



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

TÍTULO:

“Rediseño del sistema eléctrico y de control de la estación de agua residual
EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN”.

AUTOR:

Rivera Guerra, Daniel Isacc

TUTOR:

Ing. Raúl Montenegro Tejada, Msc.

**Guayaquil, Ecuador
2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

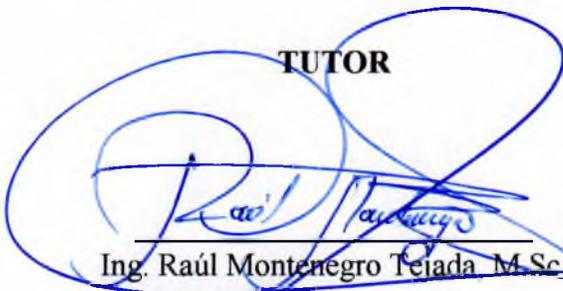
CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

CERTIFICACIÓN

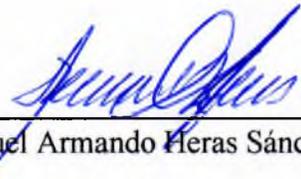
Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Daniel Isacc Rivera Guerra como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial.

TUTOR



Ing. Raúl Montenegro Tejada, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA



Ing. Miguel Armando Heras Sánchez, M.Sc.

Guayaquil, Marzo de 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Daniel Isacc Rivera Guerra

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**Rediseño del sistema eléctrico y de control de la estación de agua residual EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN**”, realizado previo la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado a través de una búsqueda minuciosa, respetando los derechos intelectuales de autor conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes y su identificación en la bibliografía. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Marzo de 2016

EL AUTOR

Daniel Isacc Rivera Guerra



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

AUTORIZACIÓN

Yo, **Daniel Isacc Rivera Guerra**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación: “**Rediseño del sistema eléctrico y de control de la estación de agua residual EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Marzo de 2016

EL AUTOR:

.....
Daniel Isacc Rivera Guerra



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

CALIFICACIÓN

9.86

AGRADECIMIENTO

De antemano agradezco a Jehová, mi Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida y darme fortaleza para continuar esforzándome a diario, al igual que a mis padres y familia por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, alentándome a seguir adelante.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por permitirme estudiar en su institución y lograr prepararme para ser un profesional de la patria.

A la empresa Amagua-CEM por facilitarme los recursos para culminar esta tesis. Específicamente, al Ing. Miguel Alvarado por permitirme realizar el análisis de rediseño, y al Ing. Christian Panta por su ayuda incondicional en el proyecto al brindarme información.

De tal manera, también presento mis agradecimientos a mi profesor guía, el Ing. Raúl Montenegro Tejada, por la orientación y conocimientos impartidos para la mejor realización de este trabajo.

Daniel Isacc Rivera Guerra

DEDICATORIA

A Dios.

Este trabajo está dedicado a mis padres, quienes en base a su sacrificio me han llevado a la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos, que este trabajo les sirva de inspiración para esforzarse en esta vida y lograr alcanzar sus metas.

Daniel Isacc Rivera Guerra

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPITULO 1	
1.1 Justificación.....	21
1.2 Planteamiento del Problema.....	21
1.3 Objetivo.....	22
1.3.1 Objetivo General.....	22
1.3.2 Objetivos Específicos.....	22
1.4 Hipótesis.....	23
1.5 Metodología.....	23
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	24
2.1.1 Procesos de tratamiento.....	24
2.1.2 Tipos de plantas de tratamiento.....	25
2.1.2.1 Plantas aerobias.....	25

2.1.2.2	Plantas anaerobias.....	26
2.2	Normativa Legal.....	26
2.3	Equipos que operan dentro de una planta de tratamiento.....	28
2.3.1	Motor eléctrico.....	28
2.3.1.1	Partes de un motor eléctrico.....	28
2.3.1.2	Aplicaciones del motor eléctrico dentro de una planta de tratamiento.....	30
2.3.1.2.1	Blower.....	30
2.3.1.2.2	Aireador.....	30
2.3.2	Bomba sumergible.....	31
2.4	Acometida eléctrica.....	32
2.4.1	Tipo de acometidas.....	33
2.4.1.1	Acometida aérea.....	33
2.4.1.2	Acometida subterránea.....	33
2.5	Medición eléctrica.....	33
2.5.1	Tipos de Medición.....	34
2.5.2	Medición en Baja Tensión.....	34
2.5.3	Medición en Media Tensión.....	35
2.6	Transformador.....	35

2.6.1	Tipos de transformadores.....	36
2.6.1.1	Transformador convencional.....	36
2.6.1.2	Transformador auto-protegido.....	37
2.6.1.3	Transformadores tipo Pad Mounted.....	38
2.6.2	Tipos de conexiones de transformadores.....	38
2.6.2.1	Conexión estrella-estrella.....	38
2.6.2.2	Conexión estrella-delta.....	40
2.6.2.3	Conexión delta-delta.....	41
2.6.2.4	Conexión delta-estrella.....	42
2.7	Conductores eléctricos.....	43
2.7.1	Partes de un conductor eléctrico.....	43
2.7.2	Calibre de los conductores.....	44
2.7.3	Ampacidad.....	46
2.8	Tubería eléctrica.....	47
2.8.1	Tubería PVC.....	50
2.8.2	Tubería EMT.....	51
2.8.3	Tubería rígida.....	52
2.8.4	Tubería flexible metálica o tubería Bx.....	53

2.8.5	Tubería flexible de plástico.....	55
2.8.6	Tubería funda sellada.....	56
2.9	Panel principal de distribución eléctrica.....	57
2.9.1	Características de un panel de distribución.....	57
2.9.2	Componentes principales del panel de distribución.....	59
2.10	Factor de potencia.....	60
2.10.1	Tipos de carga.....	62
2.10.2	Corrección del factor de potencia.....	62
2.10.2.1	Banco de capacitores	63
2.10.2.2	Tipos de bancos de capacitores	64
2.10.2.3	Cálculo de banco de capacitores.....	64
2.10.2.4	Instalación del banco de capacitores.....	67
2.11	Iluminación.....	67
2.11.1	Definiciones básicas.....	68
2.11.2	Requisitos generales para un sistema de iluminación.....	69
2.11.3	Niveles de iluminación.....	70
2.12	Controles eléctricos.....	72
2.12.1	Tipos de controles eléctricos.....	72

2.12.2	Tablero de control.....	73
2.12.3	Elementos de control eléctrico.....	73

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

3.1	Ubicación de “EDAR ENTRE RÍOS”.....	77
3.2	Acometida principal.....	77
3.3	Análisis del último poste.....	78
3.4	Transformador principal.....	80
3.5	Cuarto de tableros.....	80
3.6	Panel de principal de distribución.....	81
3.7	Medición.....	82
3.8	Iluminación.....	83
3.9	Banco de capacitores.....	83
3.10	Equipos que operan dentro de la planta.....	84
3.11	Sistemas de control.....	87
3.11.1	Estación de bombeo.....	87
3.11.2	Cuarto de blowers.....	89

CAPÍTULO 4

REDISEÑO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y CONTROL

4.1 Generalidades eléctricas.....	91
4.1.1 Suministro de energía y acometida principal.....	91
4.1.2 Protección en media tensión.....	92
4.1.3 Características eléctricas del transformador principal.....	92
4.1.4 Sistema de medición.....	93
4.1.5 Tablero del medidor.....	93
4.1.6 Tubería y accesorios.....	94
4.1.7 Conductores.....	95
4.2 Cálculo de la corriente de diseño para dimensionar la capacidad del breaker de protección de los equipos eléctricos que funcionan dentro de la EDAR “ENTRE RÍOS”	95
4.3 Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de los equipos eléctricos que funcionan dentro de la EDAR “ENTRE RÍOS”	98
4.4 Cálculo de breaker principal y del conductor de la acometida del PD-Blower que se encuentra en el cuarto de blowers.....	102
4.5 Cálculo de breaker principal y del conductor de la acometida del PD-bombas.....	106

4.6 Selección del breaker principal y del conductor de la acometida del PD- Servicios Generales.....	108
4.7 Cálculo de breaker principal y acometida que alimenta al panel principal de distribución (PPD) de la planta EDAR “ENTRE RÍOS”.....	108
4.8 Dimensionamiento de los ductos eléctricos que se implementaran en la planta EDAR “ENTRE RÍOS”.....	111
4.9 Cálculo de la demanda requerida y dimensionamiento de la capacidad del transformador principal de la EDAR “ENTRE RÍOS”.....	113
4.10 Cálculo de capacidad del banco de capacitores para la planta de tratamiento.....	117
4.11 Selección de las luminarias que se instalaran en la planta EDAR “ENTRE RÍOS”.....	120
4.12 Sistemas de control de la planta de tratamiento.....	121
4.12.1 Estación de bombeo.....	121
4.12.2 Cuarto de blower’s.....	122

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	124
5.2 Recomendaciones.....	125

BIBLIOGRAFÍA.....	128
ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°2.1 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.....	27
Tabla N°2.2 “Tabla de área de los conductores según su calibre”.....	45
Tabla N°2.3 “Ampacidad de los conductores de acorde a su calibre y al material fabricado”.....	46
Tabla N°2.4 “Número máximo de conductores y cables de aparatos en ductos metálicos rígidos”.....	48
Tabla N°2.5 “Dimensiones de los tableros”.....	58
Tabla N°2.6 “Detalle de los materiales y espesores”.....	59
Tabla N°2.7 “Tabla de cálculo de KVAR de un banco de capacitores”.....	66
Tabla N°2.8 “Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares”.....	70
Tabla N°4.1 “Equipos eléctricos que operan dentro de la EDAR “ENTRE RÍOS”....	96
Tabla N°4.2 “Cálculo de la corriente de diseño para dimensionamiento de breaker de protección de motores eléctricos”.....	97
Tabla N°4.3 “Cálculo de la corriente de diseño para dimensionamiento de breaker de protección de las bombas sumergibles”.....	98

Tabla N°4.4 “Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de los motores”	99
Tabla N°4.5 “Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de las bombas”	101
Tabla N°4.6 “Equipos conectados al PD-Blowers”	103
Tabla N°4.7 “Equipos conectados al PD-Bombas”	106
Tabla N°4.8 “Planilla de circuitos de PD-SG”	108
Tabla N°4.9 “Cargas que se instalaran al PPD”	109
Tabla N°4.10 “Carga total instalada en la planta EDAR “ENTRE RÍOS””	114
Tabla N°4.11 “Cálculo de la capacidad de los bancos de capacitores de la EDAR “ENTRE RÍOS””	119
Tabla N°4.12 “Capacidad total del banco de capacitores de la EDAR “ENTRE RÍOS””	119
Tabla N°4.13 “Programación de los temporizador que trabajan con los blowers”	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°2.1 “Partes que conforman un motor eléctrico”	28
Figura N°2.2 “Blower mecánico”	30
Figura N°2.3 “Aireador eléctrico montado sobre una estructura”	31
Figura N°2.4 “Cuerpo de una bomba sumergible”	32
Figura N°2.5 “Diagrama de conexión estrella-estrella”	39
Figura N°2.6 “Diagrama de conexión estrella-delta”	40
Figura N°2.7 “Diagrama de conexión delta-delta”	41
Figura N°2.8 “Diagrama de conexión delta-estrella”	42
Figura N°2.9 “Estructura de un conductor eléctrico”	44
Figura N°2.10 “Tubería eléctrica PVC”	50
Figura N°2.11 “Tubería eléctrica EMT”	51
Figura N°2.12 “Tubería rígida”	53
Figura N°2.13 “Tubería Bx”	54
Figura N°2.14 “Tubería flexible de plástico”	55
Figura N°2.15 “Tubería funda sellada”	56
Figura N°2.16 “Triángulo de potencia”	61
Figura N°2.17 “Tablero de banco de capacitores”	63

Figura N°3.1 “Acometida principal de la planta”	78
Figura N°3.2 “Último poste de la EDAR”	79
Figura N°3.3 “Interior del cuarto de tablero”	80
Figura N°3.4 “Panel principal de distribución”	81
Figura N°3.5 “Cuarto de tableros”	82
Figura N°3.6 “Medidor eléctrico CL-20”	83
Figura N°3.7 “Diagrama de fuerza de estación de bombeo”	88
Figura N°3.8 “Diagrama de control actual de estación de bombeo”	89

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal elaborar el rediseño del sistema eléctrico y de control de la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR “ENTRE RÍOS” con la finalidad de garantizar la continuidad en el servicio que la planta ofrece.

En el capítulo uno se detalla ampliamente la justificación del proyecto, el planteamiento del problema, los objetivos a cumplir, el tipo de investigación que se realizó, la hipótesis que se planteó y la metodología de trabajo que se implementó para desarrollar el proyecto.

En el capítulo dos se encuentra el marco teórico del proyecto, donde se explica la definición de una planta de tratamiento, los tipos de plantas que existen y los equipos eléctricos que operan en una planta, además se encuentran las definiciones, conceptos y temas que abarcan la parte eléctrica y de control del proyecto.

En el capítulo tres se detalla la información obtenida del levantamiento de la situación actual de la planta.

En el capítulo cuatro se procede a realizar el rediseño del sistema eléctrico y de control de la planta de tratamiento. Además se explica cómo será la implantación en la planta del nuevo sistema eléctrico y de control.

En el capítulo cinco se explica las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

ABSTRACT

The main objective of the following degree project is to develop the redesign of the electrical and controlling system of the treatment plant of waste water EDAR “ENTRE RÍOS” with the purpose to guarantee the continuity in the service that the plant offers.

In the first chapter is detailed thoroughly the project justification, the exposition of the problem, the objectives to achieve, the type of investigation that was made, the hypothesis that was proposed and the work methodology that was implemented to develop the project.

In the second chapter is found the theoretical framework of the project, where is explained the definition of a treatment plant, the different types of treatment plants and the electrical equipment that operates in them. Additionally, it is detailed the definitions, concepts and topics that include the electrical and controlling part of the project.

In the third chapter is detailed the information obtained in the compilation of the current situation in the plant.

Chapter four proceeds to realize the redesign of the electrical and controlling system of the treatment plant. Furthermore explains how the establishment of the new electrical and controlling system will be.

In the fifth chapter is explained the conclusions and recommendations of the project.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Este proyecto se realiza por la importancia que tiene para la colectividad el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR ENTRE RÍOS para lo cual se rediseñará el sistema eléctrico y de control, cumpliendo con las normas eléctricas vigentes que establece la CNEL para sistemas eléctricos en media tensión.

1.2 Planteamiento del Problema

EDAR- ENTRE RÍOS es una estación de agua residual que se encarga del proceso de tratamiento de los desechos orgánicos que se producen en la urbanización ENTRE RÍOS que pertenece al cantón Samborondón.

Es de gran importancia que la planta EDAR trabaje en óptimas condiciones para que se garantice que el tratamiento del agua residual sea el adecuado. Por esta razón es necesario hacer un rediseño del sistema eléctrico y de control de la planta debido a que el estado actual de la misma no garantiza el continuo y seguro funcionamiento de

la estación de aguas residuales, lo cual incide en la baja calidad de vida de los habitantes del sector.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo General.

Realizar el rediseño de los sistemas eléctricos y de control de la planta EDAR-ENTRE RÍOS, cumpliendo con las normas y reglamentos vigentes del sistema eléctrico.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un levantamiento de la situación actual de los sistemas eléctricos y de control de la planta EDAR- ENTRE RÍOS.
- Identificar los circuitos principales y secundarios.
- Determinar la acometida principal, tableros de distribución eléctrica y elementos de protección que conforman el sistema eléctrico de la EDAR- ENTRERÍOS.
- Seleccionar los materiales más adecuados para una planta de tratamiento.

1.4 Hipótesis

Por medio del rediseño de los sistemas eléctricos y de control que forman parte de las “EDAR- ENTRERÍOS”, se mejorará el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para de esta manera poder evitar pérdidas de energía eléctrica, dar continuidad del servicio que ofrece la planta, lo cual ayudará a evitar daños de los equipos. El diseño eléctrico y de control que se propone, se realizará de acuerdo a las especificaciones y normas eléctricas vigentes

1.5 Metodología

El trabajo de titulación que se presenta corresponde a una intervención práctica. Los instrumentos de recolección de datos se realizaron por medio de una investigación de campo y de tipo analítico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una estructura artificial, donde llega el agua residual. Es aquí donde se realiza el tratamiento de la misma.

El tratamiento de aguas residuales se lo realiza aplicando una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen la finalidad de eliminar los diversos contaminantes que se encuentran en el agua efluente cuyo destino final será los diferentes cuerpos receptores que son los canales naturales o construidos que su descarga final es el río.

2.1.1 Procesos de tratamiento

El término tratamiento de agua residual se lo puede definir como la acción de transformar la materia orgánica en materia más simple. La reducción de la materia orgánica puede llevarse a cabo mediante la ayuda de procesos físicos, químicos o biológicos en forma individual o de manera combinada. (Imsaguas, 2012)

- **procesos físicos:** los más comunes son la retención de material suspendido; la flotación de sustancias grasas y aceitosas; la precipitación y/o filtración de material suspendido. (Imsaguas, 2012)
- **procesos químicos:** floculación y coagulación de material suspendido y disuelto con la ayuda de productos químicos. (Imsaguas, 2012)
- **procesos biológicos:** floculación y coagulación de material suspendido y disuelto mediante acción bioquímica de ciertos microorganismos. estos procesos pueden llevarse a cabo en presencia de oxígeno disuelto (aerobios); en presencia de oxígeno compuesto (anaerobios). (Imsaguas, 2012)

2.1.2 Tipos de plantas de tratamiento

2.1.2.1 Plantas aerobias

Las plantas aerobias son aquellas en que su proceso de tratamiento del agua residual inyecta oxígeno a la materia orgánica e inorgánica.

Este tipo de planta se distingue por alcanzar un mejor tratamiento del agua residual, reduciendo de esta manera los malos olores que se producen dentro de la planta por un mal tratamiento de agua residual, para esto se necesita el uso de equipos eléctricos para lograr los niveles mínimos requeridos de oxígeno disuelto en el agua tratada que no deberán ser inferiores a 1.0 miligramos por litro (m_g/L). (Imsaguas, 2012)

2.1.2.2 Plantas anaerobias:

Las plantas anaerobias son aquellas en que su proceso de tratamiento del agua residual es a gravedad.

El proceso de una planta anaerobia es eficiente, producen sulfhídricos que deben ser controlados, que generalmente requieren de procesos (aerobios) complementarios para alcanzar los límites de vertimiento establecidos por las autoridades competentes. (Imsaguas, 2012)

2.2 Normativa legal

El ministerio del ambiente establece en el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) los parámetros máximos permisibles que debe cumplir el efluente antes de ser descargado a un cuerpo de agua dulce, es decir al cauce del río. En la tabla N° 2.1 se observa los diferentes parámetros que debe cumplir el efluente tratado para poder ser descargado al río.

Tabla N°2.1: “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspensidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Tabla obtenida: Ministerio del Ambiente

2.3 Equipos que operan dentro de una planta de tratamiento

2.3.1 Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de trabajo.

Los motores eléctricos son diseñados y fabricados bajo estándares internacionales como la norma IEC (europea) y la norma NEMA (americana). Se fabrican de diferentes potencias que van desde una fracción de caballo (HP) hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los puede construir acorde a las necesidades, a diferentes tensiones, y por lo general trabajan a dos frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas, están diseñados para trabajar a dos tensiones nominales distintas una en baja tensión 230V y la otra en alta 440V.

2.3.1.1 Partes de un motor eléctrico

El motor eléctrico está formado por diferentes elementos como se puede observar en la figura n° 2.1.

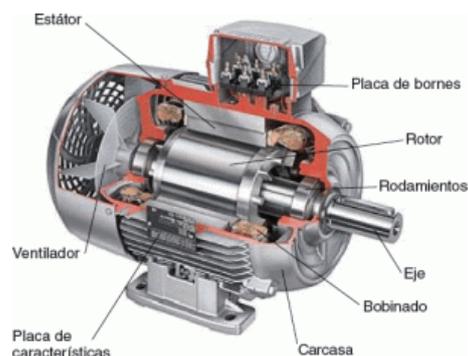


Figura N°2.1 “Partes que conforman un motor eléctrico”

Imagen obtenida <https://sites.google.com>

- **Estator:** Constituye la parte fija del motor. El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente.
- **Rotor y eje:** Constituye la parte móvil del motor. El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica.
- **Ventilador:** su función es enfriar el motor eléctrico para evitar que se sature por exceso de calor al momento de trabajar.
- **Caja de conexiones:** La caja de conexiones es donde se realiza la conexión entre las bobinas del motor y las líneas de alimentación, además este elemento protege las conexiones eléctricas del exterior, evitando la manipulación o a la acción de cualquier agente externo que pudiera afectarla.
- **Carcasa:** Es la parte que cubre y protege al estator y al rotor, los materiales empleados para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación.
- **Rodamientos:** Se los emplea para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción que se produce cuando el motor está operando, lo que contribuye a lograr una reducción del consumo de potencia.
- **Placa característica:** es donde se encuentra la información técnica del motor como la: potencia, tensión nominal, corriente nominal, la frecuencia, velocidad del motor, factor de servicio, factor de potencia, serie del motor, fabricante, tipo de motor, eficiencia, etc.

2.3.1.2 Aplicaciones del motor eléctrico dentro de una planta de tratamiento

Un motor eléctrico puede ser utilizado para diferentes aplicaciones y necesidades así:

2.3.1.2.1 Blower

La función principal de un blower o soplador en una estación de agua residual o planta de tratamiento como se observa en la figura N°2.2 es la de suministrar oxígeno a la materia orgánica e inorgánica para el proceso de tratamiento de agua residual.



Figura N°2.2 “Blower mecánico”

Imagen obtenida de <http://www.vypasesores.com/>

2.3.1.2.2 Aireador

El aireador es utilizado en la planta de tratamiento para proveer de oxígeno a la materia orgánica, de esta manera se evita que produzca malos olores por falta de

oxigenación. En la fig. 2.3 se puede observar cómo va montado un aireador en una piscina de agua residual.



Figura N° 2.3 “Aireador eléctrico montado sobre una estructura”

Imagen obtenida de <http://www.bpress.cn/>

2.3.2 Bomba sumergible

Las bombas sumergibles son máquinas diseñadas para impulsar líquidos estando sumergidas en agua o en cualquier líquido. Se caracterizan por ser la unión del cuerpo de la bomba y el motor como se observa en la figura 2.4

Las bombas sumergibles no dependen de la presión del aire que las rodea, así que pueden impulsar los líquidos a alturas considerables. Este tipo de bomba se la utiliza para bombear:

- Agua limpia
- Aguas residuales
- Aguas residuales con materias sólidas y fibrosas



Figura N° 2.4 “Cuerpo de una bomba sumergible”

Imagen obtenida de <http://net.grundfos.com/>

2.4 Acometida eléctrica

Se denomina acometida al conjunto de conductores y accesorios que se emplean para conectarse a una red de energía eléctrica, para poder suministrar energía eléctrica al usuario final ó a la carga.

La acometida se clasifica en:

- **Acometida en baja tensión:** es la que parte de una red de baja tensión con un voltaje que va desde los 110 V hasta los 600 V
- **Acometida en media tensión:** es la que se conecta de una red de distribución eléctrica de 13,8 KV.
- **Acometida en alta tensión:** es la que se conecta de una red de distribución eléctrica de 69 KV.

2.4.1 Tipo de acometidas

2.4.1.1 Acometida aérea

Se denomina acometida aérea cuando los conductores que proceden de la red de distribución eléctrica de baja o media tensión están situados por encima del nivel del suelo.

2.4.1.2 Acometida subterránea

Se denomina acometida subterránea cuando los conductores que proceden de la red de distribución eléctrica de baja o media tensión se transportan por medio de tuberías y cajas de paso que están situadas bajo el nivel del suelo.

2.5 Medición eléctrica

Medición eléctrica se denomina al control que se registra del consumo de energía eléctrica tiene un usuario en un lapso de tiempo determinado. Su unidad de medición es el Kw/h

A continuación se describirá los métodos más comunes de medición utilizados por el Distribuidor y los diferentes parámetros que se toman en cuenta al momento de realizar la medición.

2.5.1 Tipos de Medición

Existen dos tipos de medición de acuerdo con la capacidad instalada: Directa e Indirecta.

- **Medición Directa:** Se denomina conexión directa cuando los conductores de la acometida se conectan directamente al medidor eléctrico, en este caso la corriente de la carga pasa totalmente a través de sus bobinas.
- **Medición Indirecta:** Se denomina medición indirecta cuando los conductores de la acometida no están conectados directamente al medidor eléctrico, sino a equipos especiales tales como transformadores de corriente (TC) y de transformadores de potencial (TP).

2.5.2 Medición en Baja Tensión

La medición en baja tensión se aplicará para demandas de hasta 300 kilovatios.

- **Cargas con Protección hasta 70 amperios**

Cuando la carga de un Consumidor requiera de la protección de un disyuntor hasta 70 amperios, la medición se hará por medio de un medidor auto-contenido clase 100, tipo socket. (NATSIM, 2012)

- **Cargas con Protección hasta 175 amperios**

Cuando la carga de un Consumidor requiera la protección de un disyuntor de ampacidad mayor de 70 amperios y hasta 175 amperios, la medición se hará por medio de un medidor auto-contenido clase 200, tipo socket. (NATSIM, 2012)

- **Cargas con Protección hasta 1000 amperios**

Cuando la carga de un Consumidor requiera de la protección de un disyuntor de ampacidad mayor de 175 amperios y hasta 1,000 amperios, la medición se hará utilizando medidores clase 20, tipo socket con transformadores de corriente. (NATSIM, 2012)

2.5.3 Medición en Media Tensión

La medición en media tensión se efectuará cuando las demandas sean superiores a 300 kilovatios e inferiores a 1,000 kilovatios. (NATSIM, 2012)

El equipo de medición será montado en un poste que contenga las líneas primarias aéreas de distribución, o en el cuarto de transformadores, para lo cual se utilizarán transformadores de potencial y de corriente, además del medidor adecuado correspondiente. (NATSIM, 2012)

2.6 Transformador

Un transformador es una máquina eléctrica estática que transforma la energía eléctrica alterna con un nivel de voltaje determinado a otro nivel de voltaje mediante la inducción de un campo magnético.

El principio de funcionamiento del transformador se basa en la ley de inducción de Faraday, de ésta manera un circuito eléctrico influye sobre el otro a través del flujo generado por el circuito magnético. (GARCIA, 2013)

2.6.1 Tipos de transformadores

2.6.1.1 Transformador convencional

Los transformadores de distribución tipo convencional son utilizados a la intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en baja tensión. Estos equipos están diseñados para convertir el voltaje de media tensión a baja tensión o viceversa. (Magnetron, 2010)

Este tipo de transformador se usa comúnmente para cargas de servicios residenciales, comerciales e industriales. La mayoría de estos transformadores están diseñados para ser instalados en postes, sin embargo algunos se los fabrica para montaje tipo subestación. (Magnetron, 2010)

Este tipo de transformador puede ser de tipo auto-refrigerado, sumergido en aceite mineral, vegetal o silicona.

2.6.1.2 Transformador auto-protégido

El transformador auto-protégido está constituido por elementos de protección contra sobretensiones, sobrecargas y elementos para aislarse de la red de distribución eléctrica en caso de fallas internas o externas. (Magnetron, 2010)

Este tipo de transformador es usado principalmente en cargas de servicios residenciales y donde las compañías que prestan los servicios de electricidad requieren mayor control y protección de las cargas.

El tipo de transformador puede ser auto refrigerado, sumergido en aceite mineral, vegetal o silicona

Los accesorios que brindan autoprotección son los siguientes:

- **Dispositivo de Protección contra Sobretensiones Transitorias, DPS (pararrayo):** Éste elemento protege al transformador de sobretensiones transitorias causadas por descargas atmosféricas y/o maniobras de switcheo, desviándolas a tierra.
- **Fusibles de protección:** Éste elemento se lo utiliza para desconectar el transformador de la red de suministro eléctrico, en caso que una falla interna como por ejemplo un cortocircuito en el devanado de alta tensión por defecto en el aislamiento, este elemento se funde y evita futuras re-energizaciones del transformador.
- **Fusible de expulsión:** Éste elemento actúa como una protección contra sobrecorrientes, aislando el transformador de la red.

- **Interruptor:** Éste elemento provee al transformador un grado de protección contra las sobrecargas y/o corto circuitos externos, ya sean en el lado primario o secundario.

2.6.1.3 Transformadores tipo Pad Mounted

El transformador tipo pad-mounted ha sido diseñado para uso exterior e interior. Son compactos, seguros y su aspecto es agradable, permite su instalación en lugares visibles o a la intemperie. Se usa generalmente en urbanizaciones, edificios, centros comerciales, complejos hoteleros, hospitales, etc.

Los transformadores tipo pad-mounted están equipados con fusibles en media tensión, y usualmente termomagnético en baja tensión. Este tipo transformador posee las mismas características de un transformador de distribución normal, y está equipado con los mismos accesorios de cualquier transformador convencional, además se puede incorporar elementos adicionales como termómetros con contactos de aviso de alarma, relé de buchholz, etc. (Magnetron, 2010)

2.6.2 Tipos de conexiones de transformadores

2.6.2.1 Conexión estrella-estrella

En este tipo de conexión de transformador, sus devanados primarios y secundarios están conectados en estrella, y puede llevar el neutro tanto en el devanado primario

como en el devanado secundario como se la muestra en la figura N° 2.5 (GARCIA, 2013)

El voltaje en el primario en cada fase del transformador está representado por la $V_{FP} = V_{LP}/\sqrt{3}$, de igual manera el voltaje de fase en el secundario está relacionado con la línea de voltaje en el secundario por $V_{LS} = V_{FS} * \sqrt{3}$. (Chapman, 2012)

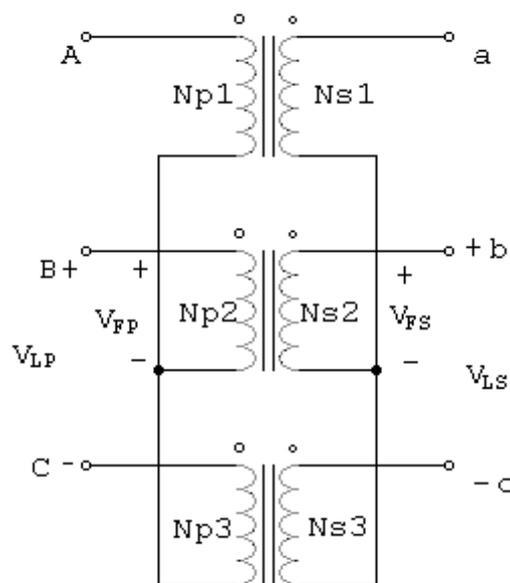


Figura N° 2.5 “Diagrama de conexión estrella-estrella”

Imagen Obtenida: Maquinas Eléctricas Mc Graw Hill

La conexión Y-Y como también se la conoce presenta una desventaja. La cual es que si las cargas conectadas al transformador no se encuentran equilibradas, entonces los voltajes del transformador pueden llegar a desbalancearse seriamente causando problemas con el amperaje con que trabajan los equipos eléctricos. Se puede evitar este tipo de fallas conectando a tierra los neutros de los transformadores. (Chapman, 2012)

2.6.2.2 Conexión estrella-delta

En la conexión estrella-delta el devanado del primario está conectado en estrella, mientras que el devanado del secundario lo está en triángulo como se la representa en la figura N° 2.6 (GARCIA, 2013)

En esta conexión, el voltaje de línea del primario está relacionado con el voltaje de fase del primario por $V_{LP} = V_{FP} * \sqrt{3}$, mientras que el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario $V_{LS} = V_{FS}$. (Chapman, 2012)

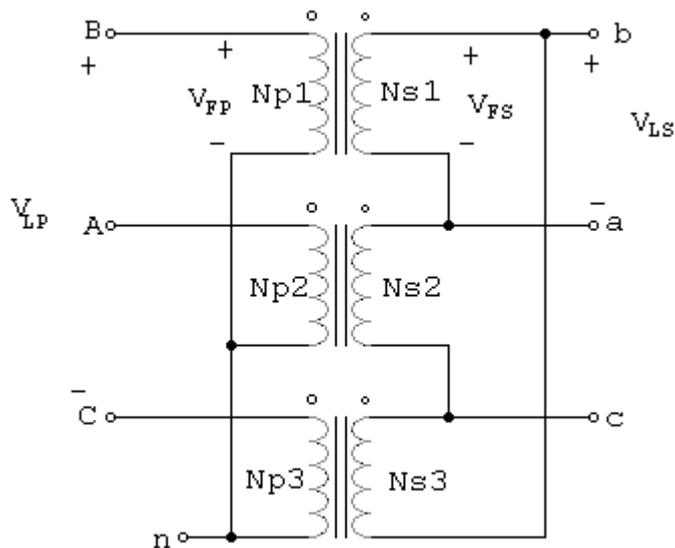


Figura N°2.6 “Diagrama de conexión estrella-delta”

Imagen Obtenida: Maquinas Eléctricas Mc Graw Hill

Esta conexión no tiene un desplazamiento de fase y no tiene problemas con el desbalance de cargas.

2.6.2.3 Conexión delta-delta

En esta conexión del transformador, tanto el primario como el secundario están conectados en triángulo como se muestra en la figura N° 2.7

En esta clase de conexión el voltaje de fase del bobinado primario será igual al voltaje de línea del bobina primario $V_{LP} = V_{FP}$, en el secundario aplica la misma relación el voltaje de fase del secundario es igual al voltaje de fase del secundario $V_{LS} = V_{FS}$ (Chapman, 2012)

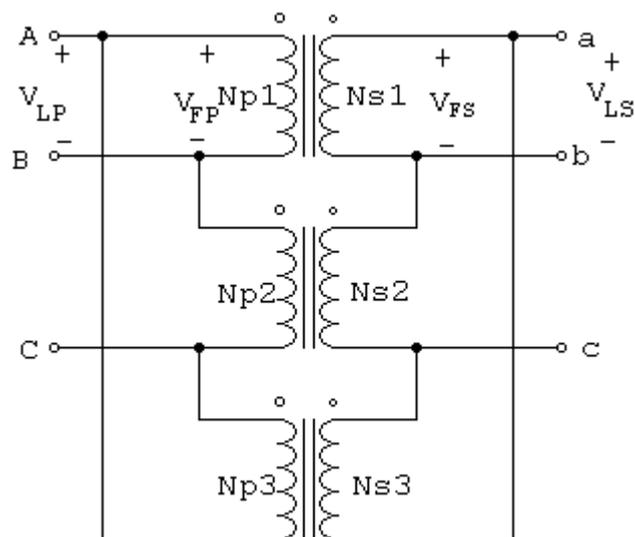


Figura N° 2.7 “Diagrama de conexión delta-delta”

Imagen Obtenida: Maquinas Eléctricas Mc Graw Hill

Esta conexión no presenta problemas asociados con el desbalance de cargas, tampoco presenta problemas con desplazamientos de fase.

2.6.2.4 Conexión delta-estrella

En la conexión triángulo-estrella, se conectan el primario en triángulo y el secundario en estrella como se muestra en la figura N° 2.8

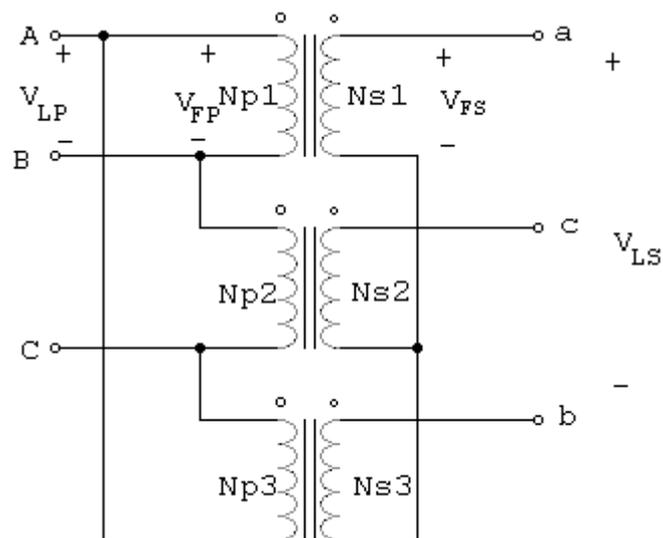


Figura N° 2.8 "Diagrama de conexión delta-estrella"

Imagen Obtenida: Maquinas Eléctricas Mc Graw Hill

En este tipo de conexión el voltaje de línea primario es igual al voltaje de fase del primario $V_{LP} = V_{fP}$, mientras que los voltajes secundarios están relacionados $V_{LS} = \sqrt{3} V_{fS}$. En este tipo de conexión el neutro se lo conecta del lado del secundario. (Chapman, 2012)

2.7 Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos son aquellos materiales cuya resistencia al paso de la corriente es relativamente baja, en comparación a los materiales aislantes los cuales presentan una mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica. En términos generales se denomina material conductor a cualquier material o sustancia que sometido a una diferencia de potencial eléctrico, ofrece un continuo flujo de corriente eléctrica.

Por esta razón, un alto porcentaje de los conductores utilizados en las instalaciones eléctricas en general son de cobre (Cu) o de aluminio(Al), que son materiales con alta conductividad. Existen otros materiales que tiene mayor conductividad, como por ejemplo la plata, el platino y el oro.

2.7.1 Partes de un conductor eléctrico

Un conductor eléctrico se encuentra constituido de las siguientes partes:

- **alma conductora o núcleo:** es la parte por donde fluye la corriente eléctrica, que puede ser de cobre ó aluminio.
- **aislante:** se encarga de separar el flujo de corriente del exterior, para así poder evitar cortocircuitos y la electrocución al contacto con el conductor. el aislante se lo fabrica de un material termoplástico o en hule, eso dependerá de las necesidades. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

- **cubierta protectora:** los conductores suelen llevar un recubrimiento polimérico exterior para su protección. Es lo que se denomina “cubierta protectora o cubierta exterior”. La cubierta aísla el conductor de elementos externos que podrían alterar sus propiedades eléctricas, como la humedad, y lo protege de los golpes que puedan ocasionarse durante su manejo. La cubierta exterior puede ser termoplástica o termoestable. (Top Cable S.A., 2013)

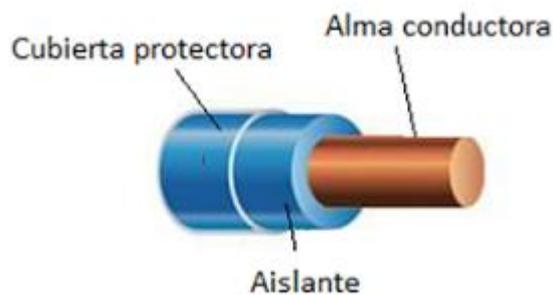


Figura N° 2.9 “Estructura de un conductor eléctrico”

Imagen obtenida de <http://www.faradayos.blogspot.com/>

2.7.2 Calibre de los conductores

El calibre del conductor define el área de la sección transversal del conductor. El calibre puede estar representado en mm^2 en la estandarización europea o bajo la estandarización americana en AWG (American Wire Gauge). Cuando se expresa en AWG, el conductor de mayor grosor es el 4/0 y siguiendo un orden descendente

tenemos 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 16 y 18 que es el más delgado usado en circuitos de control. Para conductores con una sección mayor del designado como 4/0, se lo designa en función del área de la sección transversal en pulgadas cuadradas, denominado en CM (circular mil). En la tabla N° 2.2 se observa el área de los conductores de acuerdo al calibre. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

Tabla N° 2.2 “Tabla de área de los conductores según su calibre”

Calibre (AWG o kcmil)	Área	
	mm ²	Circular mils
18	0.823	1620
16	1.31	2580
14	2.08	4110
12	3.31	6530
10	5.261	10380
8	8.367	16510
6	13.3	26240
4	21.15	41740
3	26.67	52620
2	33.62	66360
1	42.41	83690
1/0	53.49	105600
2/0	67.43	133100
3/0	85.01	167800
4/0	107.2	211600
250	127	—
300	152	—
350	177	—
400	203	—
500	253	—
600	304	—

Tabla Obtenida de <http://www.faradayos.blogspot.com/>

2.7.3 Ampacidad

La ampacidad es la capacidad que posee un conductor eléctrico para conducir de manera continua la corriente eléctrica bajo condiciones específicas. La ampacidad de un conductor va de acorde a su calibre, también va a depender de las condiciones ambientales en las que se lo emplee. En la tabla N° 2.3 se muestra la ampacidad de los conductores de acorde a su calibre y al material aislante con el que fue fabricado: Mientras más grande es la sección transversal del conductor mayor corriente eléctrica puede conducir sin que el conductor se sobrecaliente. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

Tabla N° 2.3 “Ampacidad de los conductores de acorde a su calibre y al material fabricado”

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

Tabla Obtenida de <http://www.faradayos.blogspot.com/>

2.8 Tubería eléctrica

Las tuberías eléctricas o ductos, son los elementos empleados para contener los conductores eléctricos. La función principal es éste elemento es la de brindar protección a los conductores de los diferentes tipos de daños que pueden ser: mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

Existen diferentes tipos de tuberías eléctricas, dependiendo de la clase de material con los que se fabrican, las tuberías se clasifican en:

- Tuberías metálicas: Se fabrican en acero ó hierro como por ejemplo tubería rígida o EMT.
- Tuberías no metálicas: son fabricados de materiales termoplásticos como por ejemplo el PVC o polietileno.

En la tabla N° 2.4 se muestra la cantidad de conductores que pueden utilizarse en una tubería, dependiendo del calibre del conductor el tamaño de la tubería varia:

Tabla N° 2.4 “Número máximo de conductores y cables de aparatos en ductos metálicos rígidos”

Letras tipo	Calibre del conductor AWG/ MCM	SECCIÓN COMERCIAL EN PULGADAS											
		½	¾	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6
TW	14	9	15	25	44	59	98	140	216	288	370	581	839
		7	12										
	12			19	33	45	75	107	165	221	284	446	644
	10	5	9	14	25	34	56	80	123	164	212	332	480
RHH*, RHW *	8	3	5	8	14	19	31	44	68	91	118	185	267
	14	6	10	17	29	39	65	93	143	191	246	387	558
RHW-2,	12	5	8	13	23	32	52	75	115	154	198	311	448
THHW													
THW, THW-2													
RHH*, RHW*,	10	3	6	10	18	25	41	58	90	120	154	242	350
RHW-2*,	8	1	4	6	11	15	24	35	54	72	92	145	209
THHW, THW													
RHH*, RHW*,													
RHW-2*,	6	1	3	5	8	11	18	27	41	55	71	111	160

THHW, THW,	4	1	1	3	6	8	14	20	31	41	53	83	120
THW-2,	3	1	1	3	5	7	12	17	26	35	45	71	103
RHH*,	2	1	1	2	4	6	10	14	22	30	38	60	87
RHW*,	1	1	1	1	3	4	7	10	15	21	27	42	61
RHW-2*,	1/0		1	1	2	3	6	8	13	18	23	36	52
TW, THW,	2/0		1	1	2	3	5	7	11	15	19	31	44
THHW,	3/0		1	1	1	2	4	6	9	13	16	26	37
THW-2	4/0			1	1	1	3	5	8	10	14	21	31
	250			1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300			1	1	1	2	3	5	7	9	15	22
	350				1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400				1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500				1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600				1	1	1	1	3	4	5	8	12
	700					1	1	1	2	3	4	7	10

Tabla Obtenida de Normas NATSIM 2012

2.8.1 Tubería PVC

El PVC es un material termoplástico, derivado de los polímeros. Se lo denomina de esta manera debido al compuesto policloruro de vinilo. Éste material es resistente y rígido, se lo emplea en ambientes húmedos y puede soportar algunos químicos. Una de las propiedades del termoplástico, es que es autoextinguible, no se corroen como las tuberías metálicas y son ligeras. (Faraday's Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.10 “Tubería eléctrica PVC”

Imagen obtenida de [http://www. Tubospacifico.com/](http://www.Tubospacifico.com/)

Aplicaciones:

- Empotrados bajo concreto, en suelos, techos y paredes.
- En zonas húmedas.
- En superficies, considerando sus limitaciones térmicas y mecánicas.

2.8.2 Tubería EMT

EMT son las siglas de Electrical Metallic Tubing que significa tubo eléctrico metálico. Esta clase de tubería es una de las más versátiles y utilizadas en las instalaciones eléctricas comerciales e industriales, debido a que se las puede moldear en diferentes formas y ángulos, facilitando de esta manera la trayectoria que se le quiera dar al cableado eléctrico. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

La tubería EMT pasa por un proceso de galvanizado, este tipo recubrimiento evita corrosiones, de esta manera se logra una mayor durabilidad. Se la puede encontrar en diferentes tamaños desde 1/2" hasta 4" de diámetro. No tienen sus extremos roscados, y utiliza accesorios especiales, para acoplamiento y enlace con cajas. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.11 "Tubería eléctrica EMT"

Imagen obtenida de <http://www.construplaza.com/>

Aplicaciones:

- Su mayor aplicación está para instalarse en superficies en forma sobrepuesta (zonas visibles). Pueden soportar leves impactos mecánicos. Pueden estar directamente a la intemperie.
- Pueden ser empotradas; bajo concreto, en suelo, techo o paredes.

2.8.3 Tubería rígida

Este tipo de tubería es la más resistente a los daños mecánicos. Esto es debido al grosor de sus paredes, son más difíciles de manejar con respecto al tubo EMT. La tubería rígida por tener paredes gruesas permite hacer rosca que se utiliza para unir tubos rígidos por medio de una unión rígida. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

Para evitar la corrosión, a la tubería rígida se la galvaniza internamente y externamente por medio de un proceso de inmersión. Esta tubería es apta para contener los cables sin que estos se estropeen o maltraten. Los tamaños de esta vienen desde la 1/2" hasta 6" de diámetro. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.12 “Tubería rígida”

Imagen obtenida de <http://www.robalinorosero.com/>

Aplicaciones:

- Son ampliamente utilizadas para instalaciones eléctricas industriales, se instalan empotradas o sobrepuestas.
- Pueden estar a la intemperie, soportando la corrosión por su revestimiento galvánico.
- En lugares con riesgos de explosivos.

2.8.4 Tubería flexible metálica o tubería Bx

Estas tuberías son fabricadas en acero, y pasan por un recubrimiento galvanizado. Su flexibilidad a la torsión y a la resistencia mecánica se debe a su forma engargolada. Por su característica constructiva no se recomienda que se la utilice en lugares con alta

humedad, gases o vapores. Sus dimensiones van desde 1/2" hasta 4" de diámetro.
(Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.13 "Tubería Bx"

Imagen obtenida de <http://www.elecsa.com.gt/>

Aplicaciones

- Su principal aplicación está en ambientes industriales.
- En zonas donde el cableado esté expuesto a vibraciones, torsión y esfuerzos mecánicos.
- En el cableado de aparatos y máquinas eléctricas, motores y transformadores.

2.8.5 Tubería flexible de plástico

La tubería flexible se la fábrica con materiales termoplásticos, generalmente son PVC de doble capa, haciéndolo aún más resistente y hermética. Se caracterizan por ser muy livianas, y manejables. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.14 “Tubería flexible de plástico”

Imagen obtenida de <http://faradayos.blogspot.com/>

Aplicación:

- Se la emplea en instalaciones en zonas visibles, donde se requiera un radio de curvatura muy amplio al momento de pasar el conductor.

2.8.6 Tubería funda sellada

Esta tubería se la construye muy similar al tubo flexible metálico, la diferencia se encuentra en el recubrimiento que posee, el cual es de un material aislante termoplástico. Este recubrimiento lo hace sólidamente hermético, resistente y flexible. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)



Figura N° 2.15 “Tubería funda sellada”

Imagen obtenida de <http://img.directindustry.com/>

Aplicaciones:

- Cableado de motores y maquinarias industriales.
- Zonas con alta vibración.
- Para lugares con mucho polvo.
- Lugares agresivos con alta humedad y presencia de aceites.
- Zonas corrosivas.

2.9 Panel principal de distribución eléctrica

El panel principal de distribución (PPD) es donde se encuentran las protecciones de los diferentes circuitos que constituyen una instalación eléctrica, del PPD parten todos los conductores eléctricos que alimentan las diferentes cargas. La función del panel principal de distribución es la de distribuir, supervisar y proteger cada uno de los circuitos que constituyen una instalación eléctrica. (Faradayos Tecnología Eléctrica, 2012)

2.9.1 Características de un panel de distribución

Los paneles de distribución deben cumplir con diferentes normativas al momento de ser construidos, además deben cumplir con ciertas características que garantizarán un buen desempeño del tablero. A continuación, algunas de las principales características que se deben tomar en cuenta al momento de fabricar un tablero eléctrico:

- Grados de protección IP. Los grados de protección IP es un sistema de códigos que nos indica el grado de protección que ofrece contra daños externos tales como la corrosión, el polvo, el agua, etc. (Schneider Electric, 2009)

- Se debe considerar el incremento de temperatura dentro del tablero al momento de entrar en operación. (Schneider Electric, 2009)
- Los valores de cortocircuito. (Schneider Electric, 2009)
- Efectividad del circuito de protección. (Schneider Electric, 2009)
- Avisos, señales de advertencia para así evitar el contacto directo con el tablero. (Schneider Electric, 2009)

Para la construcción de los tableros o panel de distribución, la norma NTE INEN 2568 establece ciertos criterios constructivos que se debe tomar en cuenta. (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, 2010)

- Los tableros deben cumplir con las dimensiones que se indican en la siguiente tabla N° 2.5 (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, 2010):

Tabla N° 2.5 “Dimensiones de los tableros”

Altura (H0) mm	Ancho (A0) mm	Profundidad (P0) mm
1 200	600	400
1 200	800	400
1 600	800	400
1 600	800	600
1 600	600	600
1 600	600	400
1 800	800	600
1 800	600	600
2 000	800	600
2 000	600	600
2 000	1 000	600
*Las especificaciones de dimensiones tendrán una tolerancia de $\pm 1\%$		

Tabla Obtenida de Normas INEN

- Se debe utilizar distintos tipos de espesores de materiales para las diferentes partes que conforman el tablero, estas partes se deben construir en acero según se detalla en la tabla N° 2.6 (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, 2010)

Tabla N° 2.6 “Detalle de los materiales y espesores”

PARTE	MATERIAL	ESPESOR (en mm)
ESTRUCTURA	Plancha de acero laminado en frio	2,0
PUERTA FRONTAL	Plancha de acero laminado en frio	1,5
TAPAS LATERALES	Plancha de acero laminado en frio	1,2
PARANTES	Plancha de acero laminado en frio	2,0
PISO	Plancha de acero laminado en frio	1,5

Tabla Obtenida de Normas INEN

2.9.2 Componentes principales del panel de distribución:

Dentro de los componentes principales de un panel de distribución eléctrica tenemos:

- **Interruptor principal:** El interruptor principal alimenta las barras de distribución general, este se encarga de proteger toda la instalación eléctrica, ante cualquier anomalía que ocurra dentro de ella.

- **Interruptores secundarios:** Son los dispositivos de protección, se encuentran montados en un sobre fondo metálico; y alimentados desde las barras de distribución (sistema americano). El sistema europeo sugiere montar los breakers en un riel.
- **Barras de Fases:** son las barras de distribución general. Desde donde se alimenta al breaker de protección de cada una de las cargas.
- **Barra de neutro:** Es una barra de cobre que posee varios terminales para poder derivar el neutro de los conductores alimentadores hacia los diferentes circuitos.
- **Barra de tierra:** Esta barra se la utiliza para la protección contra falla de aislamiento, en el panel principal de distribución se monta una barra que se conecta con la varilla a tierra de la instalación.
- **Señalización:** La señalización nos muestra la información del sistema eléctrico. Se utilizan equipos que van instalados en el tablero eléctrico, el cual nos brinda información sobre el voltaje que alimenta al tablero, consumo de corriente en cada una de las fases, el factor de potencia de toda la instalación.

2.10 Factor de potencia

Se denomina factor de potencia a la relación que existe entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S). El rango del factor de potencia fluctúa entre 0 a 1. En la figura N° 2.16 se observa el triángulo de potencia:

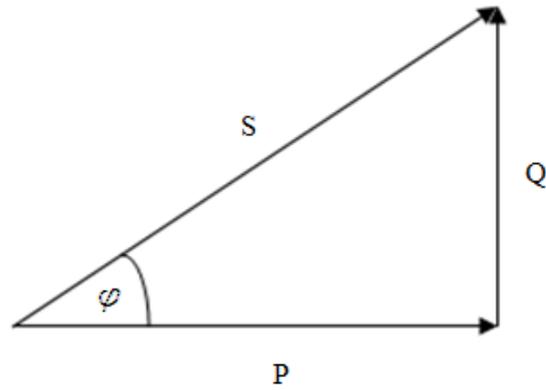


Figura N° 2.16 "Triángulo de potencia"

Fuente El Autor

$$FP = \frac{P}{S}$$

Donde:

$$FP = \cos \varphi$$

P = Potencia Activa

S = Potencia Aparente

Q = Potencia reactiva

φ = Ángulo de potencia

2.10.1 Tipos de carga

Existen tres tipos de cargas que se las relacionan con el factor de potencia (FP):

- **Cargas Resistivas:** Las cargas resistivas como por ejemplo las lámparas incandescentes, la tensión y la corriente están en fase, por lo tanto $\varphi = 0$. En el caso de las cargas resistivas el factor de potencia es unitario
- **Cargas Inductivas:** En cargas inductivas que son los motores y transformadores, la corriente se encuentra en retraso con respecto a la tensión, por lo tanto $\varphi < 0$. En el caso de las cargas inductivas el factor de potencia está en retraso.
- **Cargas Capacitivas:** En cargas capacitivas estos son los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje, Por lo tanto $\varphi > 0$. En el caso de las cargas capacitivas el factor de potencia esta en adelanto.

2.10.2 Corrección del factor de potencia

En instalaciones eléctricas donde exista un bajo factor de potencia, se procederá a instalar un banco de capacitores para poder compensar la potencia reactiva y lograr mejorar el factor de potencia.

2.10.2.1 Banco de capacitores

Se denomina banco de capacitores al conjunto de dos o más capacitores interconectados entre sí en serie o en paralelo que van situados en un solo gabinete o tablero eléctrico, los bancos de capacitores pueden incluir dependiendo el modelo: dispositivos de conexión, protecciones eléctricas, barras o cables de interconexión y desconexión, equipos de control y estructura soporte como se observa en la figura N° 2.17.



Figura N° 2.17 “Tablero de banco de capacitores”

Imagen obtenida <http://www.olinsys.com/>

2.10.2.2 Tipos de bancos de capacitores

Existen dos tipos de bancos de capacitores que se los utiliza para corregir el factor de potencia en las instalaciones eléctricas.

- **Banco de capacitores fijos:** Los bancos de capacitores fijos son muy útiles cuando se busca mejorar el factor de potencia de una carga puntual o un grupo de cargas cuando su demanda de potencia reactiva es constante. Este tipo de banco puede ser conectado y desconectado cuando la carga entre en funcionamiento.
- **Banco de capacitores automático:** Los bancos de capacitores automáticos utilizan equipos electrónicos que permiten ajustar automáticamente la capacitancia del banco de capacitores de acorde a la carga que se encuentra activa en la instalación para mantener el factor de potencia deseado.

2.10.2.3 Cálculo de banco de capacitores

Para poder calcular la capacidad de un banco de capacitores que se requiere para compensar la energía reactiva en una instalación eléctrica se lo realiza mediante la lectura de la planilla eléctrica, a partir del factor de potencia existente ($Tg \varphi$), el deseado ($Tg \varphi \hat{\ }$) y la potencia instalada (P_a).

$$Q_c = P_a * C$$

$$Q_C = P_a * (T_g \varphi - T_g \varphi')$$

Donde

Q_C = Capacidad del banco de capacitores

P_a = Potencia instalada.

$T_g \varphi$ = tangente del ángulo de potencia actual

$T_g \varphi'$ = tangente del ángulo de potencia deseado

C = es un factor de multiplicación que se obtiene de la tabla N° 2.7

Tabla N° 2.7 “Tabla de cálculo de KVAR de un banco de capacitores”

tg φ	cos φ	tg φ	0.75	0.59	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.00
		cos φ	0.8	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
2.29	0.40		1.541	1.698	1.807	1.836	1.865	1.896	1.928	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2.291
2.22	0.41		1.475	1.631	1.740	1.769	1.799	1.829	1.862	1.896	1.933	1.974	2.022	2.082	2.225
2.16	0.42		1.411	1.567	1.676	1.705	1.735	1.766	1.798	1.832	1.869	1.910	1.958	2.018	2.161
2.10	0.43		1.350	1.506	1.615	1.644	1.674	1.704	1.737	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2.100
2.04	0.44		1.291	1.448	1.557	1.585	1.615	1.646	1.678	1.712	1.749	1.790	1.838	1.898	2.041
1.98	0.45		1.235	1.391	1.500	1.529	1.559	1.589	1.622	1.656	1.693	1.734	1.781	1.842	1.985
1.93	0.46		1.180	1.337	1.446	1.475	1.504	1.535	1.567	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1.930
1.88	0.47		1.128	1.285	1.394	1.422	1.452	1.483	1.515	1.549	1.586	1.627	1.675	1.736	1.878
1.83	0.48		1.078	1.234	1.343	1.372	1.402	1.432	1.465	1.499	1.536	1.577	1.625	1.685	1.828
1.78	0.49		1.029	1.186	1.295	1.323	1.353	1.384	1.416	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1.779
1.73	0.50		0.982	1.139	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.590	1.732
1.69	0.51		0.937	1.093	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
1.64	0.52		0.893	1.049	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
1.60	0.53		0.850	1.007	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.458	1.600
1.56	0.54		0.809	0.965	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
1.52	0.55		0.768	0.925	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1.518
1.48	0.56		0.729	0.886	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229	1.276	1.337	1.479
1.44	0.57		0.691	0.848	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191	1.238	1.299	1.441
1.40	0.58		0.655	0.811	0.920	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1.405
1.37	0.59		0.618	0.775	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118	1.165	1.226	1.368
1.33	0.60		0.583	0.740	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333
1.30	0.61		0.549	0.706	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299
1.27	0.62		0.515	0.672	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265
1.23	0.63		0.483	0.639	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
1.20	0.64		0.451	0.607	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
1.17	0.65		0.419	0.576	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169
1.14	0.66		0.388	0.545	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
1.11	0.67		0.358	0.515	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
1.08	0.68		0.328	0.485	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
1.05	0.69		0.299	0.456	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
1.02	0.70		0.270	0.427	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.99	0.71		0.242	0.398	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.96	0.72		0.214	0.370	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.94	0.73		0.186	0.343	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.91	0.74		0.159	0.316	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.88	0.75		0.132	0.289	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.86	0.76		0.105	0.262	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.83	0.77		0.079	0.235	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.80	0.78		0.052	0.209	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802
0.78	0.79	0.026	0.183	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776	
0.75	0.80		0.157	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750	
0.72	0.81		0.131	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724	
0.70	0.82		0.105	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698	
0.67	0.83		0.079	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672	
0.65	0.84		0.053	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646	
0.62	0.85		0.026	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620	
0.59	0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593	
0.57	0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567	
0.54	0.88			0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540	
0.51	0.89			0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512	
0.48	0.90				0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484	

Tabla Obtenida de Normas NATSIM 2012

2.10.2.4 Instalación del banco de capacitores

En las instalaciones de fuerza existen básicamente tres formas diferentes de montar el banco de capacitores para compensar el factor de potencia:

- **Instalación de un banco capacitores en el lado de alta tensión:** utilizando este método se corrige el factor de potencia en toda la instalación. (Enrique, 2012)
- **Instalación de capacitores en cargas individuales:** utilizando este método se corrige el factor de potencia en una carga puntual. (Enrique, 2012)
- **Compensación mixta:** este método consiste en compensar individualmente los aparatos de gran consumo de energía e instalar para el resto de los equipos un banco de capacitores, que puede ser fijo o móvil. (Enrique, 2012)

2.11 Iluminación

Se define iluminación como la acción y efecto de iluminar zonas determinadas con la intención de mejorar el nivel visual. La iluminación se la emplea a través de diferentes elementos y equipos, entre las más comunes tenemos las lámparas de descarga de gases, lámparas fluorescentes, lámparas incandescentes y en los últimos años se han estado empleando la tecnología led aplicada a la iluminación. Este tipo de luminaria se están empleando últimamente en los sectores residenciales, comerciales y poco a poco en el sector industrial, las luminarias led consumen una quinta parte de

la energía que las convencionales, y se distinguen por producir una luz más clara e intensa que las tradicionales.

2.11.1 Definiciones básicas

- **Flujo luminoso (Φ):** Se define como la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (Im). (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Luminancia (L):** La intensidad luminosa, en una dirección dada, de un elemento infinitesimal de una superficie, dividida por el área del elemento proyectada ortogonalmente sobre un plano perpendicular a la misma dirección. (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Luminaria:** Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las lámparas, pero no las lámparas. (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Lux (lx):** es la unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \text{ Im/m}^2$). (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Potencia nominal de una fuente luminosa:** Es la potencia requerida por la fuente luminosa para producir el flujo luminoso nominal. Su unidad se expresa en vatios (W). (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)

2.11.2 Requisitos generales para un sistema de iluminación.

- **Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar:** Antes de proceder a realizar un proyecto de iluminación se deben considerar los siguientes aspectos: conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno. (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Requerimientos de iluminación:** En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz, para lo cual se debe considerar los niveles óptimos de iluminación que se requieren en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las va a desarrollar, el tiempo que permanecerá y los fines específicos de la iluminación. (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)
- **Criterios de selección de fuentes luminosas y luminarias:** Se deben seleccionar las fuentes luminosas tomando en cuenta, la eficacia lumínica, temperatura del color, duración y vida útil de la fuente, en función de las actividades que se desarrollaran. (Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad, 2012)

2.11.3 Niveles de iluminación

Según el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo en su art. 56 establece los niveles mínimos de iluminación de acuerdo al trabajo a desempeñar y el área donde se lo realice.

En la tabla N° 2.8 establece los niveles de iluminación mínima para trabajos específicos:

Tabla N°8 “Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares”

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 Luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 Luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 Luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 Luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal

	mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 Luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 Luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 Luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Tabla Obtenida del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores

2.12 Controles eléctricos

Se denomina controles eléctricos a los circuitos utilizados para supervisar, controlar, regular y proteger un sistema eléctrico de control y fuerza. Estos circuitos eléctricos están conformados por diversos elementos eléctricos de control y fuerza como: contactores, guardamotor, relé, temporizadores, pulsadores, luces piloto, etc.

2.12.1 Tipos de controles eléctricos

Un control eléctrico puede ser de 3 tipos: manual, semiautomático y automático. A continuación se describe cada uno de los tipos de control:

- **Manual:** Este tipo de control se utiliza frecuentemente con el propósito de arrancar y detener el motor. El arrancador manual proporciona generalmente protección contra sobrecarga pero no presenta protección contra baja tensión.
- **Semiautomático:** este tipo de control se utiliza principalmente para ayudar en las maniobras de control en aquellos tableros donde el control manual no es posible. (Rodríguez, 2011)
- **Automático:** Un control automático está formado por un arrancador electromagnético o contactor controlado por uno o más dispositivos automáticos. La orden inicial de marcha puede ser automática, pero generalmente es una operación manual, realizada en un panel de pulsadores. (Rodríguez, 2011)

2.12.2 Tablero de control

Un tablero de control eléctrico es donde se albergan todos los elementos que controlan el funcionamiento de los diferentes dispositivos eléctricos tales como los motores, generadores y diferentes maquinas utilizadas en procesos. En los tableros de control no solo se encuentran elementos eléctricos, también existen elementos neumáticos que se los utiliza en diferentes procesos.

2.12.3 Elementos de control eléctrico

➤ Pulsadores

Son elementos que permiten la interrupción o el paso de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él, vuelve a su posición de reposo. El pulsador de arranque tiene contactos normalmente abiertos (NA) y el pulsador de paro tiene contactos normalmente cerrados (NC).

➤ Selector eléctrico

Un selector eléctrico rotativo permite seleccionar manualmente las diferentes posiciones que posee, abriendo y cerrando contactos normalmente cerrados (NC) o normalmente abiertos (NA).

➤ Contactor

Elemento mecánico de conexión con una sola posición de reposo, accionado mediante un electroimán. Debe ser capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente que circula por el circuito en condiciones normales de funcionamiento.

(Universidad de Porto, s.f.)

➤ **El relé**

Los relés son interruptores que abren y cierran circuitos electromecánicamente o electrónicamente. Los relés controlan un circuito eléctrico, abriendo y cerrando contactos en otro circuito. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina del relé, los contactos cambian de estado.

➤ **Supervisor trifásicos**

Son dispositivos eléctricos que sirven para supervisar el sistema para de esta manera evitar daños en las cargas trifásicas cuando ocurren interrupciones del suministro, fluctuaciones de voltaje, desbalances, pérdida de una fase y fases invertidas. (Generación de Tecnología, 2015)

Es generalmente empleado en protección de bombas y motores eléctricos tanto monofásicos como trifásicos.

➤ **Disyuntor eléctrico**

Un disyuntor es un dispositivo de protección que interrumpe la circulación de la corriente cuando existe una sobreintensidad o cuando se produce un cortocircuito en un equipo eléctrico o instalación eléctrica.

➤ **Temporizadores**

Un temporizador o timer es un dispositivo de control eléctrico mediante el cual, permite regular el tiempo para la conexión o desconexión de un circuito eléctrico.

El temporizador es un tipo de relé auxiliar, pero se diferencia de este porque sus contactos no cambian de posición instantáneamente. Los temporizadores pueden trabajar a la conexión o a la desconexión.

- **A la conexión:** cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos.

- **A la desconexión:** cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo conmuta los contactos.

➤ **Guardamotor**

El guardamotor es un disyuntor termo-magnético, diseñado especialmente para la protección del motor eléctrico frente a sobrecargas y cortocircuitos. Este diseño especial proporciona al guardamotor una curva de disparo que lo hace más resistente frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

➤ **Boya de nivel**

Interruptores de nivel tipo flotador, conocidos también como boyas de nivel son diseñados para una conexión directa a bombas de baja potencia o bombas de alta potencia mediante el uso de un relé. Cuando el nivel del líquido alcanza el interruptor/boya de nivel, éste se inclina y el micro interruptor mecánico al interior cerrará o abrirá el circuito, arrancando o parando una bomba que funcionan en tanques, estaciones de bombeo, etc. (ATMI, 2015)

➤ **Relé térmico**

Los relés térmicos controlan y supervisan el recalentamiento de las líneas por sobreintensidad en las bobinas del motor eléctrico, provocando la apertura del contacto normalmente cerrado (NC), cuando la corriente sobrepasa el límite establecido.

Se lo puede utilizar tanto en circuitos de corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

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

- volver a arrancar el motor después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

➤ **Fusible**

El fusible eléctrico es un elemento de protección eléctrica. El fusible protege el circuito eléctrico de corto circuitos que puedan ocurrir en el transcurso de su funcionamiento, interrumpiendo el flujo de la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa el valor de la corriente de fusión del fusible dentro de un lapso de tiempo determinado.

(Fuselco LTDA, 2010)

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

3.1 Ubicación de “EDAR ENTRE RÍOS”

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada en la urbanización ENTRE RÍOS, de la parroquia satelital la puntilla perteneciente al cantón Samborondón y tiene una área total de 1181 mt^2 .

3.2 Acometida principal

La acometida eléctrica principal que suministra de energía a la planta es en media tensión a un voltaje de 13,2 KV, la línea de transmisión en media tensión proviene de la subestación “La Puntilla”. En la figura N° 3.1 se puede observar la acometida principal.



Figura N° 3.1 “Acometida principal de la planta”

Fuente El Autor

3.3 Análisis del último poste

En la figura N° 3.2 se puede observar los elementos que conforman el último poste:

- Estructura: poste de hormigón armado de 11mt de altura y 500kg contra ruptura.
- Caja porta fusible de 15KV y fusible tipo vela de 100 A, una por cada fase.
- Pararrayos tipo válvula de 10KV una por cada fase.
- Tubo rígido de $\varnothing 4''$ RIGIDO.
- Cruceta de madera de 2mt de largo; la cruceta se sujeta al poste por medio de un perno tipo u de $\varnothing 5/8''$ por 12''.
- Aisladores 52-1, tipo suspensión de porcelana, según la norma ANSI; para sujetar los aisladores a la cruceta se utilizan pernos tipo ojo de $\varnothing 5/8''$ por 12''. Se utilizan dos aisladores por fase.

- Conductores de aluminio desnudo ACSR # 2.
- Tensor a tierra: cable tensor para retenida de acero galvanizado de $\varnothing 3/8''$ que se encuentra anclada al bloque por medio de una varilla de anclaje galvanizada de $\varnothing 3/4''$.
- Puntas tipo exterior para bajante de media tensión.
- Cable #2 - CU – 15KV que pasa por la tubería rígida hasta el transformador de la planta.
- Reversible $\varnothing 4''$.



Figura N° 3.2 “Último poste de la EDAR”

Fuente El Autor

3.4 Transformador principal

El transformador que se utiliza en la planta es de tipo pad-mounted, sumergido en aceite. La capacidad del transformador es de 150KVA/3 ϕ y transforma de 13,2KV a 240/120 V/3 ϕ . El tipo de conexión de transformador es Dyn5, es decir que el bobinado primario es en delta o triangulo y el bobinado secundario es en estrella, además consta de un neutro.

3.5 Cuarto de tableros

Dentro de la planta existe un cuarto donde se puede encontrar el tablero general de distribución, el banco de capacitores y en el medio del cuarto se encuentra el último poste como se observa en la figura n° 3.3



Figura N°3.3 “Interior del cuarto de tablero”

Fuente El Autor

3.6 Panel de principal de distribución

El panel principal de distribución como se muestra en la figura N° 3.4, se encuentra ubicado dentro del cuarto de tableros como se muestra en la figura N° 3.5



Figura N°3.4 “Panel principal de distribución”

Fuente El Autor



Figura N° 3.5 “Cuarto de tableros”

Fuente El Autor

Dentro del tablero general de distribución se encuentra el breaker principal, el medidor de energía eléctrica de la planta, las barras de cobre de distribución y las protecciones de los circuitos de la planta; además en el tablero se encuentra un antiguo control de bombas que operaba en la planta.

3.7 Medición

La medición de la planta de tratamiento es en baja tensión trifásica, el tipo de medidor utilizado en la planta es un CL-20 marca General Electric de procedencia americana como se muestra en la figura N° 3.6



Figura N° 3.6 “Medidor eléctrico CL-20”

Fuente El Autor

3.8 Iluminación

Actualmente la planta EDAR “ENTRE RÍOS” no dispone de un sistema de iluminación al interior de la misma.

3.9 Banco de capacitores

En la actualidad dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra instalado un banco de capacitores automático. Este dispositivo está ubicado dentro del

cuarto de tableros, la capacidad del banco de capacitores es de 90 KVAR y está conectado a la red eléctrica de la planta en el lado de baja tensión.

El banco de capacitores está conformado por 5 pasos, un paso es de 10 KVAR y los cuatro pasos restantes son 20 KVAR cada uno. El tipo de capacitor que se emplea es de marca FRAKO e interiormente está conectado en delta. Actualmente el banco de capacitores está operando solo con 3 pasos de 20 KVAR cada uno, debido a que los otros pasos de capacitores están desconectados de la red de la planta.

El factor de potencia actual de la planta es de 0,99 y el que establece la empresa eléctrica es de 0,92 por consiguiente el factor de potencia es el ideal.

3.10 Equipos que operan dentro de la planta

Los equipos que operan dentro de la planta son los siguientes:

Bomba 1

- Marca: GOULDS PUMPS
- Modelo: WS2032D3
- Potencia (HP): 2
- Amp. Max: 10.0
- Voltaje: 230
- Fase: 3

- Frecuencia: 60 Hz

Bomba 2

- Marca: GOULDS PUMPS
- Modelo: WS2032D3
- Potencia (HP): 2
- Amp. Max: 10.0
- Voltaje: 230
- Fase: 3
- Frecuencia: 60 Hz

Bomba 3

- Marca: TSURUMI PUMP
- Modelo: 100C45.5 - CR
- Potencia (HP): 7,5
- Amp. Max: 20,5
- Voltaje: 230
- Fase: 3
- Frecuencia: 60 Hz

Motor de Blower 1

- Marca: SIEMENS
- Modelo: 1LA7 163-2YA70

- Potencia (HP): 20
- Amp. Max: 53.6 / 26,8
- Voltaje: 220 V (DOBLE DELTA) / 440 V (DELTA)
- Fase: 3
- Factor de servicio: 1,1
- Eficiencia: 84,0
- Velocidad: 3510 rpm
- Frecuencia: 60 Hz

Motor de Blower 2

- Marca: CROMPTON GREAVES
- Modelo: XNADJ26934
- Potencia (HP): 25
- Amp. Max: 62 / 36 / 31
- Voltaje: 220 V (DELTA) / 380 V (ESTRELLA) / 440 V (DELTA)
- Fase: 3
- Eficiencia: 90,5%
- Velocidad: 1700 rpm
- Frecuencia: 60 Hz

Motor de Blower 3

- Modelo: XNADJ26934
- Potencia (HP): 25

- Amp. Max: 62 / 36 / 31
- Voltaje: 220 V (DELTA) / 380 V (ESTRELLA) / 440 V (DELTA)
- Fase: 3
- Eficiencia: 90,5%
- Velocidad: 1700 rpm
- Frecuencia: 60 Hz

3.11 Sistemas de control

Dentro de la planta EDAR “ENTRE RÍOS” existen dos sistemas de control:

- Sistema de control de bombas de la estación de bombeo que se encuentra ubicado en el cuarto de tableros dentro del PPD.
- Sistema de control de blower que se encuentra ubicado en el cuarto de blowers.

3.11.1 Estación de bombeo

En la estación de bombeo de la EDAR se ubican las bombas sumergibles, las cuales cumplen la función de bombear el agua residual a los reactores de la planta para su debido proceso de tratamiento.

Las bombas sumergibles trabajan a un voltaje de 220 V - 3 ϕ , el tipo de conductor que utilizan para su alimentación es un cable concéntrico de 4 hilos #10. Los conductores que alimentan las bombas se encuentran a la intemperie y salen directamente del PPD que se encuentra ubicado en el cuarto de tableros.

El tablero de control de las bombas sumergibles que se encuentran en la estación de bombeo es automática, por medio de una boya, el cual al momento de que el nivel del pozo aumenta cierra el circuito y manda a accionar la bobina de los contactores que trabajan con las bombas sumergibles. En la figura N° 3.7 y N° 3.8 se puede observar el diagrama de fuerza y de control actual de la estación de bombeo.

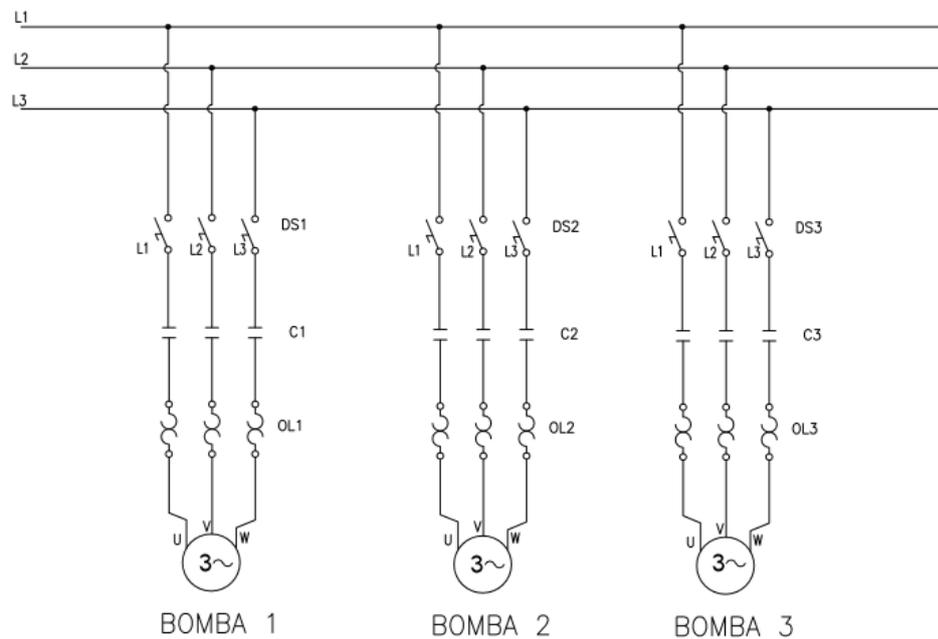


Figura N° 3.7 “Diagrama de fuerza actual de estación de bombeo”

Fuente El Autor

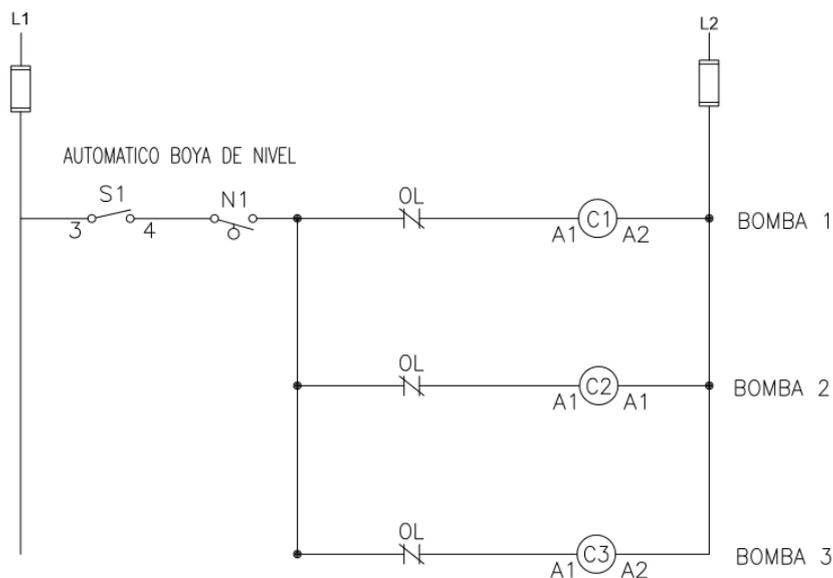


Figura N° 3.8 “Diagrama de control actual de estación de bombeo”

Fuente El Autor

El control actual del sistema de bombas no dispone de botones de marcha y paro.

3.11.2 Cuarto de blowers

Dentro del cuarto de blowers se encuentran instalados los motores eléctricos y los blowers mecánicos. La función de estos equipos es la de suministrar oxígeno a la materia orgánica e inorgánica que se encuentran en la piscina de lodo y en los reactores 1 y 2.

Los motores eléctricos operan a una tensión de 220v - 3 ϕ , el tipo de conductor que utilizan para su alimentación es calibre #4-TTHW-CU-600V. El conductor está

instalado en una tubería EMT de 2" ϕ la cual parte del PD-PB01 y en el tramo final que va a la caja de conexiones de los motores se ha instalado una tubería funda sellada de 1 1/2" ϕ . El tipo de arranque que se emplea para su funcionamiento es un arranque estrella – triangulo con su respectivo control. Además los motores pueden trabajar de forma manual y automático por medio de un timmer digital en el cual se establece el horario de encendido y apagado de los motores. En la lámina N°1 y N°2 se puede observar los diagramas de control y de fuerza de los motores.

CAPÍTULO 4

REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA EDAR “ENTRE RÍOS”

El siguiente capítulo contempla el rediseño de los sistemas eléctricos y de control de la planta de tratamiento de agua residual “EDAR ENTRE-RÍOS”, ubicada en la urbanización ENTRE RÍOS.

4.1 Generalidades eléctricas

Para el rediseño de los sistemas eléctricos de la planta de tratamiento de agua residuales tenemos los siguientes aspectos a tomar en cuenta:

4.1.1 Suministro de energía y acometida principal

La energía eléctrica de la planta será suministrada por la CNEL GUAYAS-LOS RÍOS. La acometida principal será en media tensión a 13,2 KV - 3 ϕ , partirá desde la red de distribución de media tensión instalada actualmente frente a la planta como se muestra en la lámina N° 5 hasta el último poste.

En el último tramo desde el último poste se instalará conductores que serán #2 AWG-CU-15KV y cable #4-CU-600V para el neutro, bajarán mediante una tubería rígida de Ø4" hasta el transformador que estará ubicado junto al último poste como se muestra en la lámina N°5.

4.1.2 Protección en media tensión

La acometida en media tensión será protegida contra cortos circuitos mediante cajas seccionadoras porta fusibles de 15KV-100 A, la capacidad del fusible será de 5 A.

La protección contra descargas atmosféricas se realizará mediante pararrayos tipo válvula de 10KV.

4.1.3 Características eléctricas del transformador principal.

El transformador principal de la "EDAR ENTRE RÍOS" se instalará de acuerdo a lo que se indica la lámina N°5 y N°13. Este transformador será de tipo Pad-Mounted sumergido en aceite vegetal tipo FR3. La capacidad del transformador es de 75KVA-3 ϕ y transforma de 13,2KV a 240/120 V-3 ϕ . El tipo de conexión de transformador es Dyn5.

4.1.4 Sistema de medición

Para el sistema de medición del consumo de energía eléctrica de la “EDAR ENTRE-RÍOS” se instalará un tablero para el medidor el cual será empotrado exteriormente en la pared del cuarto de tableros y el mismo alojará un medidor CL-20-3 ϕ , tipo socket con transformadores de corriente (TC) debido a que la corriente que circulará por el medidor está entre el rango de 175A – 1000A. La medición será indirecta en baja tensión debido a que la demanda de la planta no supera los 300 kilovatios que establece las normas NATSIM 2012.

En la parte inferior del medidor, en el piso se instalará el sistema de puesta a tierra mediante una varilla copperweld de ϕ 5/8” x 6” la cual deberá conectarse al tablero de medidor.

La capacidad del transformador de corriente será de 200/5 A y se instalará uno por cada fase del transformador.

4.1.5 Tablero del medidor

Se encuentra construido para una tensión de operación de 600v, 60Hz; y su estructura deberá ser construida en una plancha metálica de 1/16”, de rigidez y

resistencia mecánicas apropiadas para soportar vibraciones y esfuerzos mecánicos exteriores, las medidas del tablero son de 70cmx40cmx25cm

Para protección del medio ambiente, deberá ser pintado con una capa de pintura anticorrosiva, y con una capa de pintura al horno como capa final de acabado. El panel de medidor, debe alojar en su interior el socket.

La altura de montaje del medidor debe ser de 1.80mt desde el piso terminado hasta el eje del medidor.

4.1.6 Tubería y accesorios

Toda la tubería que se utilizará en la instalación, será de tipo rígida o EMT para la alimentación de los tableros eléctricos y de control como se muestra en la lámina N° 7. Las tuberías de PVC se la implementará en la estación de bombeo donde se encuentran ubicadas las bombas sumergibles y la tubería funda sellada será implementada en el tramo final de alimentación de los motores eléctricos que se encuentran ubicados en el cuarto de blowers en la lámina N° 8 se muestra cómo será la instalación y recorrido de la tubería.

La tubería para la acometida principal será de tubo rígido de Ø4". Para evitar que los conductores sufran algún daño al pasar por los tubos, previamente éstos deben ser limpiados de material y de la humedad.

4.1.7 Conductores

Los conductores serán de cobre con aislamiento tipo TW y THHW resistente a la temperatura y a la humedad (máxima temperatura de operación 60°C y 75°C respectivamente), para 600v y su calibre está indicado el en diagrama unifilar final en la lámina N°6. No se permitirá hacer empalmes dentro de los ductos.

4.2 Cálculo de la corriente de diseño para dimensionar la capacidad del breaker de protección de los equipos eléctricos que funcionan dentro de la EDAR “ENTRE RÍOS”

Para dimensionar la capacidad del breaker de protección contra cortocircuito de cada motor eléctrico y bomba sumergible que opera dentro de la planta de tratamiento se debe calcular primero la corriente de diseño, la fórmula N°1 establece que la corriente de diseño (I_d) será igual a 1.50 de la corriente nominal (I_n):

$$I_d = 1.50 * I_n \quad (1)$$

Donde

- I_d = Corriente de diseño
- 1.50 es el factor de multiplicación que se establece para dimensionar la capacidad del breaker.
- I_n = corriente nominal

Una vez obtenida la corriente de diseño (I_d) se procede a seleccionar la capacidad de breaker que protegerá al equipo.

En la tabla N° 4.1 muestra los equipos que se tomaron en cuenta para el rediseño de la planta:

Tabla N° 4.1 "Equipos eléctricos que operan dentro de la EDAR "ENTRE RÍOS"

PLANILLA DE MOTORES DE "EDAR ENTRE-RÍOS"				
Descripción de Equipos	Potencia (KW)	Fase	Voltaje (V)	I_n (A)
Motor "SIEMENS"	14,9	3φ	220	53,6
Motor "CROMPTON GREAVES"	18,5	3φ	220	62
Motor "CROMPTON GREAVES"	18,5	3φ	220	62
Bomba Sumergile " GOULDS PUMPS"	1,49	3φ	230	4,5
Bomba Sumergile " GOULDS PUMPS"	1,49	3φ	230	4,5
Bomba sumergible " TSURUMI PUMP"	5,6	3φ	230	12,5
Motor Ventilador	0,6	1φ	220	2,72
Motor Ventilador	0,6	1φ	220	2,72

Fuente El Autor

En la tabla N° 4.2 muestra el cálculo de la corriente de diseño (I_d) para el dimensionamiento de la protección para cada uno de los motores que funcionan en el cuarto de blowers de la planta:

Tabla N° 4.2 “Cálculo de la corriente de diseño para dimensionamiento de breaker de protección de motores eléctricos”

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE DISEÑO PARA DIMENSIONAMIENTO DE BREAKER			
Corriente de Diseño			$I_d = 1.50 * I_n$
Equipo:	Motor "Siemens"		$I_d = 1.50 * 53,6 A$ $I_d = 80,3 A$
In:	53,6	A	
Equipo:	Motores "Crompton Greaves"		$I_d = 1.50 * 62 A$ $I_d = 93 A$
In:	62	A	
Equipo:	Motor Ventilador		$I_d = 1.50 * 2,12 A$ $I_d = 3,10 A$
In:	2,12	A	

Fuente El Autor

Con los valores obtenidos en la tabla N° 4.2 se procede a seleccionar la capacidad de los breakers para cada uno de los equipos que operan dentro del cuarto de blowers:

- El motor “siemens” tiene una corriente nominal de (I_n) de 53,6 A, la corriente de diseño (I_d) es de 80,3 A, para su protección se empleará un breaker de 3P-80 A
- Los motores “Crompton Greaves” tienen una corriente nominal de (I_n) de 62 A, la corriente de diseño (I_d) es de 92 A, para proteger los equipos se emplearán breakers de 3P-100 A
- Los motores ventiladores tienen una corriente nominal de (I_n) de 2,12 A, la corriente de diseño (I_d) es de 3,10 A, para su protección se emplearán breakers de 2P-4 A

En la tabla N° 4.3 se muestra el cálculo de la corriente de diseño (I_d) para el dimensionamiento de la protección de las bombas sumergibles que se encuentran en la estación de bombeo:

Tabla N° 4.3 “Cálculo de la corriente de diseño para dimensionamiento de breaker de protección de las bombas sumergibles”

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE DISEÑO PARA DIMENSIONAMIENTO DE BREAKER		
<i>Corriente de Diseño</i>		$I_d = 1.50 * I_n$
Equipo:	Bomba "Tsurumi Pump"	
In:	12,5	A
		$I_d = 1.50 * 12,5 A$ $I_d = 18,75 A$
Equipo:	Bomba "Goulds Pump"	
In:	4,5	A
		$I_d = 1.50 * 4,5 A$ $I_d = 6,75 A$

Fuente El Autor

Con los valores obtenidos de la corriente de diseño de la tabla N°4.3 se procede a seleccionar la capacidad de los breakers de cada uno de las bombas sumergibles que operan dentro de la estación de bombeo:

- La bomba “Tsurumi Pump” tiene una corriente nominal (I_n) de 12,5 A, la corriente de diseño (I_d) es de 18,75 A, para su protección se empleara un breaker de 3P-20A
- Las bombas “Goulds Pump” tienen una corriente nominal (I_n) de 4,5 A, la corriente de diseño (I_d) es de 6,75 A, para su protección se emplearán breakers de 3P-15 A

4.3 Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de los equipos eléctricos que funcionan dentro de la EDAR “ENTRE RÍOS”

Para dimensionar el calibre del conductor que alimentará los equipos que opera dentro de la planta de tratamiento se debe calcular primero la corriente de diseño, la

fórmula N°2 establece que la corriente de diseño (I_d) será igual a 1.25 de la corriente nominal (I_n):

$$I_d = 1.25 * I_n \quad (2)$$

Donde

- I_d = Corriente de diseño
- 1.25 es el factor de multiplicación que se establece para dimensionar el calibre del conductor.
- I_n = corriente nominal

Una vez calculada la corriente de diseño (I_d) se procede a seleccionar el calibre del conductor utilizando la tabla N°3.

En la tabla N° 4.4 se muestra el cálculo de la corriente de diseño (I_d) para el dimensionamiento del calibre del conductor que se empleara para cada uno de los motores que funcionan en el cuarto de blowers de la planta:

Tabla N° 4.4 “Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de los motores”

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE DISEÑO PARA SELECCIONAR EL CALIBRE DEL CONDUCTOR		
<i>Corriente de Diseño</i>		$I_d = 1.25 * I_n$
Equipo:	Motor "Siemens"	$I_d = 1.25 * 53,6 \text{ A}$ $I_d = 67 \text{ A}$
In:	53,6 A	
Equipo:	Motor "Crompton Greaves"	$I_d = 1.25 * 62 \text{ A}$ $I_d = 77,5 \text{ A}$
In:	62 A	
Equipo:	Motor Ventilador	$I_d = 1.25 * 2,12 \text{ A}$ $I_d = 2,65 \text{ A}$
In:	2,72 A	

Fuente El Autor

Con los valores obtenidos de la corriente de diseño de la tabla N° 4.4 se procede a seleccionar el calibre del conductor más adecuado para que alimente cada uno de los motores del cuarto de blowers:

- El motor “siemens” tiene una corriente nominal de (I_n) de 53,6 A, la corriente de diseño (I_d) es de 67 A, en la tabla N°3 establece que para una corriente de diseño de 67 A se debe utilizar un conductor #4-CU-TW que soporta una corriente de hasta 70 A, para alimentar el motor se utilizaran 3C #4-CU-TW-600V más 1C#8-CU-TW-600V, pero debido a que el tipo de arranque del motor es estrella-delta, el número de conductores serán el doble pero la corriente que atraviesa se dividirá para dos, por consiguiente por cada conductor fluirá una corriente de 33,5 A por línea aproximadamente, se utilizarán 6C#8-CU-600V mas 1C#8-CU-T-600V que se lo empleara para la conexión a tierra
- Los motores “Crompton Greaves” tienen una corriente nominal de (I_n) de 62 A, la corriente de diseño (I_d) es de 77,5 A, en la tabla N°3 establece que para una corriente de diseño de 77,5 A se debe utilizar un conductor #3-CU-TW que soporta una corriente de hasta 80 A, para alimentar los motores eléctricos se deberán utilizar 3C#3-CU-TW-600V más 1C#8-CU-TW-600V para cada motor, pero debido a que el tipo de arranque que utilizan motores es estrella-delta, el número de conductores serán el doble pero la corriente que atraviesa se dividirá para dos, por consiguiente por cada conductor fluirá una corriente de 39 A por línea aproximadamente, se utilizarán 6C#8-CU-TW-600V mas 1C#8-TW-CU-T-600V que se lo empleará para la conexión a tierra.

- Los motores ventiladores tienen una corriente nominal de (I_n) de 2,12 A, la corriente de diseño (I_d) es de 2,65 A, en la tabla N°3 establece que para una corriente de diseño de 2,65 A se debe utilizar un conductor #14-CU-TW que soporta una corriente de hasta 20 A, pero para una instalación eléctrica industrial el mínimo requerido será #12 que soportan una corriente de 25 A para alimentar los motores se utilizaran 2C #12-CU-TW-600V más 1C#14-CU-TW-600V.

En la tabla N° 4.5 se muestra el cálculo de la corriente de diseño (I_d) para el dimensionamiento del calibre del conductor que empleara para alimentar las bombas sumergibles que se encuentran en la estación de bombeo:

Tabla N° 4.5 “Cálculo de la corriente de diseño para seleccionar el calibre del conductor de las bombas”

CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE DISEÑO PARA SELECCIONAR EL CALIBRE DEL CONDUCTOR		
<i>Corriente de Diseño</i>		$I_d = 1.25 * I_n$
Equipo:	Bomba "Tsurumi Pump"	$I_d = 1.25 * 22 \text{ A}$
In:	12,5 A	$I_d = 15,62 \text{ A}$
Equipo:	Bomba "Goulds Pump"	$I_d = 1.25 * 10 \text{ A}$
In:	4,5 A	$I_d = 5,62 \text{ A}$

Fuente El Autor

Con los valores obtenidos de la corriente de diseño de la tabla N° 4.5 se procede a seleccionar el calibre del conductor más adecuado para que alimente cada uno de las bombas sumergibles que operan dentro de la estación de bombeo:

- La bomba “Tsurumi Pump” tiene una corriente nominal (I_n) de 12,5 A, la corriente de diseño (I_d) es de 15,62 A, en la tabla N°3 establece que para una corriente de diseño de 15,62 A se debe utilizar un conductor #12-CU-TW que soporta una

corriente de hasta 25 A, para alimentar la bomba se deberá utilizar 3C#12-CU-TW-600V más 1C#14-CU-TW-600V que se empleará para la conexión a tierra.

- Las bombas “Goulds Pump” tienen una corriente nominal (I_n) de 4,5 A, la corriente de diseño (I_d) es de 5,62 A, en la tabla N°3 establece que para una corriente de diseño de 5,62 A se debe utilizar un conductor #14-CU-TW que soporta una corriente de hasta 20 A, pero debido a que es una instalación industrial se requiere usar como mínimo conductor #12. Para alimentar las bombas se deberán utilizar 3C#12-CU-TW-600V más 1C#14-CU-TW-600V que se empleará para la conexión a tierra.

4.4 Cálculo de breaker principal y del conductor de la acometida del PD-Blower que se encuentra en el cuarto de blowers

Para dimensionar la capacidad del breaker principal de protección del PD-Blower se debe calcular primero la corriente de diseño, la fórmula N°3 establece que la corriente de diseño (I_d) será igual a 1.50 de la corriente nominal (I_n) del motor de mayor amperaje más la sumatoria de las corrientes nominales (I_n) de los motores de menor amperaje:

$$I_d = 1.50I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (3)$$

Donde

- I_d = Corriente de diseño
- 1.50 es el factor de multiplicación que se establece para dimensionar la capacidad del breaker.
- I_n = corriente nominal del motor de mayor amperaje.
- ΣI_n = sumatoria de las corrientes nominales de los motores de menor amperaje.

En la tabla N° 4.6 se puede observar los equipos que alimentará el PD-Blower

Tabla N° 4.6 "Equipos conectados al PD-Blowers"

<i>PD-Blowers</i>					
N°	<i>EQUIPO</i>	<i>POTENCIA (KW)</i>	<i>VOLTAJE</i>	<i>AMPERAJE</i>	<i>FASE</i>
1	Motor "SIEMENS"	14,9	220 V	53,6 A	3 ϕ
2	Motor "CROMPTON GREAVES"	18,5	220 V	62 A	3 ϕ
3	Motor "CROMPTON GREAVES"	18,5	220 V	62 A	3 ϕ
7	Motor Ventilador	0,6	220 V	2,72 A	1 ϕ
8	Motor Ventilador	0,6	220 V	2,72 A	1 ϕ

Fuente El Autor

En la tabla N° 4.6 se observar que los motores "Crompton Greaves" tienen el mayor amperaje, para el cálculo con la formula n°3 se seleccionará el motor n°2 que tiene una corriente de 62 A para utilizarlo como el motor de mayor amperaje y los motores restantes serán utilizados como los motores de menor amperaje.

Con los datos establecidos se procede a plantar la fórmula n° 3 del cálculo de la corriente de diseño:

$$I_d = 1.50I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (3)$$

$$I_d = 1.50(62A) + (62 + 53,6 + 2,72 + 2,72)A$$

$$I_d = 93 A + 121 A$$

$$I_d = 214,04 A$$

La corriente de diseño es igual a 214,04 A, Para proteger el PD-Blowers se seleccionará un breaker de 3P-225 A, debido a que no existe en el mercado breaker de 3P-214,04 A.

Para dimensionar el calibre del conductor del PD-Blower se debe calcular primero la corriente de diseño, la fórmula N°4 establece que la corriente de diseño (I_d) será igual a 1.25 de la corriente nominal (I_n) del motor de mayor amperaje más la sumatoria de las corrientes nominales (I_n) de los motores de menor amperaje:

$$I_d = 1.25I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (4)$$

Donde

- I_d = Corriente de diseño
- 1.25 es el factor de multiplicación que se establece para dimensionar el calibre del conductor.
- I_n = corriente nominal del motor de mayor amperaje.
- ΣI_n = sumatoria de las corrientes nominales de los motores de menor amperaje.

Con la tabla N°4.6 establece que los motores “Crompton Greaves” tienen el mayor amperaje, para realizar el cálculo con la fórmula n°4 se seleccionará al motor n°2 que tiene una corriente de 62 A para utilizarlo como el motor de mayor amperaje y los motores restantes serán utilizados como los motores de menor amperaje.

$$I_d = 1.25I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (4)$$

$$I_d = 1.25(62A) + (62 + 53,6 + 2,72 + 2,72)A$$

$$I_d = 77.5 A + 121 A$$

$$I_d = 198.5 A$$

La corriente de diseño es igual a 198,5 A, Para la acometida del PD-Blowers se seleccionará un conductor #4/0-CU-THHW-600V debido a que este tipo de conductor soporta una corriente permanente de hasta 230 A, para la tierra se utilizará un conductor #1/0-CU-TW-600V debido a que para el conductor a tierra se establece que este conductor debe soportar aproximadamente el 50% de corriente que la del conductor principal.

Para el PD-Blowers se utilizaran 3C#4/0-CU-THHW-600V + 1C#1/0-CU-TW-600V.

4.5 Cálculo de breaker principal y del conductor de la acometida del PD-bombas

En la tabla N°4.7 se puede observar los equipos que alimentará el PD-Bombas

Tabla N°4.7 “Equipos conectados al PD-Bombas”

PD-Bombas					
N°	EQUIPO	POTENCIA (KW)	VOLTAJE	AMPERAJE	FASE
4	Bomba Sumergile " GOULDS PUMPS"	1,49	230 V	4,5	3φ
5	Bomba Sumergile " GOULDS PUMPS"	1,49	230 V	4,5	3φ
6	Bomba sumergible " TSURUMI PUMP"	5,6	230 V	12,5	3φ

Fuente El Autor

En la tabla N°4.7 se observar que la bomba sumergible “Tsurumi Pump” tiene el mayor amperaje, para el cálculo con la fórmula n°3 se seleccionará al motor n°6 que tiene una corriente nominal de 12,5 A para utilizarlo como el motor de mayor amperaje y los motores restantes serán utilizados como los motores de menor amperaje.

$$I_d = 1.50I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (3)$$

$$I_d = 1.50(12,5 A) + (4,5 + 4,5)A$$

$$I_d = 18,75 A + 9 A$$

$$I_d = 27,75 A$$

La corriente de diseño es igual a 27,75 A, Para proteger el PD-Bombas se seleccionará un breaker de 3P-40 A, debido a que no existe en el mercado breaker de 3P-27,5 A y además si en el futuro se decide cambiar una bomba de 2 hp por una de 7,5 hp el breaker 3P-40A daría esa flexibilidad.

En la tabla N°4.7 se observar que la bomba sumergible “Tsurumi Pump” es la de mayor amperaje con 12,5 A, para el cálculo con la fórmula n°4 se seleccionará al motor n°6 para utilizarlo como el motor de mayor amperaje y los motores restantes serán utilizados como los motores de menor amperaje.

$$I_d = 1.25I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (4)$$

$$I_d = 1.25(12,5 A) + (4,5 + 4,5)A$$

$$I_d = 15,62 A + 9 A$$

$$I_d = 24,62 A$$

La corriente de diseño es igual a 24,62 A, Para la acometida del PD-Bombas se seleccionará un conductor #8-CU-TW-600V debido a que este tipo de conductor soporta una corriente de hasta 40 A la cual va a la par con la selección del breaker de PD-bombas, para la tierra se utilizará un conductor 10-CU-TW-600V debido a que para el conductor a tierra se establece que este conductor debe soportar aproximadamente la mitad de corriente que la del conductor principal.

Para la acometida de PD-Bombas se utilizarán 3C#8-CU-TW-600V+1C#10-CU-600V-TW

4.6 Selección del breaker principal y del conductor de la acometida del PD-Servicios Generales

En la tabla N°4.8 se puede observar la planilla de circuitos de las cargas que alimentará el PD-Servicios Generales

Tabla N°4.8 “Planilla de circuitos de PD-SG”

PD-SG							
Cto.	VOLTAJE	CONDUTOR	DUCTO	BREAKER	POTENCIA (W)	# DE PUNTOS	DESCRIPCIÓN
1	110 V	2C#12-CU-TW-600V	1/2 "	1P-20A	60	7	Alumbrado de cuarto de tableros, baños y vestidores, bodega y cuartos de blowers.
2	110 V	2C#12+1C#14-CU-TW-600V	1/2 "	1P-20A	150	4	Toma corriente de baños y vestidores y bodega.
3	220 V	2C#10+1C#14-CU-TW-600V	1/2 "	1P-20A	200	4	Alumbrado de la planta

Fuente El Autor

Para proteger el PD-Servicios Generales se seleccionará un breaker de 2P-40A debido a que la corriente que circula por este panel no superara los 40A.

El tipo de cable que se empleará en la acometida del PD-SG será calibre #8-CU-600V-TW más un conductor #10 para la tierra del panel.

4.7 Cálculo de breaker principal y acometida que alimenta al panel principal de distribución (PPD) de la planta EDAR “ENTRE RÍOS”

Para proceder a realizar el cálculo del breaker principal del PPD se aplica la fórmula N°3 descrita anteriormente:

$$I_d = 1.50I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (3)$$

En la tabla N°4.9 se observa las cargas que se instalarán en el PPD

Tabla N°4.9 “Cargas que se instalarán en el PPD”

PANEL	EQUIPO	POT (KW)	CANT	CARGA (KW)	VOLTAJE (V)	AMPERAJE	FASE
PD-PB01	Motor "SIEMENS"	14,9	1	14,9	220	53,6	3φ
	Motor "CROMPTON GREAVES"	18,5	2	37	220	62	3φ
	Motor Ventilador	0,6	2	1,2	220	5,4	1φ
PD-PB02	Bomba Sumergible "GOULDS PUMPS"	1,49	2	2,98	230	4,5	3φ
	Bomba sumergible "TSURUMI PUMP"	5,6	1	5,6	230	12,5	3φ
PD-SG	Iluminación y tomas Corrientes	1,8	1	1,8	220	16,36	1φ

Fuente El Autor

Conociendo las cargas que se instalarán en el PPD se procede a aplicar las fórmula N°3 para obtener la corriente de diseño (I_d), teniendo en cuenta que la corriente mayor es la de los motores “Crompton Greaves” que es igual a 62 A.

$$I_d = 1.50I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (3)$$

$$I_d = 1.50(62) + (53,6 + 62 + 5,40 + 4,5 + 4,5 + 12,5 + 16,36)$$

$$I_d = 93 A + 158,86 A$$

$$I_d = 251,86 A$$

La corriente de diseño (I_d) es igual a 251,86 A. Para proteger el PPD se seleccionará un breaker de 3P-250 A, debido a que no existe en el mercado breaker de 3P-251,86 A.

Para proceder a realizar el cálculo del calibre del conductor para la acometida que alimentara al PPD se aplica la fórmula N°4 que fue descrita anteriormente:

$$I_d = 1.25I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (4)$$

Teniendo en cuenta que el motor “Crompton Greaves” es el de mayor amperaje como se muestra en la tabla N°4.9, se lo utilizara para proceder a realizar el cálculo del calibre del conductor para la acometida del PPD.

$$I_d = 1.25I_{n(\text{motor mayor})} + \Sigma I_{n(\text{motores menores})} \quad (4)$$

$$I_d = 1.25(62) + (53,6 + 62 + 5,40 + 4,5 + 4,5 + 12,5 + 16,36)$$

$$I_d = 77.5 A + 158,86 A$$

$$I_d = 236,36 A$$

En la tabla N°2.3 establece que para una corriente de diseño (I_d) de 236,36 A, el calibre del conductor será de 300 MCM o también se podría usar dos conductores #1/0 por fase y para la conexión a tierra y neutro se utilizará un conductor #1/0

4.8 Dimensionamiento de los ductos eléctricos que se instalará en la planta EDAR “ENTRE RÍOS”.

Para el dimensionamiento del diámetro de las tuberías que se emplearán en la planta se utilizará la tabla N°2.4 donde se especifica el número de conductores que pueden contener una tubería en su interior.

- Para alimentar el PD-Blowers el cual estará ubicado dentro del cuarto de blowers se emplearán 3C#4/0-CU-THHW-600V para las líneas y 1C#1/0-CU-600V-THHW para la tierra. En total sumarian 4 conductores, la tabla N°2.4 establece que el diámetro de la tubería que se empleará para transportar los conductores será de $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ ". El tipo de tubería será PVC como se muestra en la implantación de la planta en la lámina n°7 donde se especifica la trayectoria que tendrá la tubería.
- Para alimentar cada uno de los motores se emplearán 6C#8-CU debido a que el tipo de arranque es estrella-triangulo. Para transportar los conductores se emplearán dos tipos de tubería, la primera tubería principal tendrá $\varnothing 2$ " tipo EMT debido a que transportara 18C#8-CU-TW-600V para alimentar los motores y 3C#10-CU-600V-TW para aterrizar cada uno de los motores. y el segundo tipo de tubería será $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " EMT, la cual ira empotrada en el piso del cuarto de blowers y subirá por medio de un codo en L y que se conectara a una tubería funda sellada de $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " que ira a la caja de conexiones del motor.
- Para alimentar el PD-Bombas se emplearán 3C#8 + 1C#10-CU-600V-TW que en total sumarian 4 conductores, entonces en la tabla N°2.4 establece que el diámetro de la tubería que se empleará es de $\varnothing 1$ ". El tipo de tubería será PVC.

- Para alimentar las bombas sumergibles que se encuentran ubicadas en la estación de bombeo se deberá utilizar 4C#12-CU-600V-COCÉNTRICO para la bomba de 7,5 HP y 4C#12-CU-600V-COCÉNTRICO para la bomba de 2HP, la tubería que se empleara en la instalación es de \varnothing 1" tipo PVC.
- Para alimentar el PD-Servicios Generales se emplearán 2C#8 + 1C#10-CU-600V-TW que en total sumarían 3 conductores, entonces en la tabla N°2.4 establece que el diámetro de la tubería que se empleará es de \varnothing 3/4". El tipo de tubería será PVC.
- Para alimentar los circuitos del PD-SG se utilizará 2C#12-CU-600V-TW para el alumbrado en los baños y bodegas y 2C#10-CU-600V-TW para el alumbrado de las luces led y para alimentar los toma corrientes de la planta se utilizará 2C#12+1C#14-CU-600V-TW, la tubería que se empleará en la alimentación de cada uno de los circuitos es de \varnothing 1/2" tipo PVC.
- Para alimentar los circuitos del PDD se utilizará 2(3C#1/0-CU-600V-TW) + 1C#1/0-CU-TW que en total sumarían 7 conductores, entonces en la tabla N°2.4 establece que el diámetro de la tubería que se empleará es de \varnothing 2 1/2". El tipo de tubería será PVC.

4.9 Cálculo de la demanda requerida y dimensionamiento de la capacidad del transformador principal de la EDAR “ENTRE RÍOS”

Para determinar la capacidad del transformador que alimentará las cargas instaladas en la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR “ENTRE RÍOS” se debe considerar varios criterios para su cálculo.

- **Carga total instalada:** Se obtiene sumando la potencia nominal de todos los equipos eléctricos que se encuentran instalados en la planta.
- **Factor de Demanda (Fd):** Es un factor que se establece para conocer cuánto de la carga total instalada consumirá la instalación eléctrica. El factor de demanda tiene valores que fluctúan entre 0 a 1.
- **Factor de simultaneidad (Fs):** Es un factor que se establece para determinar qué cantidad de carga está en funcionamiento al mismo tiempo.

Para realizar el cálculo de la carga total instalada de la planta se realiza una sumatoria de todas las cargas instaladas en la planta.

En la tabla N° 4.10 muestra el cálculo de la carga total instalada en la planta de tratamiento EDAR “ENTRE RÍOS”

Tabla N°4.10 "Carga total instalada en la planta EDAR "ENTRE RÍOS""

CÁLCULO DE LA CARGA TOTAL INSTALADA EN LA EDAR "ENTRE RÍOS"				
PANEL	EQUIPO	CANT	POT (KW)	CARGA INSTALADA (W)
PD-Blowers	Motor "SIEMENS"	1	14,9	14900
	Motor "CROMPTON GREAVES"	2	18,5	37000
	Motor Ventilador	2	0,6	1200
PD-Bombas	Bomba Sumergible " GOULDS PUMPS"	2	1,49	2980
	Bomba sumergible " TSURUMI PUMP"	1	5,6	5600
PD-SG	Reflector Jeta Led	4	0,2	0,8
	Alumbrado	7	0,06	0,42
	Toma Corriente	4	0,15	0,6
Carga Total Instalada (W)				61681,82

Fuente El Autor

La carga total instalada de la planta como se muestra en la tabla N°4.10 es de 61681,82 W. Para realizar el cálculo de la demanda de la planta se aplica la fórmula N° 5, que establece que la demanda es igual al producto de la carga total instalada de la planta por el factor de demanda.

$$D = CT * Fd \quad (5)$$

Donde:

- *D*: Demanda de la planta
- *CT*: Carga total instalada
- *Fd*: Factor de demanda

Para proceder a calcular la demanda (*D*) de la planta, se considera un factor de demanda (*Fd*) de 0,80 debido a que los equipos que se encuentran instalados en la planta operaran entre 18 a 24 horas diarias

$$D = CT * Fd \quad (5)$$

$$D = 61681,82 \text{ W} * 0.80$$

$$D = 49350,45 \text{ W}$$

Para realizar el cálculo de la demanda requerida de la planta se aplica la fórmula N° 6, que establece que la demanda requerida es igual al producto de la demanda de la planta por el factor de simultaneidad.

$$D_{requerida} = D * Fs \quad (6)$$

Donde:

- $D_{requerida}$: Demanda requerida
- D : Demanda de la Planta
- Fs : Factor de simultaneidad

Para proceder a calcular la demanda requerida ($D_{requerida}$) de la planta, se considera un factor de simultaneidad (Fs) de 0,85 debido a que dentro de la planta siempre estarán operando dos blowers, además las bombas sumergibles instaladas están en constante funcionamiento.

$$D_{requerida} = D * Fs \quad (6)$$

$$D_{requerida} = 49350,45 \text{ W} * 0,85$$

$$D_{requerida} = 41943,63 \text{ W}$$

$$D_{requerida} = 41,94 \text{ KW}$$

La demanda requerida de la planta será de 41,94 KW, por consiguiente la acometida de la planta será en media tensión, debido a que las normas NATSIM establecen que los consumidores con cargas declaradas mayores a 30 KW deberán ser atendidos en media o alta tensión.

Considerando que en un futuro la empresa encargada de administrar la planta de tratamiento considere añadir nuevos equipos tales como bombas sumergibles de mayor capacidad o un cuarto blower para mejorar el tratamiento del agua residual se considerada una reserva del 50% para la demanda requerida. Entonces la demanda requerida de la planta será de aproximadamente de 62,91 KW.

Para proceder a realizar el cálculo de la potencia del transformador, se aplica la fórmula N° 7 que establece que la potencia del transformador es igual a la demanda requerida ($D_{requerida}$) dividido para el factor de potencia (FP)

$$Potencia \text{ del transformador } (K_{VA}) = \frac{D_{requerida}}{fp} \quad (7)$$

La demanda requerida de la planta es de 62,91 KW y el factor de potencia de la planta será de 0,92 el cual es el mínimo exigido por la empresa eléctrica.

$$Potencia \text{ del transformador } = \frac{62,91 \text{ KW}}{0,92} = 68,38 \text{ KVA}$$

La potencia del transformador es de 68,38 KVA, se procederá a seleccionar un transformador tipo Pad Mounted de 75 KVA-3 ϕ sumergido en aceite vegetal debido a que no existe transformadores de 68,38 KVA en el mercado.

4.10 Cálculo de capacidad del banco de capacitores para la planta de tratamiento

Para dimensionar la capacidad del banco de capacitores que se necesita dentro de la planta de tratamiento, para corregir el factor de potencia se lo calcula por medio de la fórmula N°8 que establece que la capacidad del banco de capacitores Q_C es igual al producto de la potencia instalada P_a por la diferencia de la tangente del ángulo actual ($T_g \varphi$) menos la tangente del Angulo deseado ($T_g \varphi'$).

$$Q_C = P_a * (T_g \varphi - T_g \varphi') \quad (8)$$

Donde

Q_C = Capacidad del banco de capacitores

P_a = Potencia instalada.

$T_g \varphi$ = Tangente del ángulo de potencia actual

$T_g \varphi'$ = Tangente del ángulo de potencia deseado

También se puede aplicar la fórmula N°8 la cual es muy similar a la fórmula N°8, solo que en vez de aplicar la tangente se la multiplica por factor que se obtiene de la tabla N°7, la fórmula N°9 establece que la capacidad del banco de capacitores Q_c es igual al producto de la potencia instalada P_a por el factor C que establece el cociente C el cual se obtiene de la tabla N°7.

$$Q_c = P_a * C \quad (9)$$

Donde

Q_c = Capacidad del banco de capacitores

P_a = Potencia instalada.

C = es un factor de multiplicación que se obtiene de la tabla N°7

Una vez realizado el cálculo de las capacidades de los bancos de capacitores (Q_c) por cada carga, se procederá a realizar una sumatoria de cada uno de los resultados obtenidos, para dimensionar el banco de capacitores general que se requerirá en la planta.

En la tabla N°4.11 muestra el cálculo del banco de capacitores por equipo:

Tabla N°4.11 "Cálculo de la capacidad de los bancos de capacitores de la EDAR "ENTRE RÍOS"

CÁLCULO DEL BANCO DE CAPACITORES				
<i>Capacidad del banco de capacitores</i>				$Q_c = P_a * C$
Equipo:	Motor "Siemens"			$Q_c = P_a * C$
Potencia (KW):	14,92			$Q_c = 14,92 KW * 0,275$
Cos ϕ:	0,87	Cos ϕ':	0,96	$Q_c = 4.10 KVAR$
C:	0,275			
Equipo:	Motor "Crompton Greaves"			$Q_c = P_a * C$
Potencia (KW):	18,65			$Q_c = 18,65 KW * 0,275$
Cos ϕ:	0,87	Cos ϕ':	0,96	$Q_c = 5.12 KVAR$
C:	0,275			
Equipo:	Bomba "Tsurumi Pump"			$Q_c = P_a * C$
Potencia (KW):	5,59			$Q_c = 5,59 KW * 0,432$
Cos ϕ:	0,81	Cos ϕ':	0,96	$Q_c = 2,41 KVAR$
C:	0,432			
Equipo:	Bomba "Goulds Pump"			$Q_c = P_a * C$
Potencia (KW):	1,49			$Q_c = 1,49 KW * 0,432$
Cos ϕ:	0,81	Cos ϕ':	0,96	$Q_c = 0,643 KVAR$
C:	0,432			

Fuente El Autor

En la tabla N°4.12 muestra el cálculo total del banco de capacitores, tomando los valores obtenidos en la tabla N°4.11

Tabla N°4.12 "Capacidad total del banco de capacitores de la EDAR "ENTRE RÍOS"

CAPACIDAD DEL BANCO DE CAPACITORES DE LA EDAR "ENTRE RÍOS"				
PANEL	EQUIPO	CANT	KVAR	KVAR Total
PD-Blowers	Motor "SIEMENS"	1	4,1	4,1
	Motor "CROMPTON GREAVES"	2	5,12	10,24
	Motor Ventilador	2	0	0
PD-Bombas	Bomba Sumergible " GOULDS PUMPS"	2	0,64	1,29
	Bomba sumergible " TSURUMI PUMP"	1	2,41	2,41
PD-SG	Iluminación y tomas Corriente	12	0	0
Capacidad Total del Banco de capacitores (KVAR)				18,04

Fuente El Autor

Con el valor obtenido de la tabla N°4.12 se establece que para la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR “ENTRE RÍOS” se requiere un banco de capacitores de 20 KVAR. Este banco de capacitores será automático y se trabajará en pasos, estos pasos se irán accionando conforme cada una de las cargas que existen en planta entren a funcionar y se desconectarán cuando cada una de las cargas dejen de trabajar.

4.11 Selección de las luminarias que se instalarán en la planta EDAR “ENTRE RÍOS”

Para el sistema de iluminación de la planta de tratamiento de aguas residuales se procedió a seleccionar las luminarias tipo led debido a que son más eficientes y permiten mayor aprovechamiento de la iluminación que las luminarias tradicionales tales como las de vapor de mercurio, vapor de sodio, fluorescentes e incandescentes, y su consumo de energía eléctrica es menor.

El tipo de luminaria led que se seleccionó para la planta son reflectores jeta led tienen una potencia de 200w y pueden ser conectados a 100 voltios a 240 voltios.

El funcionamiento de las luminarias será automática para el encendido y el apagado de las mismas.

En la lámina N°7 se muestra donde están ubicados los puntos de iluminación de la planta.

4.12 Sistemas de control de la planta de tratamiento

Dentro del rediseño de los sistemas de control de la planta de tratamiento de agua residuales se toma en cuenta que existen dos puntos donde existen equipos eléctricos y que requieren un control semiautomático para su operación, se procedió a diseñar un sistema de control y fuerza para cada uno de los tableros que se montarán en los puntos que se mencionan a continuación:

4.12.1 Estación de bombeo

Para el rediseño del control y fuerza de las bombas que operan en la estación de bombeo se procedió a aplicar los siguientes parámetros de diseño:

- El sistema funcionara de manera manual y automática.
- El sistema automático funcionara por medio de boyas de nivel.
- Cuando el agua residual llega al nivel medio (N2) entran en funcionamiento dos bombas sumergibles.
- Cuando el agua residual llega al nivel alto (N3) entran en funcionamiento las tres bombas sumergibles.
- Cuando el agua residual llega al nivel bajo (N1) se apagan las bombas, esta boya de nivel sirve de protección para evitar que las bombas trabajen en vacío.
- La bomba de 7,5 HP siempre entrará en funcionamiento cuando el agua residual llegue al nivel medio y las bombas de 2 HP se alternarán en su funcionamiento.

- Se añadió un supervisor trifásico para proteger las bombas en caso de que exista alguna anomalía en el sistema eléctrico.
- La protección térmica será re-armada de manera manual y no de forma automática para de esta manera evitar el daño de los equipos.

En la lámina N°9 se muestra el diagrama de control y en la lámina N° 10 se muestra en diagrama de fuerza del sistema de control de bombas.

4.12.2 Cuarto de blower's

Para el rediseño del sistema de control de los motores que operan dentro del cuarto de blowers se procedió a aplicar los siguientes parámetros para el diseño:

- El tipo de arranque será estrella-delta
- Botonera de marcha y paro para arrancar y parar de manera manual los motores que operan con los blowers.
- Una botonera de paro de emergencia para desenergizar los equipos en caso de una eventualidad que pueda ocurrir dentro del cuarto de blowers.
- Se procederá a instalar un supervisor de fase trifásico para proteger al circuito en caso de que exista alguna pérdida de fase en la alimentación de los motores.
- El funcionamiento de los motores de los blowers será de manera alternada.
- La protección térmica será re-armada de manera manual y no de forma automática para de esta manera evitar el daño de los equipos.

En la lámina N°11 se muestra el diagrama de control y en la lámina N° 12 se muestra en diagrama de fuerza del sistema de control de blowers.

En la tabla N°4.13 nos muestra como trabajaran de forma alternada los blowers que suministran el oxígeno a la planta.

Tabla N°4.13 “Programación de los temporizador que trabajan con los blowers”

PROGRAMACIÓN DE HORARIOS DE LOS BLOWERS						
Lunes - Domingo						
	Blower 1		Blower 2		Blower 3	
	Encendido	Apagado	Encendido	Apagado	Encendido	Apagado
1	0:00	4:00	2:00	6:00	4:00	8:00
2	6:00	10:00	8:00	12:00	10:00	14:00
3	12:00	16:00	14:00	18:00	16:00	20:00
4	18:00	22:00	20:00	0:00	22:00	2:00

Fuente El Autor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Como resultado del levantamiento y análisis de carga que se realizó dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR “ENTRE-RÍOS”, se pudo conocer más detalladamente la situación actual en la que se encuentran los sistemas eléctricos y los sistemas de control que operan dentro de la planta.
2. Después de haber analizado la información obtenida del levantamiento técnico que se realizó dentro en la planta, se identificó que dentro de la mismas existe un circuito primario el cual parte desde la conexión del ultimo poste hasta el PPD y cuatro circuitos secundarios los cuales alimentan el tablero de distribución que se encuentra dentro del cuarto de blowers, las bombas sumergibles en la estación de bombeo, la iluminación exterior que no se encuentra en funcionamiento y un circuito de reserva.
3. Con los datos obtenidos del levantamiento técnico se pudo identificar donde se encuentra ubicada la acometida principal de la planta, la cual proviene de la Red de Media tensión de 13,8 KV que pertenece a la CNEL-GUAYAS-LOS RÍOS, se

identificó la ubicación del PPD y de los paneles auxiliares que alimentan las cargas instaladas en la planta, se determinó las diferentes protecciones que se utilizan dentro de la planta para proteger a los equipos de las diferentes fallas internas que puedan ocurrir y los elementos que se utilizan para garantizar el funcionamiento de la planta en caso de una falla exterior.

4. Se deberá seleccionar los materiales adecuados para la planta de tratamiento de agua residual EDAR “ENTRE RÍOS” tales como: tuberías de uso eléctrico, conductores eléctricos, elementos eléctricos y de control. El uso de estos materiales ayudará a garantizar un buen funcionamiento.

5.2 Recomendaciones

- 1) Para garantizar la continuidad del funcionamiento de los equipos que operan dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR “ENTRE RÍOS” se recomienda desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo que tome en cuenta los siguientes puntos:
 - inspeccionar semanalmente los paneles eléctricos y a los sistemas de control.
 - Realizar una limpieza mensual de los elementos de control que se encuentran en los tableros para evitar que el polvo dañe los elementos.

- Realizar mensualmente ajustes en los puntos de conexión de los elementos eléctricos y de control con el fin de evitar sobrecalentamiento de los mismos.
 - Revisar los empalmes y conexiones de los motores eléctricos y de las bombas sumergibles con el fin de evitar sulfataciones que pudieran producir pérdidas de fase que traen como consecuencia el daño de los equipos.
2. Para garantizar que el sistema automático de las bombas sumergibles que se encuentran en la estación de bombeo se encuentre funcionando correctamente se recomienda al personal de mantenimiento eléctrico de la planta revisar semanalmente el funcionamiento de las boyas de nivel.
 3. Para prevenir daños en los equipos eléctricos que operan dentro de la plantas de tratamiento de aguas residuales se recomienda utilizar las debidas protecciones establecidas en el diseño, además de ajustar la protección térmica de acuerdo a la corriente nominal que consume cada equipo.
 4. Se recomienda revisar semanalmente el funcionamiento del sistema automático de los blowers para garantizar que el equipo se encuentre funcionando correctamente de esta forma evitar que el agua residual que está siendo tratada empiece a emitir malos olores por falta de oxígeno.

5. Se recomienda desarrollar un plan de mantenimiento anual para el transformador de distribución de la planta tratamiento, este plan debe abarcar inspecciones visuales del transformador, revisiones de las conexiones de media tensión y de bajo tensión del transformador, además una vez al año realizar el análisis al aceite del transformador con el fin de verificar el nivel de aislamiento ó rigidez dieléctrica.

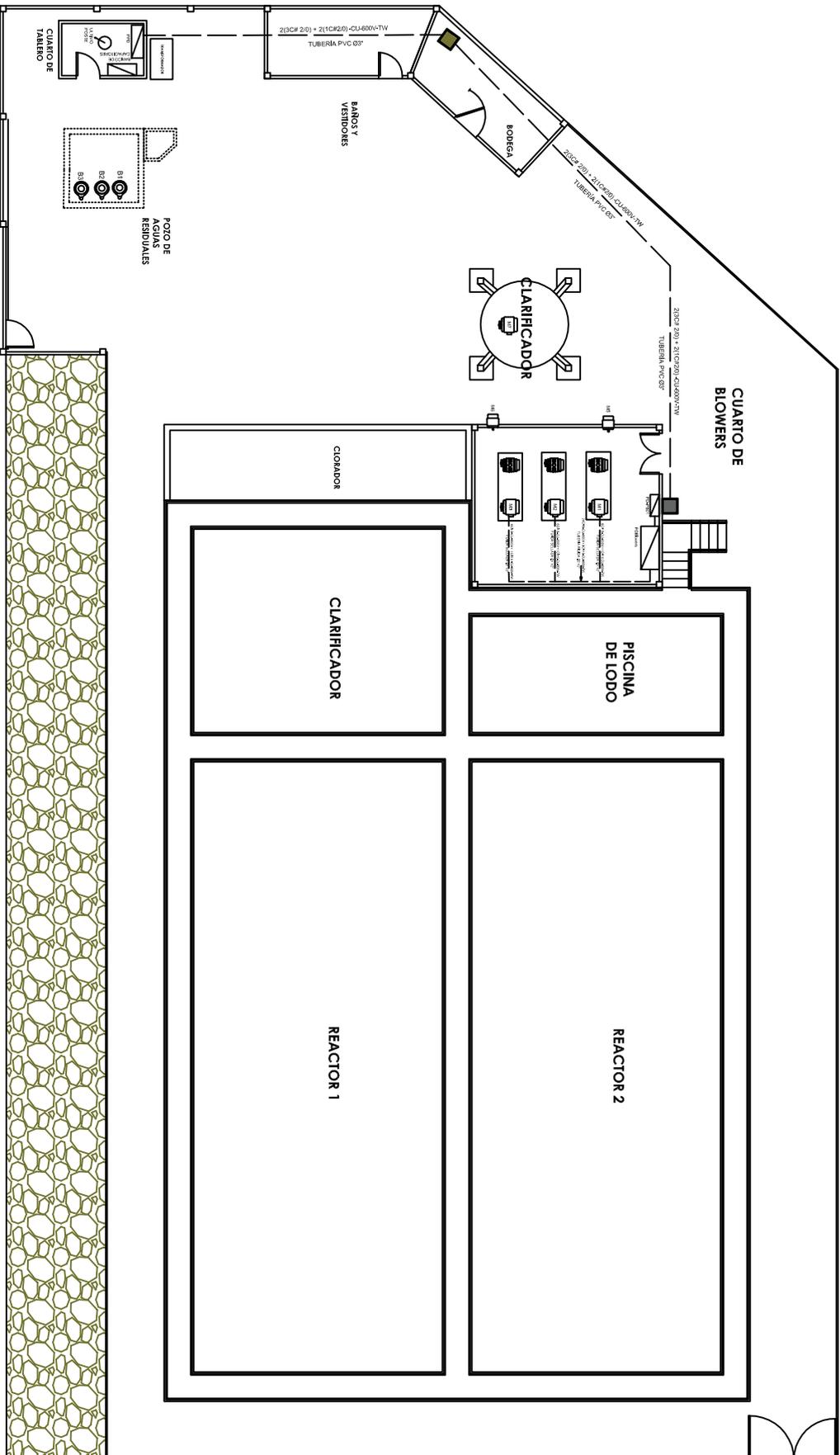
Bibliografía

- ATMI. (2015). *ATMI*. Obtenido de ATMI: <http://www.atmi.fr/>
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas*. Mexico: McGraw Hill.
- Enrique, G. (2012). *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*. México: Editorial Limusa, S.A.
- Faradayos Tecnología Eléctrica. (Agosto de 2012). *Faradayos Tecnología Eléctrica*. Obtenido de Faradayos Tecnología Eléctrica: www.faradayos.blogspot.com
- Fuselco LTDA. (2010). *Fuselco LTDA*. Obtenido de Fuselco LTDA: <http://www.fusibles.cl/>
- Galco Industrial Electronics. (s.f.). *Galco Industrial Electronics*. Obtenido de Galco Industrial Electronics: <http://www.galco.com/>
- GARCIA, S. (28 de junio de 2013). *cpraviles*. Obtenido de [http://www.cpraviles.com/fpblog/ELE/ELECTROTECNIA_TRANSFORMADO RES.pdf](http://www.cpraviles.com/fpblog/ELE/ELECTROTECNIA_TRANSFORMADO_RES.pdf)
- Generación de Tecnología. (2015). *Generación de Tecnología*. Obtenido de Generación de Tecnología: <http://www.genteca.com.ve/>
- Imsaguas. (2012). *Imsaguas*. Obtenido de Imsaguas: www.imsaguas.com
- Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. (Diciembre de 2010). *Law Resource*. Obtenido de Law Resource: www.law.resource.org
- Magnetron. (2010). *Industrias Electromecánicas Magnetron S.A*. Obtenido de www.magnetron.com.co
- Ministerio de Industrias y Productividad Subsecretaria de Calidad. (2012). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de INEN: <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- NATSIM. (2012). *Scribd Inc*. Obtenido de Scribd Inc: <https://es.scribd.com/>
- Rodriguez, H. (2011). *Scribd Inc*. Obtenido de Scribd Inc: <https://es.scribd.com>
- Schneider Electric. (Mayo de 2009). *Schneider Electric*. Obtenido de Schneider Electric: www.schneider-electric.com
- Subnet Solutions Inc. (2015). *Subnet Solutions Inc*. Obtenido de Subnet Solutions Inc: <http://www.subnet.com/>
- Top Cable S.A. (2013). *Top Cable S.A*. Obtenido de Top Cable S.A.: <http://www.topcable.com/>

Universidad de Porto. (s.f.). *Universidad de Porto*. Obtenido de Universidad de Porto:
<https://web.fe.up.pt>

ANEXOS

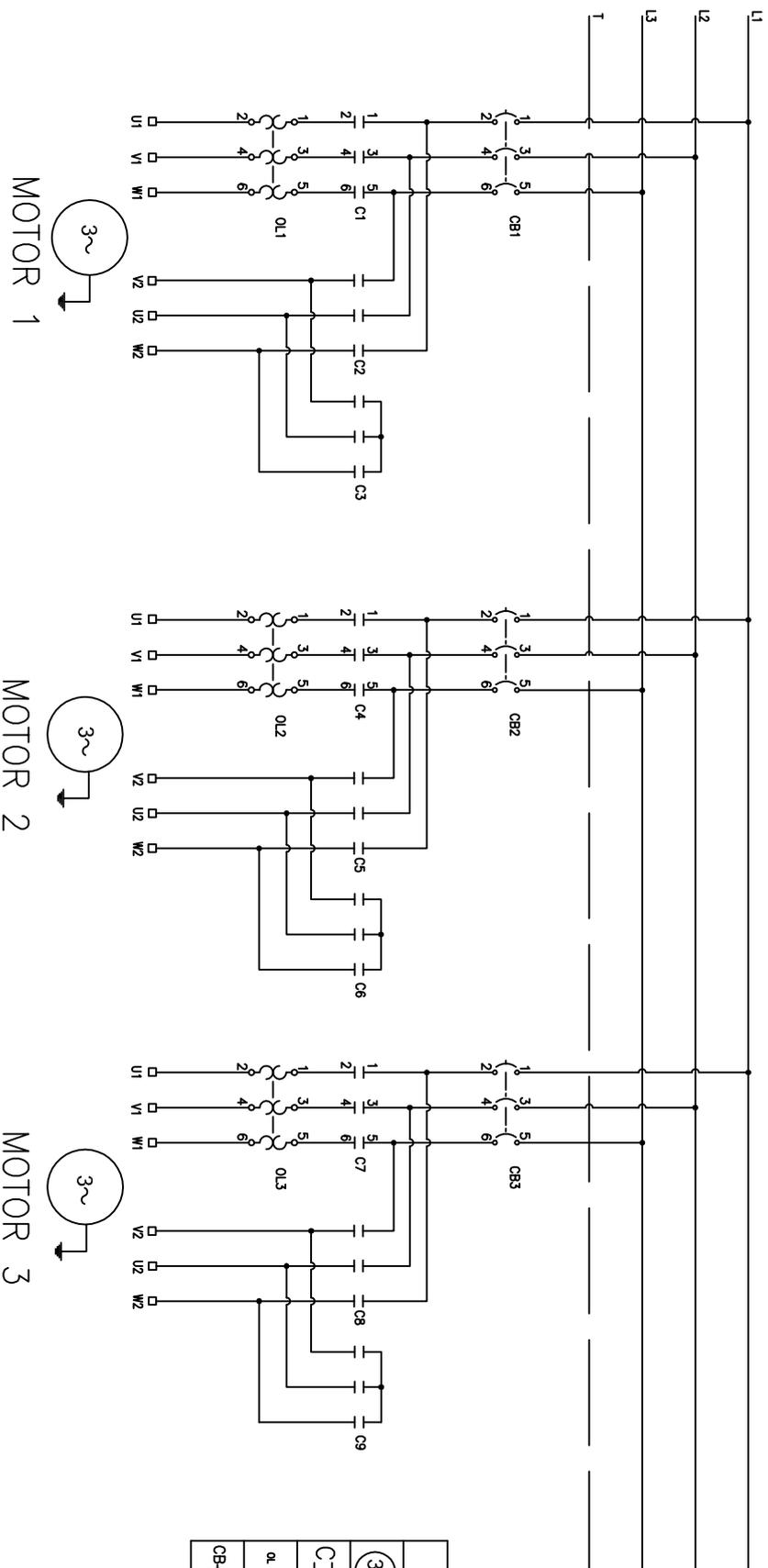
IMPLANTACIÓN (ACTUAL)



SIMBOLOGÍA	
	MOTOR ELECTRICO
	PANEL O TABLERO ELECTRICO
	BLOWER MECANICO
	BOMBA SUMERGIBLE
	CAJA DE REGISTRO
	TRANSFORMADOR
	POSTE DE HOMINGON 12 MT

PROYECTO: REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE AGUA RESIDUAL "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO: TRAYECTORIA ACTUAL DE LA TUBERÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA	LÁMINA N.º: 2
DISEÑADO POR: DANIEL RIVERA GUERRA	FORMATO: A3
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	
REVISADO POR: ING. RAUL MONTENEGRO, MSC	
FECHA: MARZO 2016	

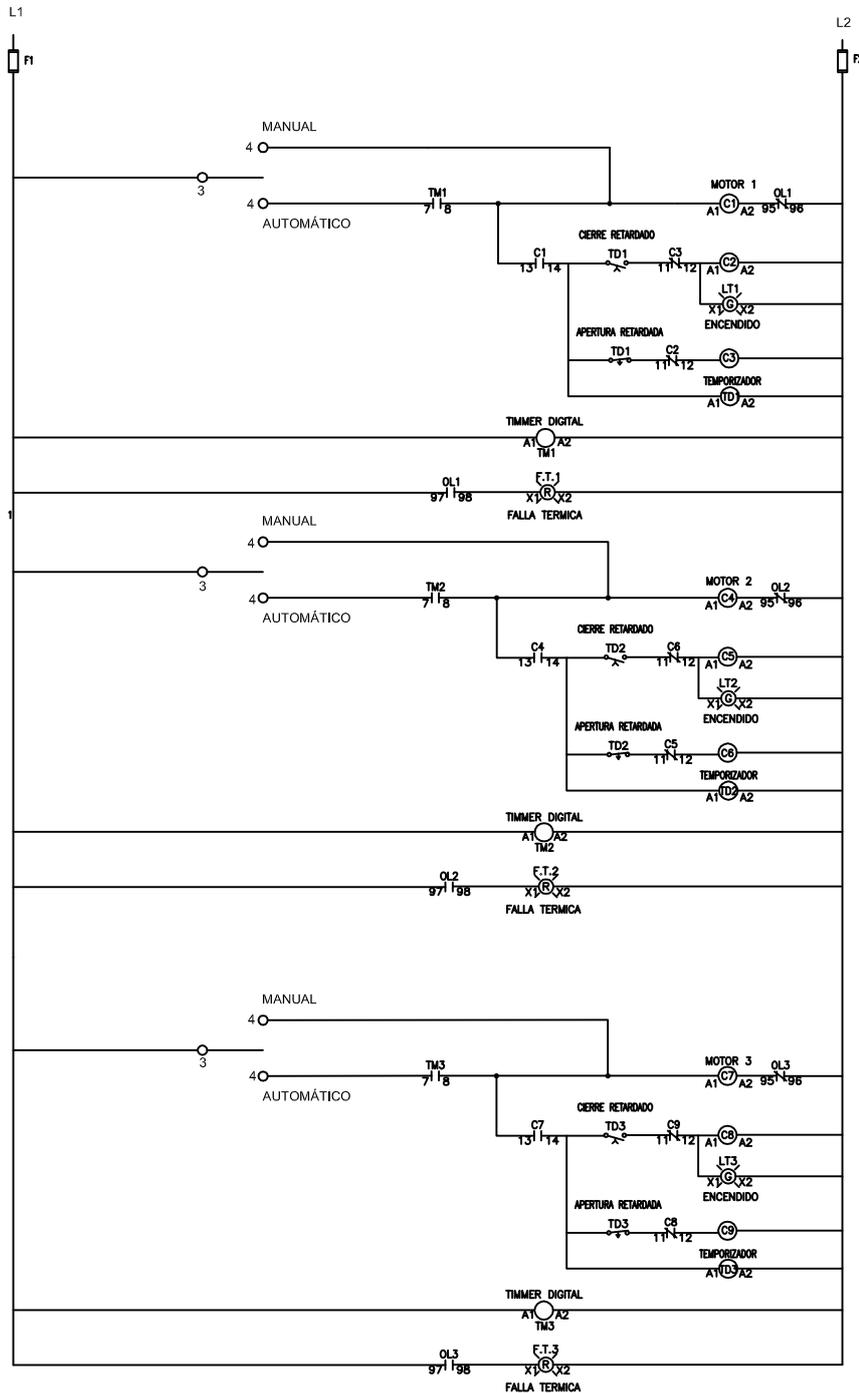
DIAGRAMA DE FUERZA (ACTUAL)



SIMBOLOGIA	
	MOTOR
	CONTACTOR
	RELE TÉRMICO
	BREAKER

PROYECTO:		REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN"
TÍTULO:		"DIAGRAMA DE FUERZA DE MOTORES DE BLOWERS ACTUAL"
DISEÑADO POR:		DANIEL RIVERA GUERRA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:		URBANIZACIÓN ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN
REVISADO POR:		ING. RAUL MONTENEGRO, MSC
FECHA:		MARCO 2016
LÁMINA N.º:		3
FORMATO:		A3

DIAGRAMA DE CONTROL (ACTUAL)

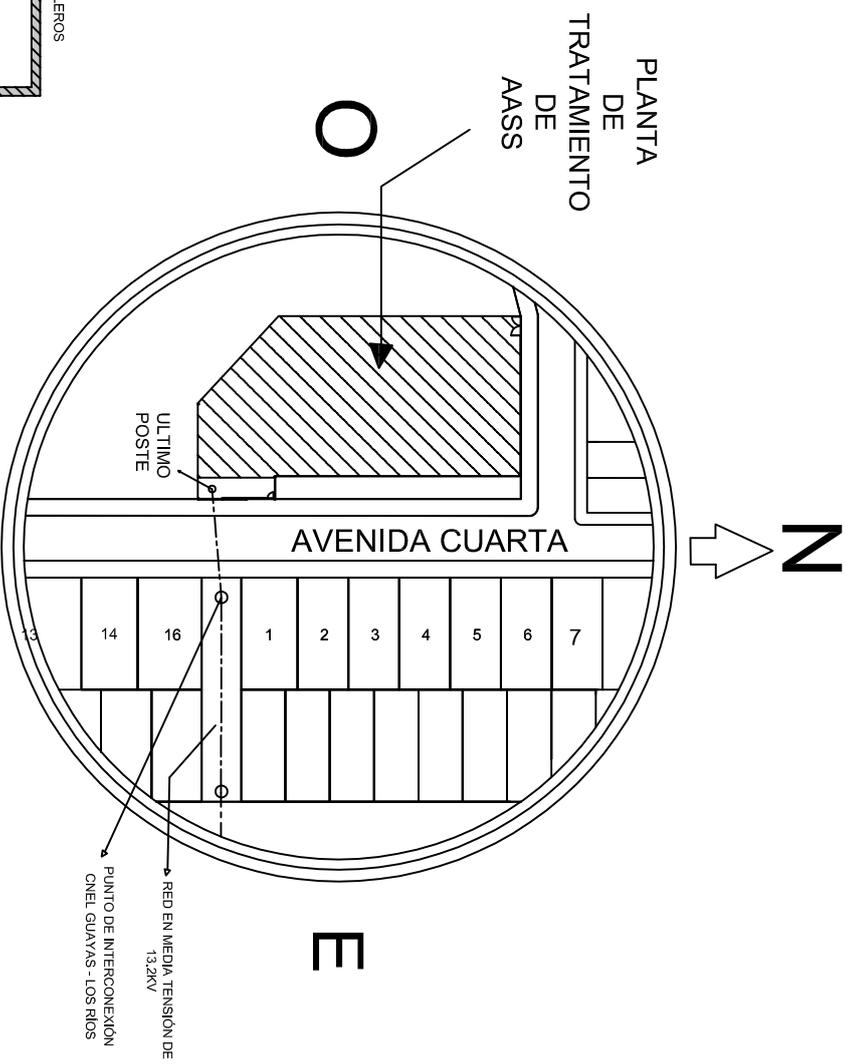
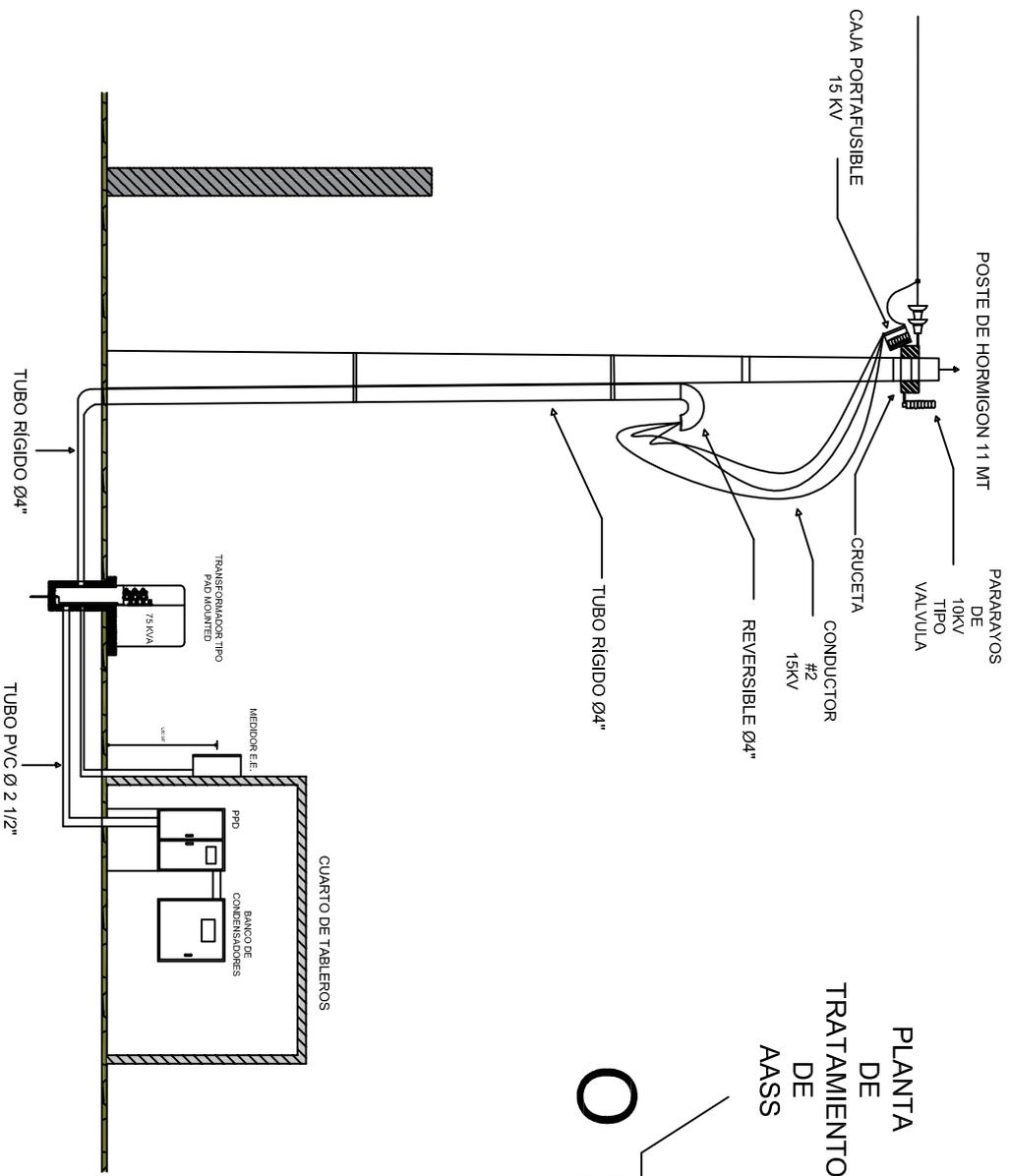


SIMBOLOGIA	
	CONTACTO DE CIERRE RETARDADO (NO)
	CONTACTO DE APERTURA RETARDADA (NC)
	CONTACTO AUXILIAR DE TIMMER (NO)
	CONTACTO AUXILIAR (NO)
	CONTACTO AUXILIAR (NC)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NO)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NC)
	BOBINA DE CONTACTOR
	BOBINA DE TEMPORIZADOR
	LUZ PILOTO VERDE
	LUZ PILOTO ROJA
	FUSIBLE
	SELECTOR DE TRES POSICIONES

PROYECTO: REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO: "SISTEMA DE CONTROL DE BLOWERS ACTUAL"	LAMINA N°: 4
DISEÑADO POR: DANIEL RIVERA GUERRA	FORMATO: A3
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN	
REVISADO POR: ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC	FECHA: MARZO 2016

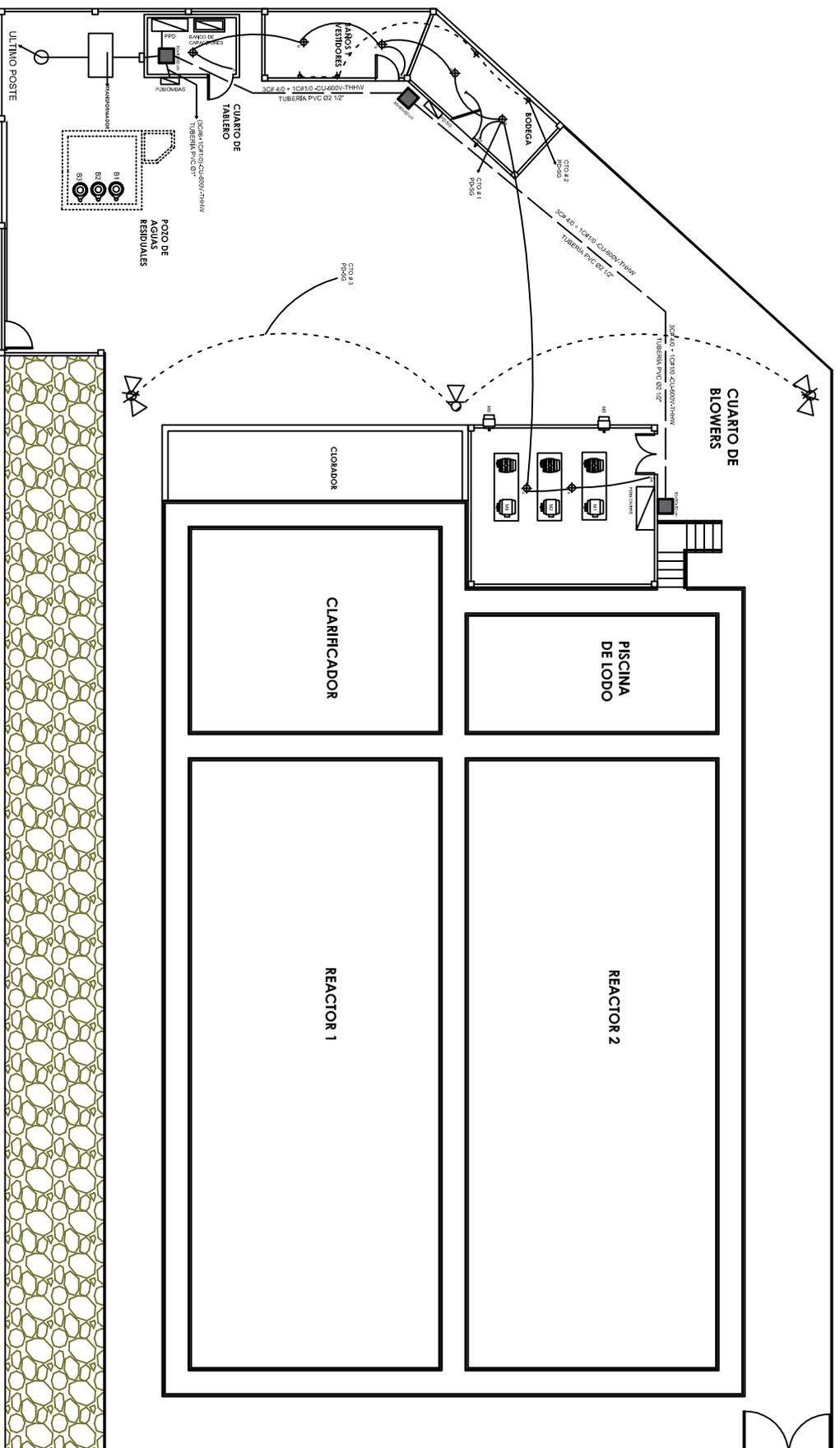
URBANIZACIÓN ENTRE-RÍOS - SAMBORONDÓN

ULTIMO POSTE Y TRANSFORMADOR



PROYECTO:	"REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE AGUA RESIDUAL "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO:	"ULTIMO POSTE Y PUNTO DE INTERCONEXIÓN"	
DISEÑADO POR:	DANIEL RIVERA GUERRA	
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN	
REVISADO POR:	ING. RAUL MONTENEGRO, MSC	FECHA: MARZO 2016
LÁMINA N.º:	5	
FORMATO:	A3	

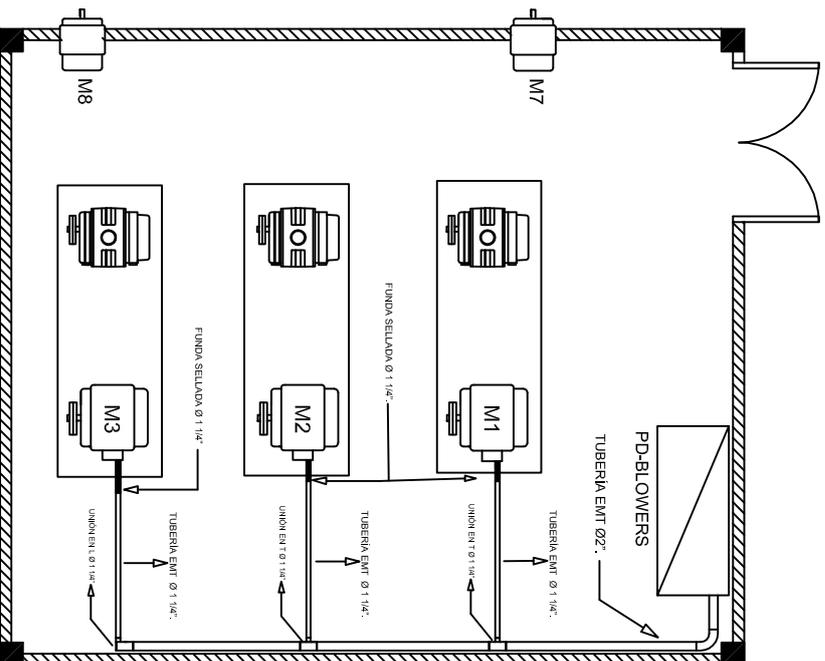
IMPLANTACIÓN (PROPUESTA)



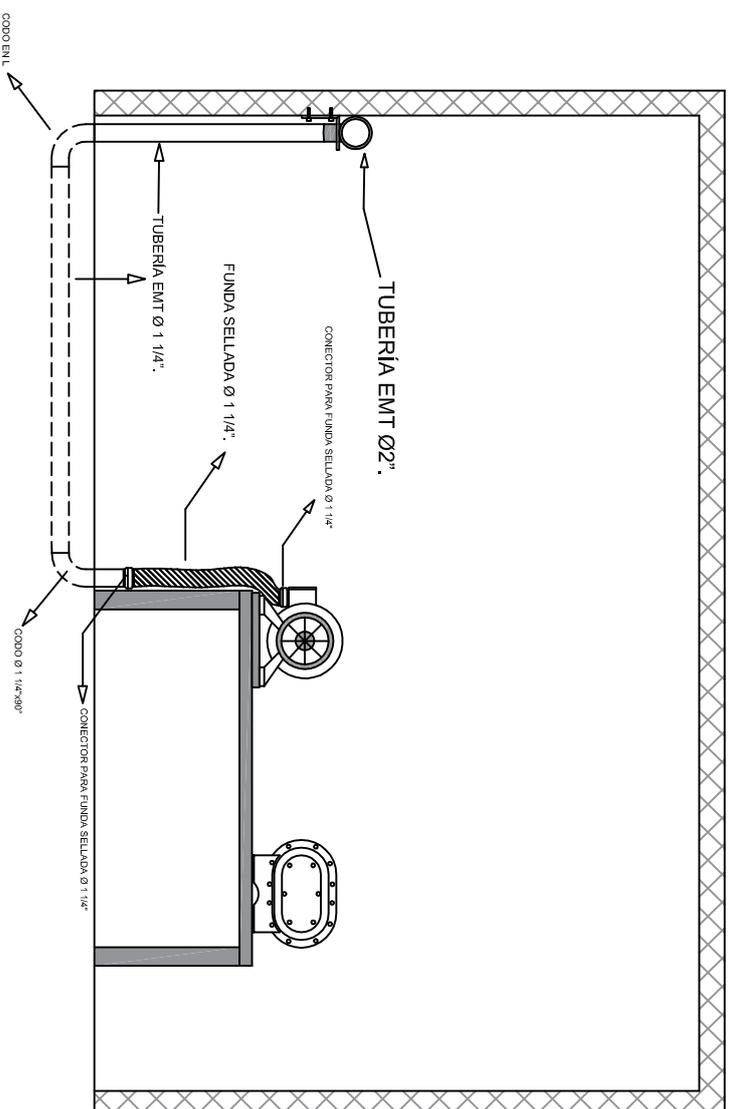
SIMBOLOGÍA	
	MOTOR ELÉCTRICO
	PANEL O TABLERO ELÉCTRICO
	BLOWER MECÁNICO
	BOMBA SUMERGIBLE
	CAJA DE REGISTRO
	TRANSFORMADOR
	POSTE DE HORMIGÓN
	REFLECTOR JETTA LED 200W
	PUNTO DE LUZ
	T/C DE 110V

PROYECTO:		REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE AGUA RESIDUAL "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDON"
TÍTULO:		RECORRIDO DE LA TUBERÍA ELÉCTRICA
DISEÑADO POR:		DANIEL RIVERA GUERRA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:		URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDON
REVISADO POR:		ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC
FECHA:		MARZO 2016
LÁMINA N.º:		7
FORMATO:		A3

UBICACIÓN DE BLOWERS Y TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN

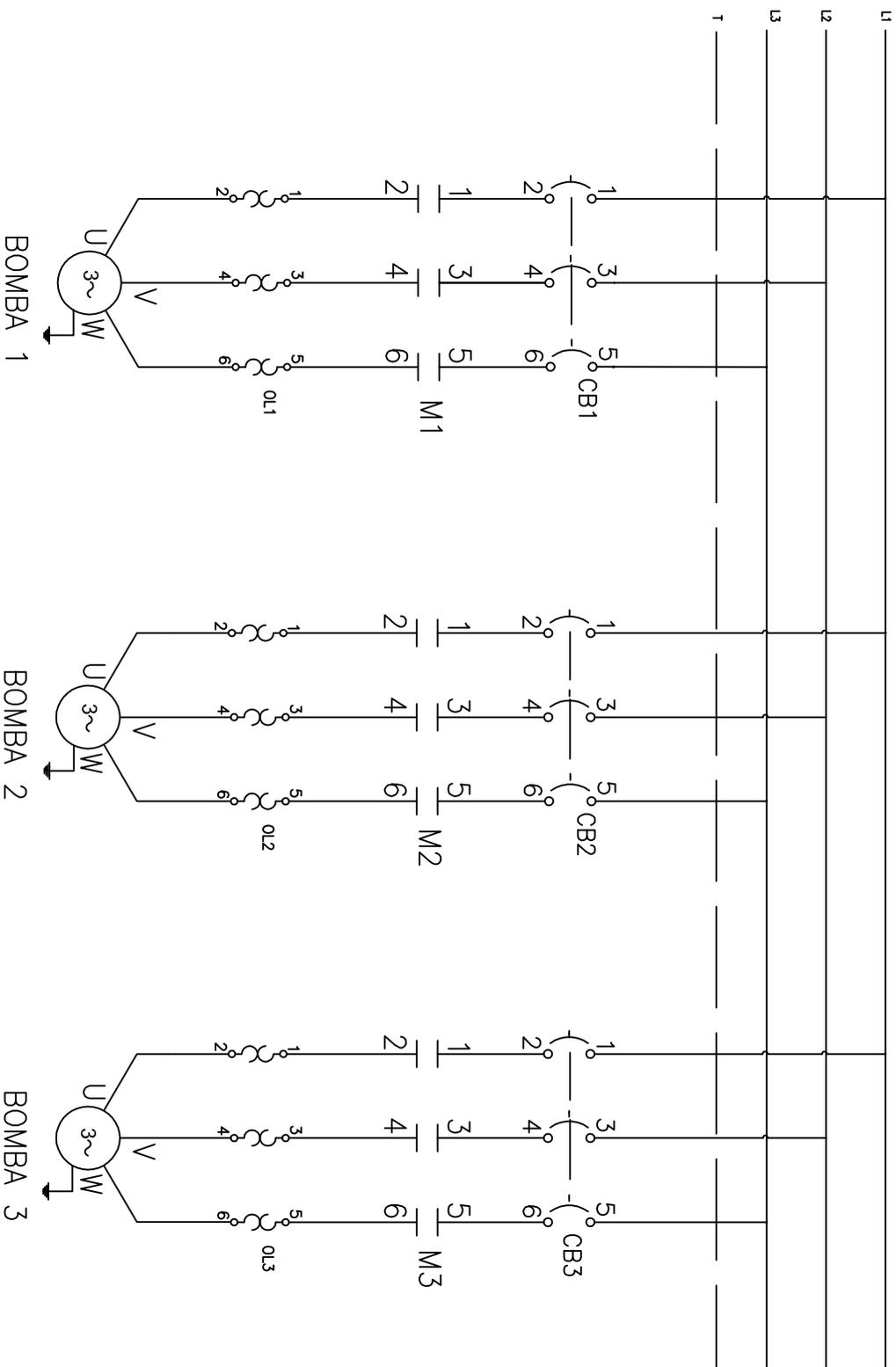


INSTALACIÓN DE FUNDA SELADA



PROYECTO:	REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA ESTACIÓN DE AGUA RESIDUAL "EDAR ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN"
TÍTULO:	RUTA DE LA TUBERÍA EN EL CUARTO DE BLOWERS
DISEÑADO POR:	DANIEL RIVERA GUERRA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	URBANIZACIÓN ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN
REVISADO POR:	ING. RAUL MONTENEGRO, MSC
FECHA:	MARZO 2016
LÁMINA N.º:	8
FORMATO:	A3

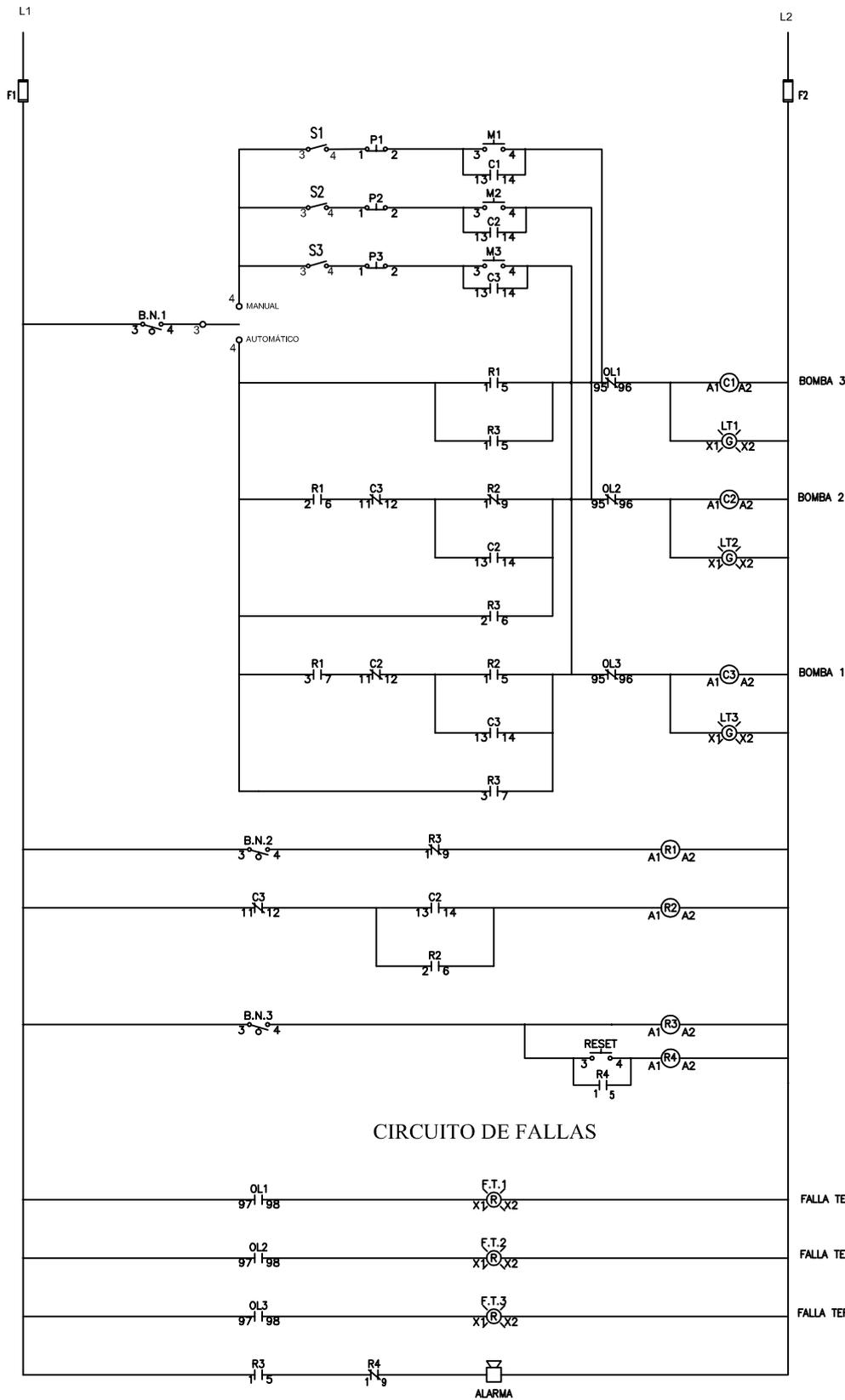
DIAGRAMA DE FUERZA (PROPUESTO)



SIMBOLOGIA	
	BOMBA SUMERGIBLE
	CONTACTOR
	RELE TÉRMICO
	BREAKER

PROYECTO:	
REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO:	"DIAGRAMA DE FUERZA DE BOMBAS SUMERGIBLES PROPUESTO"
DISEÑADO POR:	DANIEL RIVERA GUERRA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN
REVISADO POR:	ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC
FECHA:	MARZO 2016
LÁMINA N.º:	9
FORMATO:	A3

DIAGRAMA DE CONTROL (PROPUESTO)



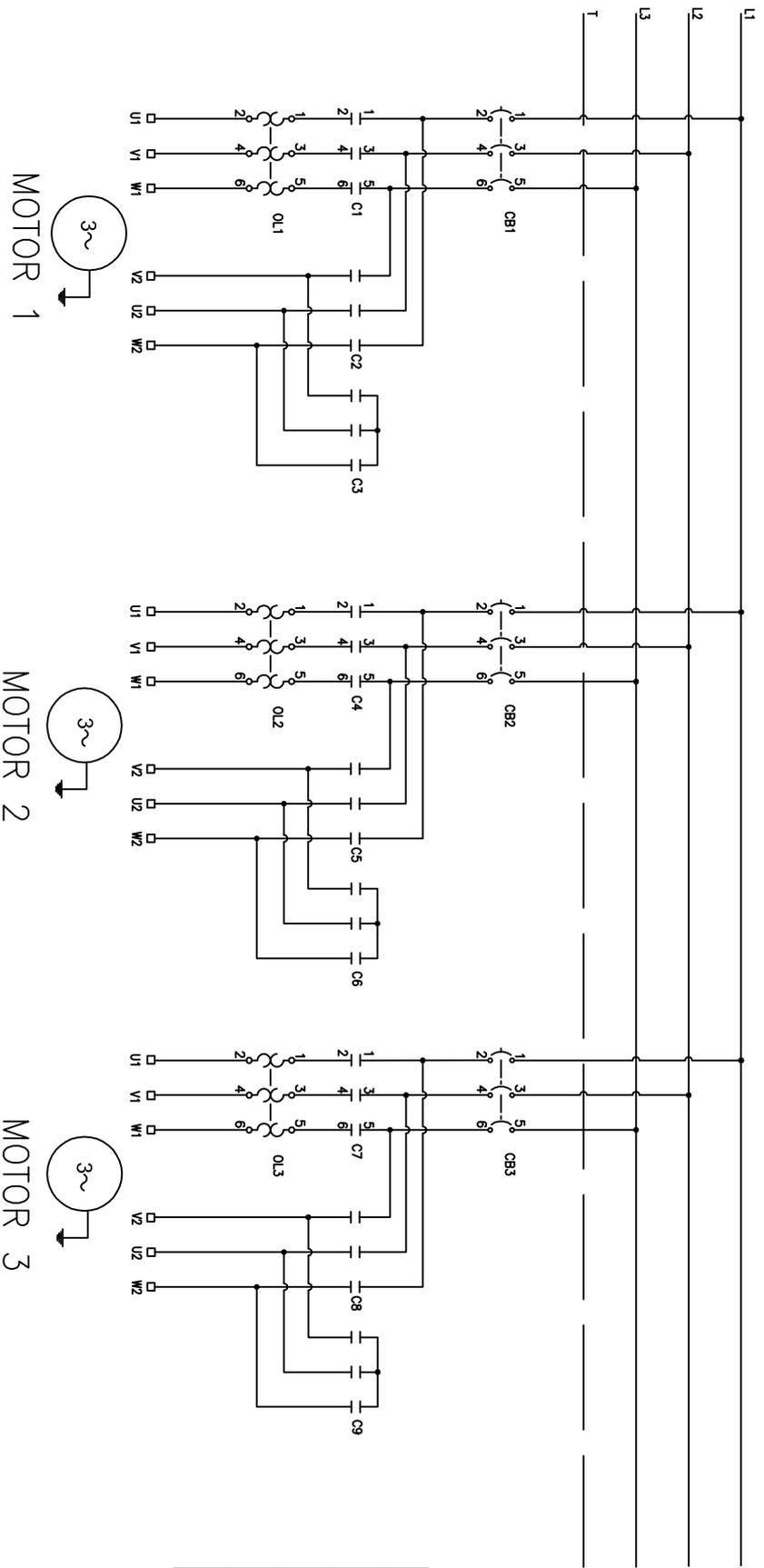
SIMBOLOGIA	
	BOYA DE NIVEL
	PULSADOR DE PARO
	PULSADOR DE MARCHA
	CONTACTO AUXILIAR (NO)
	CONTACTO AUXILIAR (NC)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NO)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NC)
	BOBINA DE CONTACTOR
	BOBINA DE RELÉ
	LUZ PILOTO VERDE
	LUZ PILOTO ROJA
	SIRENA
	FUSIBLE
	SELECTOR DE DOS POSICIONES
	SELECTOR DE TRES POSICIONES

CIRCUITO DE FALLAS

FALLA TERMICA BOMBA 3
FALLA TERMICA BOMBA 2
FALLA TERMICA BOMBA 1

PROYECTO: REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO: "SISTEMA DE CONTROL DE BOMBAS SUMERGIBLES PROPUESTO"	LAMINA N°: 10
DISEÑADO POR: DANIEL RIVERA GUERRA	FORMATO: A3
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN	
REVISADO POR: ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC	FECHA: MARZO 2016

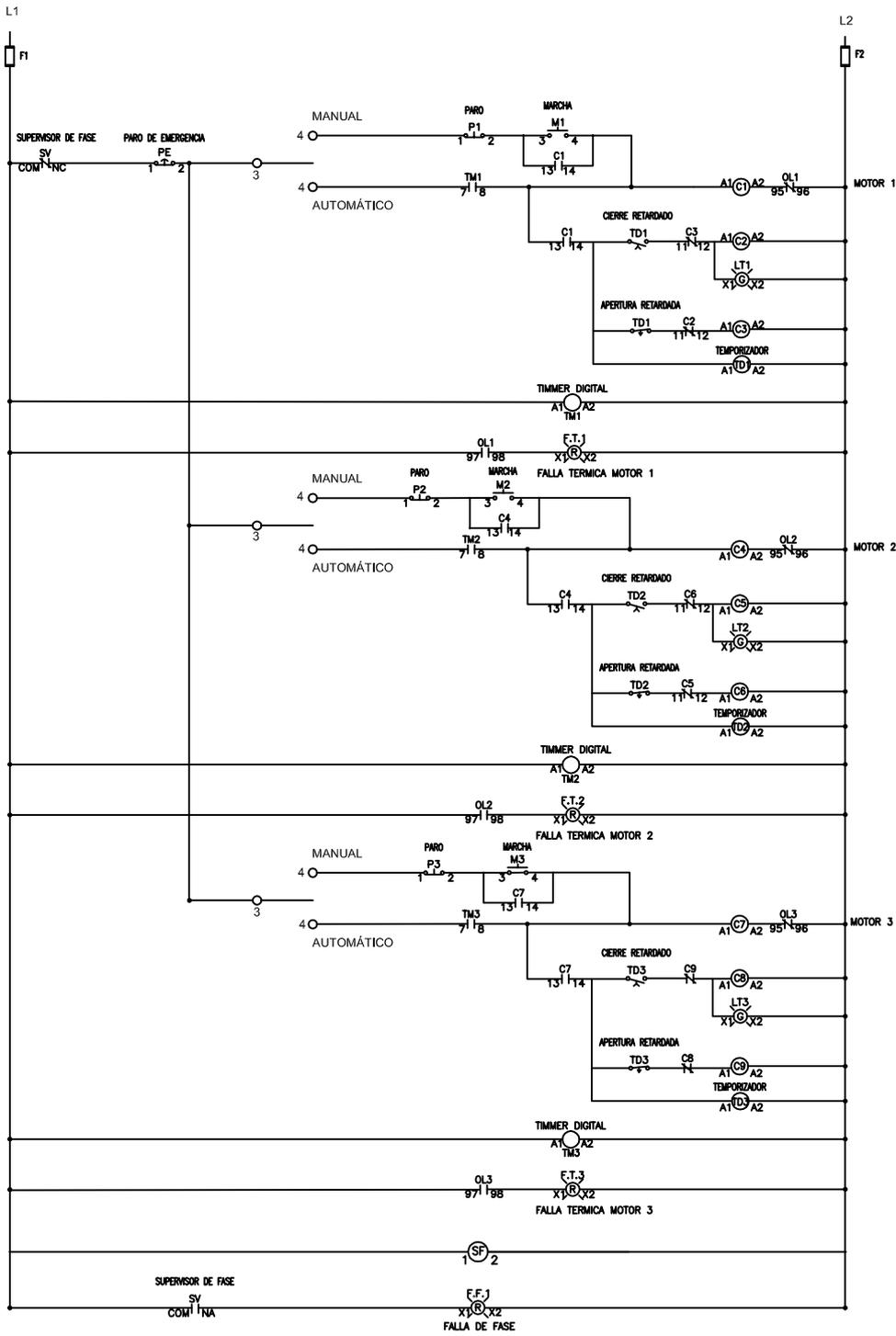
DIAGRAMA DE FUERZA (PROPUESTO)



SIMBOLOGIA	
	MOTOR
	CONTACTOR
	RELE TÉRMICO
	BREAKER

PROYECTO:		REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"
TÍTULO:		"DIAGRAMA DE FUERZA DE MOTORES DE BLOWERS PROPUESTO"
DISEÑADO POR:		DANIEL RIVERA GUERRA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:		URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN
REVISADO POR:		ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC
FECHA:		MARZO 2016
LÁMINA N.º:		11
FORMATO:		A3

DIAGRAMA DE CONTROL (PROPUESTO)

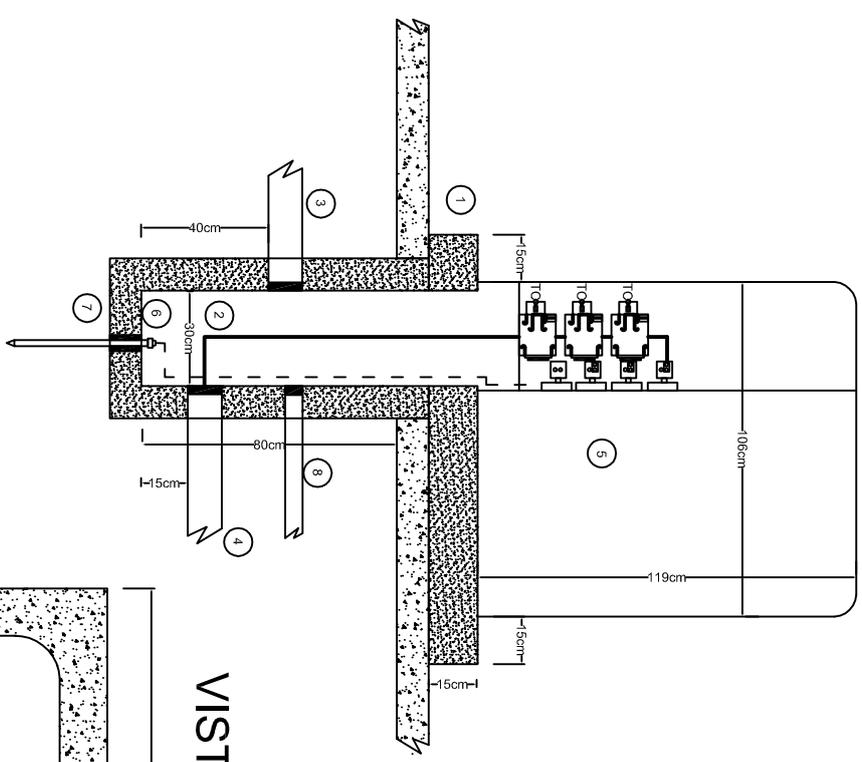


SIMBOLOGIA

	CONTACTO DE CIERRE RETARDADO (NO)
	CONTACTO DE APERTURA RETARDADA (NC)
	CONTACTO AUXILIAR DE TIMER (NO)
	CONTACTO AUXILIAR (NO)
	CONTACTO AUXILIAR (NC)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NO)
	CONTACTO AUXILIAR DE TÉRMICO (NC)
	CONTACTO SUPERVISOR DE VOLTAJE (NO)
	CONTACTO SUPERVISOR DE VOLTAJE (NC)
	BOBINA DE CONTACTOR
	BOBINA DE TEMPORIZADOR
	BOBINA DE TIMER
	LUZ PILOTO VERDE
	LUZ PILOTO ROJA
	FUSIBLE
	SELECTOR DE TRES POSICIONES
	PULSADOR DE PARO
	PULSADOR DE MARCHA
	PULSADOR DE EMERGENCIA
	BOBINA DE SUPERVISOR DE FASE

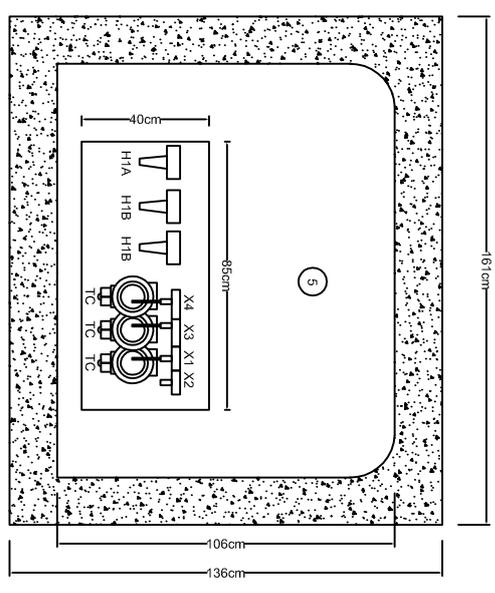
PROYECTO:	REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE LA "EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN"	
TÍTULO:	"SISTEMA DE CONTROL DE CONTROL DE BLOWERS PROPUESTO"	
DISEÑADO POR:	DANIEL RIVERA GUERRA	
DIRECCIÓN DEL PROYECTO:	URBANIZACIÓN ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN	
REVISADO POR:	ING. RAÚL MONTENEGRO, MSC	FECHA: MARZO 2016
LAMINA N°:	12	
FORMATO:	A3	

VISTA LATERAL

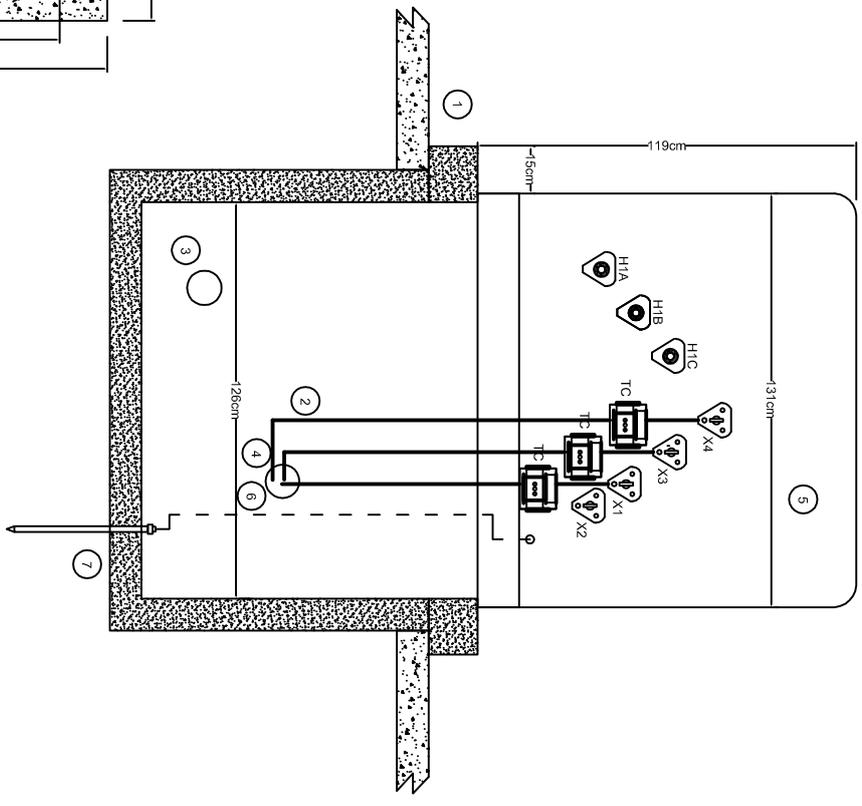


- 1 BASE DE HORMIGON PARA UN TRANSFORMADOR PADMOUNTED
- 2 CAJA DE PASO DE HORMIGON
- 3 TUBERIA METALICA RIGIDA DE ENTRADA DE ACOMETIDA 4"
- 4 TUBERIA METALICA RIGIDA HACIA EL TABLERO DE MEDIDORES
- 5 TRANSFORMADOR PADMOUNTED
- 6 CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA
- 7 ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA
- 8 TUBERIA METALICA RIGIDA 1 1/4" PARA CONDUCTORES DE SENAL DE LA MEDICION

VISTA DE PLANTA



VISTA FRONTAL



PROYECTO:	"REDISENO DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL DE LA ESTACION DE AGUA RESIDUAL "EDAR ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN"	
TITULO:	MONTAJE DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PAD MOUNTED	
DISEÑO POR:	DANIEL RIVERA GUERRA	
DIRECCION DEL PROYECTO:	URBANIZACIÓN ENTRE RIOS-SAMBORONDÓN	
REVISADO POR:	ING. RAUL MONTENEGRO, MSC	FECHA: MARZO 2016
LAMINA N.º:	13	
FORMATO:	A3	



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

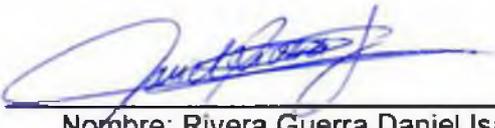
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Rivera Guerra Daniel Isacc, con C.C: # 092365639-1 autor/a del trabajo de titulación: Rediseño del sistema eléctrico y de control de la estación de agua residual EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de Marzo de 2016

f. 
Nombre: Rivera Guerra Daniel Isacc
C.C: 092365639-1

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Rediseño del sistema eléctrico y de control de la estación de agua residual EDAR ENTRE RÍOS-SAMBORONDÓN		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Rivera Guerra, Daniel Isacc		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Montenegro Tejada, Raúl		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico con mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Marzo de 2016	No. DE PÁGINAS:	143
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas Eléctricos, Controles Industriales		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	PLANTA DE TRATAMIENTO, REDISEÑO ELÉCTRICO, CONTROLES ELÉCTRICOS, SISTEMAS ELÉCTRICOS		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal elaborar el rediseño del sistema eléctrico y de control de la planta de tratamiento de aguas residuales EDAR "ENTRE RÍOS" con la finalidad de garantiza la continuidad en el servicio que la planta ofrece. En el capítulo uno se detalla ampliamente la justificación del proyecto, el planteamiento del problema, los objetivos a cumplir, el tipo de investigación que se realizó, la hipótesis que se planteó y la metodología de trabajo que se implementó para desarrollar el proyecto. En el capítulo dos se encuentra el marco teórico del proyecto, donde se explica la definición de una planta de tratamiento, los tipos de plantas que existen y los equipos eléctricos que operan en una planta, además se encuentran las definiciones, conceptos y temas que abarcan la parte eléctrica y de control del proyecto. En el capítulo tres se detalla la información obtenida del levantamiento de la situación actual de la planta. En el capítulo cuatro se procede a realizar el rediseño del sistema eléctrico y de control de la planta de tratamiento. Además se explica cómo será la implantación en la planta del nuevo sistema eléctrico y de control. En el capítulo cinco se explica las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4 2369784 / 0987796430	E-mail: daniel.rivera01@cu.ucsg.edu.ec/ Danyrivera_92@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Philco Asqui, Orlando		
	Teléfono: 0980960875		
	E-mail: Orlando.philco@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	