficas, líquidos penetrantes y termografía. En cuanto al mantenimiento correctivo se contempla la reparación o cambio de piezas por mal funcionamiento o desperfecto, suele ser muy costoso y genera en muchos casos paros de producción. Cuando se emplea únicamente este tipo de mantenimiento se recomienda la instalación de sistemas de bombeo en paralelo para evitar paros prolongados.

#### **2.4.1.- Clasificación.**

Montoya C., en “Bombeo y Ventilación” clasifica las bombas en dos grandes grupos: Bombas dinámicas o centrífugas, y bombas de desplazamiento positivo. En la figura 2.6, se presenta la clasificación más en detalle con una serie de ramificaciones.

En general las bombas centrífugas generan flujo y presión acelerando y luego frenando el movimiento del fluido dentro de la bomba, mientras que las de desplazamiento positivo lo hacen comprimiendo el líquido desde la succión hasta la descarga. Idealmente se afirma que las bombas centrífugas operan a presión constante, mientras que las de desplazamiento positivo lo hacen a volumen constante.

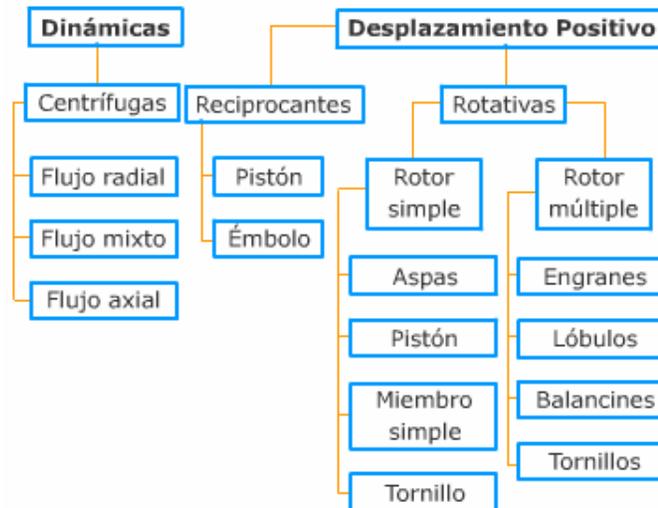


Figura 2.6. Clasificación De las Bombas.

#### 2.4.2.- Componentes de las bombas.

Según Montoya C., en “Bombeo y Ventilación”, dice que una bomba se compone básicamente de los siguientes elementos como los muestra la figura 2.7.

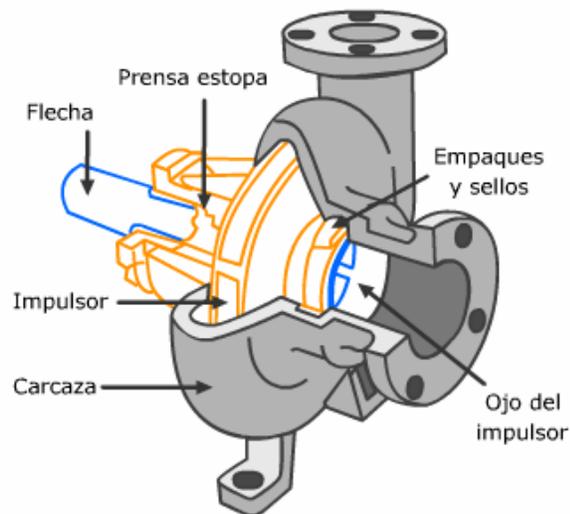


Figura 2.7. Componentes de una bomba.

**Carcasa.** Es la parte exterior protectora de la bomba y cumple la función de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.

**Impulsor.** Se conoce también como rodete. Es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.

**Anillos de desgaste.** Cumplen la función de ser un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde debido a las cerradas holguras entre el impulsor y la carcasa, el desgaste es casi seguro, evitando así la necesidad de cambiar estos elementos y quitar solo los anillos.

**Prensa estopa, empaques y sellos.** La función de estos elementos es evitar el flujo hacia fuera del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.

**Flecha.** Es el eje de todos los elementos que giran en la bomba centrífuga, transmitiendo además el movimiento que imparte la flecha del motor.

**Cojinetes.** Sirven de soporte a la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias. Soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

**Bases.** Sirven de soporte a la bomba, sosteniendo el peso de toda ella.

#### **2.4.3.- Componentes del sistema de bombeo.**

En un sistema de bombeo convencional pueden identificarse 5 elementos básicos; la bomba, el motor impulsor, la tubería, las válvulas y los equipos consumidores finales. En la figura 2.8 se muestra un esquema simplificado de un sistema de bombeo.

**La bomba.** Es quien le imparte la energía al fluido y es el corazón del sistema.

**El motor.** Se acopla de manera directa o indirecta a la bomba y se encarga de transmitir y convertir la potencia eléctrica en potencia mecánica al eje de la bomba. En la mayoría de las aplicaciones emplea corriente alterna a 110V, 220V o 440V de acuerdo a la demanda de potencia. En aplicaciones donde la bomba opera en regímenes de carga variable se emplean variadores de frecuencia que controlan la velocidad del motor y de ese modo aumenta o disminuye el flujo entregado de manera eficiente.

**La tubería.** Contiene el fluido y lo transporta desde la toma hasta el lugar de consumo. El aspecto más crítico en la correcta selección de la tubería es el diámetro, pues juega un papel fundamental en las pérdidas por fricción de la red. Puede demostrarse que las pérdidas varían con el inverso de la quinta potencia del diámetro, si por ejemplo una tubería de 2 pulgadas en cierto sistema genera una caída de presión de 2 m columna de agua, una de 1 pulgada operando bajo las mismas condiciones generaría de  $2^5 = 32$  m columna de agua. Es claro que las tuberías pequeñas son más económicas, fáciles de instalar y menos pesadas, sin embargo en muchas ocasiones es recomendable correr con un costo de inversión inicial más alto para reducir los requerimientos de cabeza de la bomba y los consumos eléctricos de operación. No debe caerse tampoco en el otro extremo de diseñar los sistemas de bombeo con tuberías de grandes diámetros porque el fluido no logra llenar la tubería completamente y puede entrarle aire a la bomba.

**Las válvulas.** Son accesorios fundamentales que controlan el paso del fluido. Normalmente el sistema cuenta con una válvula de granada o de pie en la succión para evitar que se pierda el cebado de la bomba, una válvula de cheque en la descarga para evitar efectos de golpe de ariete o circulación del fluido en sentido contrario y una serie de válvulas que habilitan o deshabilitan el flujo al interior de la red.

**El equipo final.** Es el punto al que llega el fluido y es empleado en su aplicación específica, van desde simples tanques de almacenamiento hasta intercambiadores de calor, torres de enfriamiento y equipos hidráulicos.

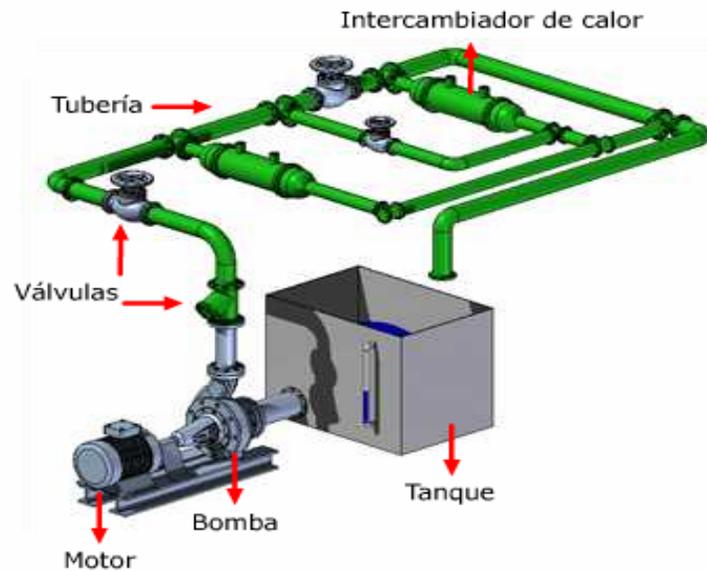


Figura 2.8. Componentes del sistema de bombeo.

#### 2.4.4.- Tipos.

De acuerdo a la clasificación descrita anteriormente los tipos de bombas encontrados se reúnen en dos grupos en dinámicas y en las de desplazamiento positivo a continuación describiré los tipos de bombas.

##### 2.4.4.1.- La bomba centrífuga o rotodinámica.

Entregan flujos variables incluso operando a velocidad constante. Este tipo de bombas emplean un elemento llamado impulsor, el cual es una rueda aspada que le imparte energía al fluido. Las bombas centrífugas son ampliamente usadas en la industria dentro de los procesos en los que intervienen fluidos como el agua y los

lubricantes. Aproximadamente el 95% de las bombas en la industria pesada son bombas centrífugas. Las bombas centrífugas a su vez se dividen en radial, mixto y axial.

#### **2.4.4.2.- Las bombas de desplazamiento positivo.**

El término desplazamiento positivo hace referencia a la forma como presurizan y mueven el fluido; el fluido es forzado mediante la reducción del volumen que lo contiene. La bomba de pistón por ejemplo entrega cierta cantidad de fluido con cada carrera recorrida y la bomba de tornillo emplea dos tornillos en paralelo que hacen pasar un determinado volumen con cada revolución. Las bombas de desplazamiento positivo tienen mayores requerimientos de mantenimiento debido a la cantidad de piezas móviles que maneja, pero presentan mejor desempeño ante aplicaciones como altas presiones a bajos flujos, aplicaciones de alta viscosidad con mejor eficiencia que las bombas centrífugas, dosificación de fluidos con altas precisiones, entre muchas otras. Las bombas de desplazamiento positivo a su vez se dividen en dos grupos que son las reciprocas y las rotativas.

#### **2.4.5.- Característica.**

Al igual que en los ventiladores, las bombas cuentan con ciertas características que las describen y permiten conocer su desempeño en cualquier condición de operación. Una característica que define bien el funcionamiento de las bombas es la curva de desempeño que indica simplemente que la bomba descarga cierto flujo a una cierta presión, mientras consume cierta cantidad de energía y presenta una eficiencia determinada. Podría decirse que la curva de una bomba es como el tablero de control de un carro.

## 2.5.- SISTEMA DE CONTROL.

Katsuhiko O., en “Sistema de Control”, nos dice que un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, cuyas respuestas a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

**Sensores:** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

**Controlador:** Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

**Actuador:** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

A continuación en la figura 2.9 se muestra el esquema general de un sistema de control.

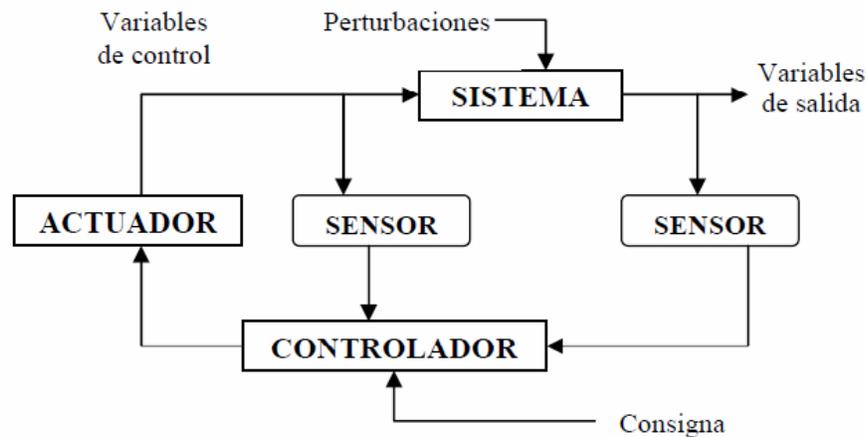


Figura 2.9. Esquema de un sistema de control.

### 2.5.1.- Lógica Cableada.

Cuenca A. y Salt J., en “Automática Industrial y Control” nos dice que parece claro que el mundo de los automatismos hay un antes y un después de la aparición de los sistemas basados en microprocesadores. Antes los automatismos se realizaban con elementos discretos que debían ser unidos entre sí mediante un medio físico, es decir

por medio de un cableado. La lógica cableada es una técnica de realización de equipos de automatismo en la que el tratamiento de datos se efectúa por medio de contactores auxiliares o relés de automatismo. Estos aparatos también cumplen otras funciones, entre las que cabe mencionar:

- La selección de los circuitos.
- La desmultiplicación de los contactos auxiliares de los contactores, interruptores de posición.
- De interface para amplificar señales de control demasiado débiles para suministrar energía a los aparatos de elevado consumo, etc.

Los contactores auxiliares y los relés de automatismo también suelen utilizarse de manera conjunta con autómatas programables. En este caso, los contactos auxiliares deben garantizar la fiabilidad de la conmutación de corrientes débiles, en ambientes frecuentemente agresivos (polvo, humedad).

El funcionamiento de los equipos de lógica cableada se define mediante el esquema de cableado. Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizaran mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizaran los controladores.

### **2.5.2.- Contactores.**

Méndez Z., en “Instalaciones Eléctricas”, dice que podemos definir un contactor como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluídricas, etc. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidaria al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

Así pues, característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia. Según sea el fabricante, dispondremos de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en continua como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contador.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone (normalmente cuatro). El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660 voltios para los contactores de normal utilización en la industria.

Cuando el fabricante establece la corriente característica de un contactor, lo hace para cargas puramente óhmicas y con ella garantiza un determinado número de maniobras, pero si el  $\cos\phi$  de la carga que se alimenta a través del contactor es menor que uno, el contactor ve reducida su vida como consecuencia de los efectos destructivos del arco eléctrico, que naturalmente aumentan a medida que disminuye el  $\cos\phi$ . Por lo general, los contactores que utilizemos referirán sus características a

las recomendaciones C.E.I. (Comité Electrotécnico Internacional), que establecen los siguientes tipos de cargas:

- AC-1 Para cargas resistivas o débilmente inductivas  $\cos\phi = 0,95$ .
- AC-2 Para cargar inductivas ( $\cos\phi = 0.65$ ) .Arranque e inversión de marcha de motores de anillos rozantes.
- AC-3 Para cargas fuertemente inductivas ( $\cos\phi = 0.35$  a  $0.65$ ). Arranque y desconexión de motores de jaula.
- AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión.

Prácticamente, casi la totalidad de las aplicaciones industriales, tales como máquinas herramientas, equipos para minas, trenes de laminación, puentes-grúas, etc., precisan de la colaboración de gran número de motores para realizar una determinada operación, siendo conveniente que puedan ser controlados por un único operador situado en un "centro de control", desde donde sea posible observar y supervisar todas las partes de la instalación. Esta clase de trabajo no se puede realizar con interruptores o cualquier otro elemento de gobierno que precise de un mando manual directo, debido a que el operador no tendría tiempo material de accionar los circuitos que correspondiesen de acuerdo con las secuencias de trabajo. Estos y otros problemas similares pueden quedar solventados con el uso de contactores.

### **2.5.3.- Relés Térmicos.**

Son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento.

- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

#### **2.5.4.- Relés de control de nivel.**

Los relés de nivel son dispositivos que permiten automatizar procesos como un alto o bajo nivel de flujo por lo cual dependiendo de algunos de los dos casos el relé se dispara. Los relés de nivel de agua son relés de resistencia y estos son dispositivos de estado sólido, diseñados para cumplir la función de censado por variación de la resistencia entre dos electrodos. Estos dispositivos son utilizados en procesos industriales para la detección de nivel de líquidos conductores como el agua, también se usa para la detección de líquido en el conductor de la fuente a la bomba para que esta no trabaje en vacío.

#### **2.5.5.- Variador de Velocidad.**

Pérez J., “Sistema Eléctrico Industrial” define a él variador de velocidad como un dispositivo electrónico para control infinito de velocidad en motores de corriente alterna asíncronos.

Los motores de inducción operan esencialmente a velocidad constante. Presentan una característica mecánica bastante dura, es decir, al aumentar o disminuir la carga se obtienen variaciones pequeñas en la velocidad de giro.

Pese a lo anterior, existen alternativas que permiten variar la velocidad nominal en este tipo de motores, por ejemplo:

- **Intercalando resistencias en circuito del rotor bobinado:** Esto es, haciendo variar el deslizamiento en el motor.
- **Variando el número de polos del estator:** La velocidad del motor ( $N_r$ ) está en función del número de pares de polos por lo cual se podría disponer de dos devanados independientes simplemente variando el número de polos al doble o a la mitad, obteniendo así una velocidad a la mitad o al doble, respectivamente. La desventaja de esta alternativa, es que sólo pueden obtenerse dos o tres velocidades de forma escalonada, lo que la restringe a una multiplicidad de aplicaciones en el control de procesos industriales.
- **Variando la frecuencia de alimentación del motor:** Se conocen en el medio con el nombre de drivers y es, tal vez, la forma más práctica de variar la velocidad a un motor de inducción en forma continua, logrando así un amplio rango de velocidades para diversos procesos que requieren bombeo, ventilación, enrolladoras, etc. Su tecnología utiliza electrónica de potencia para variar la frecuencia, por lo que genera gran distorsión armónica en las ondas de voltaje y corriente. Son apropiados para el uso eficiente de energía porque logran disminuir la demanda de potencia en la carga.

Las características de un variador de velocidad son:

- Ahorro de Energía
- Control Automático
- Fácil Operación
- Protecciones Eléctricas y Mecánicas
- Alto Desempeño
- Mejora la Calidad del Servicio
- Flexibilidad para manejo de diversas aplicaciones
- Alarga la vida útil de la instalación y el motor.

### **2.5.6.- Arrancadores.**

Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta. El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito. El aparato de control ajusta entonces la velocidad del motor según sea necesario. Los arrancadores se han diseñado para satisfacer las necesidades de las numerosas clases de motores de c-c. Por ejemplo, para arrancar los motores de c-c pequeños pueden disponer de un interruptor de línea relativamente sencillo en tanto que los motores de c-c grandes requieren instalaciones más complicadas.

#### **2.5.6.1.- Ventajas.**

La misión fundamental de un arrancador es limitar la punta de intensidad que se produce durante el arranque del motor. En los motores de jaula de ardilla la punta de arranque producida varía. Los esfuerzos electromecánicos en los motores aumentan como el cuadrado de la intensidad. La reducción de la punta de arranque reduce los daños sufridos tanto en los bobinados del motor, como en los rodamientos. Una menor corriente de arranque permite reducir la sección de los cables de alimentación y la punta contratada a la compañía eléctrica, consiguiendo así un considerable ahorro.

El encendido de los tiristores se efectúa empleando un generador de tensión, el pulso aplicado con una duración de unos 6,5 milisegundos de corriente continua. Esto garantiza un encendido seguro en cualquier condición de funcionamiento.

### **2.6.- PROTECCIONES ELÉCTRICAS.**

Las protecciones eléctricas son de vital importancia en los motores, generadores, transformadores, centros de control de motores, alimentadores de ramales eléctricos, cables, y otros dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas de cualquier empresa, industria o comercio. Los motores, los generadores y los transformadores son unos de los tantos equipos eléctricos que deben de ser protegidos contra eventos no deseados, tales como una sobre corriente o cortocircuito, es allí donde las protecciones les corresponde actuar para evitar daños catastróficos en los mismos. Por tal razón una instalación bien diseñada posee un buen sistema de protecciones eléctricas. Por lo antes expuesto es necesaria una buena comprensión de las características de las instalaciones eléctricas, de los equipos y dispositivos que conforman el sistema eléctrico en general de un proceso industrial.

La protección es un seguro de vida que se compra para el sistema de potencia a un costo extremadamente bajo.

Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas como lo son:

- Detectar corrientes y / o tensiones.
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema.
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible.

La gran mayoría de las fallas que se dan en los sistemas eléctricos por las siguientes causas:

**Cortocircuito:** La fuerza electromotriz de la fuente se aplica a una impedancia relativamente baja, por lo cual circulan corrientes perjudiciales al sistema, la gran mayoría se dan en los sistemas monofásicos y se presentan en las líneas de transmisión pero la más crítica es la falla trifásica.

**Sobrecargas:** Son corrientes en exceso de la corriente nominal del equipo, esto es, de la máxima permisible que puede circular permanentemente por el equipo.

**Insuficiente capacidad de generación:** El par eléctrico aplicado al generador y la maquina tiende a reducir su velocidad. La baja frecuencia, disminuye la eficiencia de los mecanismos y perturba los sistemas que deben girar a velocidad constante.

**Sobre voltajes:** Existen los permanentes, se consideran así los producidos a frecuencias bajas y los transitorios pueden ser externos y son causados por descargas atmosféricas.

### 2.6.1. - Requisitos para una Protección.

- **Confiabilidad:** Actuar en cualquier momento que se necesite, esto es, siempre que ocurra una falla para la cual se diseño. La protección contra cortocircuito, por ejemplo debe discriminarse entre corrientes de sobrecargas y corriente de cortocircuito. Para obtener una buena confiabilidad, es fundamental realizar un adecuado mantenimiento preventivo, para ello, el aparato debe ser sencillo, facilitando de esta manera su revisión.
- **Rapidez:** Actuar tan pronto como sea posible, actuar antes que las cantidades de fallas (voltajes o corrientes) hayan dañado los aparatos a proteger.
- **Selectividad:** La protección de un sector debe actuar, en caso de falla en ese sector para facilitar el análisis de selectividad, se acostumbra a dividir el sistema en zonas.

### 2.6.2.- Interruptores.

Méndez Z., en “Instalaciones Eléctricas”, define un interruptor como un dispositivo mecánico de conexión y desconexión eléctrica, capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en las condiciones normales de funcionamiento del circuito donde va asociado.

Para interrumpir la corriente en un receptor monofásico, es suficiente abrir éste en un solo punto, por medio de un interruptor unipolar, pero procediendo así no lograremos aislar el receptor de la línea, puesto que éste queda al potencial de la fase no cortada. Para lograr aislar por completo un receptor o una instalación cualquiera, es necesario abrir el circuito por tantos puntos como conexiones tenga con la línea que lo alimenta. Así, pues, los interruptores unipolares solamente se utilizarán en pequeños receptores de uso doméstico, debiendo utilizar en los demás casos interruptores con tantos polos como conductores lo alimentan.

Las condiciones exigidas a un buen interruptor deberán ser inicialmente las siguientes:

- Que las superficies de las piezas que realizan el contacto eléctrico, sean suficientes para dejar paso a la intensidad nominal prevista en el circuito donde ha de ser colocado, sin provocar excesivas elevaciones de temperatura.
- Que el arco de ruptura, que sin duda se formará cuando abramos el circuito, se extinga lo más rápidamente posible, de manera que no forme arco permanente, ya que de lo contrario se destruirían rápidamente los contactos.

Cuando un interruptor en servicio está cerrado, existe una cierta presión entre sus contactos que hacen que la superficie de contacto sea máxima y por tanto la corriente que por él circula lo hará con una densidad de corriente mínima (mínima elevación de la temperatura). En la maniobra de apertura, al iniciarse el despegue de los contactos, lo primero que se obtiene es una disminución de presión con el

consiguiente aumento de la densidad de corriente. En el instante de la separación de los contactos, la finísima capa de aire que los separa es atravesada por la corriente, provocando una rápida elevación de temperatura que da lugar a un resplandor azulado extremadamente brillante de la chispa, a la vez que se tiene un elevado campo eléctrico entre los contactos capaz de producir una fuerte emisión de electrones en el contacto que hace el papel de cátodo.

Si la corriente que interrumpen los contactos es débil, la elevación de temperatura de la chispa no alcanzará el valor suficiente como para provocar la fusión y volatilización del metal de los contactos, pero a partir de cierto límite, la temperatura llegará a sobrepasar el punto de fusión y volatilización del metal, haciendo que la chispa se torne conductora y produzca el "arco", es decir, una llama de color netamente diferente del de la chispa. La diferencia entre la chispa y el arco depende, en consecuencia, de la mayor o menor intensidad de la corriente en el momento en que los contactos se separan. El arco se manifiesta como una columna gaseosa incandescente según una trayectoria aproximadamente rectilínea entre los electrodos, cuyo núcleo alcanza temperaturas comprendidas entre 6.000 y 10.000 °C. Al mismo tiempo, y dada la constitución de los arcos eléctricos, podemos decir que son conductores y extremadamente móviles, es decir, que se desplazan fácilmente bajo el efecto de corrientes de aire y campos magnéticos.

Si en lugar de un único par de contactos, se dispone de dos pares de contactos en serie, mecánicamente unidos, se consigue duplicar el arco, lo cual equivale a decir que la velocidad de corte se ha duplicado, o lo que es igual, el tiempo y el trabajo de ruptura se han reducido a la mitad. Esta es la disposición que adoptan la mayor parte de los interruptores denominados "contactores".

Por otra parte, dada la gran facilidad de desplazamiento del arco eléctrico, en algunas ocasiones se verá cómo ciertos interruptores disponen de dispositivos para

alargar artificialmente el arco, consiguiendo una longitud del arco mayor que la que correspondería en condiciones normales.

### **2.6.3.- Relé de Protección.**

Según Tosatado M., en el “Funcionamiento de los relés de Protección”, los relés de protección realizan principalmente las funciones de protección del sistema eléctrico de potencia. Adicionalmente, los relés funcionan como unidades electrónicas inteligentes, las cuales realizan la adquisición de datos para el Sistema de Control Numérico: Mediciones, Alarmas, Señalización y Control de los Interruptores.

Los relés disponen también de entradas lógicas programables, las cuales pueden ser utilizadas para el control, enclavamiento eléctrico, inicio de secuencia de cierre, inicio de la función de falla Interruptor. Todos los relés tienen capacidad de almacenamiento de data oscilo grafica en condiciones normales y durante los períodos de falla del sistema. Los relés registran los eventos sincronizados a través de una base de tiempo común proporcionada por un reloj patrón (GPS). Los relés pueden ser ajustados local y remotamente desde un centro de control. En los últimos sistemas de protecciones que han sido desarrollados, se ha incorporado la nueva tecnología de los relés digitales. Se describe como una nueva generación de relé modulares con plataforma común. Cuenta con una lógica flexible, tres puertos de comunicaciones, un software para total acceso al relé, memoria flash y tecnología modular para actualizaciones.

#### **2.6.3.1. - Funcionamiento de los relés de protección.**

Tosatado M., en el “Funcionamiento de los relés de Protección”, los relés son pequeños mecanismo que funcionan a baja tensión y cuya función es actuar sobre una serie de contactos cuando entre sus extremos aparece una tensión determinada. En las estaciones y subestaciones transformadoras, se utilizan para actuar sobre elementos de un mayor calibre (interruptores), siempre que desde el equipo de medida llegue esa orden, la cual se produce cuando en el aparato de medida aparece un valor distinto a una serie de valores de referencia. Su esquema de funcionamiento se muestra en la figura 2.10, este se compone de seis partes bien diferenciadas y cada una con una función distinta dentro del mecanismo:

- **Órgano de entrada:** son los propios transformadores de tensión e intensidad. Aunque no forman parte del relé de protección, el funcionamiento de éste no sería posible sin ellos.
- **Órgano de conversión:** esta parte aparece siempre y cuando sea necesario adaptar las señales procedentes del órgano de entrada para su utilización en el relé.
- **Órgano de medida:** registra los datos procedentes de los órganos anteriores y decide si actuar en consecuencia sobre la protección o no.
- **Órgano de salida:** su misión es amplificar la señal procedente de los órganos anteriores para que ésta sea capaz de hacer funcionar una serie de contactos de mando (contactores).
- **Órgano accionador:** no forma parte del relé ya que se trata de la bobina interna del disyuntor, que es la encargada de mover los contactos del aparato cuando entre sus extremos aparece una tensión suficiente.
- **Fuente auxiliar de alimentación:** se encarga de alimentar al relé de manera permanente.

Tiene dos modos de desconexión:

- **Desconexión mecánica:** el movimiento de los contactos del interruptor se realiza con la ayuda de elementos mecánicos como levas, resortes.
- **Desconexión eléctrica:** el relé realiza la acción sobre un contacto auxiliar (contactor) que, a su vez, alimenta el circuito de la bobina del disyuntor. Este contacto auxiliar suele ser normalmente abierto y cuando recibe tensión se cierra alimentando la bobina interna del disyuntor provocando su disparo.

Su modo de reconexión es el siguiente:

- **Relés de reenganche automático:** cuando desaparece la anomalía eléctrica, se rearmen por sí mismos sin necesidad de acciones manuales o ayuda de terceros dispositivos.
- **Relés de bloqueo:** no se rearmen automáticamente una vez ha desaparecido la anomalía eléctrica. Llevan asociados un sistema de señalización que se activa cuando actúa el dispositivo. Este sistema de señalización (acústica o visual), tiene la misión de avisar a que el relé se encuentra en posición de activación y es necesario rearmarlo manualmente.

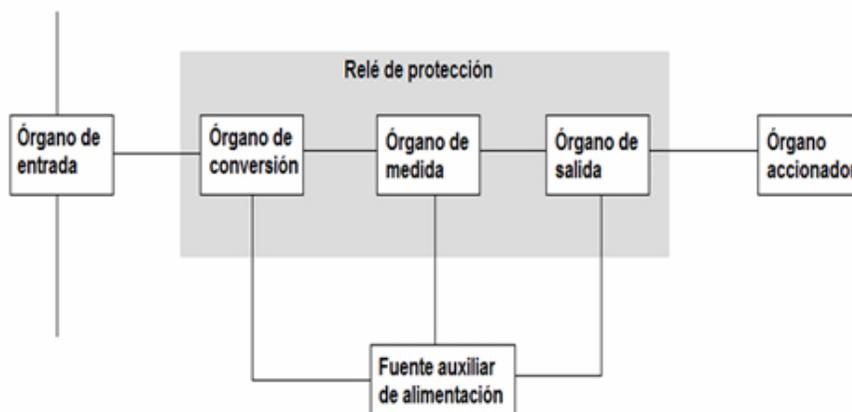


Figura 2.10. Esquema funcional de un relé de protección.

## 2.7. - ANÁLISIS DE CARGA.

Un sistema de distribución es llevar la energía eléctrica desde la subestación de subtransmisión o la fuente de energía hasta las diferentes acometidas individuales de los usuarios o cargas.

La carga que es el factor más importante es precisamente ahí donde no se tiene control, es por ello que es importante que se tenga conocimiento de las cargas y de las características que las describen para poder analizar y operara inteligentemente el sistema a fin de ofrecer un servicio de calidad.

Existen tres aspectos con los que se mantienen en equilibrio el diseño eléctrico puede tener una variedad amplia de formas pero casi siempre resulta en la selección de un tipo de construcción debido a las exigencia de la zona, requerimientos de continuidad de servicios, etc. El balance entre el diseño eléctrico y el constructivo se obtiene con el diseño económico pues, además, debe obtenerse una relación aceptable entre las ganancias y los costos totales del sistema que incluyen el diseño, operación y mantenimiento.

## **2.8. - GENERADORES.**

Es toda máquina capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator).

Se clasifican en dos tipos fundamentales: primarios y secundarios. Son generadores primarios los que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, mientras que los secundarios entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente.

El generador es el elemento más costoso del sistema considerado tanto el costo de adquisición, cómo el costo que acarrea cualquier salida de trabajo, por ello, en general, se tiene que proteger más ampliamente que cualquier otro aparato. Las condiciones anormales que los afectan se indican en la figura 2.11 que se muestra a continuación:



Figura 2.11. Condiciones que afectan a un generador.

Cuando en el generador se presenta una falla (Interna), la acción a tomar a diferencia de los otros aparatos, no para en la apertura del interruptor de potencia, sino que adicionalmente se debe desconectar el devanado de campo y la máquina que le impone el movimiento mecánico al rotor (Primo motor).

## 2.9. - TRANSFERENCIAS.

Larese de Santo S., en el trabajo de grado “Diseño de un relé inteligente para el control de la transferencia de barras en subestaciones eléctricas con secundario selectivo”, dice normalmente, las instalaciones industriales tienen disponibles, en su sistema auxiliar, por lo menos dos fuentes de alimentación.

Regularmente ambos alimentadores están energizados y alimentando dos cargas eléctricas. Cuando la instalación está operando, la energía que requiere el sistema auxiliar en la barra A es proporcionada por el alimentador A. Sin embargo, cuando el alimentador A se extrae de servicio, por mantenimiento, o para despejar una falla, la alimentación de la barra A se debe realizar desde el alimentador B, cerrando el interruptor de enlace. La técnica de intercambio de fuentes de alimentación se denomina transferencia de barras.

La transferencia de barras es compleja, debido al hecho que cada barra tiene características particulares de voltaje y fase durante la transferencia. Estas dependen del tipo de carga que es conectada a la barra. Una instalación industrial tendrá generalmente varios alimentadores que proveerán energía eléctrica a los equipos.

### **2.9.1. - Consideraciones sobre la transferencia de barras.**

El mayor problema es transferir una carga de motores de una fuente hacia otra alternativa, consiste en el esfuerzo que se produce durante la transferencia, el cual puede exceder las características de diseño de los motores.

El efecto de una transferencia sobre un motor de inducción puede incluir corrientes entrantes y torques en el eje anormalmente altos. Para obtener una transferencia rápida o una transferencia en fase, los motores mayores deben permanecer conectados al sistema.

Cargas múltiples de motores también están sujetas a las mismas corrientes y torques durante la transferencia. La magnitud dependerá, sin embargo, de la combinación de los voltajes residuales y ángulos de fases de los motores conectados a la barra común durante la reenergización. Además, la cantidad de energía que se

transfiere entre las maquinas, durante la desconexión del voltaje externo de alimentación, afecta el voltaje residual y el ángulo de fase de cada motor.

### 2.9.2. - Tipos de Transferencia.

Larese de Santo S., en el trabajo de grado “Diseño de un relé inteligente para el control de la transferencia de barras en subestaciones eléctricas con secundario selectivo”, dice que las transferencias de barras se pueden clasificar dentro de tres tipos generales considerando el lapso de tiempo necesario para realizar la transferencia, durante el cual se produce un estado de circuito abierto en la barra.

Estos son los siguientes:

- **Transferencia en Paralelo:** Es un método para transferir la carga desde una fuente a otra, sin interrumpir el proceso. En esta transferencia, el interruptor del enlace entre barras se cierra antes de la apertura del interruptor principal de la línea. De esta forma se eliminan los efectos transientes sobre las barras de motores, asumiendo que las fuentes estén sincronizadas.
- **Transferencia Rápida:** Es un método que involucra la apertura del interruptor principal antes de cerrar el interruptor del enlace, evitando así los problemas asociados con la transferencia en paralelo. Este tipo de transferencia está orientada a minimizar el lapso de tiempo de transferencia entre fuentes.
- **Transferencia Retardada:** Esta consiste en dos métodos distintos de transferencia:
- **Transferencia en Fase:** Consiste básicamente de un proceso automático de sincronización rápida entre el voltaje de la barra de motores y el de la fuente alternativa. El interruptor de la fuente alternativa se debe cerrar de manera que

los contactos se sellen coincidiendo con el instante en el cual el ángulo de fase sea igual a cero.

- **Transferencia Retardada Residual:** Involucra la inclusión de un retardo de tiempo para que el voltaje en la barra de motores caiga por debajo de un valor predeterminado, antes de cerrar el interruptor de la fuente alternativa.

## **2.10. - CÁLCULO DE CONDUCTORES.**

Un conductor es un material metálico, que usualmente es en forma de cable o alambre, adecuado para el transporte de corriente eléctrica. En casos especiales el conductor puede tener forma de hilo, varillas, platinas, tubos o barras. De acuerdo a los componentes del material de su aleación el conductor tendrá una conductividad que lo caracteriza. A partir de la potencia de los equipos, se procede al cálculo de los conductores de cada circuito. Las líneas, cables o conductores de barras deben ser capaces de transportar la corriente normal de operación, y la que se presenta en situaciones de emergencia, si el cable es relativamente corto deberá soportar desde el punto de vista térmico esta corriente. Es por estas consideraciones que los conductores se dimensionan por capacidad de corriente, por corriente de cortocircuito, por caída de tensión y por economía.

### **2.10.1. - Cálculo de conductor por capacidad de corriente.**

Según Prado A., en “Ingeniería Básica y Conceptual de un sistema eléctrico de potencia y control para la operación de motores asíncronos de 1100Hp a 6.6 Kv en el área de bombeo de una planta hidrológica” dice que para la selección del conductor por capacidad de corriente se toma como base la corriente nominal de la carga, con esta se selecciona mediante tablas de capacidad de corriente de los conductores, el calibre del conductor que se conectara esa carga con el sistema. Se

tiene que tomar en cuenta, para la selección del conductor, factores tales como : el factor de corrección de temperatura (FCT), el factor de corrección de bancada (FCB) y el factor de corrección por cantidad de conductores activos (FCCA) en una misma tubería. La capacidad de corriente del conductor, una vez aplicados los factores de corrección, debe ser mayor a la corriente nominal de la carga.

### **2.10.2. - Cálculo del conductor por corriente de cortocircuito.**

Este cálculo debe realizarse para saber si el conductor seleccionado puede soportar la cantidad de corriente de cortocircuito momentánea que pasara a través de este. Este cálculo se realizara mediante la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 \cdot \tau = 0,0297 \log \frac{T2 + 234,5}{T1 + 234,5} \quad (2.1)$$

Donde

I: Representa la corriente de cortocircuito en Amperios.

A: Representa el área del conductor en circular mil.

$\tau$ : Representa el tiempo de duración del cortocircuito trifásico en segundos.

T1: Temperatura inicial del conductor en °C.

T2: Temperatura final del conductor en °C.

### **2.10.3. - Cálculo del conductor por caída de tensión.**

Para determinar el calibre del conductor por caída de tensión se emplea la formula mostrada a continuación, para este cálculo no solo se necesita la potencia de la carga sino también las características eléctricas del conductor así como su longitud.

$$\% \Delta v = \frac{I * L * \sqrt{3} * (R * \cos \alpha + X * \sin \alpha)}{10 * V} \quad (2.2)$$

Donde

℅: Representa la caída de tensión en ℅.

I: Intensidad de corriente corregida.

L: Representa la longitud del conductor en km.

V: Representa el nivel de tensión al cual está sometido la carga en KV.

X y R: Representan la reactancia y resistencia del conductor a seleccionar en Ω/km.

α: Representa el desfase entre el voltaje y la corriente en grados °.

### **2.11. - TIEMPO DE OPERACIÓN REAL (TOR).**

Es el tiempo que se considera que trabajara una carga sin espacio ininterrumpido de 8 a más horas de trabajo.

### **2.12. - EL FACTOR DE OPERACIÓN (FOP).**

Es aquel que es calculado dividiendo el tiempo de operación real entre el tiempo total de operación que puede tener una carga se obtiene de la siguiente manera:

$$FOP = \frac{\text{Tiempo de Operacion real}}{\text{Tiempo Total del Periodo}} \quad (2.3)$$

### 2.13. - LOS KVA DE OPERACIÓN.

Es el valor obtenido de multiplicar la carga que se tiene en Hp por el factor de operación y luego dividir este entre el factor de potencia. Se calculan de la siguiente manera:

$$P(KVA) = \frac{HP * 0,746}{fp} * FOP \quad (2.4)$$

### 2.14. - PROGRAMA DE SIMULACION ETAP.

Prado A., en “Ingeniería Básica y Conceptual de un sistema eléctrico de potencia y control para la operación de motores asincrónicos de 1100Hp a 6.6 kV en el área de bombeo de una planta hidrológica”, define a ETAP como un programa de análisis de sistemas eléctricos de potencia totalmente gráfico que corre en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000, XP y 2003. Además de los módulos de simulación estándar para análisis off-line, ETAP puede utilizar datos de operación en tiempo real para la supervisión avanzada y simulación en tiempo real, optimización y desprendimiento inteligente de carga en tiempo real.

ETAP ha sido diseñado y desarrollado por ingenieros para ingenieros, con el fin de manejar las diversas disciplinas de los sistemas de potencia en un paquete integrado con múltiples interfaces, con vistas como redes AC y DC, canal para cables, mallas de tierra, tablero, coordinación y selectividad de dispositivos de protección y control de diagramas de sistemas AC y DC. ETAP le permite trabajar directamente con diagramas unilineales, sistemas de canalización subterráneos de cables, sistema tridimensional de cables, coordinación tiempo-corriente de protección y gráficas de selectividad, así como sistema de mallas de puesta a tierra tridimensional.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DEL PARQUE DE AGUA KARIÑA**

En este capítulo se presenta la descripción del sistema eléctrico y de control actual que es parte fundamental en el suministro de la energía eléctrica y el funcionamiento de los equipos eléctricos que hacen funcionar las atracciones acuáticas, restaurantes, sitios operativos y administrativos.

#### **3.1.- SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.**

El sistema eléctrico del parque está constituido por dos subestaciones eléctricas principales, identificadas como subestación 01 y subestación 02, las cuales tienen como objetivo transformar la energía eléctrica proveniente de la compañía eléctrica de un nivel de 13.8 kV a un nivel de baja tensión de 480 V, este proceso se realiza a través de tres transformadores de 500kVA de capacidad cada uno. Además, el parque cuenta con tres grupos electrógenos identificados con los números 1, 2, 3, ubicados en la subestación 01 y subestación 02, respectivamente. Estos grupos electrógenos (Plantas Eléctricas), están dotados de una transferencia automática/manual, sin embargo, actualmente la transferencia automática está desactivada, ya que la electricidad suministrada por la compañía eléctrica presenta muchas variaciones en la tensión o voltaje, por encima y por debajo del voltaje nominal. Provocando pérdidas e interrupciones en el suministro y por ende puede ocasionar daños en bombas, equipos de refrigeración y otros.

En la subestación 01 se encuentran dos generadores con sus respectivas celdas de transferencia y distribución, en la subestación 02 se encuentra el otro generador con sus celdas de transferencia y distribución. De estas dos subestaciones se

suministra toda la energía necesaria para alimentar dicho parque, alimentan tanto el edificio de administración, los baños ubicados por diferentes puntos del parque, el restaurante principal, las tiendas o souvenir y por supuesto los (21) cuartos de máquina.

Se cuenta con una caseta eléctrica ubicada en el centro del parque donde se encuentra un tablero de potencia, la alimentación de esta caseta proviene del transformador dos (2), ubicado en la subestación uno (1) y alimenta los cuartos eléctricos correspondientes al río lento, interactiva y restaurante.

Las cargas eléctricas más representativas son las correspondientes al sistema de bombeo para impulsión y filtrado de las atracciones acuáticas, estos sistemas de bombeo corresponden a los cuartos de maquinas identificadas con los nombres CM-01, CM-02, CM-03, CM-04, CM-05, CM-06, CM-07, CM-08, CM-09, CM-10, CM-11, CM-12, pertenecientes al río lento, el cuarto de maquina CM-13, pertenece a la piscina interactiva, el cuarto de maquina CM-15, pertenece al toboloco y al torbellino de balsa ubicados en la torre 4, el cuarto de maquina CM-16, pertenece al torbellino de cuerpo y a los toboganes de balsa ubicados en la torre 2, el cuarto de maquinas CM-20, pertenece al jacuzzi norte, el cuarto de maquinas CM-23, pertenece a las casitas y al jacuzzi sur, el cuarto de maquinas CM-24, pertenece a los toboganes de velocidad ubicados en la torre 3, el cuarto de piscina de olas CM-OLAS. Otros cuartos existentes en el parque son los correspondientes al ancla, al barco pirata y a la fuente.

Todos los cuartos de maquinas están provistos eléctricamente con un tablero eléctrico de distribución interno, un tablero de control a un nivel de tensión 480/220V. Así como también, se encuentran diversas bombas de 3hp para el filtrado necesarios en las piscinas, bombas de 10 hp y de 15 hp para la impulsión de las atracciones y en la mayoría de los cuartos se encuentran bombas de 1½ hp para el

achique de los cuartos esta descripción es para cada cuarto de maquinas de los 21 existentes.

El tablero de potencia de cada cuarto de maquinas en la gran mayoría posee de cinco a seis interruptores en los cuales se encuentra el interruptor principal, un interruptor designado para la iluminación cercana y los otros designados para las bombas que se encuentren en el cuarto de maquinas, así como también, se encuentra un interruptor fuera del tablero para posibles conexiones futuras. Este tablero se encuentra empotrado en la pared con las especificaciones exigidas por las normas.

Los cuartos de maquinas existentes en el parque se encuentran subterráneos en un espacio acorde para la ubicación del tablero de control, el tablero de potencia y las bombas de impulsión, filtrado y achique correspondientes a cada cuarto, hay cuartos de maquinas que son más grandes debido a la cantidad de bombas ubicadas en ellos. Sus puertas se encuentran acostadas al piso y para poder ingresar en ellos se requiere hacerlo a través de una escalera ubicada junto a la pared en bajada.

En la tabla 3.1 se muestra una lista de las cargas eléctricas organizadas por circuito y correspondientes a la subestación 01 y en la tabla 3.2 se muestran las cargas correspondientes a la subestación 02.

Tabla 3.1. Cargas Instaladas en subestación 01.

		<b>Descripción de cargas Instaladas</b>
<b>Subestación 01</b>	<b>Transformador 1</b>	CM-01 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-03 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-05 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-07 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-09 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-10 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp CM-11 : 1 Bomba de 15 hp y 1 bomba de 3hp Restaurante Principal : Transformador 45Kva CM-20 : 1 bomba de 3hp

Tabla 3.1. Cargas Instaladas en subestación 01.

		<b>Descripción de cargas Instaladas</b>
<b>Subestación 01</b>	<b>Transformador 1</b>	CM-23 : 3 bomba de 3hp y 3 bombas de 15hp
	<b>Transformador 2</b>	CM-12: 1 bomba de 15hp y 1 bomba de 3hp. CM-15: 1 bomba de 15hp y 1 bomba de 10hp. Locker y vestideros: Transformador de 15 kva. Edificio Administración: Transformador de 225 Kva. Baño 03: Transformador de 9Kva. Snack 03: Transformador de 15Kva. CM-13: 1 bomba de 15hp, 1 de 10hp y 2 de 3hp. CM-08: 1bomba de 15hp y 1 bomba de 3hp. CM-24: 6 bombas de 15hp.

Tabla 3.2. Cargas Instaladas en subestación 02.

		<b>Descripción de cargas Instaladas</b>
<b>Subestación 02</b>	<b>Transformador 3</b>	CM-04: 1 bomba de 15hp y 1 de 3hp. CM-06: 1 bomba de 15hp y 1 de 3hp. CM-16: 4 bombas de 3hp y 2 de 15hp. CM-OLAS: 1 turbina de 100hp, 12 bombas de 3hp, transformador de 15 Kva. Snack 01: Transformador de 15 Kva. Snack 02: Transformador de 15 Kva. Depósitos: Transformador de 100 Kva. Aguas negras 2 bombas de 3hp. Sumideros agua de lluvia. 2 bombas de 20hp. Riego: 1 bomba de 50hp

### 3.2.- SISTEMA DE CONTROL ACTUAL.

El sistema de control actual del parque de agua Kariña se basa en lógica cableada, en tableros de control que se encuentran ubicados en los cuartos de maquinas existentes.

El tablero de control de cada cuarto de maquina está compuesto por un transformador bifásico de 150VA a nivel 480/220V, una protección para el

transformador de 480 fase a fase, así como también se encuentran un grupo de contactores con sus respectivos relés térmicos para las protecciones de los motores, un relé de nivel de líquido y un par de interruptores magnetotérmicos de seguridad uno de dos polos y otro de tres polos, a parte se encuentra una bornera de control. Este tablero de control se encuentra en su caja metálica recomendada por las normas, con sus botones de pulsadores o conmutadores para el encendido o apagado de las atracciones, así como un selector de automático/manual este tablero se encuentra cerrado para la seguridad de todos. En la figura 3.1 se muestra un esquema general y real del control de un cuarto de máquina tipo.

Actualmente el sistema de arranque de las bombas de achique, se encuentra dispuesto de la siguiente manera: tienen dos modos de funcionamiento manual y automático, el funcionamiento automático se realiza al aumentarse el nivel de agua en el cuarto de máquinas, el flotante eléctrico sensa el nivel del agua y se activa la bomba de achique desactivando al mismo tiempo todas las otras bombas. Cuando el flotante deja de sensar el nivel de agua se apaga la bomba de achique pero no se encienden las otras.

El modo manual funciona a través de un sistema de marcha y parada, a través del conmutador pero igualmente se apagan las otras bombas cuando este se pone en funcionamiento. Este sistema se diseñó por protección en caso de inundaciones, sin embargo no se contaba que en los días de apertura se tenían que encender la bomba de achique sin que se desactivaran las bombas que ponen en funcionamiento el uso de las atracciones acuáticas.

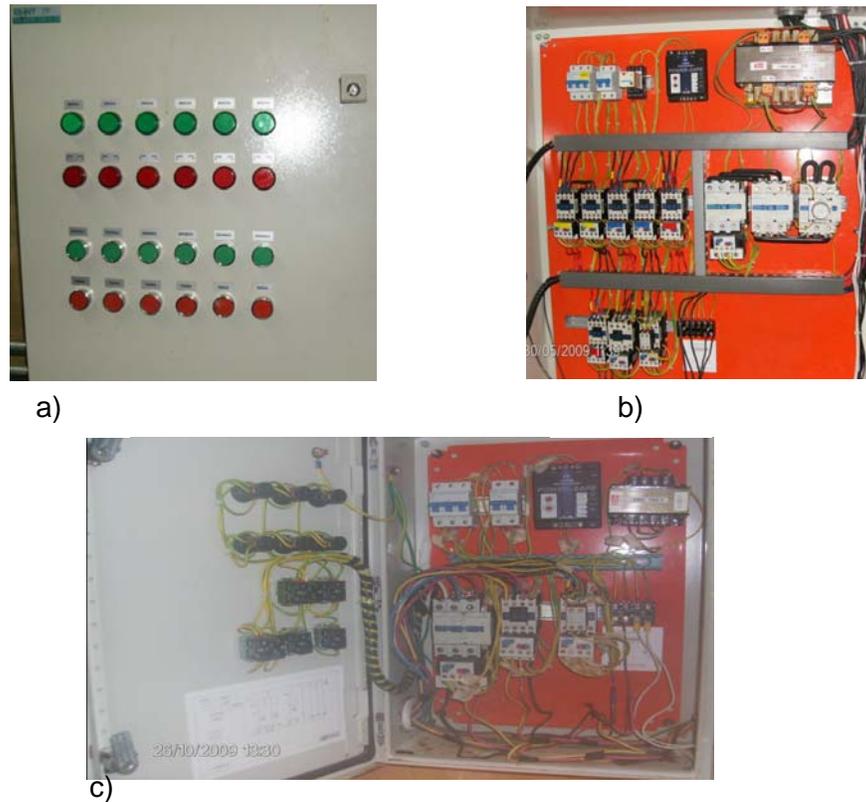


Figura 3.1. Tablero de Control: a) Parte Frontal, b) Parte Interna c) Parte interna con cableado

### 3.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS.

Se detallan las características de los equipos existentes en el parque de agua Kariña que son los responsables del buen funcionamiento eléctrico, se destacan los transformadores de potencia, generadores y bombas.

#### 3.3.1.- Transformadores de Potencia.

El Parque de agua Kariña cuenta actualmente con tres transformadores de potencia, de 500 kVA cada uno, y poseen las características mostradas en la tabla 3.3:

Tabla 3.3. Características de los tres transformadores principales.

<b>Marca</b>	Caivet	<b>Potencia Nominal</b>	500 KVA
<b>Tipo</b>	Pedestal (Padmounted)	<b>Frecuencia</b>	60Hz.
<b>Alta Tensión</b>	24,9 Kv Conexión Y (125 kV BIL)	<b>Enfriamiento</b>	Natural (ONAN)
<b>Baja Tensión</b>	480 V/277V	<b>Clase</b>	65 °C

### 3.3.2.- Generadores.

Existen tres (3) generadores de 500 kVA cada uno, ubicados en las subestaciones 01 y 02. Las características técnicas de los generadores se muestran en la tabla 3.4

Tabla 3.4. Características de los Generadores.

<b>Marca</b>	FG-Wilson	<b>Año</b>	2007
<b>Modelo</b>	P563P1	<b>Serial</b>	5020420/60
<b>Corriente Promedio</b>	677 Amp.	<b>Temperatura</b>	27 °C
<b>Tensión</b>	480/277 V	<b>Potencia</b>	450 Kw
<b>Frecuencia</b>	60Hz.	<b>Potencia Activa</b>	563 KVA
<b>R.P.M.</b>	1800	<b>Fases</b>	3 $\Phi$

### 3.3.3.- Bombas.

Para el sistema de impulsión, filtrado y achique se utilizan bombas de 20hp, 15hp, 10hp, 3hp, y 1 ½hp, respectivamente para el funcionamiento de las diversas atracciones acuáticas.

Las de 1 ½ hp se utilizan para el sistema de achique en los cuartos de maquinas, las de 3hp para el sistema de filtrado y las de 10hp, 15hp y 20hp para el sistema de impulsión. En las tablas 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se detallan las características de estas bombas:

Tabla 3.5. Características de las Bombas de 1 ½ hp.

MARCA	CARACTERISTICAS	
Siemens	<b>Tensión</b>	220/440 V
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz.
	<b>Potencia</b>	1 – 2 Kw

Tabla 3.6. Características de las Bombas de 3hp.

MARCA	CARACTERISTICAS	
ESPA	<b>Modelo</b>	10943
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz.
	<b>Potencia</b>	1 – 2,7 Kw
	<b>Tensión</b>	220/440 V
	<b>Conexión</b>	Delta y Estrella
ORUM	<b>Modelo</b>	P63GEZ-4526
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz.
	<b>Tensión</b>	208-230/460
	<b>Corriente</b>	9,4-9,6/4,7
	<b>R.P.M.</b>	3450/3850
SPA	<b>Modelo</b>	Max-30T/R60
	<b>Tensión</b>	3*230 / 400 V
	<b>Corriente</b>	8,6 / 5
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz.
	<b>Fases</b>	3 Φ
SP2	<b>Modelo</b>	TIFON1300
	<b>Tensión</b>	220 – 440 V
	<b>Corriente</b>	8 - 4.6 Amp.
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz.
	<b>Tmax.</b>	35°C

Tabla 3.7. Características de las bombas de 10 hp.

Marca	Modelo	Conexión	Fases	Potencia
Siemens	Pedrollo 6P 700B	220V – 29.4 Amp. 440V – 22 Amp.	3 Φ	7,5 Kw

Tabla 3.8. Características de las bombas de 15 hp.

Marca	Temperatura	Conexión	F.p	Frecuencia
Siemens	15 / 40 °C	220/440V-42/21A. 220/440V-42/21 A.	0.88	60 Hz.

Tabla 3.9. Características de las bombas de 20 hp.

<b>Marca</b>	<b>Corriente</b>	<b>Tensión</b>	<b>F.p</b>	<b>R.P.M</b>
Siemens	53.6/26.8 Amp.	220/440 V	0.87	3510

### 3.3.4.- Tableros de Control.

En cada cuarto de maquina se encuentra un tablero de control desde el cual se activan o desactivan las bombas correspondientes a las atracciones, basados en lógica de control cableada. Los tableros son de marca CHINT así como casi todos los componentes encontrados en él, en cada tablero se encuentra lo detallado en la tabla 3.10:

Tabla 3.10. Características de los tableros de control.

<b>Dimensiones</b>	El Tablero mide 59,5cm de alto, 40,0cm de ancho y 20,5cm de profundidad
<b>Contactor</b>	Modelos NC1-1210 CHINT, NC1-321 CHINT y NC1-9511 CHINT.
<b>Relé Térmico</b>	Modelos NR225Z040 (2,3 - 4) Amp, NR225Z060 (4 - 6) Amp, y NR225Z250 (17 - 25) Amp.
<b>Relé de Nivel</b>	Opera a 220 VAC y su capacidad máxima 5 Amp a 250 VCA, marca CHINT.
<b>Interruptores Termomagnéticos</b>	Uno bipolar modelo NB163P250 de 50 Amp, y otro tripolar modelo NB163P350 de 50 Amp.
<b>Protector</b>	Modelo Power-Safe para 480V.
<b>Transformador</b>	Transformador de control.

### 3.3.5.- Tableros de Potencia.

Estos se encuentra en los cuartos de maquinas a una distancia considerable de los tableros de control, sus características son:

Tabla 3.11. Características de los tableros de Potencia.

<b>Dimensiones</b>	El Tablero mide 92,5cm de alto, 50,0cm de ancho y 16,5cm de profundidad
<b>Interruptores</b>	Contiene: 5 Interruptores y uno principal marca Cutler Hammer. El principal de 70Amp, 1 de 30Amp para la bomba de 15Hp, 1 de 20Amp para la bomba de 3Hp, 1 de 20Amp para la iluminación, 1 de 15 Amp para la bomba de achique.

## **CAPÍTULO IV**

### **ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL CON LA INCORPORACIÓN DE LAS NUEVAS CARGAS ELÉCTRICAS**

Este capítulo comprende el estudio de cargas que se realizó en el parque de agua Kariña y las actualizaciones que se realizarán en el sistema eléctrico y de control del parque.

#### **4.1.- SISTEMA ELÉCTRICO.**

##### **4.1.1.- Consideraciones para los cálculos de protecciones y conductores.**

Se consideran las cargas nuevas a incorporar en el sistema eléctrico actual, estas se han considerados en nivel de tensión de 480 V y son las siguientes:

- Cuarto de filtrado nuevo CM-12A: Consta de 2 bombas de 20hp cada una, 1 bomba de 1 ½ hp para achique, iluminación y control.
- Cuarto de filtrado nuevo CM-06A: Consta de 2 bombas de 20hp cada una, 1 bomba de 1 ½ hp para achique, iluminación y control.
- Cuarto de filtrado nuevo CM-2A: Consta de 2 bombas de 20hp cada una, 1 bomba de 1 ½ hp para achique, iluminación y control.
- Incorporación de 4 bombas de 20hp cada una, que se instalarán en los cuartos de maquina CM-03, CM-07, CM-09 y CM-06, las cuales reemplazarán las bombas de impulsión actuales de 15hp.

#### 4.1.2.- Cálculo de corriente y protecciones.

##### 4.1.2.1.- Motores de 20hp a 480 VAC.

Para el cálculo de la corriente de cada motor, se utilizarán los datos de placa del mismo. Se considera un factor de potencia (Fp) de 0,80.

La corriente de los motores de 20 Hp, se calcula con los siguientes datos:

- Potencia: 20Hp
- Factor de Potencia: 0,80
- Voltaje: 480 trifásico

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot Fp \quad (4.1)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot Fp} \quad (4.2)$$

$$I = \frac{20hp \cdot \frac{746w}{1hp}}{\sqrt{3} \cdot 480V \cdot 0.8}$$

$$I = 22.43Amp$$

Según la tabla 430.150 del código eléctrico nacional capítulo IV, equipos de uso general, la corriente a plena carga para motores trifásicos de CA se debe multiplicar por 1.25 y 1.1 para factores de potencia de 0,80 y 0,90 respectivamente.

Para el cálculo de las corrientes de los motores usados en el parque se usa un factor de potencia de 0,80 lo cual indica que debe ser multiplicado por el 1,25. Para mayor holgura y dada que las corrientes de arranque medidas en campo exceden el 25% se multiplicarán por 1,4.

La protección para estos motores es de 1,4 x 22,43 Amp, considerando el arranque del motor, es igual a 31,402 Amp, comercialmente se requiere una protección de 40 Amp. Como en estos cuartos de maquinas se ubicaron dos (2) motores de 20hp cada uno se necesitaran dos protecciones de 3x40Amp cada una.

#### 4.1.2.2.- Cuartos de filtrados de CM-12A, CM-6A y CM-2A.

Estos cuartos tendrán cada uno las siguientes cargas:

- 2 Motores para las bombas de 20Hp
- 1 Motor para la bomba de 1 ½ Hp
- 2 Luminarias de 100 w cada una
- Otras cargas (Tablero de control)

La potencia para cada cuarto se estima en 41.5Hp correspondiente a los motores, 200W correspondiente a las luminarias y 250 VA correspondiente al transformador de los elementos de control.

Se obtienen los valores totales de potencia aparente en VA y se calcula la corriente y su protección. En la tabla 4.1 se muestran los valores descritos anteriormente.

Motores:

$$\frac{41.5 * 746}{0.8} = 38.698,75 VA$$

Luminaria:

$$\frac{200W}{0.9} = 222,22VA$$

Transformador: 250 VA

Se obtiene un total de 39.170,97 VA

Tabla 4.1. Valores totales en VA.

<b>Equipo</b>	<b>Potencia Aparente (VA)</b>
Motores	38.698,75
Luminaria	222,22
Transformador	250
Potencia Aparente Total: 39.170,97 VA	

La corriente del cuarto se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{3} * V * I \quad (4.3)$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (4.4)$$

$$I = \frac{39.170,97VA}{\sqrt{3} * 480V}$$

$$I = 47.12Amp.$$

Para efectos de protección se multiplicará por 1,4, entonces la corriente queda  $1,4 \times 47,12 = 65,97$  comercialmente una protección de 3x70 Amp.

#### **4.1.2.3.- Otras Cargas.**

##### **a) Iluminación.**

Se cálculo la corriente para la iluminación mediante la ecuación:

$$I = \frac{S}{V \ln} \quad (4.5)$$

Donde Vln: Voltaje entre fase y neutro.

$$I = \frac{222.22}{277V}$$

$$I = 0.80Amp.$$

Para este tipo de cargas cuando los valores son mínimos se toma como referencia las protecciones comerciales mínimas que es de 1x15 Amp.

#### **b) Transformador de control.**

El transformador es de 250 VA relación de 480/220 V dos fases. La corriente se obtendrá mediante la ecuación 4.5 entonces la corriente es de 0,52 Amp. Para las protecciones se tendrá una protección de 2x15 Amp.

#### **4.1.3.- Cálculo de Conductores.**

Estos cálculos se realizan basándose en el código eléctrico nacional, y bajo el criterio de corriente nominal por capacidad de corriente y por caída de tensión.

##### **4.1.3.1.- Motores de 20hp a 480 V.**

##### **4.1.3.1.1.- Por capacidad de corriente.**

Utilizando la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional Capacidad de corriente (A) permisible para los conductores aislados para tensión nominal de 0 –

2000 Volts, 60 °C a 90 °C para cables monopolares en canalización o directamente enterrados tomando como base, se obtiene la siguiente información:

La corriente en los motores de las bombas de 20hp es de 31,402 Amp indicada en la sección 4.1.2.1. El conductor usado será de cobre calibre # 8 AWG con aislamiento de TTU, se considera este tipo de aislamiento ya que tiene resistencia al calor y la humedad a una temperatura de 75°C. Sin embargo, considerando la temperatura ambiente (41°C–45°C), se corrige la capacidad del conductor, de acuerdo a los factores de corrección de temperatura indicados en la tabla del código eléctrico mencionada anteriormente. El factor de corrección por temperatura es 0,82 según dicha tabla.

Entonces la máxima corriente permitida del conductor para los motores de 20Hp será de 50 Amp. Entonces se tiene que  $50\text{Amp} \times 0,82$  es igual a 41 Amp. Los motores de 20 hp se pueden alimentar con un conductor calibre #8 AWG o un calibre superior que soporta una corriente de 41 Amp.

#### **4.1.3.1.2.- Por caída de tensión.**

Según el capítulo IX. Tablas, en la tabla 9. “Resistencia y Reactancia de corriente alterna para cables de 600 voltios, 3fases, 60hz, 75°C” del Código Eléctrico Nacional. Para el cable #8 AWG, la resistencia es de 2,56  $\Omega/\text{Km}$  y la reactancia es de 0,213  $\Omega/\text{Km}$ .

Utilizando los valores de reactancia y resistencia del conductor seleccionado que es de #8 AWG, se procede al cálculo de caída de tensión para la corriente corregida del motor de la bomba de 20hp que es de 31,402 multiplicado por 1,2 es igual a 37,68 Amperios. Se multiplica por 1,2 considerando un sobrediseño del 20%.

El cálculo de la caída de tensión del motor de 20hp se realiza para una distancia de 10 metros (0,01 Km) como máximo. Por lo tanto la caída de tensión es calculada con la ecuación 2.2.

$$\% \Delta v = \frac{37,68 * 0,01 * \sqrt{3} * (2,56 * 0,8 + 0,213 * 0,6)}{10 * 0,48}$$

$$\% \Delta v = 0,295\% \leq 3\%$$

De este resultado, se observa que el conductor #8Thw es adecuado para alimentar a los motores de 20hp hasta una distancia de 10 metros con una caída de tensión inferior al 3%, que es lo estipulado por las normas.

#### 4.1.3.2.- Cuartos de Filtrado.

##### 4.1.3.2.1.- Por capacidad de corriente.

La corriente del cuarto es de 65,97 Amp. por lo tanto el conductor será calibre #4 AWG según la tabla 310.16 del código eléctrico. Considerando la temperatura ambiente de 41-45 °C se corrige la capacidad del conductor de acuerdo a los factores de temperatura mencionados en la tabla, el factor de corrección es de 0,82. En la tabla 4.2 se muestran las corrientes de los conductores con el factor de corrección. La máxima corriente permitida será de 69,7 Amp.

Tabla 4.2. Corriente por calibre.

Conductor	Corriente Nominal	Factor de corrección (41-45)°C	Corriente Corregida Por el factor de temperatura
4 AWG	85 Amp	0,82	69,7 Amp

En la tabla 4.2 se muestra que la corriente del conductor #4 AWG es recomendable para los cuartos de filtrado porque soporta la corriente obtenida.

#### 4.1.3.2.2.- Por caída de tensión.

Según el capítulo IX. Tablas, en la tabla 9. “Resistencia y Reactancia de corriente alterna para cables de 600 voltios, 3fases, 60hz, 75°C” del Código Eléctrico Nacional. Para el cable #4 AWG la resistencia es de 1.02  $\Omega$ /km y la reactancia es de 0.197  $\Omega$ /km. Ahora bien la corriente multiplicada por el sobrediseño de 20% quedaría una corriente de 65,97 x 1.2 es igual 79,16 Amp.

El cálculo de caída de tensión del cuarto se realiza a una distancia de 80 m para el CM-12A, 120m para el CM-6A y 150m para CM-2A. Sería 0,08Km, 0,12Km y 0,15Km respectivamente. Por lo tanto la caída de tensión se calcula por la ecuación 2.2 de la siguiente manera:

Para el cuarto CM-12A:

$$\% \Delta v = \frac{79,16 * 0,08 * \sqrt{3} * (1,02 * 0,8 + 0,197 * 0,6)}{10 * 0,48}$$

$$\% \Delta v = 2.13\%$$

Para el cuarto CM-6A:

$$\% \Delta v = \frac{79,16 * 0,12 * \sqrt{3} * (1,02 * 0,8 + 0,197 * 0,6)}{10 * 0,48}$$

$$\% \Delta v = 3.20\%$$

Para el cuarto CM-2A:

$$\% \Delta v = \frac{79,16 * 0,15 * \sqrt{3} * (1,02 * 0,8 + 0,197 * 0,6)}{10 * 0,48}$$

$$\% \Delta v = 4\%$$

Los conductores seleccionados para el cuarto de maquina CM-12A, cumplen con las Norma, la caída de tensión es menor a 3%, sin embargo para los cuartos CM-06A y CM-02A no cumplen con las normas establecidas en el Código Eléctrico Nacional en la sección 200, Artículo 210.19 “Conductores Ampacidad Mínima y Calibre”, Nota No. 4, dice que los conductores deben prevenir una caída de tensión que no excede del 3% para que proveen una adecuada eficiencia de operación. Es por ello que se debe buscar otro calibre de conductor para la alimentación de los cuartos.

Se toma el conductor calibre #2 AWG porque soporta una corriente nominal de 115 Amp., según la tabla 310.16 del código eléctrico, lo cual soporta la corriente de 79,16 Amp. No se toma el calibre #3 AWG ya que no es un conductor comercial.

Según el capítulo IX. Tablas, en la tabla 9. “Resistencia y Reactancia de corriente alterna para cables de 600 voltios, 3fases, 60hz, 75°C” del Código Eléctrico Nacional. Para el cable #2 AWG la resistencia es de 0.66  $\Omega$ /km y la reactancia es de 0.187  $\Omega$ /km. Ahora bien la corriente multiplicada por el sobrediseño de 20% quedaría una corriente de 65,97 x 1.2 es igual 79,16 Amp.

Se realizaron los nuevos cálculos, utilizando la ecuación 2.2 y los resultados se muestran en la tabla 4.3:

Tabla 4.3. Conductor por caída de tensión.

CUARTOS	$\% \Delta v$	CONDUCTOR	DISTANCIA[Km]
CM-12A	1.46	#2 AWG	0.08
CM-6A	2.19	#2 AWG	0.12
CM-2A	2.74	#2 AWG	0.15

Con el calibre del conductor #2 AWG se cumple la norma 210.19 del Código Eléctrico Nacional, de no exceder el 3% para que tenga una buena eficiencia.

#### 4.1.3.3.- Corriente por cortocircuito.

Para la verificación de calibre por cortocircuito se utilizará la ecuación 2.1.

Según tabla 310.13 de la sección “conductor para cableado general la temperatura máxima de operación para cables AWG en lugares secos y mojados es de 75°C” y la temperatura de operación del conductor es la temperatura promedio del cuarto donde se utilizará 42°C.

El nivel del cortocircuito es de 10.000 Amp, este dato es el valor teórico de diseño, la temperatura inicial será de 42°C y la final es de 75°C, con un tiempo de duración del cortocircuito trifásico de 0,55 seg.

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 * \tau = 0,0297 \log \frac{T2 + 234,5}{T1 + 234,5}$$

$$A = \frac{10.000}{\sqrt{\frac{0,0297 * \log \frac{(75 + 234,5)}{(42 + 234,5)}}{0,55}}}$$

$$A = 194.472,3 \text{ CM}$$

Donde un circular mil es equivalente a: 1 CM = 5.10-4 mm<sup>2</sup>

Multiplicado por el área obtenida queda: A = 97,24 mm<sup>2</sup>

Esta área corresponde al área mínima del conductor a utilizar para todos los alimentadores a 480V el nivel de cortocircuito especificado. El calibre mínimo a utilizar debe ser calibre #2 AWG.

#### **4.1.3.4.- Diagramas de Tableros.**

Con los datos obtenidos de las protecciones y conductores se realiza el diagrama de tablero correspondiente a los cuartos de filtrado. En la tabla 4.3 se muestra el diagrama de tablero con las especificaciones.

En esta tabla 4.3 se denota que el circuito tiene cinco (5) hilos que constan de tres (3) fases, un neutro y tierra. La barra del circuito es de 100Amp. con un voltaje promedio de 480V. La protección principal del circuito es de 70 Amp. Se detallan el tipo de conductor a utilizar, las protecciones y el número de polo de cada circuito.

Este diagrama mostrado es igual para los cuartos de maquinas nuevos incorporados en el sistema CM-2A, CM-6A y CM-12A ya que los tres (3) cuartos de maquinas se le instalaran las mismas cargas.

Tabla 4.4. Diagrama de los cuartos de maquinas CM-2A\_CM-6A\_CM-12A.

CUARTO DE MAQUINAS CM-12A, CM-6A, CM-2A.

TABLERO: <u>CUARTOS DE MAQUINAS</u>		ALIMENTADO DESDE: <u>TRANSFORMADOR 500 KVA</u>	
UBICACION: <u>CM-12A, CM-6A, CM-2A</u>		FASES: <u>3</u> HILOS: <u>5 (3 FASES+NEUTRO+TIERRA)</u>	
VOLTAJE NOM. <input checked="" type="checkbox"/> 480V. <input type="checkbox"/> 600V.		BARRAS: <u>100</u>	

SALIDAS		KVA/FASE			# ANG	PROT. AMP.	POLOS	N°	70A	N°	POLOS	PROT. AMP.	# ANG	KVA/FASE			SALIDAS	
DESCRIPCION	KVA/SALIDA	L1	L2	L3										L1	L2	L3	KVA/SALIDA	DESCRIPCION
ALIMENTACIÓN MOTOR BOMBA 20 HP	18.6	6.2			THW-8	40	3	1		2	3	40	THW-8	6.2			18.6	ALIMENTACIÓN MOTOR BOMBA 20 HP
			6.2					3		4				6.2				
				6.2				5		6					6.2			
ALIMENTACIÓN MOTOR BOMBA 1-1/2 HP	1.39	0.46			THW-12	15	3	7		8	1	15	THW-12	1			1.39	ILUMINACION CUARTO
			0.46					9		10						RESERVA		
				0.46				11		12								
KVA CONECTADOS			6.66	6.66	6.66									7.2	6.2	6.2	KVA CONECTADOS	
BALANCE DE CARGA			13.88	12.88	12.88												KVA TOTAL CONECTADO	

#### 4.1.4.- Análisis de Carga.

Dado que al sistema eléctrico actual deberán incorporarse las cargas correspondientes a los cuartos de filtrado CM-12A, CM-06A y CM-2A y los cambios de las bombas de 15hp actuales por bomba de 20hp en los cuartos CM-03, CM-07, CM-09 y CM-06, se hace necesario actualizar la carga total correspondiente al transformador donde se incorporaran. En la tabla 4.4 se muestra la nueva demanda en kVA a incorporar en el transformador 1 de la subestación 01.

Tabla 4.5. . Nueva demanda en kVA a incorporar en el transformador 1 de la S/E 01.

<b>Cuartos</b>	<b>Equipos a Instalar</b>	<b>Demanda en KVA</b>
CM-12A	Una bomba de 1 ½ Hp, dos bomba de 20 Hp, 200W de Iluminación y 250VA de un transformador de control	39.17
CM-6A	Una bomba de 1 ½ Hp , dos bomba de 20 Hp, 200w de Iluminación y 250VA de un transformador de control	39.17
CM-2A	Una bomba de 1 ½ Hp , dos bomba de 20 Hp, 200w de Iluminación y 250VA de un transformador de control	39.17
CM-03	Una bomba de 20 Hp, una bomba de 1 ½ Hp , 200W de Iluminación y 250 VA de un transformador de control.	20.52
CM-06	Una bomba de 20 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de Iluminación y 250 VA de un transformador de control.	20.52
CM-07	Una bomba de 20 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de Iluminación y 250 VA de un transformador de control.	20.52
CM-09	Una bomba de 20 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de Iluminación y 250 VA de un transformador de control.	20.52
TOTAL DE CARGAS EN kVA= 199.59 KVA		

La demanda total a incorporar en el transformador 1 será de 199,59 kVA. La tabla 4.6 muestra las cargas en kVA que actualmente tiene el transformador 1. La carga total instalada actualmente en el transformador 1 de la subestación 01 es de 176,54 KVA., como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Cargas actuales del transformador 1.

Ubicación	Equipos Instalados	Demanda en kVA
CM-01	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control.	18.66
CM-05	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control	18.66
CM-10	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control	18.66
CM-11	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control	18.66
Rest. Principal	Transformador	45
CM-20	Una bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control	4.67
CM-23	Tres bomba de 15 Hp, Tres bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VA de un transformador de control	52.23
TOTAL DE CARGAS EN kVA= 176.54 KVA		

Se realiza el estudio de la carga actual más la incorporación de los cuartos nuevos de filtrado del transformador 1 de la subestación 01. Las cargas serán definidas para un nivel de voltaje de 480V y serán alimentadas desde las líneas eléctricas externas de 13800/480V.

Para la elaboración de la tabla 4.7 se tomaran en cuenta las cargas de las tablas 4.5 y 4.6. Para este cálculo se considera 9,2 horas como tiempo de operación real (TOR). El factor de operación (FOP) es calculado por la ecuación 2.3.

$$FOP = \frac{9,2 \text{ Horas}}{8 \text{ Horas}} = 1,15$$

Los kVA se calculan por la ecuación 2.4, con un factor de potencia de 0,85. Cabe acotar que en los cuartos nuevos a incorporar se tomará un tiempo de

operación real (TOR) de 12 horas, puesto que las bombas de filtrado trabajaran en tiempo continuo de modo que estas bombas no se apagaran, siempre estarán en funcionamiento una de las dos bombas de 20 Hp incorporadas pero nunca las dos al mismo tiempo.

En la tabla 4.7 se encuentran las cargas totales en KVA del transformador 1 de la subestación 01.

Tabla 4.7. Cargas Total asociadas al transformador 1 de la subestación 01.

Identificación	Valor en kVA	kVA Operacional			Reserva
		TOR	FOP	KVA	
CM-01	18.66	9.2	1.15	21.46	67.47
CM-05	18.66	9.2	1.15	21.46	
CM-10	18.66	9.2	1.15	21.46	
CM-11	18.66	9.2	1.15	21.46	
Rest. Principal	45	9.2	1.15	51.75	
CM-20	4.67	9.2	1.15	5.37	
CM-23	52.23	9.2	1.15	60.06	
CM-12A	39.17	12	1.15	45.05	
CM-2A	39.17	12	1.15	45.05	
CM-6A	39.17	12	1.15	45.05	
CM-03	20.52	9.2	1.15	23.59	
CM-07	20.52	9.2	1.15	23.59	
CM-06	20.52	9.2	1.15	23.59	
CM-09	20.52	9.2	1.15	23.59	
TOTAL DE CARGAS EN KVA= 432.53 KVA					

La carga total en resumen del transformador 1 es de 432,53 KVA, con una reserva de 67,47 KVA, equivalente al 13,5%.

#### **4.1.5.- Evaluación de las cargas instaladas en la subestación 01.**

En las subestaciones del parque de agua Kariña se encuentran instalados tres (3) generadores o plantas eléctricas, en la subestación 01 se encuentran instalados dos (2) y en la subestación 02 se encuentra instalada la tercera.

En la subestación 01 se encuentran instalados dos transformadores de 500kVA cada uno y en la subestación 02 se encuentra instalado un transformador de 500kVA. En el diagrama unifilar mostrado en el anexo A, se observan que a la salida de cada transformador hay una transferencia manual-automática, que tiene conexión al generador o planta eléctrica. De la transferencia se conectan a un interruptor principal que distribuye a los diferentes circuitos.

En la subestación 01 se encuentran dos generadores de 500 KVA cada uno. Conectados a cada transformador a través de las transferencias. Se estudiara la factibilidad de usar un solo generador en días no operativos del parque para alargar la vida útil de estos equipos.

##### **4.1.5.1.- Estudio de Cargas del Transformador 2 de la subestación 01.**

Las cargas están definidas para el nivel de voltaje de 480V y serán alimentadas desde las líneas externas en 13800/480V, a través del Pad Mounted 02, identificado con T2 en el diagrama unifilar del anexo A.

En la tabla 4.8 se muestran las cargas eléctricas actuales instaladas en el transformador 2.

Tabla 4.8. Cargas actuales del transformador 2 de la subestación 01.

<b>Ubicación</b>	<b>Equipos Instalados</b>	<b>Demanda en kVA</b>
CM-12	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, una bomba de 3Hp, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	18.66
CM-15	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, una bomba de 10Hp, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	25.18
CM-24	Seis bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	85.80
CM-08	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, una bomba de 3Hp, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	18.66
CM-13	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 10Hp, dos bomba de 3Hp y una bomba de 1 ½ Hp, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	30.78
Snack	Transformador	15
Baño	Transformador	9
Edif. Adm.	Transformador	225
Locker y Vestidero	Transformador	15
<b>TOTAL DE CARGAS EN KVA= 443.08 KVA</b>		

La carga total instalada actualmente en el transformador 2 de la subestación 01 es de 443,08 kVA.

En la tabla 4.9 se muestran las cargas totales del transformador 2 de la subestación 01 multiplicadas por el factor de operación (FOP), estos valores se multiplican para obtener los kVA total de cada carga.

Se considera 9,2 Horas como tiempo de operación real (TOR) se consideran 8 horas de trabajo más 1,2 horas de tiempo de trabajo extra. El factor de operación (FOP) es calculado por la ecuación 2.3 y los kVA se calculan con la ecuación 2.4.

Tabla 4.9. Carga total asociada al transformador 2 de la subestación 01.

Identificación	Valor en kVA	kVA Operacional			Reserva
		TOR	FOP	KVA	
CM-12	18.66	9.2	1.15	21.46	30.91
CM-15	25.18	9.2	1.15	28.1	
CM-24	85.80	9.2	1.15	98.67	
CM-08	18.66	9.2	1.15	21.46	
CM-13	30.78	9.2	1.15	35.4	
Snack 3	15	8	1	15	
Baño 3	8	8	1	8	
Edif. Adm.	225	8	1	225	
Locker y Vestidero	15	8	1	15	
		TOTAL DE CARGAS EN kVA469.09kVA			

La carga total en resumen del transformador 2 es de 469,09 kVA, con una reserva de 30,91 kVA, lo que corresponde al 6,18% de la reserva. La carga total del transformador 1 es de 432,53 kVA y la carga del transformador 2 es de 469,09 kVA entre los dos suman un total de 901,64 kVA, instalados en la subestación 01.

Esta cifra es más que clara que es imposible poner a trabajar un solo generador con las cargas de ambos transformadores encontrados en la subestación 01. La única manera que una sola planta eléctrica funcione es que solo funcione el edificio administrativo, algunos cuartos de maquinas, el restaurante principal, snack 03 y CM-12, CM-15, CM-13, CM-24, sin considerar los otros cuartos de las otras atracciones.

Por motivo de seguridad y protección al equipo los generadores no pueden operar sobre el 80% de carga según el manual de operación “Technical Operation and Maintenance Manual”, de los generadores o plantas eléctricas encontradas en el Parque de Agua Kariña y la suma de estas cargas sobrepasa el 80% de cargas.

Teniendo en cuenta que el total de cargas instaladas es de 901,64 kVA, se considera que no es posible el uso de un solo generador para proveer la potencia eléctrica necesaria en días de operación. Sin embargo, en días no operativos es posible instalar un solo generador pero con un plan de racionamiento, considerar el funcionamiento de las cargas mostradas en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Cargas a instalar con un solo generador.

<b>Cargas a Instalar</b>	<b>Potencia (kVA)</b>
Edificio Administrativo	150
Snack 03	15
CM-13	35.4
CM-01	21.46
CM-05	21.46
CM-09	23.59
CM-10	21.46
CM-11	21.46
CM-20	5.37
Restaurante	45
Total kVA= 366.95 kVA	

En la tabla 4.10 se muestran las cargas que se podrán instalar con un solo generador no se considera las atracciones correspondientes a los CM-15, CM-24, CM-08, baños y vestieros. Es posible el funcionamiento de un solo generador con cargas seleccionadas, se debe realizar un plan de uso racional de energía, identificando cargas críticas. El Edificio podrá funcional a un 60% de su carga instalada

#### 4.1.5.2.- Estudio de las cargas del transformador 3 de la subestación 02.

Las cargas eléctricas están definidas para el nivel de voltaje de 480V y son alimentadas desde las líneas externas en 13800/480V. En la tabla 4.11 se muestran las cargas actuales instaladas en el transformador 3.

Tabla 4.11. Cargas del transformador 3 de la subestación 02.

Ubicación	Equipos Instalados	Demanda en kVA
CM-04	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	18.66
CM-02	Una bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	18.66
CM-16	Cuatro bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ HP, dos bombas de 15 Hp, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	41.04
CM-OLA	Una turbina de 100Hp, doce bomba de 3 HP, un transformador de 15KVA	126.84
Snack 1	Transformador	15
Snack 2	Transformador	15
Deposito	Transformador	100
Aguas N.	Dos bomba de 3Hp	5.6
Sumidero	Dos bomba de 20Hp	37.3
Riego	Una bomba de 50Hp	46.6
TOTAL DE CARGAS EN kVA= 471.75 KVA		

La carga total instalada actualmente en el transformador 3 de la subestación 02 es de 471,75 kVA.

Para la actualización de la carga total instalada, se realiza el estudio de la carga general del transformador 3, ubicado en la subestación 02. Las cargas serán definidas para un nivel de voltaje de 480V y serán alimentadas desde las líneas eléctricas externas de 13800/480V. Para este cálculo se considera 9,2 horas como tiempo de operación real (TOR). El factor de operación (FOP) es calculado por la ecuación 2.3.

$$FOP = \frac{9,2Horas}{8Horas} = 1,15$$

Los kVA se calculan por la ecuación 2.4, considerando un factor de potencia de 0,85.

Tabla 4.12. Carga Total asociada al transformador 3 de la subestación 02.

Identificación	Valor en kVA	kVA Operacional			Reserva
		TOR	FOP	KVA	
CM-04	18.66	9.2	1.15	21.46	41.07
CM-02	18.66	9.2	1.15	21.46	
CM-16	41.04	9.2	1.15	47.2	
CM-CMOLA	126.84	9.2	1.15	145.87	
Snack 1	15	8	1	15	
Snack 2	15	8	1	15	
Deposito	100	8	1	100	
Aguas Negras	5.6	9.2	1.15	6.44	
Sumidero	37.3	9.2	1.15	42.9	
Riego	46.6	9.2	1.15	53.6	
TOTAL CARGAS EN kVA= 458.93 kVA					

La carga total instalada en el transformador 3 es de 458,93 kVA, correspondiente a una reserva de 41,07 kVA es decir el 8,2%. Para este transformador se requiere la instalación de nuevas cargas eléctricas, las cuales se muestran en la tabla 4.13:

Tabla 4.13. Cargas a instalar en el transformador 3 de la subestación 02.

Ubicación	Equipos Instalados	Demanda en KVA
Pozo 1	Una bomba de 10Hp	9.4
CM-T	Dos bomba de 3 Hp, una bomba de 1 ½ HP, 200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	7.5
CM-P	Dos bomba de 15 Hp, una bomba de 1 ½ HP,	29.85

	200W de iluminación y 250VAC de un transformador de control.	
--	--------------------------------------------------------------	--

Tabla 4.14. Cargas Total del transformador 3 de la subestación 02.

Identificación	Valor en kVA	kVA Operacional			Reserva
		TOR	FOP	KVA	
CM-04	18.66	9.2	1.15	21.46	0
CM-06	18.66	9.2	1.15	21.46	
CM-16	41.04	9.2	1.15	47.2	
CM-CMOLA	126.84	9.2	1.15	145.87	
Snack 1	15	8	1	15	
Snack 2	15	8	1	15	
Deposito	100	8	1	100	
Aguas Negras	5.6	9.2	1.15	6.44	
Sumidero	37.3	9.2	1.15	42.9	
Riego	46.6	9.2	1.15	53.6	
Pozo 1	9.4	8	1	9.4	
CM-T	7.5	9.2	1.15	8.63	
CM-P	29.85	9.2	1.15	34.33	
TOTAL CARGAS EN kVA= 511.29KVA					

Tomando en cuenta las nuevas cargas se actualiza el estudio de cargas, el cual se muestra en la tabla 4.14. La carga total obtenida en la tabla 4.14, en el transformador 3 es de 511.29 kVA, que excede la capacidad tanto del transformador y del generador. Este resultado indica que no se puede ni deben instalarse todas estas cargas en el transformador 3 de la subestación 02, para solucionar este inconveniente se pueden distribuir cargas en los otros circuitos eléctricos, en especial en el transformador 1, el cual presentó una reserva de 33.14 kVA.

En la tabla 4.15 se muestra con claridad que es viable instalar una carga en cada transformador para obtener un sistema balanceado en cada transformador, y así quedando una reserva en cada uno de 6.63%, 4.46% y 6.33% respectivamente.

Tabla 4.15. Cargas totales de los transformadores 1,2, y 3.

Transformador	Cargas a instalar	Demanda de cargas a instalar en kVA	Demanda Total del transformador		Reserva en kVA
			Antes	Ahora	
1	CM-P	34.33	432,53	466,86	33,14
2	CM-T	8.63	469,09	477,72	22,28
3	Pozo 1	9.4	458,93	468,33	31,67

#### 4.1.6.- Actualización de documentos eléctricos.

##### 4.1.6.1.- Diagrama Unifilar.

En el anexo A se muestran los diagramas unifilares de las subestaciones 01 y 02 como se encuentran actualmente. En el diagrama unifilar actual del anexo A se encuentran los dos transformadores de 500 kVA, así como las dos plantas eléctricas encontradas en la subestación 01. Se puede notar que existen cargas que tenían antes conectadas que en los diagramas actuales no se encuentran, dichas cargas fueron movidas a otros puntos para mayor balanceo de las cargas.

En el anexo A, también se aprecia el diagrama unifilar de la subestación 02 que al igual que en la subestación 01, también se han quitado cargas y se han instalados nuevas. Este diagrama unifilar muestra la distribución del transformador, de la planta eléctrica y se muestran todas las cargas conectadas desde el comienzo del parque. Los cambios realizados en el sistema eléctrico se aprecian en los diagramas unifilares actualizados de las subestaciones 01 y 02, los cuales se muestran en el anexo B.

En el anexo B, se muestran los diagramas unifilares actualizados de las subestaciones 01 y 02. Se incorporaron los tres nuevos cuartos de filtrado CM-2A, CM-6A y CM-12A, y otras cargas eléctricas instaladas, debido a las necesidades de mejoramiento en el parque de Agua Kariña. En los diagramas actuales se muestran todas las cargas que están contenidas en cada transformador con sus respectivas protecciones y conductores eléctricos.

#### **4.1.6.2.- Estudio de flujo de cargas y Coordinación de Protecciones.**

Para verificar que todas las protecciones estén correctas y que el sistema se encuentre balanceado se usará el programa de simulación Etap versión 5.03. Mediante el programa Etap se obtendrán los resultados de la coordinación de protecciones.

##### **4.1.6.2.1.- Simulación de flujo de carga.**

Consiste en determinar los voltajes en cada una de las barras del sistema, así como también los flujos de energía en todas las ramas para unas determinadas condiciones. Este se realiza para verificar el funcionamiento de un sistema existente bajo condiciones normales o de falla, para ver si dicho sistema es capaz de proporcionar la energía necesaria para las cargas adicionales planeadas, o verificar y comparar las nuevas alternativas del sistema proporcionada por las nuevas cargas.

Dada la necesidad de la empresa de conocer el comportamiento del sistema eléctrico de potencia de la subestación 01 y 02 y detectar anomalías antes distintas condiciones de operación, se realizó un estudio de flujo de carga.

Esta parte del trabajo se realizó con la ayuda de la herramienta computacional ETAP 5.03 utilizando el modulo “Load Flow Analysis”. Esta herramienta permite realizar la corrida de flujo de carga por medio de tres métodos numéricos. El método utilizado en este trabajo fue el de Newton-Rhapson.

A continuación se simularon una serie de escenarios que permiten observar el flujo de carga en condiciones normales y actuales del sistema eléctrico de potencia del parque de agua Kariña, estos escenarios se ilustran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16. Distintos escenarios para el estudio de flujo de carga.

Escenario	Designación	Niveles de tensión
1	Situación normal del sistema. El sistema solo se alimenta de la línea de entrada	Entrada 13.8 kV Salida 0.48 kV
2	Situación de emergencia. Trabajan solo los generadores. Cuando el suministro de energía comercial es suspendido.	Entrada 13.8 kV Salida 0.48 kV
3	Situación de conjunto. Trabajan las plantas eléctricas y la línea juntas.	Entrada 13.8 kV Salida 0.48 kV
4	Situación de ensayo. Poner a trabajar un solo generador con las cargas totales de la subestación 01.	Entrada 13.8 kV Salida 0.48 kV

A continuación se presentan los resultados arrojados por el estudio de flujo de carga en el sistema eléctrico del parque de agua Kariña para los distintos escenarios que se plantearon anteriormente.

- **Escenario N°1:** Este escenario se realiza con la finalidad de observar cómo se comporta el sistema eléctrico del parque de agua Kariña, cuando solo obtiene energía de la línea de entrada a un nivel de 13.8kV.

En el anexo C1, se representa el esquema del sistema eléctrico utilizado en este escenario, con el cual se obtuvieron los reportes de flujo de carga. En este escenario

se observa que los niveles de tensión en las barras están trabajando al 100% de su valor nominal, en el anexo C1 se muestra el reporte de dicha situación.

Subestación	Barras	Voltaje (KV)	Voltaje (%)	P (MW)	Q (MVAR)
S/E 01	Principal	13.8	100	0.772	0.520
	B-9	0.48	99.71	0.367	0.228
	B-7	0.48	99.71	0.397	0.246
S/E 02	B-3	0.48	99.89	0.443	0.275

- **Escenario N°2:** Este escenario se realiza con la finalidad de observar cómo se comportan los generadores trabajando sin la línea principal. Los generadores de la subestación uno (01) y dos (02) del parque de agua Kariña, se encuentran trabajando al igual que la línea al 100%, lo cual indica que se debe tener cuidado, dado que por especificaciones técnicas no se le puede exigir más del 80% de su valor nominal, ya que corren el riesgo de tener una sobreexcitación provocando daños irreparables en algunos de sus componentes. También se destaca que el generador tres (03) presenta una sobreexcitación con una sobrecarga pasando el límite de su capacidad nominal. En el anexo C1 se muestra el reporte de dicha situación.

Subestación	Barras	Voltaje (KV)	Voltaje (%)	P (MW)	Q (MVAR)
S/E 01	Principal	13.8	0	0	0
	B-9	0.48	95	0.305	0.189
	B-7	0.48	95	0.015	0.009
S/E 02	B-3	0.48	99.97	0.315	0.195

- **Escenario N°3:** En este escenario trabajan la línea junto con los generadores, todas las barras trabajan al 100% y el generador tres (03) se encuentran con una sobrecarga, el reporte para este escenario se muestra en el anexo C1.

Subestación	Barras	Voltaje (KV)	Voltaje (%)	P (MW)	Q (MVAR)
S/E 01	Principal	13.8	100	0.019	0.180
	B-9	0.48	100	0.108	0.091
	B-7	0.48	100	0.089	0.017
S/E 02	B-3	0.48	100	0.004	0.190

- Escenario N°4:** Este escenario se realiza con la finalidad de poner a trabajar un solo generador con todas las cargas encontradas en la subestación 01, lo cual se hace imposible ya que la capacidad nominal de cada planta es de 500Kva, y la suma de todas las cargas sobrepasa el límite, es por ello que se pone a trabajar una planta con las cargas más esenciales, esto solo se puede apreciar los días que el parque de agua Kariña realiza solo labores administrativas solamente ya que en esos días la gran mayoría de su cuartos de maquinas no están en uso. Dicho reporte de tal situación se muestra en el anexo C1.

Subestación	Barras	Voltaje (KV)	Voltaje (%)	P (MW)	Q (MVAR)
S/E 01	Principal	13.8	0	0	0
	B-9	0.48	100	0.221	0.137
	B-7	0.48	0	0	0

#### 4.1.6.2.2.- Simulación de Coordinación de protecciones.

Las protecciones eléctricas de un sistema de potencia es lo que garantiza una operación confiable en las instalaciones, continuidad del servicio eléctrico y la seguridad del personal que opera en el lugar. Esto se logra con esquemas y elementos de protecciones adecuados.

El sistema eléctrico del parque de agua Kariña es un sistema radial con enlaces de barras de 480V, las cuales alimentan a todos los cuartos de maquinas existentes.

Las graficas obtenidas en este estudio se obtienen mediante la herramienta computacional ETAP5.0.3. y con el programa estudio de coordinación de dispositivos de protección (Star). El software ETAP 5.0.3 con el programa (Star) presenta características avanzadas para la realización del trazado de curvas debido a que posee una librería que contiene una gran variedad de dispositivos de protección.

Para realizar una coordinación de manera eficiente, es necesario describir el sistema de potencia y tener conocimiento de los datos necesarios para realizar dicha coordinación. Debemos tener una visión sobre el diagrama unifilar del sistema de potencia, conocer las relaciones de transformación de los transformadores, y los tipos de dispositivos de protección hay empleados.

Los datos obtenidos para la simulación de los motores fueron los tomados de las placas de fabricación de los mismos, y que se detallan en el capítulo III de este trabajo. Están protegidos por un contactor y un relé térmico de sobrecarga además de sus interruptores electromagnéticos que le ofrecen seguridad al momento del trabajo.

Los transformadores de potencia son iguales en su diseño, manufactura y valores nominales se expresan en el capítulo III de este trabajo.

Se realizo la coordinación de los transformadores de potencia así como de los grupos de motores, a los cuales se le puso más importancia aquellos de diferentes valores ya que la gran mayoría de los cuartos de maquinas tienen la misma cantidad de motores y de igual Hp. Es por ello que en el diagrama unifilar se agrupan los cuartos de maquinas.

Todos los resultados de esta simulación se encuentran en el anexo C2 de este trabajo.

#### **4.2.- SISTEMA DE CONTROL.**

Los cambios a considerar en el sistema de control actual son los siguientes:

- Arranque de la turbina de 100hp, correspondiente a la piscina de olas.
- Arranque de la bomba de achique en todos los cuartos de máquina.
- Automatización del arranque y parada de los motores de las bombas de impulsión por alta presión.

Los cambios referentes al sistema de control se realizaran utilizando conceptos de lógica cableada, la cual se ha venido utilizando desde el inicio de las actividades del parque.

##### **4.2.1.- Arranque de la turbina de 100hp en la piscina de olas.**

Uno de los principales problemas eléctricos comunes en los motores son las altas corrientes de arranque, producidas por un arranque rápido y alto en corriente eléctrica. Debidas a que con el motor parado no hay fuerza contra electromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura del circuito. El arranque directo de un motor, absorbe elevadas corrientes en el momento de conectarlo a la red, equivalente a 2,5 veces el valor de la corriente nominal, lo cual se traduciría en devanados eléctricamente más robustos, dispositivos de control y protección de mayor rango, alimentadores de mayor capacidad, encareciendo los costos asociados a la construcción e instalación de un motor, razón por la cual el sistema de arranque directo no se utiliza en motores de elevada potencia.

Tabla 4.17. Corriente de la Turbina del CM-OLA.

<b>Corriente[Amp]</b>	<b>Estado</b>
210,2	Arranque
203,6	
202,9	
201,7	
200,5	
199,4	
199	
198,6	
194	
193,5	
192,7	
191,3	
73,4	Cambio Rápido
72,7	
71,5	
69,2	Estabilización

En la tabla 4.16, se muestran un registro de mediciones de corriente desde el arranque hasta su estabilización. En los motores trifásicos se utiliza un arranque estrella triangulo, con el fin de controlar la velocidad de arranque de los motores. En el cuarto de piscina de olas se encuentra una turbina que posee un motor trifásico de 100Hp el cual presenta corrientes muy elevadas al momento de arrancar. Con la alta corriente de arranque que presenta el motor, se diseñará un arrancador suave, debido a sus ventajas. Cuando los motores no necesitan variar su velocidad, el arranque suave es la mejor solución. Aún como todo, los arrancadores suaves también presentan desventajas, una de las desventajas es el no ahorro de energía eléctrica, pero en comparación con otro tipo de arranque es la mejor solución para controlar un motor durante su periodo de arranque.

Para el motor trifásico de 100Hp se recomienda el arrancador suave de sirius, modelo 3RW4436-2BC34. En la tabla 4.18 se muestra las características de este arrancador y en la figura4.1 se muestra el arrancador suave que se propone. Se selecciona esta marca ya que cuenta con una amplia gama de arrancadores entre los cuales se pueden escoger de acuerdo a las especificaciones y utilidad que se requiera, en este caso se escoge el modelo 3RW4436-2BC34 ya que este es recomendado para motores de 100Hp, como lo es el caso del motor de la turbina del cuarto de piscina de olas al que se colocara el sistema de arranque suave.

El diseño de este arrancador es totalmente compacto y ayuda ahorrar espacio en los tableros eléctricos, optimiza el arranque y la parada del motor. Cuenta con una alta precisión gracias a su par de lazos cerrados y los límites de corrientes ajustables, evita picos de par y picos de corrientes en el arranque y parada del motor, lo que permite reducir costo de mantenimiento al equipo. Además, este arrancador reduce la pérdida de energía durante la operación de arranque suave, así asegura que la temperatura ambiente de los dispositivos de maniobra no aumenten. También incluye la función de relé de sobrecarga, evita el tiempo y costos de conexión y montaje de un dispositivo externo.

Tabla 4.18. Características Generales del Arrancador Sirius.

<b>Características Generales</b>	
Marca	Sirius
Modelo	3RW4436-2BC34
Tensión	(0-600)V
Corriente	162 Amp
Frecuencia	(50-60) Hz
Temperatura	50 °C
Potencia Nominal (Motores Trifásicos)	100Hp/480V



Figura 4.1. Arrancador Sirius.

De todos los arrancadores que existen en el mercado, Sirius 3RW4436-2BC34, es la mejor opción ya que reduce costos, tiempo y es un equipo totalmente completo sin contar con su accesible precio y sistema innovador que permite vaciar los datos a una computadora a través de un puerto USB. Para su conexión se recomienda una conexión estrella-triángulo, la secuencia de arranque comienza en configuración estrella, generando una tensión en cada una de las bobinas del estator  $\sqrt{3}$  veces menor que la nominal, con una reducción proporcional de la corriente nominal. Una vez que el motor alcanza entre un 70 y 80% de la velocidad nominal, se desconecta el acoplamiento en estrella para realizar la conmutación a configuración triángulo, momento a partir del cual el motor opera en condiciones nominales, sometido a una intensidad pico de muy poca duración.

En las figuras 4.2 y 4.3 se muestran los circuitos de mando y de control respectivamente, correspondiente a la integración del arrancador suave al circuito estrella triángulo del motor trifásico, conexiones incluidas en el arrancador.

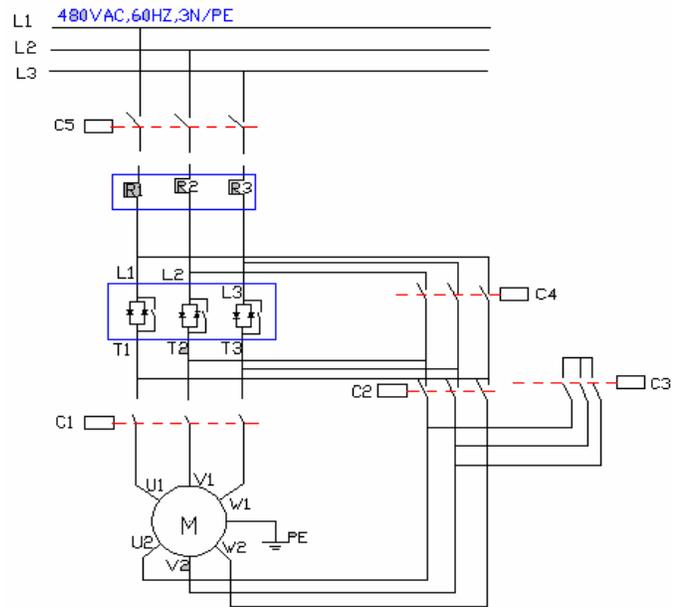


Figura 4.2. Circuito de Mando de un motor trifásico.

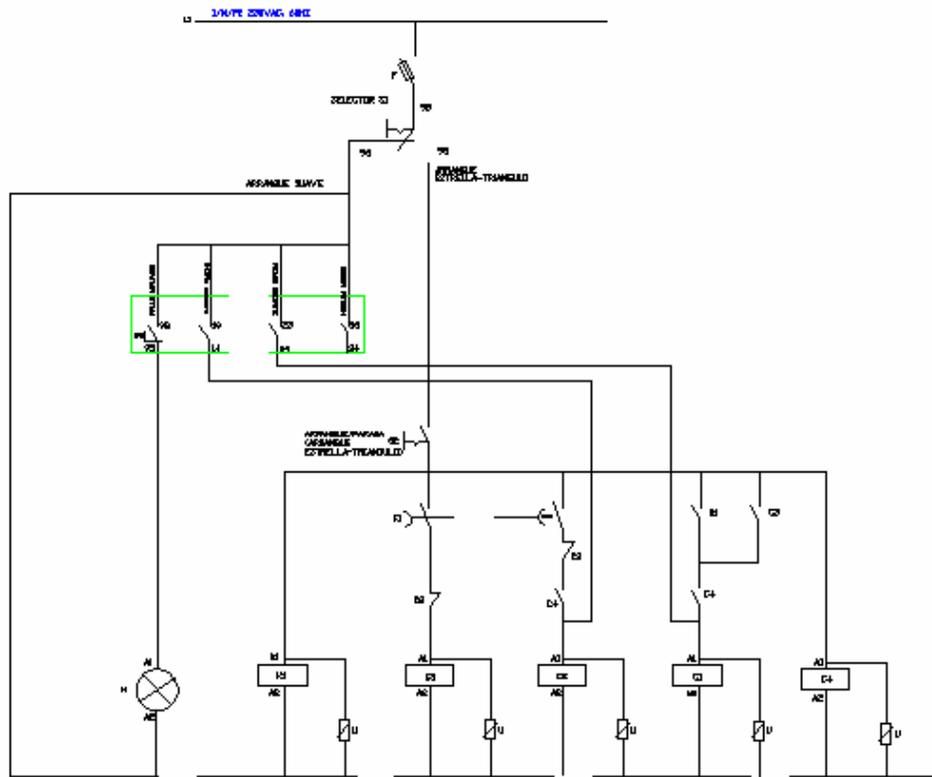


Figura 4.3. Diagrama de control de un motor trifásico.

#### **4.2.2.- Control de arranque y paro de bombas de achique.**

Los cuartos de maquinas cuentan con un sistema de achique para evitar posibles inundaciones, producto de fugas o descuidos en la manipulación de válvulas.

El sistema se actualizara, tomando en cuenta su funcionamiento sin apagar el resto de las bombas que se encuentran en el cuarto de máquina. En la figura 4.4 se muestra el diagrama de control actual de los cuartos de maquinas. En este diagrama se muestra la conexión de cinco (5) bombas, incluyendo la bomba de achique.

La actualización consiste en el uso de la bomba sin afectar el funcionamiento de las otras bombas, ya que cuando todas las bombas se encuentran en funcionamiento y la bomba de achique se activa se desactivan las demás bombas.

Con base en el diagrama de control de la figura 4.4, se hace el cambio para obtener el nuevo diagrama con los cambios requeridos para el sistema de achique, se requiere que los motores de impulsión y filtrado se pongan en marcha por sus pulsadores respectivos y que el motor de la bomba de achique trabaje cuando el flotador eléctrico cense agua sin detener el funcionamiento de las bombas de filtrado e impulsión. Cabe destacar que cada motor esta normalmente protegido por un relé térmico y cuenta con sus respectivos contactores. La alimentación de estos motores se realiza mediante interruptores ubicados en un tablero de potencia eléctrico.

El motor de la bomba de achique cuenta con un relé de nivel que es el que hace que el sensor del flotador eléctrico se active o desactive.

Buscando una solución a este inconveniente se agrupan todas las entradas y salidas del sistema que se desea cambiar, tomando en cuenta las variables más resaltantes del problema.

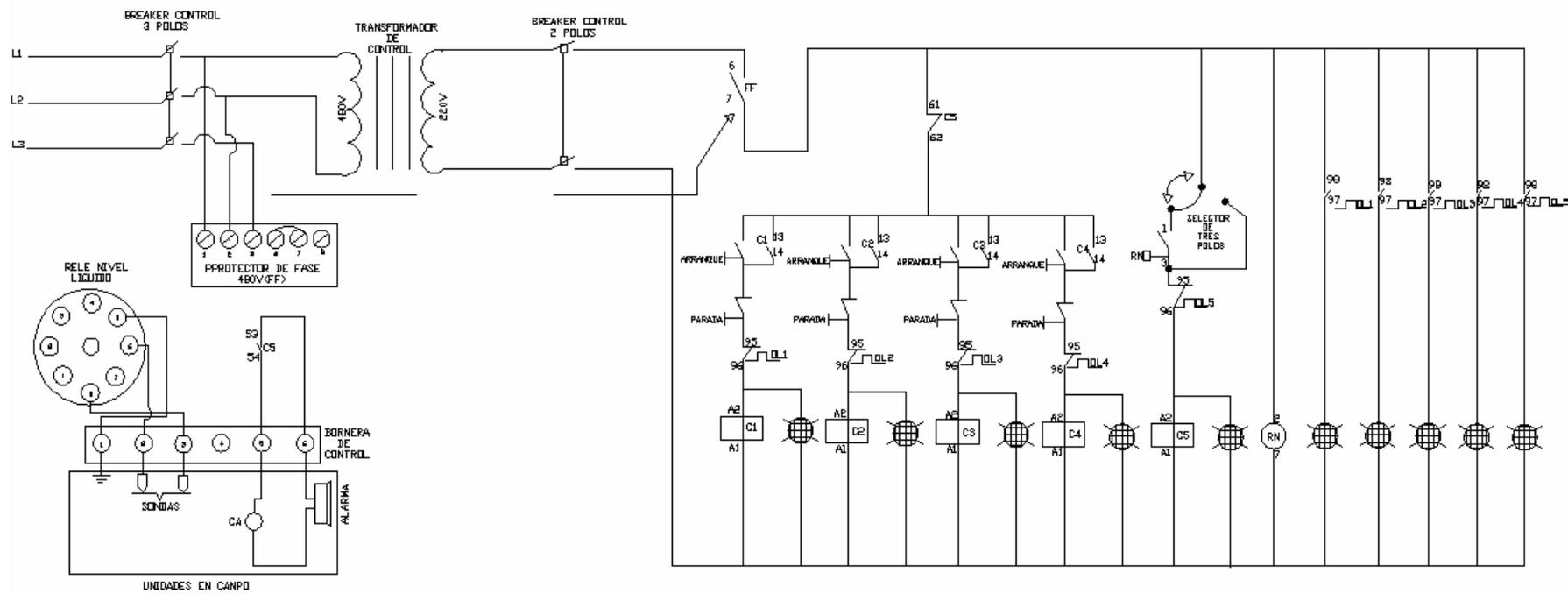


Figura 4.4. Diagrama de control de los cuartos de maquinas.

En la tabla 4.18, se pueden ver las variables del sistema al cual se le realizaran los cambios.

Tabla 4.19. Variables del sistema.

Entradas	Salidas
Pulsadores (D,C,A,B,E)	NCD
RN	NCC
NRD,NRA,NRE,NRC,NRB	NCA
IP	NCB
	NCE

Donde:

Motor de 15Hp = Motor D.

Motor de 10 Hp = Motor C.

Motor de 3 Hp = Motor A.

Motor de 3 Hp = Motor B.

Motor de 1 ½ Hp = Motor E.

Pulsadores (D) = Pulsador de motor de 15Hp.

Pulsadores (C) = Pulsador de motor de 10Hp.

Pulsadores (A) = Pulsador de motor de 3Hp.

Pulsadores (B) = Pulsador de motor de 3Hp.

Pulsadores (E) = Pulsador de motor de 1 ½Hp.

RN = Relé de nivel.

NRD, NRC, NRA, NRB, NRE = Relé térmico de cada motor.

IP= Interruptor principal.

NCD, NCC, NCA, NCB, NCE = Contactador de cada motor.

Una vez definidas las variables se hace un estudio de cada motor para obtener su ecuación final, mediante algebra de Boole. La activación o desactivación de los motores se estudia a través de tablas lógicas que a través de cero (0) y uno (1) indican cual será el nuevo funcionamiento de la bomba de achique. En las tablas 4.20, 4.21, 4.22 y 4.23, se muestran las tablas de verdad correspondientes a cada motor.

Tabla 4.20. Motor D 15Hp.

Entradas			Salida
Ip	Pulsador D	NRD	NCD
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

La ecuación lógica obtenida para el motor D de impulsión es:

$$NCD = IP \times PD \times NRD$$

Tabla 4.21. Motor E 10Hp.

Entradas		Salida
NRC	Pulsador C	NCC
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La ecuación lógica obtenida para el motor C de impulsión es:

$$NCC = PC \times NRC$$

Tabla 4.22. Motor A 3Hp.

Entradas		Salida
NRA	Pulsador A	NCA
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La ecuación lógica obtenida para el motor A de impulsión es:

$$NCA = PA \times NRA$$

Tabla 4.23. Motor B 3Hp.

Entradas		Salida
NRB	Pulsador B	NCB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La ecuación lógica obtenida para el motor B de impulsión es:

$$NCB = PB \times NRB$$

Se tienen todas las ecuaciones de los cuatro motores de las bombas de impulsión y filtrado que se encuentran en el cuarto de maquina solo falta la ecuación del motor de la bomba de achique a quien se le debe realizar los cambios.

En la tabla 4.23, se encuentra el estudio de la bomba de achique con todas las variables que intervienen en su funcionamiento. La ecuación lógica obtenida para el motor E de achique es:

$$NCE = RN \times \overline{NRE} \times \overline{PE} + RN \times \overline{NRE} \times PE + RN \times NRE \times \overline{PE} + RN \times NRE \times PE$$

$$NCE = RNx \overline{NRE}x (\overline{PE} + PE) + RNx NREx (\overline{PE} + PE)$$

$$NCE = RNx \overline{NRE} + RNx NRE$$

Tabla 4.24. Motor E 1 ½Hp.

Entradas			Salida
RN	NRE	Pulsador E	NCE
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Teniendo todas las ecuaciones correspondientes a cada motor se obtiene el circuito lógico, mostrado en la figura 4.5. Mediante el circuito lógico se puede obtener el circuito de control considerando el arranque de la bomba de achique.

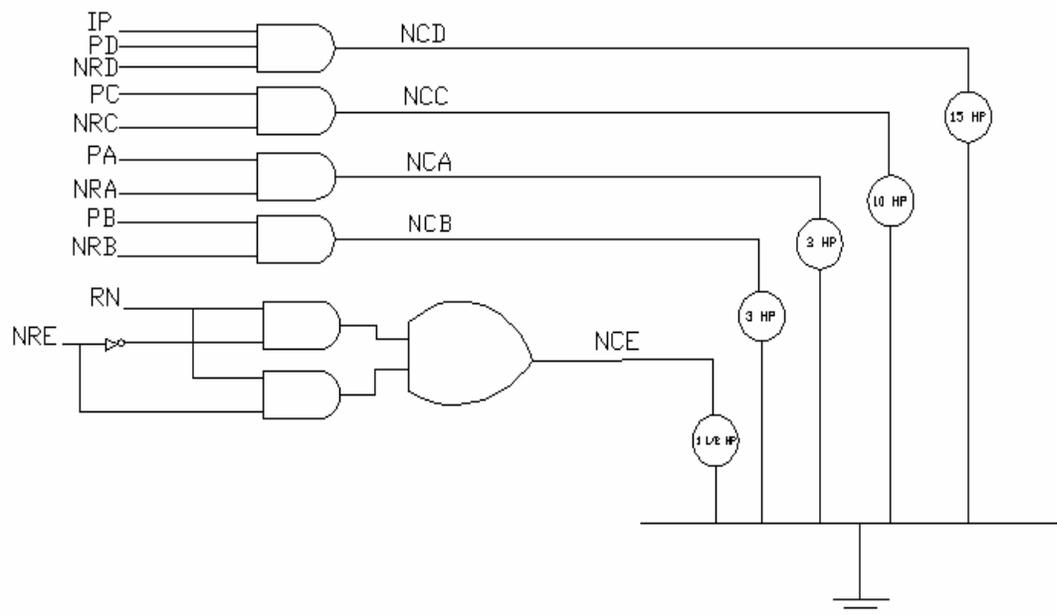


Figura 4.5. Circuito Lógico.

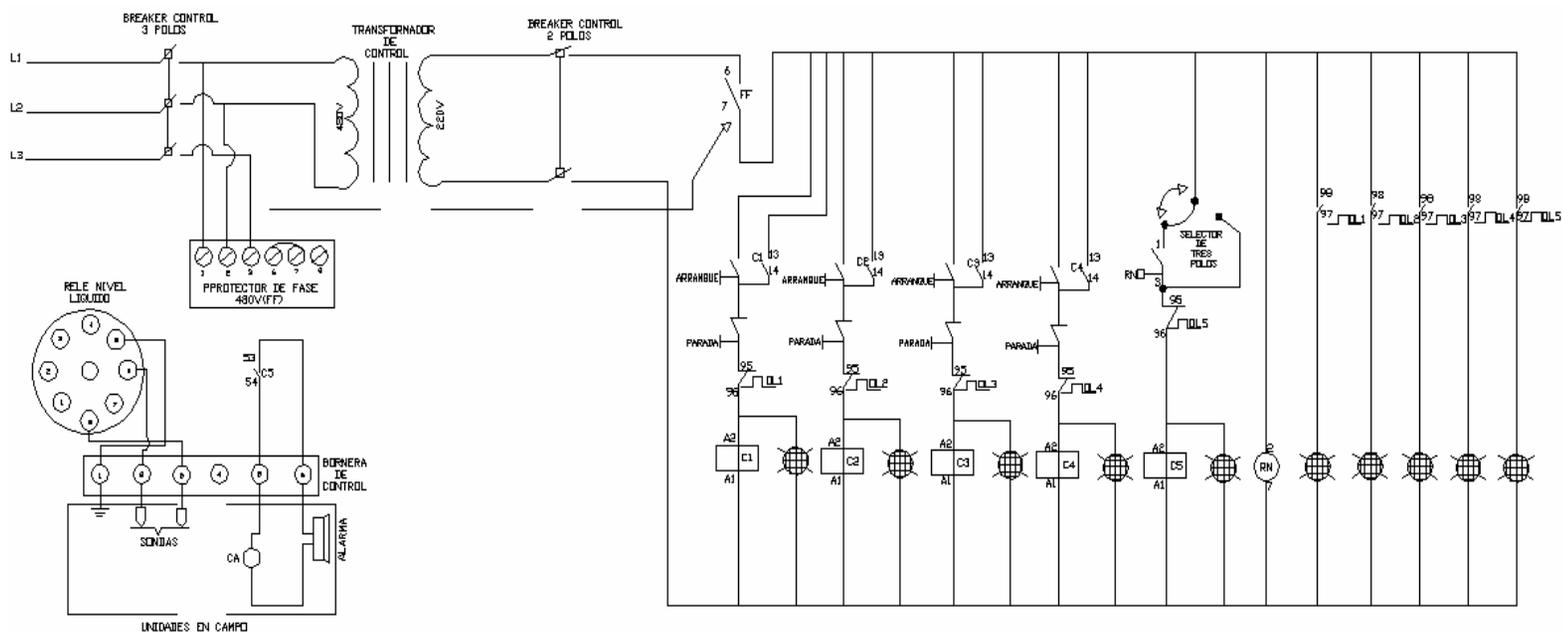


Figura 4.6. . Diagrama de control actualizado de los cuarto de maquinas.

#### **4.2.3.- Automatización de la parada por alta y baja presión de las bombas.**

Con base en las estadísticas de daños en motores desde la inauguración del parque, desde junio de 2009, se demuestran que los daños son ocasionados por inundaciones por descuido y mal manejo de válvulas al momento de realizar retrolavados, limpieza de trampa de pelo y mantenimiento en general. El personal después de realizar alguna actividad deja válvulas cerradas y pone en funcionamiento las bombas, aumentando la presión en las tuberías, provocando que las tuberías se rompan. Es por ello que se hace necesario implementar sensores de presión en las tuberías para así evitar daños en bombas y equipos eléctricos, lo que incrementa los gastos por mantenimiento y reemplazo de equipos.

Los sensores de presión se implementaran en los cuartos nuevos de filtrado, teniendo en cuenta que la instalación será nueva y la inversión es considerable.

Las bombas de filtrado y la de achique tendrán un arranque manual y automático, el arranque manual deberá realizarse con botones pulsadores desde el tablero de control y el arranque automático será realizado a través de los sensores de presión.

Estos motores de las bombas cuentan con sus respectivas protecciones eléctricas. Las bombas de filtrado contarán con el arranque automático con sensores de presión, por alta y por baja y sensores inductivos. Al sensor baja o alta presión las bombas se apagaran y se activaran las alarmas sonoras y lumínicas para indicar esta condición. Los sensores inductivos se utilizarán como permisivos para el arranque de las bombas de filtrado.

Se reúnen todas las variables implicadas en el sistema para obtener las ecuaciones lógicas que llevarán al diagrama de control del sistema de bombeo con sensor de presión. En la tabla 4.25, se muestran las variables del sistema.

Tabla 4.25. Variables del sistema que se desea automatizar.

<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
Pulsadores ( A,B,C)	ALS
S a-b	ALLum
RT1, RT2,RT3	KMA
RN	KMB
IP	KMC

Donde:

Motor A = Motor de 20Hp.

Motor B = Motor de 20Hp.

Motor C = Motor de 1 ½Hp.

Pulsadores (A, B, C) = Pulsadores que activen o desactiven de manera manual a las bombas.

S a-b = Sensor de presión.

RT1, RT2, RT3 = Relés térmicos de cada motor.

RN = Relé de nivel.

IP = Interruptor principal.

ALS = Alarma sonora.

ALLum = Alarma lumínica.

KMA, KMB, KMC = Contactor de cada motor.

Una vez definidas las variables se hace un estudio de cada motor para obtener su ecuación lógica final. Cada motor se estudia a través de tablas de verdad que a través de cero (0) y uno (1). En las tablas 4.26, 4.27, y 4.28 se muestran el estudio de los motores de filtrado y de achique con sus ecuaciones finales.

Tabla 4.26. Motor A 20Hp.

Entradas				Salida
IP	Pulsador A	S a-b	RT1	KMA
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

La ecuación final obtenida del motor A es:

$$KMA = IP \times PA \times \overline{Sa - b} \times RT1$$

Tabla 4.27. Motor B 20Hp.

Entradas			Salida
Pulsador B	S a-b	RT2	KMB
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

La ecuación final obtenida del motor B es:

$$KMB = PB \times \overline{Sa - b} \times RT2$$

La ecuación final obtenida del motor C es:

$$KMC = PC \times RN \times RT3$$

Tabla 4.28. Motor C 1 ½Hp.

Entradas			Salida
Pulsador C	RT3	RN	KMC
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Obtenidas las ecuaciones finales de los motores de las bombas se calculará la ecuación lógica de las alarmas lumínica y sonora.

La ecuación de la alarma sonora es:

$$ALS = \overline{KMA \times KMB}$$

Y la ecuación de la alarma lumínica será:

$$ALLum = \overline{KMA \times KMB}$$

Tabla 4.29. Alarmas.

Entradas		Salidas	
KMA	KMB	ALS	ALLum
0	0	1	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0

Teniendo todas las ecuaciones correspondientes a cada motor se obtiene el circuito lógico, mostrado en la figura 4.7. En la figura 4.8, se muestra el circuito de control.

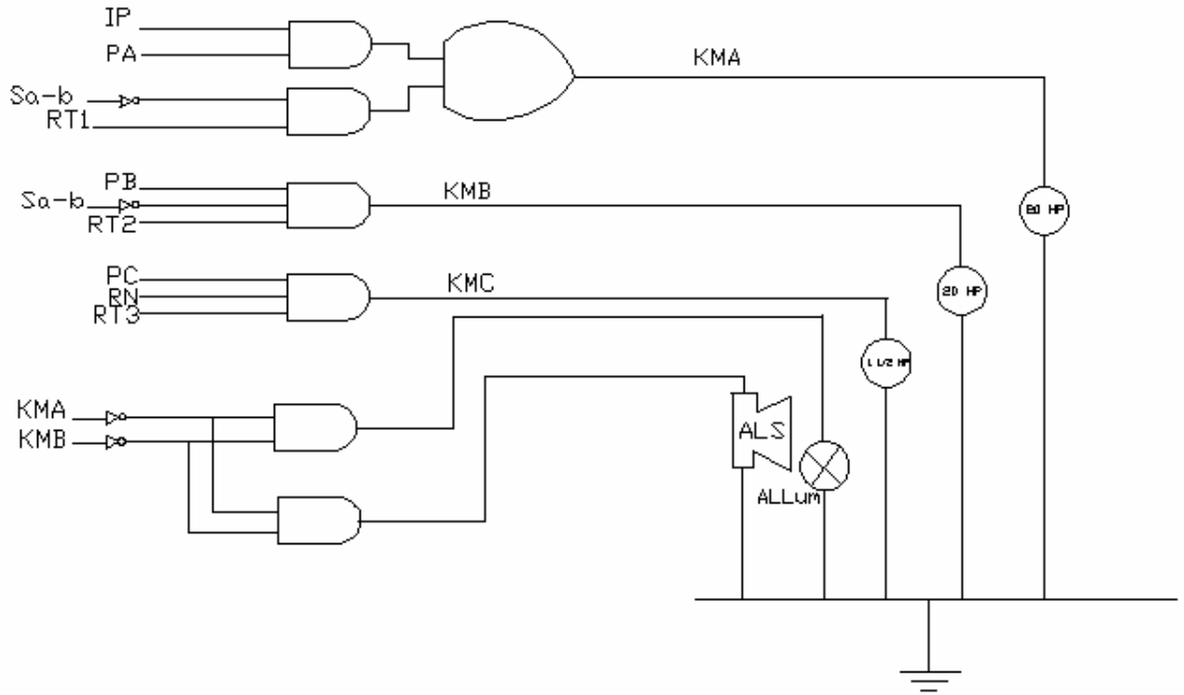


Figura 4.7. Circuito Lógico.

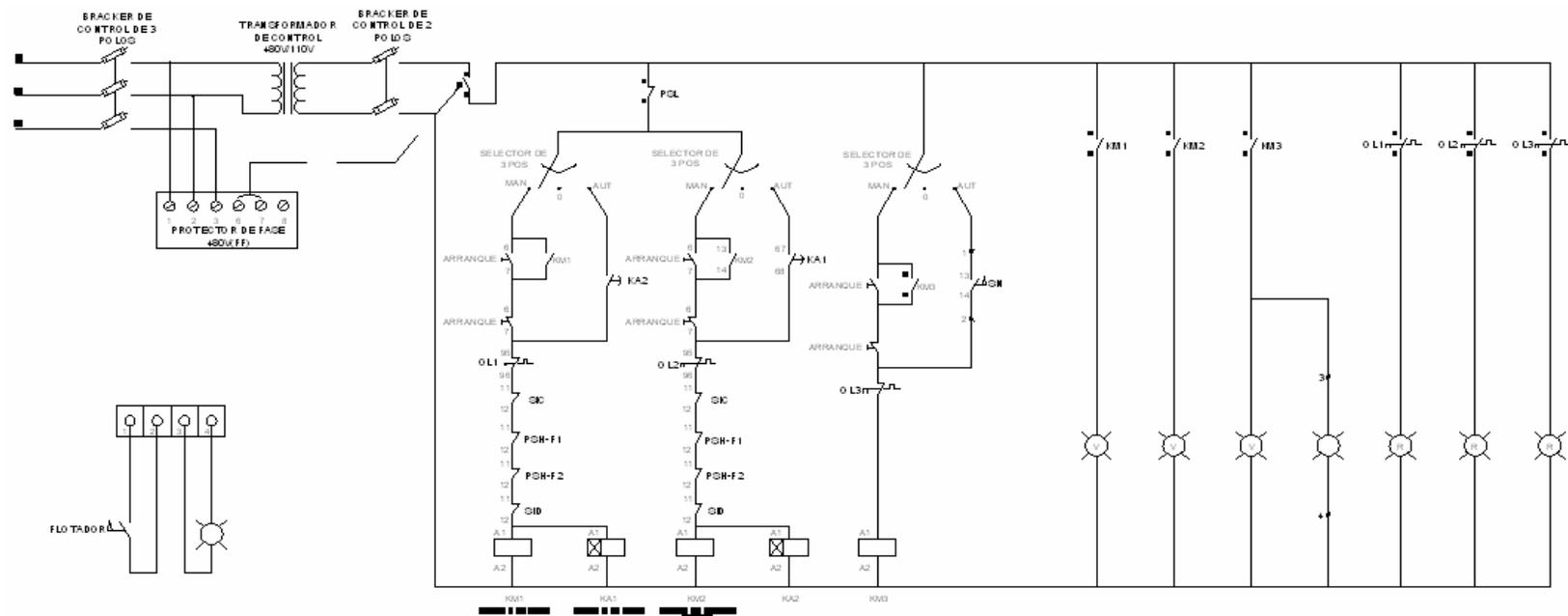


Figura 4.8. Diagrama de control con sensores de presión

#### **4.2.3.1.- Incorporación del sensor de presión en las tuberías.**

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura. Las aplicaciones afines a estos sensores incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

En la figura 4.9, se muestra como se ubicará el sensor de presión en las tuberías de carga y descarga de los cuartos de maquinas el cual se a recomendado el sensor de presión DPF sensors E13-VF, por su soporte a una temperatura hasta de 150°C, y adaptadores varios a diferentes tipos de tubos, cabe destacar que es una de los más precisos en el mercado delante de la gran gama de sensores que existe en el mercado y su precio es accesible.

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto (control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo).

Los sensores inductivos, contienen bobinas insertadas en núcleos de ferrita, con el fin de dirigir el campo electromagnético radiado en la dirección útil. En general, los sensores de proximidad inductivos, se componen de cuatro elementos básicos: la bobina, un oscilador, un circuito de disparo, y un circuito de conmutación de salida, protegido contra corto-circuitos. El oscilador, genera un campo electromagnético de alta frecuencia, el cual será emitido por la bobina, radiando desde la superficie de la zona sensitiva. Al penetrar un objeto metálico en éste campo electromagnético, se producen unas corrientes parásitas, que absorben energía, tanto del campo

electromagnético, como del oscilador. Esta absorción de energía, llamada atenuación, se incrementa al acercarse el objeto metálico a la superficie sensible. El circuito de disparo activa el circuito de salida, al excederse un determinado valor de atenuación. En los detectores de proximidad de DC (CC), el circuito de salida puede ser un transistor, que conectará una carga al polo negativo, o también puede ser un transistor que conecta la carga al polo positivo. En las unidades previstas para AC (CA) un thyristor o un triac suelen ser los que efectúan la conmutación.

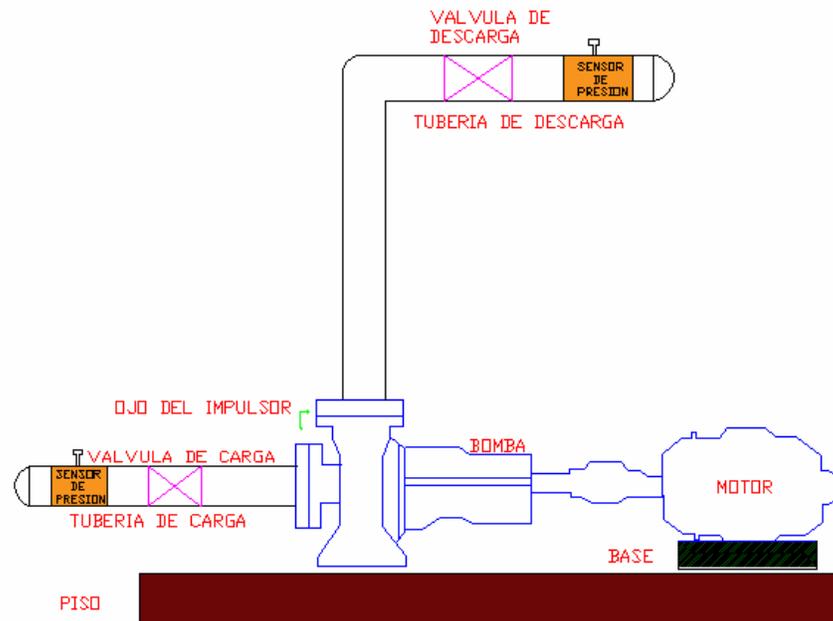


Figura 4.9. Incorporación del sensor de presión en las tuberías.

#### 4.2.4.- Contactores de las bombas de 20hp.

Para calcular el contactor se debe tomar en cuenta el voltaje de uso, la corriente de servicio, la naturaleza del receptor y la corriente cortada  $I_c$ , como se especifica en la Norma IEC-947.

La corriente de servicio ( $I_e$ ) será:

$$I_e = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta}$$

$$I_e = \frac{20 \cdot 746}{\sqrt{3} \cdot 480 \cdot 0.9}$$

$$I_e = 19.93 \text{ Amp.}$$

Según la tabla 4.30. Se obtiene la categoría de servicio y el calibre de los contactores.

Tabla 4.30. . Selección de contactores (Norma IEC-947).

Categoría	Ic/Ie	F.p	Aplicación
Ac1	1	0,95	Carga pura / Resistiva calefacción (Iluminación)
Ac2	25	0,65	Motores asincrónicos para mezcladoras (Centrifugas)
Ac3	1	0,35	Motores asincrónicos para aire acondicionado, compresores, ventiladores, motores de jaula de ardilla, ascensores, escaleras mecánicas.
Ac4	6	0,35	Motores para grúas, trefiladores, metalúrgica y ascensores de gran fuerza.

La categoría del contactor es Ac3, por ser una bomba con motor asincrónico de uso normal. El calibre se obtiene teniendo en cuenta la corriente cortada  $I_c$ , que es la corriente que el contactor puede soportar sin sobrecalentamiento. De la tabla 4.29:

$$\frac{I_c}{I_e} = 1$$

$$I_c = I_e = 19.93 \text{ Amp.}$$

Comercialmente se escoge un contactor Ac3 calibre 25 Amp

# **CAPÍTULO V**

## **INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELÉCTRICOS**

En este capítulo, se estudiará la influencia de la temperatura en el funcionamiento de los equipos eléctricos como lo son las bombas, generadores y transformadores. Se registraron medidas de temperatura en las subestaciones y cuartos de maquinas a diferentes horas del día, se verificó la influencia que tiene la temperatura en la corriente de uso de los equipos eléctricos.

### **5.1.- MEDICIONES DE TEMPERATURA.**

La temperatura es un factor muy importante en el funcionamiento de los equipos eléctricos, ya que el sobrecalentamiento de los equipos puede causar daños severos y hasta pérdidas económicas a la empresa.

El buen funcionamiento de los equipos eléctricos se ve afectado temporalmente por algún problema climatológico que se puede resolver rápidamente si se detecta a tiempo, con los cambios de temperatura, se forma condensación en armarios de distribución cerrados, condensación en combinación con polvo y gases en el interior de los tableros eléctricos, estas condensaciones pueden producir corrosión, corriente de fuga y arcos eléctricos. Una temperatura interior demasiado alta puede inducir igualmente a un daño total del equipo. El riesgo en la seguridad es enorme, los costos consecutivos por pérdidas de trabajo del equipo son impredecibles. (Desplazamientos de personal, mantenimiento, cambios o en el peor de los casos sustitución de equipos eléctricos). Solamente en condiciones climáticas óptimas y constantes se posibilita un buen funcionamiento de todos los componentes eléctricos. La

temperatura correcta se consigue mediante un sistema de control de temperatura y humedad, y en ocasiones mejorando la ventilación. En caso de grandes cambios o diferencias de temperaturas altas, (por ejemplo; día y noche o cambios estacionales) se requiere mantener los componentes bajo un sistema seguro de control. No solamente se debe pensar en baja temperatura, la mayor corrosión de componentes es debida a la condensación/humedad cerca de los equipos.

El gran problema viene cuando el motor, como maquina térmica que es, no tiene una temperatura térmica homogénea, de ahí que hay zonas donde la temperatura supera holgadamente los 80°C (zonas del escape) y zonas de temperatura más cercanas a los 90°C habituales.

El sistema de refrigeración del motor se encarga básicamente de mantener en los motores una zona de trabajo adecuado, que le permita trabajar con las holguras para las que fue diseñado, pueda trabajar a una temperatura adecuada.

En el parque de agua Kariña existen 21 cuartos de maquinas, donde se encuentran ubicados los equipos de filtrado e impulsión. Los cuartos de maquina están dotados con bombas hidráulicas, tableros de control y potencia. En la tabla 5.1, se indica las bombas ubicadas en los cuartos, estos se ven afectado por la temperatura, debido a su construcción y ubicación. En la figura 5.1 se muestra un cuarto de máquina, el cual se nota que es subterráneo en su totalidad, solamente sobresale el nivel del suelo unos 40cm.

En la tabla 5.1 se muestran las diferentes bombas que se encuentran en cada cuarto de maquinas encontrado en el parque de agua Kariña, cada uno de estos cuartos tienen características similares uno del otro con las mismas dimensiones solo se distinguen en la ubicación alrededor de todo el parque de agua.



Figura 5.1. Cuarto de Maquina.

Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina.

<b>CUARTO DE MAQUINAS</b>	<b>BOMBAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TABLERO DE CONTROL</b>	<b>TABLERO DE POTENCIA</b>
CM-01	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-02	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-03	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-04	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-05	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-06	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		

Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina.

<b>CUARTO DE MAQUINAS</b>	<b>BOMBAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TABLERO DE CONTROL</b>	<b>TABLERO DE POTENCIA</b>
CM-07	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-08	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-09	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-10	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-11	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-12	15HP	1	1	1
	3HP	1		
	1.5HP	1		
CM-13	15HP	1	1	1
	10HP	1		
	3HP	2		
	1.5HP	1		
CM-23	15HP	2	1	1
	3HP	3		
	1.5HP	1		
CM-20	3HP	2	1	1
	1.5HP	1		
CM-15	15HP	1		
	10HP	1	1	1
	1.5HP	1		

Tabla 5.1. Lista de bombas en los Cuartos de Maquina.

<b>CUARTO DE MAQUINAS</b>	<b>BOMBAS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TABLERO DE CONTROL</b>	<b>TABLERO DE POTENCIA</b>
CM-16	15HP	3	1	1
	3HP	5		
	1.5HP	1		
CM-24	15HP	7	1	1
	1.5HP	1		
CM-ADO	15HP	5	1	1
	20HP	2		

Para el registro de temperatura en los equipos y cuartos de maquinas se tomaron como modelo los cuartos de maquina CM-08 y CM-13. Se escogieron estos cuartos ya que el CM-13 presenta dimensiones más grandes que los otros cuartos y el CM-08 por tener características similares a los demás cuartos, ambos cuartos se encuentran ubicados a una distancia considerable donde la incidencia del sol es similar para ambos.

#### **5.1.1.- Mediciones de temperatura en el CM-08 en un día Laborable en el Parque.**

En el cuarto de maquinas CM-08, se encuentran dos bombas una de 15 hp y una de 3 Hp, así como un tablero de control el cual se encuentra dotado de contactores, relés térmicos, magnetotermos y otros componentes de control. Se registraron mediciones de temperatura al medio ambiente del cuarto, también a los equipos que se encontraban en estos cuartos.

Estas mediciones fueron tomadas un día de apertura donde se prestaba servicio al público, el día 30 de octubre del 2009. Esto se realiza para su posterior

comparación y análisis con los resultados obtenidos en el cuarto de maquinas CM-13. Se tomó ese día como referencia, ya que se encontraban todas las bombas en funcionamiento.

Estas mediciones se muestran en las tablas 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 correspondientes al motor de la bomba de filtrado B, 3hp, motor de la bomba de impulsión A 15hp, contactor de la bomba de filtrado de 3hp, relé térmico de la bomba de filtrado de 3hp, y el ambiente del CM-08 respectivamente. En las figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 se observa la variación de la temperatura con respecto al tiempo. Estas muestras corresponden a las tablas 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 respectivamente.

Para la bomba de 3 hp se observa en la figura 5.2 que a medida que el tiempo aumenta el motor se va calentando indicando un calentamiento excesivo, ya que pasa en un 31,8°C su temperatura permitida. La temperatura registrada sobrepasa el doble de la temperatura que el motor. La temperatura de operación de este motor es de 35°C.

Tabla 5.2. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de filtrado B 3hp.

<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
10:34 a.m	62,9
11:33 a.m	63,9
11:56 a.m	64,1
12:22 p.m	65,3
1:05 p.m	65,9
2:07 p.m	66,3
3:31 p.m	66,8
4:18 p.m	66,2

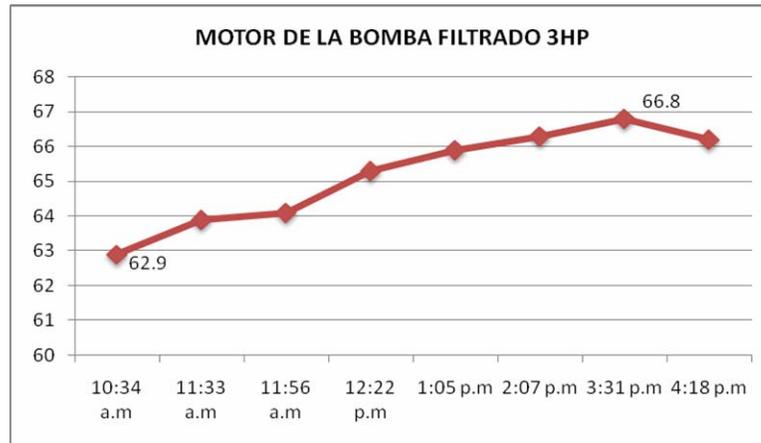


Figura 5.2. Motor de la bomba de filtrado B de 3hp.

Tabla 5.3. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de impulsión A 15 hp.

HORA	TEMPERATURA (°C)
10:35 a.m	61
11:36 a.m	54,2
11:58 a.m	54,7
12:23 p.m	55,9
1:07 p.m	56,3
2:06 p.m	57,4
3:31 p.m	57,6
4:18 p.m	57,1

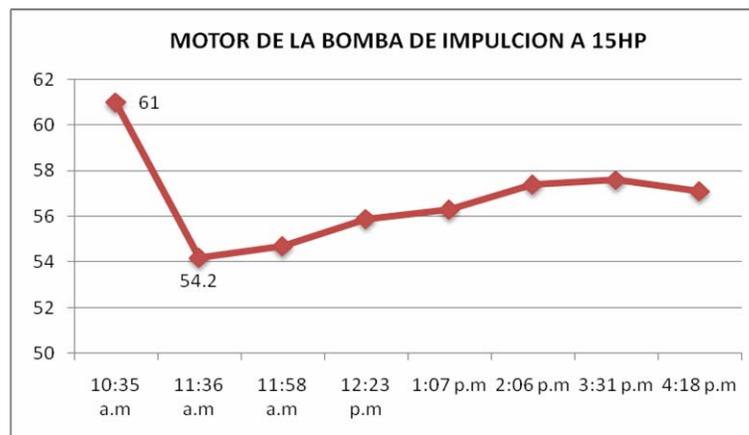


Figura 5.3. Motor de la bomba de impulsión A de 15hp.

En el caso del motor de la bomba de 15 hp la figura 5.2 muestra que su temperatura comienza en 61°C haciendo una pequeña disminución para llegar hasta 57,6°C teniendo una diferencia un poco menos notable, puesto que estos motores soportan una temperatura hasta los 40°C según su placa de fabricación. Se puede decir que la temperatura inicial de este motor es debido al calentamiento existente dentro del cuarto de máquina, debido a su poco y deficiente ventilación.

Tabla 5.4. Mediciones de temperatura en contactor de la bomba de filtrado B 3hp.

<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
10:30 a.m	48,9
11:30 a.m	51,2
11:50 a.m	52,7
12:18 p.m	55,8
1:00 p.m	57,8
2:01 p.m	58,1
3:28 p.m	58,9
4:15 p.m	57,9

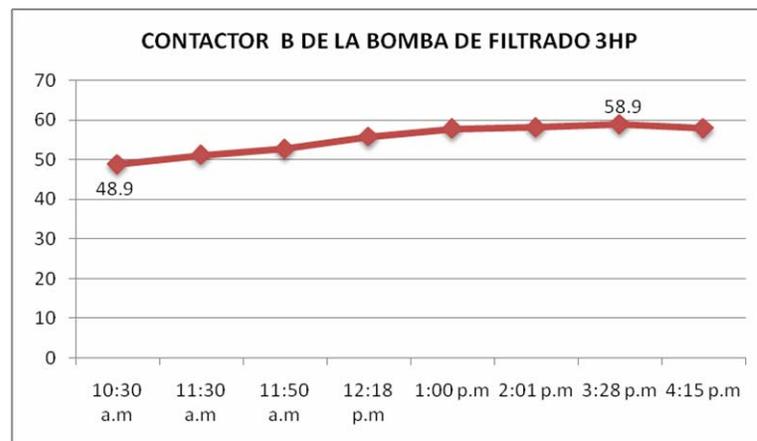


Figura 5.4. Contactor de la bomba de filtrado B.

Tanto la temperatura inicial como la final sobrepasan la temperatura para la cual están diseñados estos contactores según su manual de fabricación su rango de temperatura esta dentro de los (5 a 40) °C, teniendo en cuenta que estos son las protecciones para los motores.

Tabla 5.5. Mediciones de temperatura de relé térmico de la bomba de filtrado B 3hp.

Hora	Temperatura (°C)
10:31 a.m	45,6
11:31 a.m	46,8
11:52 a.m	46,9
12:19 p.m	47,5
1: 01 p.m	48,3
2:03 p.m	49,1
3:29 p.m	49,7
4:16 p.m	48,9

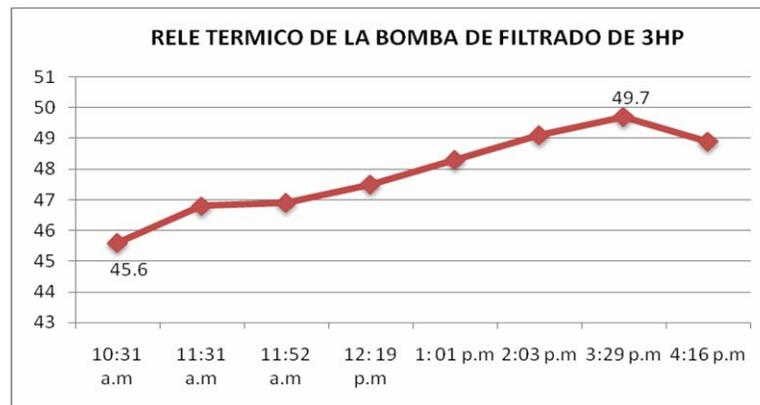


Figura 5.5. Relé térmico de la bomba de filtrado B.

Al igual que el contactor los relés térmicos soportan el mismo rango de temperatura de (5 a 40) °C, en la figura 5.4 se muestra claramente, las altas temperatura encontradas y da una visión más certera de que no se están cumpliendo con las normas, como es el código eléctrico nacional donde dice que los espacios de trabajo deben ser ventilados para la protección de los equipos.

En la sección 400, artículo 430.14 Ubicación de los Motores, (A) Ventilación y Mantenimiento dice que: Los motores estarán situados de modo que tengan ventilación adecuada y que el mantenimiento, tales como la lubricación de los rodamientos y el cambio de las escobillas, pueda realizarse fácilmente.

Tabla 5.6. Mediciones de temperatura del ambiente del CM-08.

Hora	Temperatura (°C)
10:33 a.m	35,2
11:38 a.m	35,4
11:54 a.m	35,5
12:21 p.m	35,9
1:03 p.m	36
2:04 p.m	36,2
3: 30 p.m	37
4:17 p.m	36,8

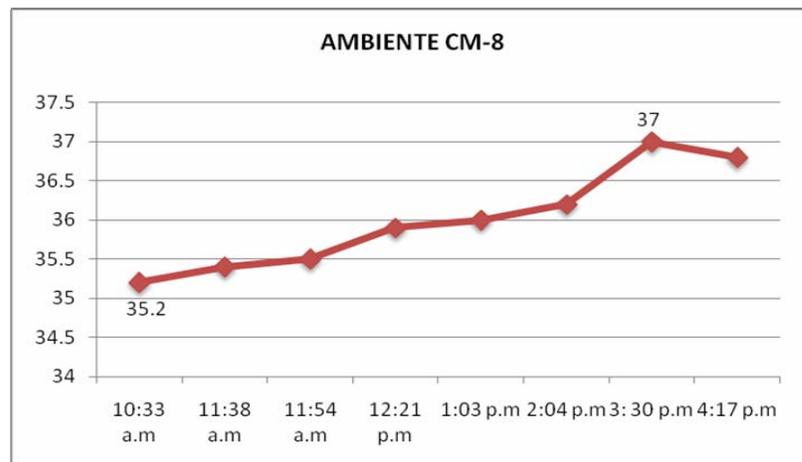


Figura 5.6. Ambiente del CM-08.

Los cuartos de maquinas se encuentran ubicados subterráneamente, es decir; el cuarto de maquina CM-08 no es la excepción, por ello el calor existente es muy elevado, más aún cuando los equipos se encuentran en funcionamiento constante.

Los motores que son uno de los principales responsables del funcionamiento de las bombas tienen un rango de temperatura dentro del cual se rigen según las características del fabricante, los valores nominales soportados son de 35°C el de 3hp marca SPA, y 15hp marca SIEMENS una temperatura de 15/40 °C, estos son los motores de las dos bombas encontradas en el CM-08, según las mediciones tomadas

ninguno de estos dos motores operan dentro del rango especificado para su uso, pues las graficas indican que superan los valores de la temperatura permisible, en un 23.7°C y 21°C respectivamente.

Esto genera una gran preocupación ya que acortan la vida útil de los mismos y por ende ponen en riesgo el estado del sistema eléctrico pudiendo dispararse las protecciones por sobrecalentamiento.

En cuanto a los contactores de la bomba de 3 hp y el relé térmico de la bomba de 3 hp, el sobrecalentamiento excede el rango aceptable para el buen funcionamiento de las mismas, provocando disparos de los relés en cualquier momento. Cuando la temperatura ambiente en la cual están funcionando son muy elevadas sufren cambios las características de los equipos.

### **5.1.2.- Mediciones de Temperatura en el CM-08 en un día no Laborable del Parque.**

Así como se tomaron medidas en un día de apertura también se hicieron en un día donde el parque no estaba ofreciendo servicio al público para poder hacer la comparación del comportamiento de los equipos eléctricos cuando están generando calor por su funcionamiento y cuando no lo generan por estar fuera de servicio.

En este caso se tomaron mediciones de temperatura en el motor de la bomba de filtrado de 3 hp, al contactor y al relé térmico perteneciente a dicha bomba. Estas mediciones fueron tomadas el 28 de octubre del 2009, día en el cual el parque se encontraba inactivo, es decir, este día no prestaba servicio al público y solo se encontraba en funcionamiento la bomba de filtrado de 3 hp. Estas mediciones se muestran en las tablas 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, correspondiente al motor de la bomba de filtrado B, contactor de la bomba de filtrado B, relé térmico de la bomba de filtrado

B, y ambiente del CM-08, respectivamente, y en las figuras 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 se observa la variación de la temperatura con respecto al tiempo en el cual fueron tomadas las muestras.

Tabla 5.7. Mediciones de temperatura del motor de la bomba de filtrado B.

<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
10:02a.m	57,7
10:29a.m	60,6
11:34a.m	63,8
12:05p.m	54,4
1:35 p.m	60,1
2:39 p.m	59,8
3:42 p.m	59,6
4:30 p.m	58,9

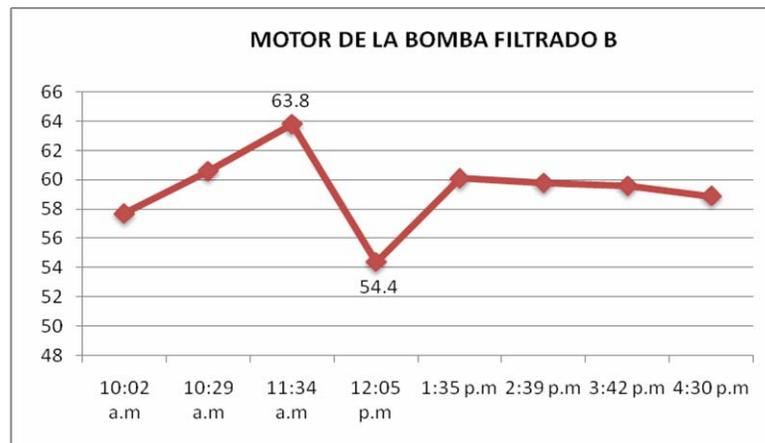


Figura 5.7. Motor de la bomba de filtrado B.

Aún con el funcionamiento de una sola bomba la diferencia es muy baja, puesto que en este caso sería de 28,8°C, es decir 10°C menos que teniendo en funcionamiento todo el cuarto lo que se podría concluir que no solo afecta el calor de los equipos eléctricos sino también la posición y ubicación de los cuartos.

Tabla 5.8. Mediciones de temperatura del contactor de la bomba de filtrado B.

Hora	Temperatura (°C)
10:00a.m	46,9
10:25a.m	49,3
11:30 a.m	51,7
12:00 p.m	38,3
1:32 p.m	36,5
2:36 p.m	35,7
3:39 p.m	36,8
4:27 p.m	36,6

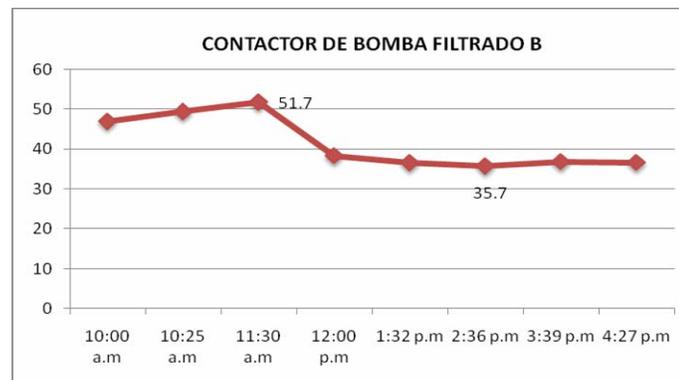


Figura 5.8. Contactor de la bomba de filtrado B.

En la figura 5.8 se observa que el contactor nunca se encuentra dentro de su rango de temperatura de funcionamiento según el fabricante, sino que se encuentra por encima de la temperatura recomendada para su funcionamiento.

Tabla 5.9. Mediciones de temperatura del relé térmico de la bomba de filtrado B.

Hora	Temperatura (°C)
10:01 a.m	41,7
10:27 a.m	41
11:32 a.m	43,6
12: 03 p.m	37,9
1: 33 p.m	34,7
2:38 p.m	35,2
3:41 p.m	35,7
4:28 p.m	35,9

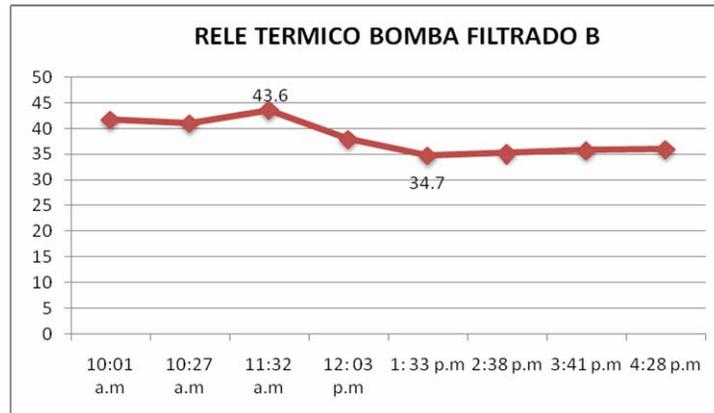


Figura 5.9. Relé térmico de la bomba de filtrado B.

En la figura 5.9 se observó que el relé térmico comienza su funcionamiento a una temperatura aceptada dentro de su rango solo tiene un grado de diferencia con su temperatura especificada por el fabricante pero mientras transcurre el tiempo decae por debajo de lo soportado y luego sube con una diferencia mínima de 3.6°C, que en comparación con la temperatura en el día laborable son unos grados de diferencia que se tienen.

Tabla 5.10. Mediciones de temperatura del ambiente del CM-08.

Hora	Temperatura (°C)
10:04 a.m.	34,2
10:30 a.m.	34,6
11:35 a.m.	35,9
12:10 p.m.	34,6
1:38 p.m.	35,1
2:41 p.m.	35,9
3: 44 p.m.	36,8
4:31 p.m.	35,9

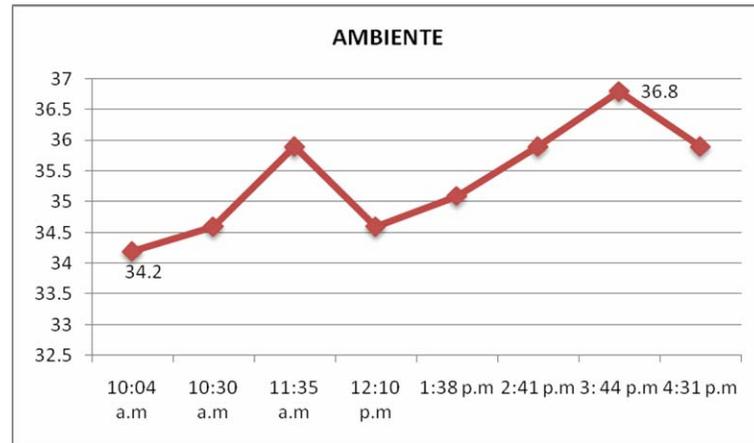


Figura 5.10. Ambiente del CM-08.

Aunque no es mucha la diferencia de temperatura en el cuarto de maquinas 08, la temperatura no logra establecer un solo rango para mantenerse. En comparación con la figura 5.5 la diferencia mínima es de 1°C y la diferencia máxima será de 0.2°C, estos valores muestran claramente que la alta temperatura que existen en el cuarto estando o no todos los motores en funcionamiento.

### **5.1.3.- Mediciones de Temperatura en el CM-13 en un día Laborable en el Parque.**

En el cuarto de maquina CM-13 se registraron mediciones de forma similar al CM-08, sin embargo se considera este cuarto por presentar un tamaño más amplio que el resto de los cuartos.

Este cuarto cuenta con cuatro bombas que son, dos de 3hp, una de 15hp y otra de 10hp, para el funcionamiento de las atracciones infantiles, así como también cuenta con un tablero de control y otro de potencia.

Se tomaron mediciones de todas las bombas en funcionamiento, así como, también al contactor y relé térmico de una de las bombas de 3 hp, y se midió la temperatura del ambiente del cuarto.

Estas mediciones tomadas se muestran en las tablas 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, correspondientes al motor de la bomba de filtrado A, motor de la bomba de filtrado B, motor de la bomba de impulsión de 10 hp, motor de la bomba de impulsión de 15 hp, respectivamente.

En las tablas 5.15, 5.16, 5.17, se muestran los valores obtenidos en el contactor y relé de la bomba de 3hp así como, se muestra las mediciones del medio ambiente. Seguida de cada tabla se muestra las graficas que representan el comportamiento de la temperatura durante un tiempo determinado. Estas mediciones se tomaron el día 30 de octubre del 2009, en el cual el parque de agua Kariña se encontraba laborando y ofreciendo sus grandes diversiones acuáticas al público.

Tabla 5.11. Motor de la bomba de Filtrado A.

<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
10:10 a.m	63,7
10:50 a.m	67,8
11:17 a.m	65,8
12:00 p.m	68
12:30 p.m	71
1:15 p.m	72,1
1:40 p.m	71,3
2:25 p.m	70
3:00 p.m	71,2
4:02 p.m	71

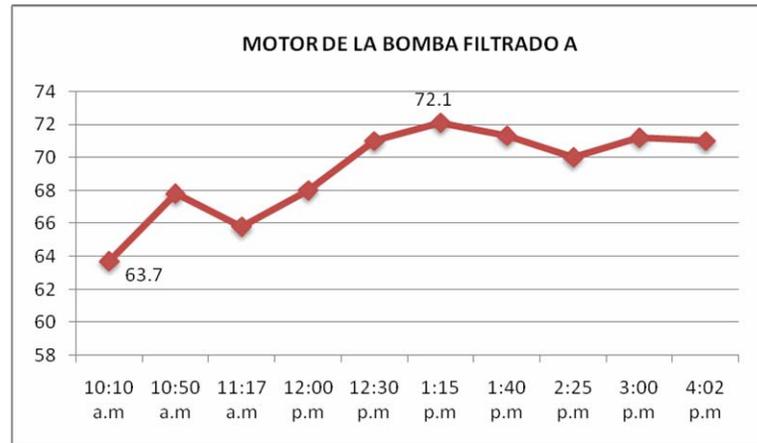


Figura 5.11. Motor de la bomba de filtrado A.

La figura 5.11 muestra claramente que los valores de temperatura superan a los valores de la temperatura encontradas en el cuarto de maquina CM-08, en cuanto al motor de 3hp, aunque la diferencia es mínima este motor se encuentra generando más temperatura que el del cuarto de maquina 08 puede ser debido a que aquí se encuentran más motores en funcionamiento.

Tabla 5.12. Motor de la bomba de filtrado B.

HORA	TEMPERATURA (°C)
10:11 a.m.	63,6
10:52 a.m.	65,1
11:19 a.m.	66,5
12:01 p.m.	68,9
12:31 p.m.	69,1
1:17 p.m.	71,2
1:42 p.m.	69,9
2:26 p.m.	66,5
3:02 p.m.	62,6
4:03 p.m.	61

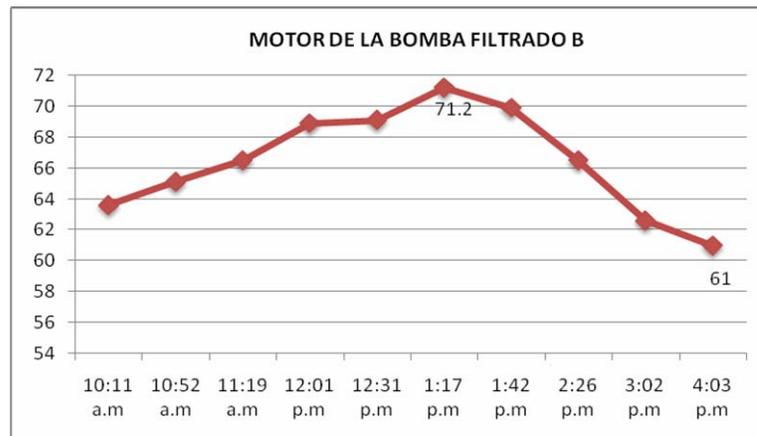


Figura 5.11. Motor de la bomba de filtrado B.

En la figura 5.11 se observa el comportamiento de la bomba B es similar al del motor de la bomba A, igual exceden el rango de lo soportado que es de 35°C, mostrado en la placa de fabricación, comenzando con una temperatura de 63,6 °C llegando hasta 71,2°C y a medida que pasas las horas baja a 61°C.

Tabla 5.13. Motor de la bomba de impulsión 10 hp.

HORA	TEMPERATURA (°C)
10:20 a.m	55,5
10:56 a.m	53,8
11:24 a.m	54,9
12:09 p.m	55,5
12:36 p.m	58,7
1:23 p.m	60,9
1:47 p.m	60,4
2:32 p.m	66,5
3:08 p.m	72,7
4:07 p.m	71

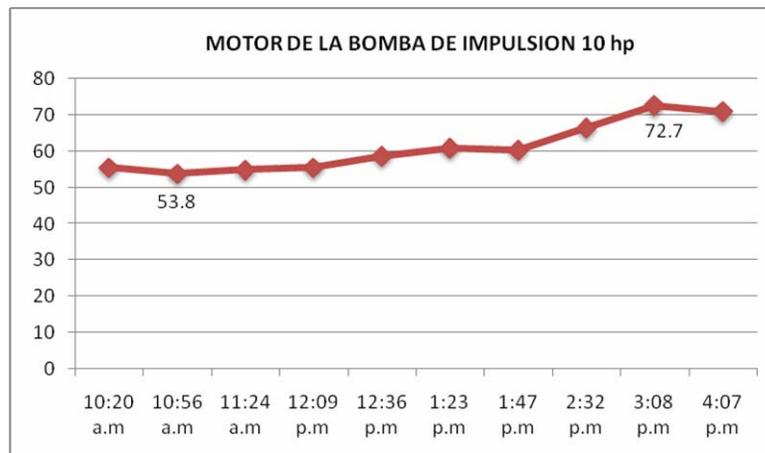


Figura 5.12. Motor de la bomba de impulsión de 10 hp.

En la figura 5.12 se observa que los rangos de temperatura se mantienen en un nivel donde la variación de temperatura es pequeña, no hace mayores saltos entre cada intervalo de minutos esto se puede deber a que esta bomba se encuentra muy cerca de una pared húmeda.

Tabla 5.14. Motor de la bomba de impulsión 15 hp.

HORA	TEMPERATURA (°C)
10:19 a.m	52,9
10:55 a.m	55,7
11:24 a.m	57,4
12:09 p.m	58,6
12:36 p.m	59,3
1:23 p.m	59,9
1:47 p.m	60,2
2:32 p.m	60,5
3:08 p.m	61,1
4:07 p.m	60,9

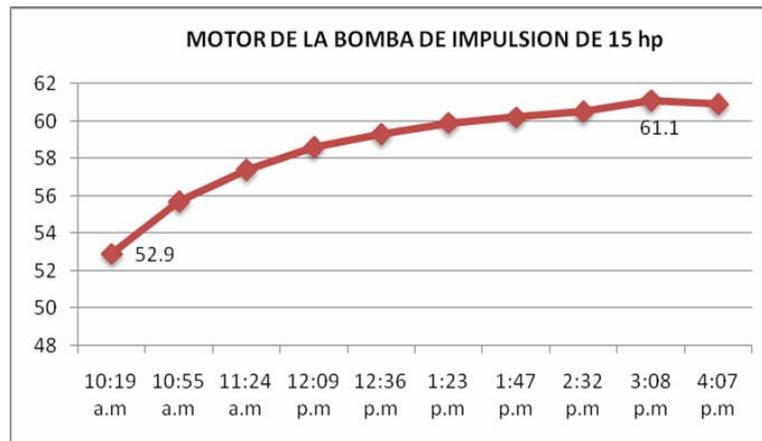


Figura 5.13. Motor de la bomba de impulsión de 15 hp.

En la figura 5.13 se observa el comportamiento de la temperatura en el motor de impulsión de la bomba de 15 hp y al igual que la bomba de 10 hp, esta bomba se encuentra cerca de la pared humedad del cuarto de maquina 13, y aun así comienza con una temperatura de 52,9°C y va subiendo muy lentamente hasta llegar a una máxima de 61,1°C sin tener una curva con muchos sobre saltos.

Tabla 5.15. Contactor de la bomba de filtrado A.

Hora	Temperatura (°C)
10:15 a.m	58,5
10:57 a.m	58,9
11:20 a.m	57
12:06 a.m	60,2
12:34 p.m	63,2
1:20 p.m	65,6
1:45 p.m	65,8
2:29 p.m	64,1
3:06 p.m	63,7
4:05 p.m	62,9

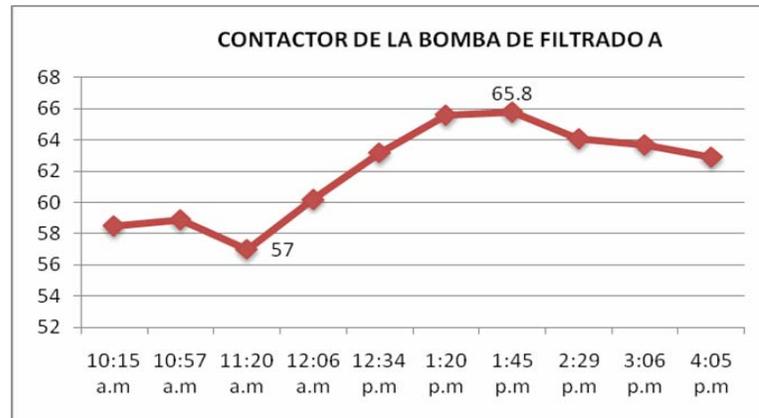


Figura 5.14. Contactor de la bomba de filtrado A.

En la figura 5.14 se observa que el rango de la temperatura del contactor se sale de los límites teniendo una variación desde los 58,5°C hace un incremento pasando por un punto máximo de 65,8°C y a medida que pasan las horas vuelve a bajar a 62,9°C, esto puede provocar una reacción de sobresalto en las corrientes y hasta puede conllevar al disparo de las protecciones.

Tabla 5.16. Relé de la bomba de filtrado A.

Hora	Temperatura (°C)
10:16 a.m	49.8
10:58 a.m	52,4
11:21 a.m	47,7
12:08 a.m	53,7
12:35 p.m	54,9
1:21 p.m	55,7
1:46 p.m	55,9
2:30 p.m	56,7
3:06 p.m	57,9
4:06 p.m	57,1

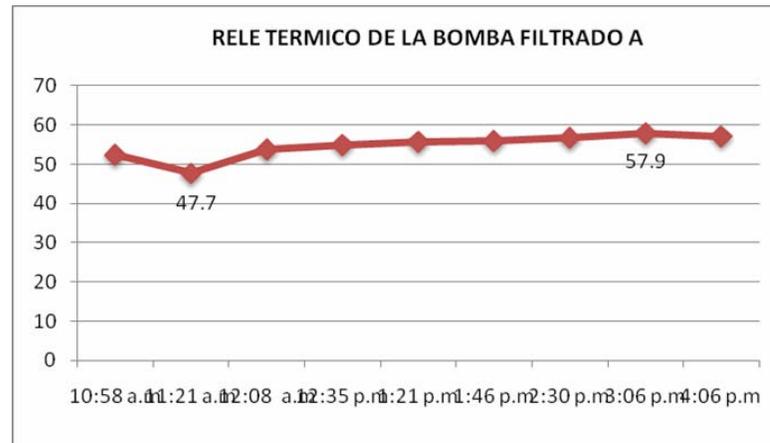


Figura 5.15. Relé térmico de la bomba de filtrado A.

A diferencia del contactor la temperatura en el relé térmico se mantiene en la escala de los 50°C, teniendo una grafica casi en un nivel constante a pesar de la alta temperatura de la bomba, figura 5.15.

Tabla 5.17. Ambiente del CM-13.

HORA	TEMPERATURA (°C)
10:17 a.m	36
10:54 a.m	36,6
11:25 a.m	36
12:04 p.m	36,6
12:33 p.m	37,2
1:19 p.m	37,7
1:43 p.m	38,1
2:28 p.m	37,5
3:05 p.m	36,7
4:04 p.m	36,2

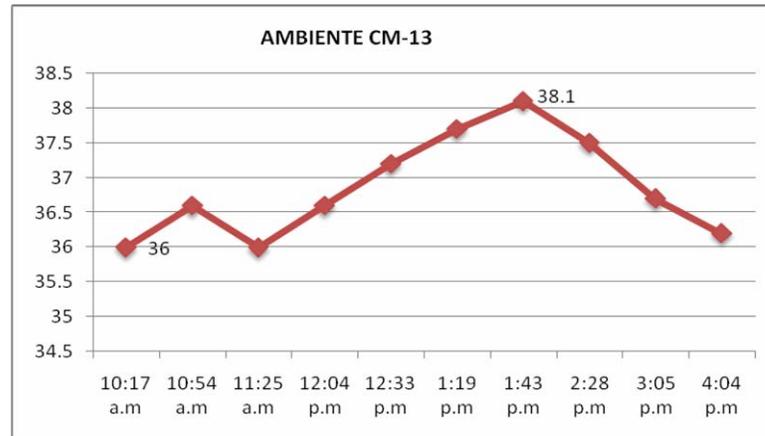


Figura 5.16. Ambiente CM-13.

En la figura 5.16 se observa que aunque este cuarto presenta un espacio más grande, la acumulación de calor en él no es muy diferente a físico la evaluada en el CM-08, los motores encontrados están diseñados para soportar una temperatura de 35°C las de 3hp marca SPA, los de 10hp, 15hp marca SIEMENS una temperatura de 15/40 °C los cuales trabajan con una temperatura que sobrepasa la permitida en sus placas, 72.1°C, 71,2°C, 72.7°C Y 61.1°C respectivamente las bombas de 3hp en comparación a la del CM-08 sus valores son mucho más elevados y las de 10 hp y 15 hp se tornan un poco más bajas sus medidas por encontrarse éstas cerca de la salida del cuarto pudiendo pegarles el aire natural.

Las condiciones de trabajo en este cuarto son las mismas que en todos los cuartos, la única diferencia, es su tamaño que en comparación con el resto es mucho más amplio.

#### **5.1.4.- Mediciones de Temperatura en el CM-13 en un día no Laborable en el Parque.**

Así como se tomaron mediciones en un día laborable también se hicieron en un día no laborable para poder hacer la comparación del comportamiento de los equipos cuando están generando calor por su funcionamiento y cuando no lo generan por estar en un estado fuera de servicio. En esta vez se tomaron mediciones solo a los dos motores de las bombas de filtrado de 3 hp cada una, así como a el contactor y el relé térmico pertenecientes a una de las bombas de 3hp. Estas mediciones fueron tomadas el 28 de octubre del 2009, día en el cual el parque se encontraba inactivo, es decir este día no prestaba servicio al público. Estas mediciones se muestran en las tablas 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, correspondiente al motor de la bomba de filtrado A, motor de la bomba de filtrado B, contactor de la bomba de filtrado A, relé térmico de la bomba de filtrado A, y ambiente del CM-013, respectivamente. Se muestran las tablas seguidas de las figuras pertenecientes a las mismas representadas por las figuras 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, donde se observan la variación de la temperatura con respecto a la hora a la cual fueron tomadas las muestras respectivamente.

Tabla 5.18. Motor de la bomba de filtrado A.

<b>HORA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
9:44 a.m	57,9
10:38am	67
11:19a.m	67,5
11:50a.m	63,6
1:27 p.m	67,3
2:25 p.m	62,1
3:30 p.m	63,4
4:20 p.m	63,7

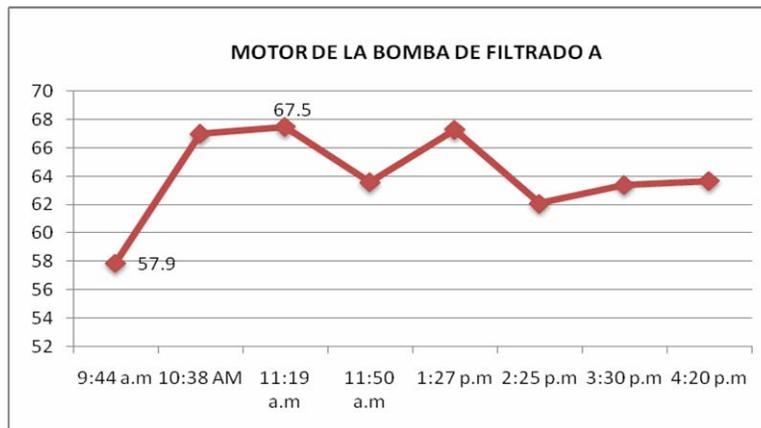


Figura 5.17. Motor de la bomba de filtrado A.

En la figura 5.17 se observa que a pesar de que disminuye un poco la temperatura con respecto a el día en que todas las bombas están en funcionamiento no deja de tener una temperatura fuera de sus rangos, donde la grafica nos muestra que se eleva hasta un valor de 67,5°C y comienza a dar saltos en intervalos de minutos y dependiendo de la hora encontrada.

Tabla 5.19. Motor de la bomba de filtrado B.

HORA	TEMPERATURA(°C)
9:44 a.m	66,1
10:38 am	66,5
11:19 a.m	67,1
11:50 a.m	61,7
1:27 p.m	62,2
2:25 p.m	60,5
3:30 p.m	61,9
4:20 p.m	62

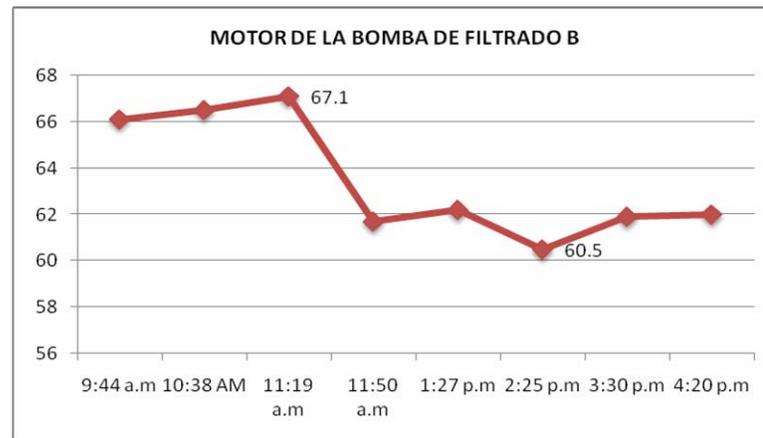


Figura 5.18. Motor de la bomba de filtrado B.

En la figura 5.18 se observa que la grafica comienza con un valor alto comienza a disminuir su temperatura mientras pasa el tiempo, esto se puede deber a que el sol comienza a bajar y sus rayos solares ya no son tan calientes como a la hora pico, de igual manera estos motores sufren una variación de temperatura que les afecta en su funcionamiento.

Tabla 5.20. Contactor de la bomba de filtrado A.

Hora	Temperatura (°C)
9:40 a.m	51,9
10:35 a.m	52,8
11:15 a.m	54,5
11:45 a.m	41,3
1:21 p.m	37,8
2:22 p.m	37,5
3:26 p.m	37,5
4:15 p.m	36,7

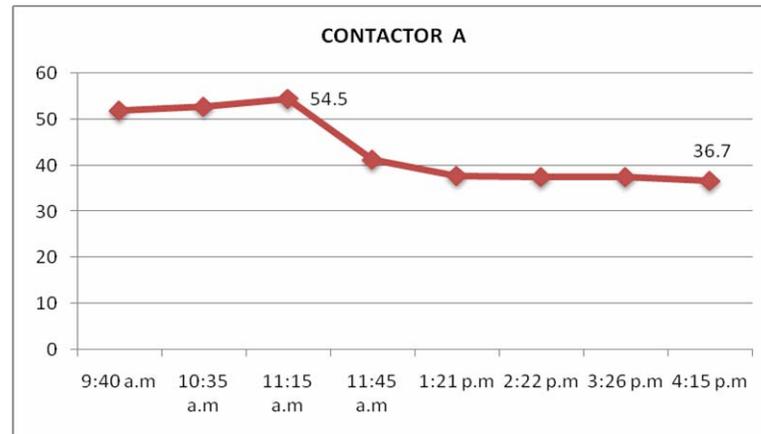


Figura 5.19. Contactor d la bomba de filtrado A.

En la figura 5.19 se observa que el calor a que están expuestos estos componentes eléctricos es muy elevado para su fabricación soportada, como se muestran en las figuras correspondientes a cada equipo eléctrico no se encuentran dentro de un valor de su rango de temperatura soportada y esto podría costar la vida de los equipos. Por lo menos mientras solo funcionan dos bombas el contactor logra enfriarse un poco y se logra mantener por debajo de los 40°C que es lo que soporta según su fabricación.

Tabla 5.21. Relé térmico de la bomba de filtrado A.

Hora	Temperatura (°C)
9:42 a.m	44,5
10:37 a.m	43,6
11:17 a.m	46,4
11:47 a.m	38,8
1:24 p.m	37,5
2:23 p.m	37,4
3:28 p.m	37,3
4:17 p.m	36,1

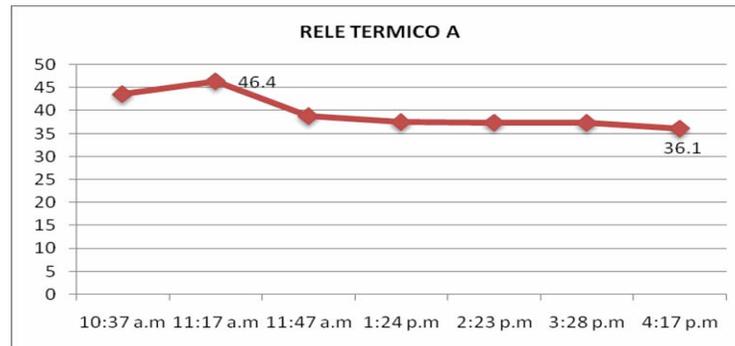


Figura 5.20. Relé térmico de la bomba de filtrado A.

La figura 5.20 muestra la variación de temperatura en un día del relé, iniciando con una temperatura de 44,5°C continua hasta una máxima de 46,4°C y se disminuye hasta llegar a los 40°C llegando a 36,1°C. Puede ser debido a que hay un poco menos de calor en el cuarto o que debido al transcurrir de las horas el ambiente se torna más fresco.

Tabla 5.22. Ambiente del CM-13.

Hora	Temperatura(°C)
9:47 a.m	34,7
10:40 a.m	35,3
11:22 a.m	36,1
11:52 a.m	35,2
1:30 p.m	35,7
2:31 p.m	35,9
3:36 p.m	36,4
4:25 p.m	36,8

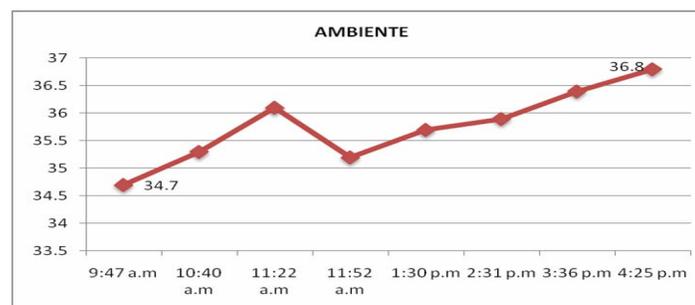


Figura 5.21. Ambiente del CM-13.

Con las dos bombas de 3hp en funcionamiento la temperatura de dichos equipos no logra establecerse en su valor nominal de placa, pues estos son similares a los tomados con todas las bombas encendidas.

Aunque este cuarto es de grandes dimensiones comparando con los del río lento, presenta también elevadas temperatura. La figura 5.21 muestra como se incrementa la temperatura de manera rápida. Se destaca que además de la alta temperatura presenta humedad en las paredes producto de filtraciones.

#### **5.1.5.- Mediciones de Temperatura en la Subestación-01.**

Luego de realizar el estudio de los cuartos de maquinas CM-08 y CM-13, se tomaron mediciones de temperatura en la subestación 01.

En esta subestación se encuentran en funcionamiento dos plantas generadoras para suministro de energía del parque de agua. En la tablas 5.23, 5.24, 5.25, se muestran los valores de temperatura en los generadores 01 y 02 y del medio ambiente de la subestación 01, seguidas por las figuras 5.22, 5.23, 5.24 que representan las graficas de los valores mostrados en las tablas respectivamente.

Como se puede mostrar en las figuras 5.22 y 5.23, representa a los generadores los valores disminuyen a medidas que aumenta el tiempo, esto muestra que mientras más temprano sea la temperatura en los generadores se incrementan afectando los años de vida de dichos equipos, según su placa de fabricación la temperatura que soporta estos equipos es de 27°C lo cual está muy por debajo de los valores tomados

Tabla 5.23. Generador 1.

HORA	TEMPERATURA(°C)	
2:22 p.m	95,1	
2:35 p.m	95,2	
2:42 p.m	93,6	
2:50 p.m	91,7	
3:00 p.m	90,8	
3: 20 p.m	90,5	
3:33 p.m	89,9	
3:41 p.m	88,9	
3:50 p.m	89,5	
4:00 p.m	90	Apagado
4:10 p.m	87	Apagado
4:20 p.m	85,6	Apagado

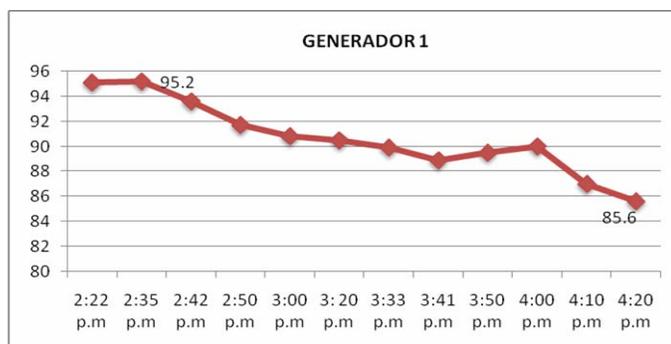


Figura 5.22. Generador 1.

Tabla 5.24. Generador 2.

HORA	TEMPERATURA (°C)	
2:22 p.m	97,8	
2:35 p.m	94,6	
2:42 p.m	95,6	
2:50 p.m	92,1	
3:00 p.m	92,1	
3: 20 p.m	91,5	
3:33 p.m	90,1	
3:41 p.m	88,2	
3:50 p.m	89	
4:00 p.m	90,1	Apagado
4:10 p.m	88,9	Apagado
4:20 p.m	86,2	Apagado

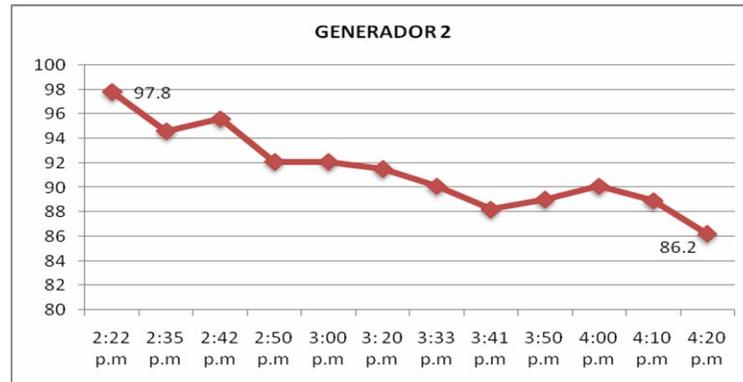


Figura 5.23. Generador 2.

Tabla 5.25. Ambiente de la subestacion-01.

HORA	TEMPERATURA(°C)	
2:22 p.m	32	
2:35 p.m	31	
2:42 p.m	29	
2:50 p.m	29,5	
3:00 p.m	30,1	
3: 20 p.m	30,5	
3:33 p.m	29,8	
3:41 p.m	31,1	
3:50 p.m	30,8	
4:00 p.m	31,1	Apagado
4:10 p.m	30,5	Apagado
4:20 p.m	30,4	Apagado

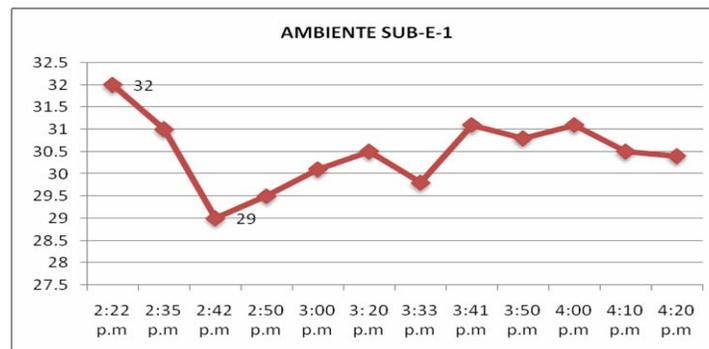


Figura 5.24. Ambiente de la subestación 01.

El gran incremento de temperatura es debido a muchos factores externos que afectan directa o indirectamente, a pesar de que la subestación tiene ventilación, el tubo de escape de los generadores se encuentra bloqueado por una pared la cual hace que el calor expulsado por los generadores se devuelvan hacia ellas mismas aumentando el sobrecalentamiento de los generadores. Ver figura 5.25. A la hora de una evaluación esto significa un problema de índole mayor ya que los circuitos eléctricos se pueden al igual que los generadores sobrecalentar generando una explosión que sería un daño grave ya que tendría pérdida de material, económicas y quizás hasta humano aunado a esto hay que tomar en cuenta la existencia de un filtro de gasoil cerca de la subestación lo cual quiere decir que se debe tener la mayor precaución al momento de cualquier accidente. Se puede notar también que a cuando las plantas se encuentran apagadas las temperaturas disminuyen.



Figura 5.25. Tubo de Escape de uno de los generadores.

Por otro lado se tomaron muestras de la temperatura del ambiente de la subestación la cual se muestra en la figura 5.24 variando desde 32°C a 29°C que comparado con la temperatura del cuerpo humano que es de 37°C (98,6° F) lo normal los valores tomados es muestra clara del ambiente caluroso de la subestación creando una incomodidad total a la hora de realizar cualquier trabajo en ella.

### 5.1.6.- Mediciones de Temperatura en la Subestación-02.

En la subestación 02 se tomaron las mediciones de temperatura de los dos transformadores secos que ahí se encuentran, así como, se tomaron valores de temperaturas del ambiente de la subestación 02. Se aprovecho la existencia de los transformadores secos en el lugar para su comparación con los ubicados en el edificio de administración y en el cuarto de máquina de piscina de olas. En la tablas 5.26, 5.27, 5.28, se muestran los valores de los transformadores secos y del ambiente de la subestación-2, así como sus respectivas graficas.

Tabla 5.26. Transformador seco A.

HORA	TEMPERATURA (°C)
2:15 p.m	41,5
2:30 p.m	42,9
2:40 p.m	44,8

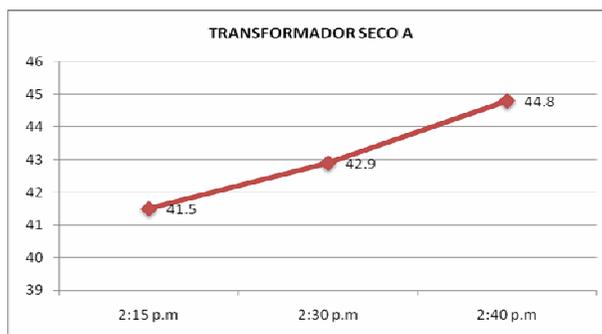


Figura 5.26. Transformador Seco A.

Tabla 5.27. Transformador seco B.

Hora	Temperatura (°C)
2:16 p.m	41,2
2:31p.m	41,8
2.41 p.m	42

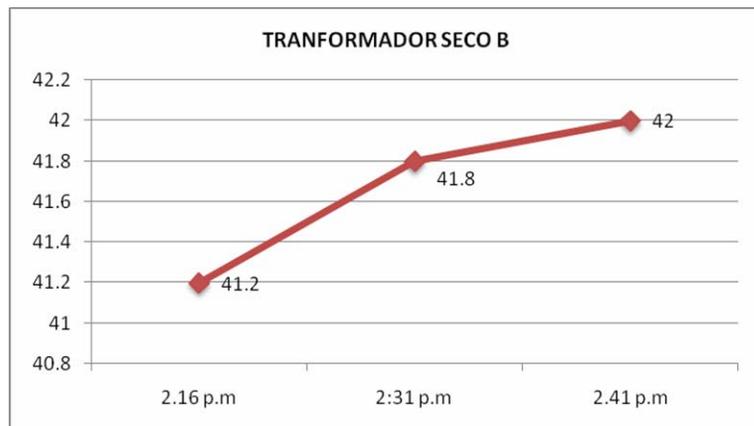


Figura 5.27. Transformador Seco B.

Tabla 5.28. Ambiente de la subestación 02.

Hora	Temperatura (°C)
2:25 p.m	37,2
2:37 p.m	36,9
2:45p.m	37,1

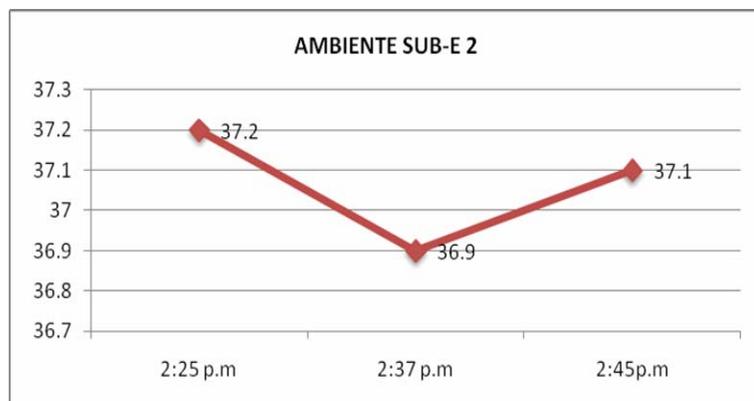


Figura 5.28. Ambiente de la subestación 02.

Los valores de temperatura del ambiente de la subestación se encuentran dentro de un rango aceptable tanto para el cuerpo humano como para los equipos, mientras que los valores de los transformadores también ya que este tipo de transformadores resisten temperaturas elevadas.

### 5.1.7.- Mediciones de Temperatura en los Transformadores.

Se tomaron dos transformadores secos para tomar mediciones de temperatura y ver como se encuentran estos equipos ubicados a una distancia alejada uno del otro, uno se encuentra en el edificio de administración y el otro se encuentra localizado en el cuarto de máquina de piscina de olas es por ellos sus abreviaciones CMO Y ADM. En la tablas 5.29, 5.30, se muestran los valores de temperatura del transformador seco CMO, y del transformador seco ADM respectivamente cada una ilustradas con sus graficas.

Tabla 5.29. Transformador Seco CMO.

HORA	TEMPERATURA(°C)
10:15 AM	74,6
10:30 AM	78,3
10:45 AM	81,5
11:00 AM	81,9
11:20 AM	82,3
11:35 AM	85,2
11:50 AM	87,9
12:00 PM	89,9
12:20 PM	92,5
12:35 PM	92,8
12:47 PM	93,1
1:10 PM	94,5

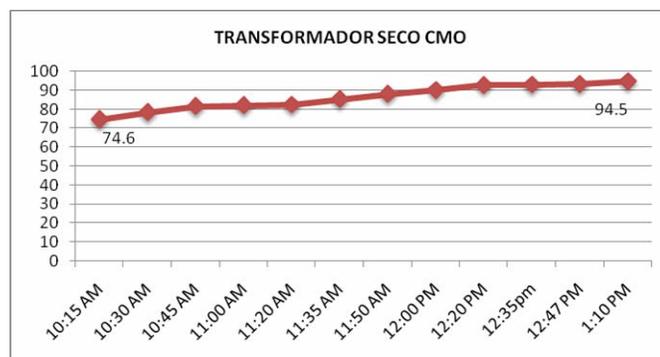


Figura 5.29. Transformador Seco CMO.

Tabla 5.30. Transformador Seco ADM.

HORA	TEMPERATURA(°C)
10:17 AM	34,2
10:22 AM	34,9
10:33 AM	35,1
11:10 AM	35,7
11:28 AM	36,8
11:41 AM	37,9
12:10 PM	38,7
12:29 PM	39,9
12:41 PM	41,2
13:15 PM	40,1

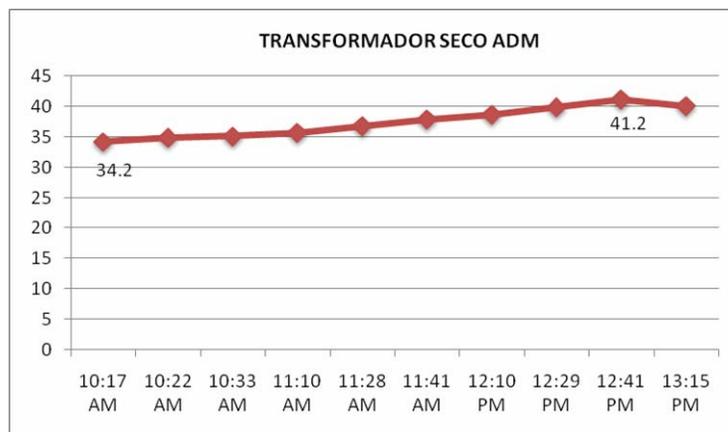


Figura 5.30. Transformador Seco ADM.

Los transformadores encontrados en la subestación dos se encuentran en un rango regular de su temperatura nominal, en cambio el estudio de los otros dos transformadores demuestra que el transformador ubicado en el cuarto de maquinas de olas (CMO), se mantiene en un valor de temperatura muy alta como lo muestra la tabla 5.29, debido a la cantidad de equipos eléctricos que ahí se encuentran generando la mayor cantidad de calor posible. El transformador encontrado en el edificio de administración (ADM), su temperatura no excede tanto ya que este se encuentra ubicado en un lugar más fresco y ventilado.

Los transformadores tipo seco están fabricados en láminas de acero de primera calidad para resistir altas temperaturas y auto extinguibles, reduciendo así a un mínimo los riesgos de incendio y propagación del mismo. La subestación en la que se emplean transformadores secos es más compacta, sencilla y segura, al no requerir bóveda y fosa para la preservación del líquido aislante evitando así riesgos de contaminación e incendio.

## **5.2.- ANÁLISIS DE TEMPERATURAS.**

Según la norma 430.14 del código eléctrico nacional dice que los motores deben estar situados de modo que tengan ventilación adecuada y que el mantenimiento pueda realizarse fácilmente.

De acuerdo a lo establecido esta norma no aplica en los cuartos de maquinas del parque de agua Kariña ya que los motores no cuentan con un espacio adecuado para su mantenimiento y menos con una ventilación adecuada.

Debido a la ubicación de estos cuartos las temperaturas son muy altas por el reflejo del sol y sumado al calor proporcionado con el trabajo de los motores, el calor es incrementado a grande escala ya que estos cuartos no cuentan con una ventilación adecuada. Estas altas temperaturas degradan la vida de los equipos encontradas en los cuartos. Es claro que al momento de la construcción de estos cuartos no se tomo en cuenta el clima caluroso de la zona donde se encuentra ubicado el parque.

El recalentamiento ocasionado por sobrecargas, fallas en el arranque y el ambiente donde se encuentran los motores no ayudan en nada en su funcionamiento pues los motores con protección de disparo de un motor protegido térmicamente no puede exceder los porcentajes de temperatura indicadas en la placa, según la norma 430.32 disposición (2) del código eléctrico nacional, y por las muestras tomadas los

valores de temperaturas de estos motores superen en más del 5% su temperatura nominal.

Los contactores están encargados de establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto las bobinas se energicen, es por ello que mientras más elevadas sean las temperaturas corren el riesgo de dispararse e incluso llegar a quemarse. Los valores tomados son demasiados elevados para los soportados por dicho contactores.

Los relés térmicos son elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

La mayoría de disyuntores termomagnéticos y contactores generan calor por poseer en los primeros pérdidas por joule en el bobinado y pérdidas parasitas en el fierro y en los disyuntores pérdidas por joule en los elementos calefactores.

Debe existir una ventilación a fin que la temperatura no se eleve y mande desconexiones fortuitas. Entendiéndose que las curvas de disparo serán modificados a temperaturas mayores por lo sé necesitara un ajuste más alto. Se debe buscar la manera de que un flujo de aire llegue hasta los elementos y los enfríe.

Cuando se detecta temperaturas en este tipo de aparatos se debe de revisar que los puntos de contacto estén limpios y que estos cierren bien y además se debe de revisar las conexiones de los conductores en los bornes que no estén flojos mucha de las causas de calentamientos es por conexiones flojas, además estos equipos deben de tener buena ventilación y deben de estar calculados para la carga a la cual trabajan.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL**

Este capítulo contempla las propuestas y mejoras que se hacen para mejorar el sistema eléctrico y de control del parque de agua Kariña.

#### **6.1.- PROPUESTAS.**

##### **6.1.1.- Sistema Eléctrico.**

Para mejorar el funcionamiento del sistema eléctrico del parque de Agua Kariña se deberán tener en cuenta las siguientes propuestas:

- Hacer una ventilación forzada que permita la entrada y salida de aire, recirculación de aire en el interior para todos los cuartos de maquinas de modo que el calor generado en ellos se disipe y los equipos no tengan acumulación de dicho calor y humedad por condensación.
- Instalar extractores en las subestaciones y ventanas que mejoren la ventilación, con el fin de disipar el calor existente y ayudar a alargar la vida útil de los generadores y equipos eléctricos. En las figuras 6.1 y 6.2 se muestra la ubicación de la ventana y salida de los tubos en la subestación 01.
- Las canalizaciones interiores de las subestaciones eléctricas 01 y 02 presentan acumulación de agua, lo que puede dañar a largo plazo el aislamiento de los conductores eléctricos, llegando a producir corto-circuitos eléctricos. En la figura 6.3 se muestra la propuesta de instalación del drenaje necesario para las

subestaciones para evitar acumulación de agua, aceite y combustible en las canalizaciones eléctricas internas, producto del mantenimiento y filtraciones exteriores.



Figura 6.1. Ubicación de la ventana nueva, para mejorar ventilación en Subestación 1.



Figura 6.2. Colocación de curva menor de 45o la tubería pasa por encima de la pared

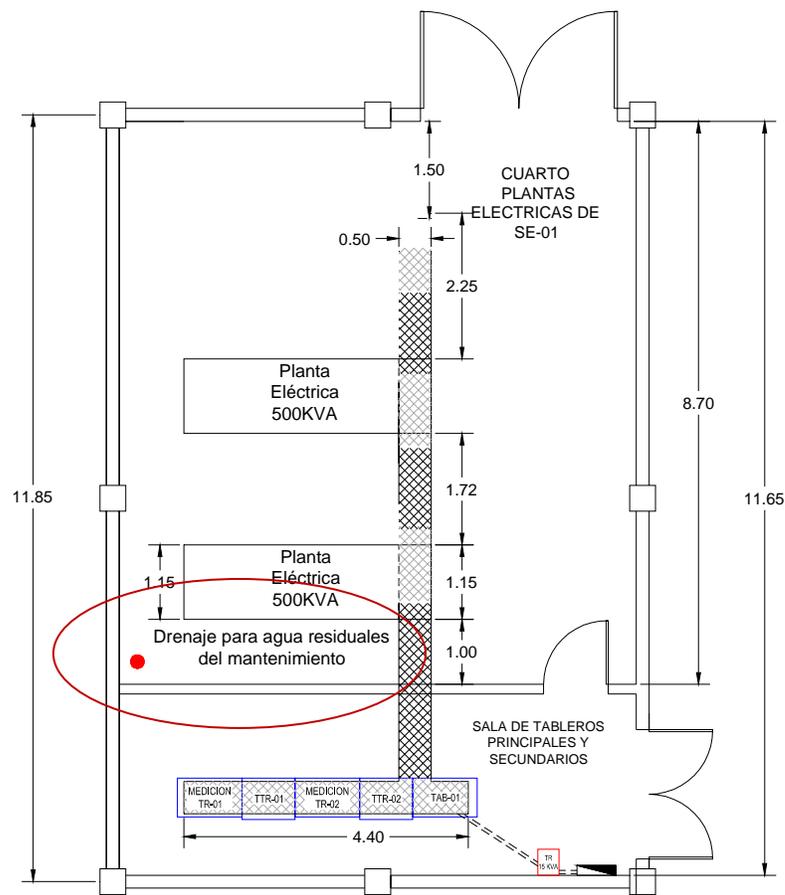


Figura 6.3. Ubicación drenaje para evitar acumulación de agua

- Mejorar las bases y anclajes de las bombas existentes y considerar el anclaje de las bombas nuevas a instalar en cuartos de filtrado e impulsión, para evitar vibraciones en las bombas que dañen rodamientos y disminuyan la vida útil de los motores eléctricos. Deberá tenerse en cuenta que las bases de las bombas deben ser en concreto vaciado con soporte en cabilla y el anclaje de las bombas deberán ser con pernos, que ajusten a las bombas y llegue hasta la base de concreto, con una protección entre la bomba y la base de material polimérico que permita un amortiguamiento adecuado.

- Hacer manuales con el nuevo mecanismo de funcionamiento de las bombas para capacitar al equipo de trabajo y así evitar algún inconveniente al momento de manipular el sistema automatizado.
- Se propone la adquisición de un nuevo transformador para instalación de futuras cargas eléctricas, debido que los que están ya están trabajando a su nivel máximo y su reserva a quedado al 2%, lo cual no es adecuado para expansiones futuras.
- Cambiar la ubicación actual de tres pararrayos a una altura superior a los techos de las estructuras de los toboganes para mayor protección contra descargas atmosféricas. Estos pararrayos corresponden al ubicado en los Toboganes de velocidad, al ubicado en estructuras de salida de torbellino de balsa. La altura que deben tener es de 2 metros por encima de los techos de las estructuras y el último pararrayo es el ubicado en poste al Nor-Este del restaurante principal, se deberá colocar por encima de la punta del techo de la churuata.
- Instalar un arrancador suave para el motor de la turbina del cuarto de maquinas de olas, para disminuir la corriente de arranque del motor- La disminución de la corriente de la turbina mejorará el funcionamiento del generador de la subestación 01.

#### **6.1.2.- Sistema de Control.**

- Usar protecciones mecánicas en las instalaciones de las bombas, en la succión y descarga de las bombas. En la descarga de las bombas deberá instalarse un presostato por baja presión después de la válvula de salida para evitar roturas de tuberías por funcionamiento de las bombas por válvulas cerradas.

- Hacer un tablero de control general en donde se puedan manipular todos los cuartos con sistema de alarmas para cualquier falla o inconveniente y así evitar por factor tiempo cualquier accidente.
- La automatización completa de todo el sistema de bombeo del parque así se evitaría y se ahorrarían muchos daños físicos y monetarios.
- Identificar con etiquetas no removibles todas las válvulas instaladas para su mejor manipulación.

## **6.2.- RECOMENDACIONES TECNICAS DE FUNCIONAMIENTO**

### **6.2.1.- Sistema Eléctrico.**

- Organizar y distribuir las cargas de manera balanceada para que las líneas de salida del transformador y generador funciones de manera equilibrada, evitando el calentamiento de conductores y la sobrecarga de los equipos.
- Poner ventilación para que los equipos y componentes eléctricos trabajen en condiciones nominales y el personal que labora tenga un ambiente agradable y digno del ser humano.
- Extensión del tubo de escape de las plantas eléctricas las cuales ayuda a disminuir la temperatura en la subestación.
- Evitar la vibración en los motores para evitar daños en los rodamientos de los motores debidos a la falta de anclajes y pedestales de soporte de los motores.

- Para proporcionar un uso racional de energía en los generadores y transformadores, deberán realizarse arranques secuenciales de los equipos que consumen mayor potencia, para evitar que existan picos de potencia. El arranque de motores simultáneos perjudica técnicamente el funcionamiento de los generadores eléctricos de las subestaciones 01 y 02.

#### **6.2.2.- Sistema de Control.**

- Con la instalación de sensores de presión o presostatos se evitara inundaciones en los cuartos de máquina, producto de roturas de tuberías de descarga y succión en las bombas.
- La instalación de un arrancador suave en la turbina del cuarto de olas mejorara la estabilización y el buen funcionamiento del motor de 100hp.
- Centralizar la automatización del control de las bombas de las atracciones, mejorará el funcionamiento de todo el sistema del parque de agua Kariña, controlando desde un solo punto el sistema se evitara muchos contra tiempos y permitirá el monitoreo de todos los problemas eléctricos y mecánicos del funcionamiento de las atracciones.
- Se recomienda la capacitación de todo el personal que interviene en el proceso del sistema de bombeo. Lo cual permitirá lograr el buen manejo del sistema sin ningún peligro de accidentes.

## CONCLUSIONES

Luego de realizado la actualización del sistema eléctrico y de control del parque de agua Kariña, se concluye lo siguiente:

1. El sistema eléctrico del Parque de Agua Kariña se actualizó teniendo en cuenta la incorporación de cargas eléctricas, tales como, bombas de filtrado e impulsión, cavas para la refrigeración de alimentos, plantas de tratamiento de aguas negras y planta de tratamiento de aguas para el consumo de las personas, así como, otras cargas como aires, iluminación y bombas de menor potencia.
2. Con la incorporación de las cargas eléctricas al sistema eléctrico actual se realizaron los cambios correspondientes a los diagramas unifilares y se realizó el análisis de cargas nuevo, el cálculo de las protecciones y los conductores de las bombas de filtrado e impulsión, así como también, de los cuartos eléctricos. Las bombas de impulsión y de filtrado son de 20hp a 480V y requieren protecciones eléctricas por sobrecorriente de 3x40A, el conductor eléctrico para estas bombas será calibre #8 AWG, a 600V con aislamiento tipo TTU resistentes a la humedad y a temperatura de 75°C, la caída de tensión para este conductor es de 0,295% que es menor del 3%, normalizado por las normas. Para los cuartos eléctricos de impulsión se requiere una protección eléctrica de 3x70A y el conductor será de #2 AWG, TTU a 600V, las caídas de tensión son de 1.46%, 2.19% y 2.74% para los cuartos 1, 2 y 3 respectivamente, menores de 3%, normalizado por las normas.
3. Los sistemas de control permiten el uso adecuado de las bombas en las diferentes atracciones, la independización de las bombas de achique es un punto importante, debido a que esto permitirá el funcionamiento de las atracciones, aún estando las bombas de achique en funcionamiento. En la piscina de olas es necesario la

incorporación de un arrancador suave para disminuir la corriente en la turbina y mejorar el funcionamiento del generador en el momento del arranque.

4. Las protecciones de los motores no solamente deben ser eléctricas (relés térmicos, sobrecorriente, variaciones de voltaje o caída de fase), deberán incluirse protecciones mecánicas, que deberán incorporarse en el diagrama de control, previniendo roturas de tuberías por descuidos del personal o problemas de arranque de bombas con válvulas cerradas, como ha ocurrido anteriormente.
5. Con las simulaciones de flujos de carga y protecciones eléctricas del sistema eléctrico actual, se verificó que tanto el transformador como el generador de la subestación 02 se encuentran funcionando casi a un 100% de su capacidad nominal actual y los transformadores y generadores de la subestación 01 se encuentran funcionando casi a un 85% de su capacidad nominal actual. Sin embargo, las protecciones eléctricas y el dimensionamiento de las barras se encuentran funcionando adecuadamente.
6. La estructura física de los cuartos de maquinas y la falta de ventilación ocasiona aumentos de temperatura en equipos y componentes eléctricos, los registros de temperatura en motores, transformadores y protecciones eléctricas excede el valor nominal de placa y las temperaturas permitidas por las Normas Eléctricas, como es el Código Eléctrico Nacional. Para esto se debe diseñar un sistema de ventilación forzada que permite el flujo y recirculación de aire en los cuartos de maquinas y subestaciones eléctricas.
7. Las altas temperaturas registradas en equipos eléctricos no solamente afectan el funcionamiento de los mismos, sino también, conducen a la corrosión de sus partes conductoras internas y externas, además de las edificaciones del parque.

8. En cuanto a las subestaciones eléctricas se deberá evitar que el humo del tubo de escape de los generadores se devuelva hacia los radiadores, produciendo que los radiadores se llenen de sucio e impidiendo su buen funcionamiento.
9. Este trabajo permitirá el desarrollo de otros trabajos de grado acordes al tema, será una base de datos que permita conocer y mejorar las condiciones de operación de los sistemas eléctricos y de control de una empresa de este o de otro tipo.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un programa de simulación que tenga una base de datos, con respecto a los componentes y elementos de los sistemas eléctricos más generales, y no solamente incluir componentes utilizados en la industria petrolera.
- Se recomienda realizar un estudio de la vida útil de los equipos eléctricos con referencia a las altas temperaturas de operación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cuenca A. y Salt J., “Automática Industrial y Control”. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. (2008).
- Código Eléctrico Nacional. FONDONORMA 200, 7a. Revisión, Venezuela. (2004).
- Duarte R y Masciopinto J., “Estudio y diseño de la alimentación eléctrica y sistema de control de motores para compresores de bombeo de cemento”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (1998).
- Fouille A., “Modulo cuatro instalaciones eléctricas y automatismo, U.D.6 El autómatas Programable”. Colombia. (1996).
- Gil H., “Actualización del sistema Eléctrico de potencia y control de una planta procesadora de maíz”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (1999)
- Hernández E., “Normas de Diseño”. Venezuela. (1985).
- Harper E., “Protección de instalaciones eléctricas, industriales y comerciales”. Editor Limusa. 2ª Edición. México. (2003).
- Katsuhiko O., “Sistema de Control”. Primera Edición. México. (1995).
- Larese de Santo S., “Diseño de un relé inteligente para el control de la transferencia de barras en subestaciones eléctricas con secundario selectivo”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (1994).

- Méndez Z., “Instalaciones Eléctricas”. Guía. España. (1999).
- Montoya C., “Bombeo y Ventilación”. Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín. Colombia.. <http://www.si3ea.gov.co/Eure/10/inicio.html>. (2009).
- Muñoz Y., “Estudio del comportamiento del sistema de generación de la planta de generación eléctrica Budare-Pdvsa distrito san tomé, estado Anzoátegui”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (2010).
- Penissi O., “Canalizaciones Eléctricas Residenciales”, Decima Edición. Venezuela. (2006).
- Pérez J., “Sistema Eléctrico Industrial”. Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín. Colombia. <http://www.si3ea.gov.co/Eure/2/inicio.html>. (2007).
- Prado A., “Ingeniería Básica y Conceptual de un sistema eléctrico de potencia y control para la operación de motores asincrónicos de 1100Hp a 6.6 Kv en el área de bombeo de una planta hidrológica”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (2009).
- Square D, “Transformadores grandes y pequeños”. México. (2008).
- Tosatado M., “Transformadores Características Generales”. Venezuela. (2009).
- Tosatado M., “Funcionamiento de los relés de Protección”. Venezuela. (2010).
- Velásquez M., “Evaluación de los motores eléctricos de inducción alimentados a 460 VAC”. UDO. Escuela de Ingeniería Eléctrica. (2008)

**ANEXO A.- DIAGRAMA UNIFILAR ACTUALES DE LA  
SUBESTACION 01 Y 02**

**A.1. Diagrama Unifilar Actual de la Subestación 01.**



**Anexo A.2. Diagrama Unifilar Actual de la Subestación 02.**



**ANEXO B.- DIAGRAMA UNIFILAR ACTUALIZADOS DE LA  
SUBESTACION 01 Y 02**

**B.1. Diagrama Unifilar Actualizado de la subestación 01.**

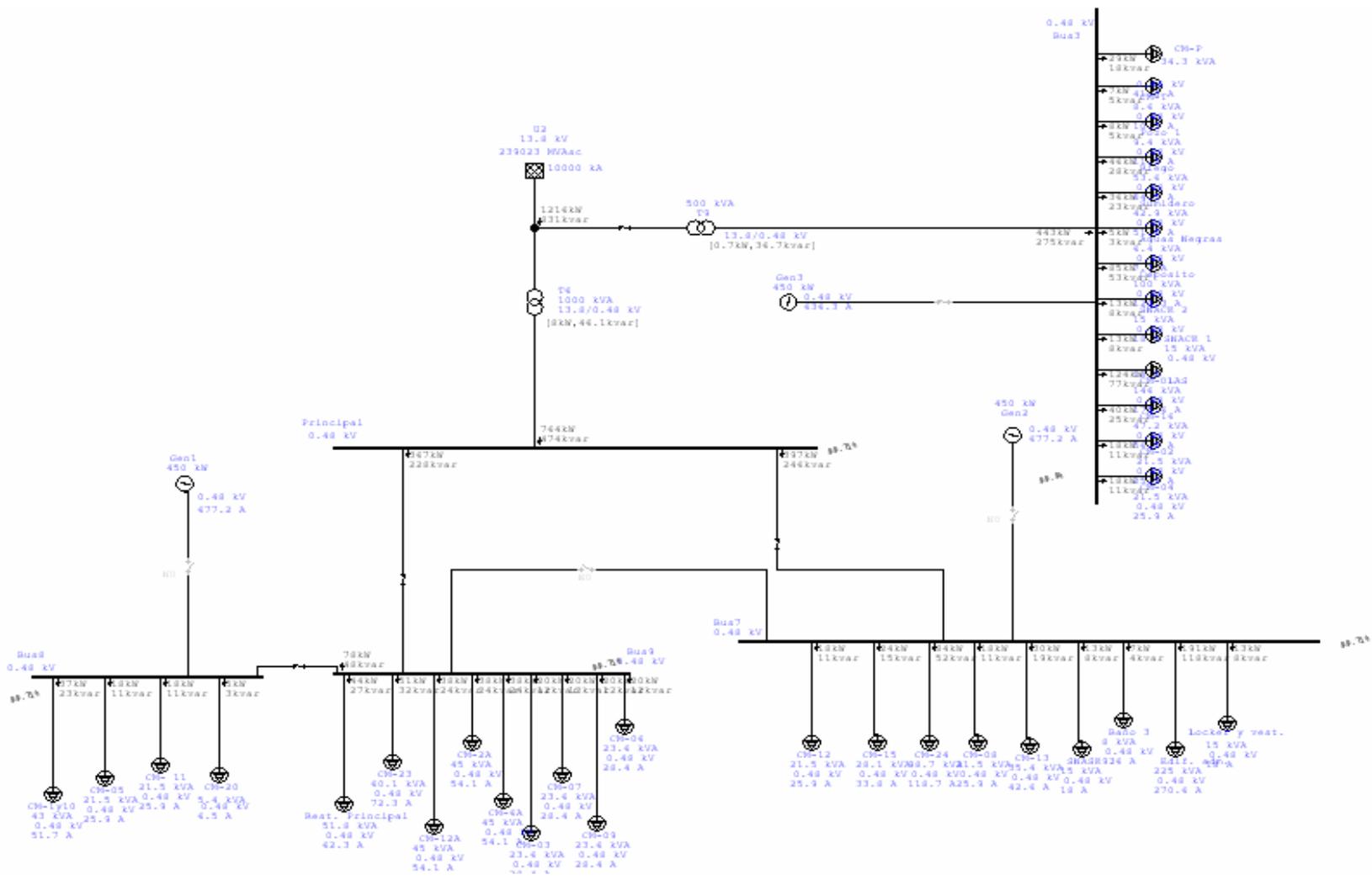


**Anexo B.2. Diagrama Unifilar Actualizado de la subestación 02.**

**ANEXO C.- REPORTES Y DIAGRAMA DE ANALISIS DEL  
FLUJO DE CARGA Y DE COORDINACION DE  
PROTECCIONES**



### Anexo C.1. Diagrama del Análisis del Flujo de Carga.





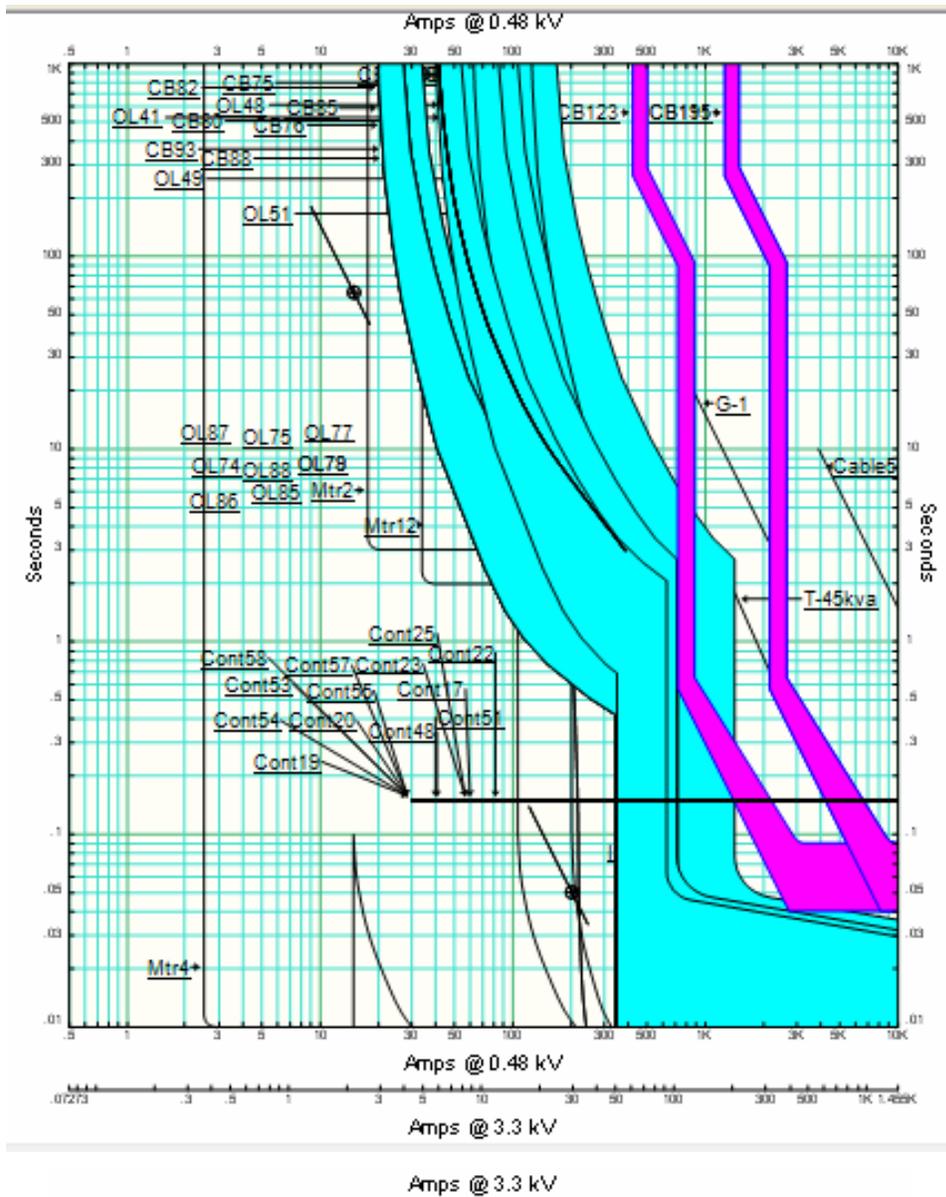






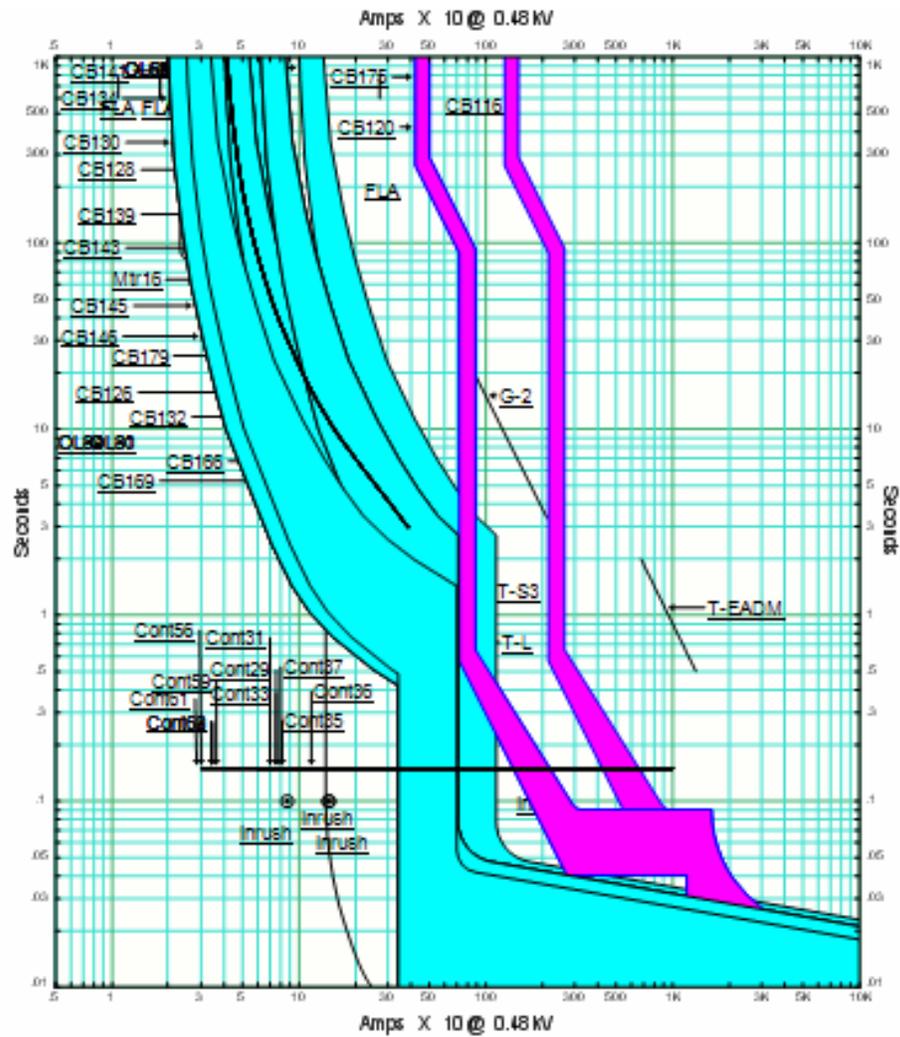


**Anexo C3. Graficas corriente-tiempo de la subestación 01**



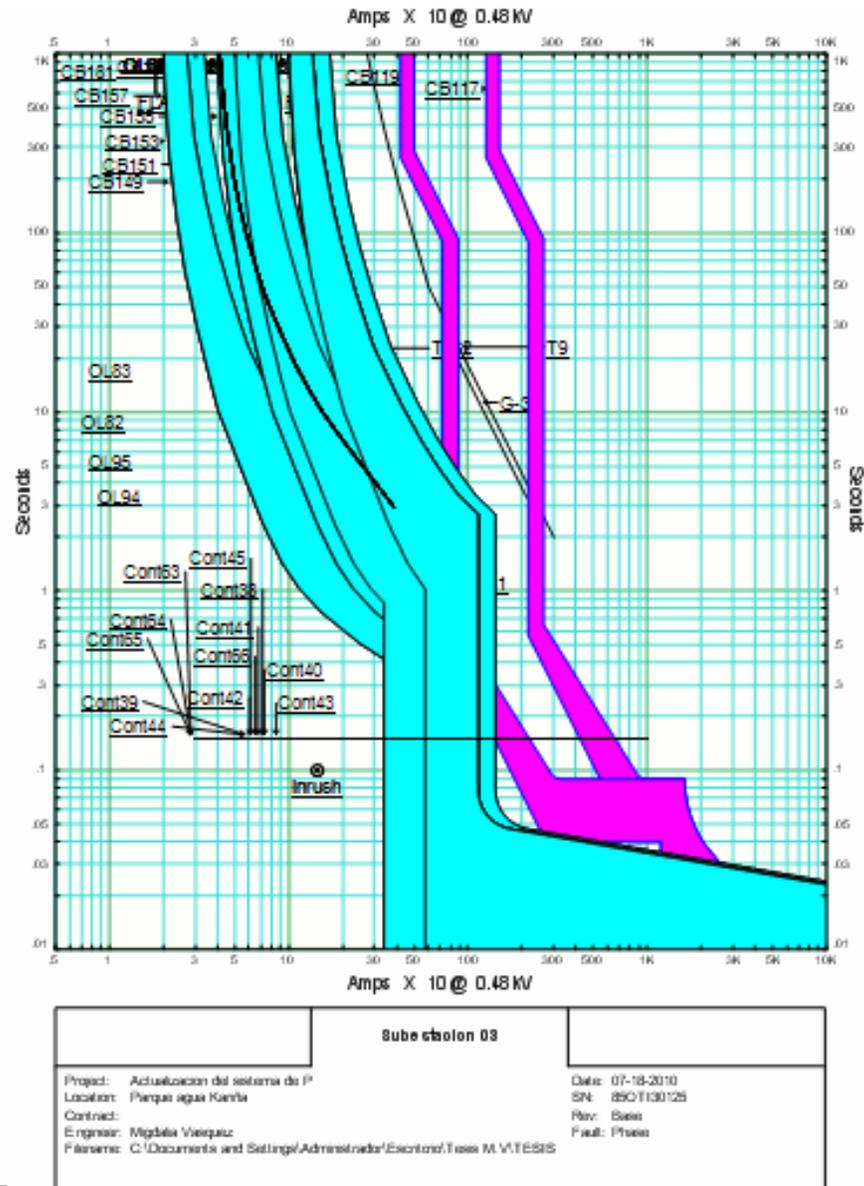
Subestacion 01		
Project: Actualizacion del sistema de P Location: Parque agua Kariba Contract: Engineer: Ngibela Vieguez File name: C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\Fase M VTESIS-V	Date: 07-18-2010 SN: 8501130125 Rev: Base Fault: Phase Circuit:	

Anexo C4. Graficas corriente-tiempo de la subestación 02

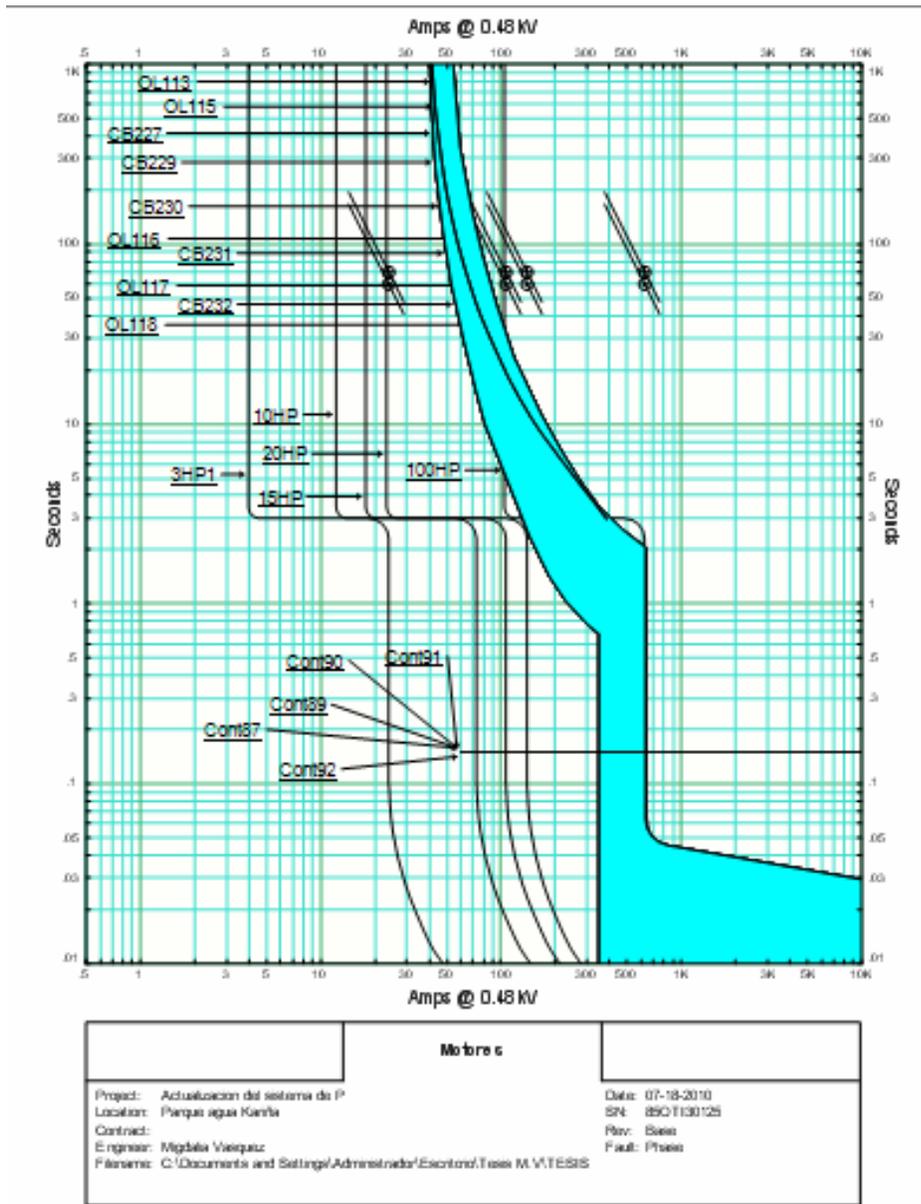


<b>Subestacion 02</b>		
Project: Actualizacion del sistema de P Location: Parque agua Kumbia Contract: Engineer: Migdalia Viquez File name: C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\Tareas M.V.T.E.S	Date: 07-18-2010 SR: 8507130125 Rev: Base Fault: Phase	

Anexo C5. Graficas corriente-tiempo de la subestación 03

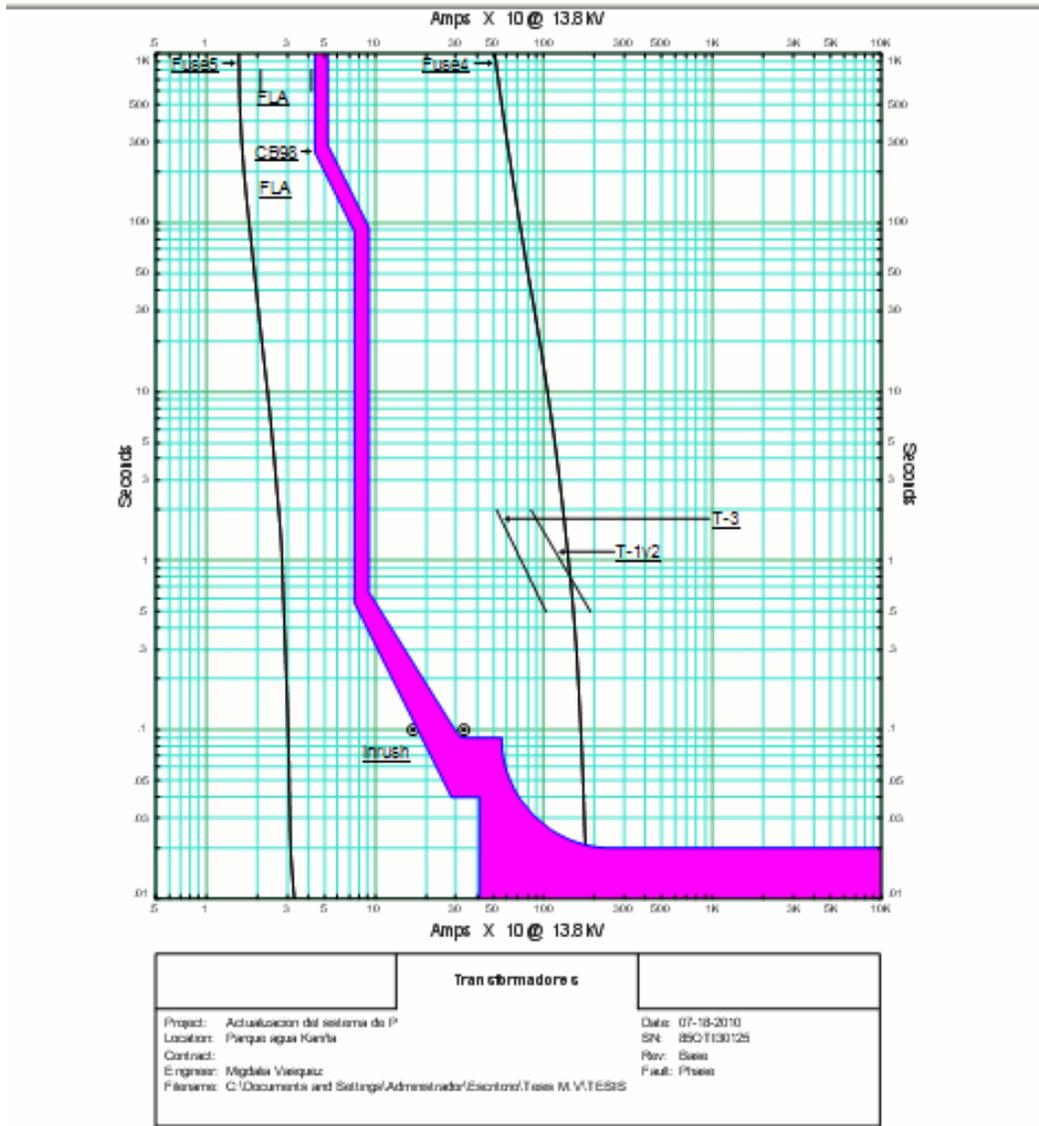


**Anexo C6. Graficas corriente-tiempo de los motores.**



Motores		
Project: Actualizacion del sistema de P Location: Parque agua Karla Contract: Engineer: Mg. Milla Velazquez Filename: C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\Fases M.V.TESIS		Date: 07-18-2010 SN: 8501130125 Rev: Base Fault: Fases

**Anexo C7. Graficas corriente-tiempo de los transformadores principales**



**ANEXO D.- TABLAS Y DATOS SACADOS DE LOS MANUALES  
DE LOS EQUIPOS**

**D.1. Tabla 430.150 del CEN. Corriente a Plena Carga en Amperios - Motores Trifásicos de Corriente Alterna**

Régimen en hp	Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla y Rotor Bobinado, (Amperios)						Factor de Potencia Unitario para Motores de Tipo Sincrónicos.* (Amperios)				
	115 V	200 V	208 V	230 V	460 V	575 V	2300 V	230 V	460 V	575 V	2300 V
¼	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9	□	□	□	□	□
½	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3	□	□	□	□	□
1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7	□	□	□	□	□
1½	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4	□	□	□	□	□
2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7	□	□	□	□	□
3	□	11,0	10,6	9,6	4,8	3,9	□	□	□	□	□
5	□	17,5	16,7	15,2	7,6	6,1	□	□	□	□	□
7½	□	25,3	24,2	22	11	9	□	□	□	□	□
10	□	32,5	38	28	14	11	□				□
15	□	48,3	46,2	42	21	17	□				□
20	□	62,1	59,4	54	27	22	□				□
25	□	78,2	74,8	68	34	27	□	53	26	21	□
30	□	92	88	80	40	32	□	63	32	26	□
40	□	120	114	104	52	41	□	83	41	33	□
50	□	150	143	130	65	52	□	104	52	42	□
60	□	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	□	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	□	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	□	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	□	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	□	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	□	□	□	□	302	242	60	□	□	□	□
300	□	□	□	□	361	289	72	□	□	□	□
350	□	□	□	□	414	336	83	□	□	□	□
400	□	□	□	□	477	382	95	□	□	□	□
450	□	□	□	□	515	412	103	□	□	□	□
500	□	□	□	□	590	472	118	□	□	□	□

\*Para factores de potencia de 90% y de 80 %, las cifras anteriores serán multiplicadas por 1,1 y 1,25, respectivamente.

**D.2. Tabla 310.16 del CEN. Ampacidades Admisibles de los Conductores Aislados para Tensiones Nominales de 0 a 2000 Voltios y 60°C a 90°C (140°F a 194°F) con No Más de Tres Conductores Portadores de Corriente en Una Canalización, Cable o Directamente Enterrados, Basadas en Una Temperatura Ambiente de 30°C (86°F).**

Calibre de los Conductores:  AWG/ kcmil	Régimen de Temperatura del Conductor (véase la Tabla 310.13)						Calibre de los Conductores:  AWG/ kcmil
	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	60° C (140°F)	75° C (167°F)	90° C (194°F)	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, M, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	<b>COBRE</b>			<b>ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE</b>			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14*	20	20	25	----	----	----	----
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
<b>FACTORES DE CORRECCION</b>							
Temp. Ambiente (°C)	Para Temperaturas Ambiente Distintas de 30°C, (86°F) : se Multiplican las Ampacidades Anteriores por los Factores Apropriadados Siguientes:						Temp. Ambiente (°F)
21 - 25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	70-77
26 - 30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	78-86
31 - 35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	87-95
36 - 40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	96-104
41 - 45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	105-113
46 - 50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	114-122
51 - 55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	123-131
56 - 60	----	0,58	0,71	----	0,58	0,71	132-140
61 - 70	----	0,33	0,58	----	0,33	0,58	141-158
71 - 80	----	----	0,41	----	----	0,41	159-176

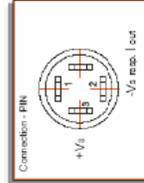
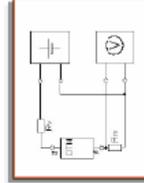
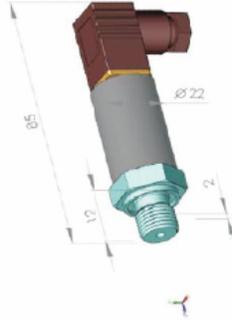
**D.3. Tabla 9 del CEN. Resistencia y Reactancia de Corriente Alterna (ca) para Cables de 600 Voltios, 3 Fases, 60 Hz, 75°C (167°F) - Tres Conductores Sencillos en Conducto.**

Cable (AWG o kcmil)	Ohmios al Neutro por KM															
	X <sub>1</sub> Reactancia de Conductores				Resistencia ca de Conductores				Impedancia Z Eficaz FF = 0,85 para Conductores de Aluminio							
	Ductos de PVC y Aluminio		Ductos de PVC y Aluminio		Ductos de PVC y Aluminio		Ductos de PVC y Aluminio		Ductos de PVC y Aluminio		Ductos de PVC y Aluminio					
14	0.190	0.240	10.2	10.2	3.1	3.1	-	-	8.9	8.9	2.7	2.7	-	-	-	-
	0.0538	0.073	3.1	3.1	-	-	-	-	2.7	2.7	2.7	2.7	-	-	-	-
12	0.177	0.223	6.6	6.6	2.0	2.0	10.5	10.5	3.2	3.2	1.7	1.7	9.3	9.3	2.8	2.8
	0.054	0.068	2.0	2.0	3.9	3.9	6.6	6.6	3.2	3.2	1.7	1.7	2.8	2.8	2.8	2.8
10	0.164	0.207	3.9	3.9	1.2	1.2	2.0	2.0	2.0	2.0	1.1	1.1	5.9	5.9	1.8	1.8
	0.050	0.063	1.2	1.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.1	1.1	1.8	1.8	1.8	1.8
8	0.171	0.213	2.56	2.56	0.78	0.78	4.3	4.3	1.3	1.3	0.69	0.69	2.30	2.30	1.1	1.1
	0.052	0.065	0.78	0.78	1.3	1.3	4.3	4.3	1.3	1.3	0.69	0.69	0.70	0.70	1.1	1.1
6	0.167	0.210	1.61	1.61	0.49	0.49	2.66	2.66	0.81	0.81	1.44	1.44	1.48	1.48	0.72	0.72
	0.051	0.064	0.49	0.49	0.81	0.81	2.66	2.66	0.81	0.81	1.44	1.44	0.45	0.45	0.72	0.72
4	0.157	0.197	1.02	1.02	0.31	0.31	1.67	1.67	0.51	0.51	0.95	0.95	0.98	0.98	0.46	0.46
	0.048	0.060	0.31	0.31	0.51	0.51	1.67	1.67	0.51	0.51	0.95	0.95	0.30	0.30	0.46	0.46
3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.25	0.25	1.31	1.31	0.41	0.41	0.75	0.75	0.79	0.79	0.37	0.37
	0.047	0.059	0.25	0.25	0.41	0.41	1.31	1.31	0.41	0.41	0.75	0.75	0.24	0.24	0.37	0.37
2	0.148	0.187	0.62	0.62	0.20	0.20	1.05	1.05	0.32	0.32	0.62	0.62	0.66	0.66	0.30	0.30
	0.045	0.057	0.19	0.19	0.32	0.32	1.05	1.05	0.32	0.32	0.62	0.62	0.20	0.20	0.30	0.30
1	0.151	0.187	0.49	0.49	0.15	0.15	0.82	0.82	0.25	0.25	0.52	0.52	0.52	0.52	0.24	0.24
	0.046	0.057	0.15	0.15	0.25	0.25	0.82	0.82	0.25	0.25	0.52	0.52	0.16	0.16	0.24	0.24
1/0	0.144	0.180	0.39	0.39	0.12	0.12	0.66	0.66	0.21	0.21	0.43	0.43	0.43	0.43	0.20	0.20
	0.044	0.055	0.12	0.12	0.21	0.21	0.66	0.66	0.21	0.21	0.43	0.43	0.13	0.13	0.20	0.20
	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	0.52

### D.4. Datos del DPF sensor E13-VF.

Campos de medida estándar	1,6-2,5-4-6-10-16-25-40-60-100-- 160-250-400-600-1000-1600-200 0-4000 BAR
Sobrepresiones	hasta 2x (<100 bar, resto 1,5x
Presión de rotura	3 x
Tipos de medida	relativa o absoluta
Conexión a proceso	G 1/4 E (estándar), G 1/4 Flat, 1/4"NPT
partes en contacto con el fluido	< 500 BAR CrNi1810 INOX 304 >500 BAR CrNiCuNb 174 Inox 630
Peso total	90 gr
Señales de salida	4...20 mA (estándar) 0...10 Vcc, Bus Can
Tnsación de alimentación	de 12 a 32 Vcc
Tiempo de respuesta (10...90%)	< 1 mseg.
Resistencia de aislamiento (50 Vcc)	100 Mohm
Conexión eléctrica	Estándar DIN 43650 BFC
Grado de protección	IP65
Error de linealidad a 20 °	± 0,5 % max F.E. (opcional 0,25%)
Estabilidad por año	< 0,1% F.E. / año
Temp. ambiente / fluido	-40...+105° / -40 ...+150°
Error Total de calibración	± < 0,7% F.E. (-20...+80°)
Comp. electromagnética.	DinEN55022 y DinEN6100-4-3- (25V/m)
IEC 68-2.6 y IEC 68-2-36	20g

# E13-VF



## D.5. Datos de los Contactores.



### Working Conditions

---

Temperature:  $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ; the average value within 24h shall not exceed  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Altitude: not exceed 2000m.

Pollution grade: Grade III

Air conditions:

At mounting site, relative humidity not exceed 50% at the max temperature of  $+40^{\circ}\text{C}$ , higher relative humidity is allowable under lower temperature. For example, RH could be 90% at  $+20^{\circ}\text{C}$ . Special measures should be taken to occurrence of condensation.

Mounting conditions:

The incline of the mounting plane to the vertical plane shall not exceed  $\pm 22.5^{\circ}$ .

Impact vibration: The product should be mounted and operated at a place without obvious shock, impact and vibration.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>“ACTUALIZACION DEL SISTEMA DE POTENCIA Y DE CONTROL DE UN PARQUE ACUATICO”</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>Vásquez V. Migdalia del C.</b>	<b>CVLAC: 16.854.905</b> <b>E MAIL: migdaliavasquez3@gmail.com</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**BOMBAS,SISTEMA ELÉTRICO INDUSTRIAL,PROTECCIONES,RELE,CONTACTORES,SENSORES,TEMPERATURA

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÀREA	SUBÀREA
<u>Ingeniería y Ciencias Aplicadas</u>	<u>Electricidad</u>

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En este trabajo se realizó la actualización del Sistema de Potencia y de Control de un Parque Acuático, como lo es, en este caso el Parque de Agua Kariña, primeramente se realizó una descripción del sistema de potencia y de control del parque de agua Kariña, luego se actualizó la documentación eléctrica con la incorporación de los nuevos cuartos de filtrado. Para la actualización se realizaron los cálculos en cuanto a conductores, protecciones y análisis de cargas, en los cuartos nuevos, bombas y en todo el sistema eléctrico, los cuales se comprobaron con simulaciones computacionales. En el sistema de control se realizaron cambios en las bombas de achique y se diseñó la automatización de los nuevos cuartos de filtrado, incluyendo protecciones eléctricas y mecánicas para así evitar posibles inundaciones por roturas de tuberías, producto de altas presiones, también se estudiaron las altas corrientes de la turbina del cuarto de la piscina de olas sugiriendo la colocación de un arrancador suave. Se estudió, la influencia de la temperatura en el funcionamiento de equipos y componentes eléctricos, mediante el registro de mediciones durante varios días, identificando que las temperaturas son muy altas, sobrepasando en algunos casos la temperatura exigida por normas y por las especificaciones de los equipos. Con base en esta actualización se exponen propuestas y recomendaciones técnicas que conlleven a un mejor desempeño de los equipos y componentes eléctricos, aumenten su vida útil y mejoren el servicio.

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
<b>MERCADO VERENA</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS x</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>82.235.587</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>verenamercado@gmail.com</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
<b>DANIEL VELÁSQUEZ</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU x</b>
	<b>CVLAC:</b>	<b>16.522.343</b>			
	<b>E_MAIL</b>	<b>danijoey2er78@gmail.com</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
<b>MANUEL MAZA</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU x</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2010</b>	<b>07</b>	<b>23</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. TESIS M.V.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J K L M  
 N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7  
 8 9 .

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

INGENIERO ELECTRICISTA

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pre-Grado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Eléctrica

**INSTITUCIÓN:**

Universidad De Oriente. Núcleo de Anzoátegui

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

**De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajo de grado: “los Trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará el Consejo Universitario”.**

Migdalia Vásquez Villarroel

---

**AUTOR**

Ing. Verena Mercado

---

**TUTOR**

Ing. Daniel Velásquez

---

**JURADO**

Ing. Manuel Maza

---

**JURADO**

Ing. Verena Mercado

---

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**