

# MEMORIAS TÉCNICAS

## AUTOMATISMO Y TELEGESTIÓN PROVISIÓN DE ENERGÍA Y EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

## Índice

<b>1. MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	<b>3</b>
1.1. DESCRIPCION GENERAL .....	3
1.2. DESCRIPCIÓN, MOTANJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES MÁS IMPORTANTES .....	5
1.2.1. Vinculación desde el transformador al Tablero General de Baja Tensión (TGBT) en sala de Tableros .....	5
1.2.2. Grupo Electrónico de Emergencia .....	5
1.2.3. Vinculación del Grupo Electrónico con el TGBT .....	5
1.2.4. Edificio Estación de Bombeo de Agua Tratada EBAT .....	5
1.2.5. Sala de Tableros.....	6
1.2.6. Tablero General Baja Tensión Principal (TGBT).....	6
1.2.7. Sala de Supervisión y Control .....	7
1.2.8. Tablero Seccional de Sala de Supervisión y Control .....	7
1.2.9. Listado de Planos .....	8
<b>2. MEMORIA DE CÁLCULO</b> .....	<b>9</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	9
2.2. NORMAS DE REFERENCIA. BIBLIOGRAFÍA.....	9
2.2.1. Equipos de comunicaciones: .....	11
2.2.2. Sistema de supervisión: .....	11
2.2.3. Sistema de adquisición: .....	11
2.2.4. Sistema redundante:.....	11
2.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	11
2.3.1. Corrientes de cortocircuitos .....	11
2.3.2. Puesta a Tierra.....	12
2.3.3. Protecciones y Selectividad.....	15
2.3.4. Cálculo y Dimensionamiento De Cables. ....	19
2.3.5. Iluminación Interior y Exterior .....	20
2.3.6. Descargas atmosférica. Sobretensiones.....	21
2.3.7. Corrección Del Factor De Potencia.....	23
2.4. RED DE MEDIA Y BAJA TENSION .....	25
2.4.1. Descripción.....	25

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.1. DESCRIPCION GENERAL

El presente trabajo consiste en el diseño y cálculo de las partes electromecánicas en Media, Baja Tensión y Telegestión del sistema de captación de agua cruda, planta potabilizadora y distribución de agua potable para distintas localidades ubicadas en el Norte Santafesino “ACUEDUCTO DEL NORTE SANTAFESINO (Poblaciones Menores)”.

Para la etapa final del proyecto, el sistema necesitará la instalación de un Puesto Aéreo de Transformación en Media Tensión (biposte), 13.2/0.4/0.231 KV de 315 KVA según especificación técnica, TN501, que alimentara la planta potabilizadora, una Línea de Tendido Rural de Media Tensión de 13,2 KV según ETN 90, para los pozos de captación de agua cruda, y cuatro Puestos Aéreos de Transformación Rural (monoposte), de 13,2/0.4/0.231 KV, 40 KVA, según TN379, que alimentara a dichos pozos. En cada uno de los Centros de Distribución de las siguientes localidades, Los Tábanos, Cañada Ombú, Los Amores, Golondrina, Intiyaco, Colmena, Garabato, la alimentación de los mismos se realizara desde la red de Baja Tensión de la EPE.

Se establece además, que los trabajos se realizarán conforme a Memoria Técnica, Especificaciones, Materiales Normales y Planos del Proyecto Ejecutivo en un todo de acuerdo a las Normativas vigentes dispuestas al respecto, por la Empresa Provincial de la Energía (EPESF). Todas las obras para acondicionar el sistema de distribución de energía eléctrica, indicadas por la Empresa Provincial de la Energía (EPESF) según lo descrito y especificado en los pliegos correspondiente, deberán ser presentados para su aprobación por la Empresa Constructora, la que estará inscrita en el Registro Único de Proveedores de esta EPESF y la documentación técnica realizada y firmada por un profesional habilitado a tal efecto, según la legislación vigente.

Como descripción general se puede decir que a partir de las potencias de los receptores, se dimensionan los conductores por condiciones térmicas, corriente admisible, corriente de cortocircuito y por caída de tensión máxima ya sea para iluminación o potencia (fuerza motriz).

A las intensidades nominales de los conductores y cables se los afecta con los factores de corrección por temperatura ambiente, agrupación de cables y por tipo de instalación según lo especificado por los fabricantes y el Reglamento AEA 90.364, Edición Marzo 2006.

Se utiliza conductores de aluminio y cobre aislados en polietileno reticulado XLPE (IRAM 2178/IEC 60502-1) clase de aislamiento categoría 1000 II, y cables aislados en PVC (IRAM 2307/IEC 60227) y distribuidos en ductos de PVC o en trincheras sobre bandejas tipo escalera o en bandejas según los requerimientos y características de las maquinarias.

Las corrientes de cortocircuito (c.c.) se calculan según la Norma de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) 90909 parte 0 y 1. Se determinan las corriente de corto circuitos trifásicas por ser las de mayor valor y las monofásicas a tierra por ser las que ocurren con mayor frecuencia, teniendo en cuenta además la contribución de los motores asíncronos instalados en la planta.

El nivel de iluminación interior y exterior y la distribución de luminarias en planta se obtienen con la ayuda del software DIALux del Instituto Alemán de Luminotecnia. Los niveles de iluminancia adoptados son los fijados por las Normas IRAM, la Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL-IRAM J20 06) y la Ley de Higiene y Seguridad N° 19.587, Decreto Reglamentario N° 351/79.-

La selección de las protecciones (llaves termomagnéticas y/o interruptores automáticos, fusibles, etc.) para la protección de los conductores eléctricos ya sea por sobrecarga o cortocircuito responderán a los lineamientos de las Normas IRAM 2169, IEC 60898, IEC 60947, IEC 61009, IEC 269 y a la reglamentación de la A.E.A.-

Los interruptores diferenciales para la protección por falla a tierra o contacto accidental, se seleccionarán cumpliendo la Norma IRAM 2301.-

Ante cortes en el suministro eléctrico por parte de la empresa prestataria de energía se dispondrá de un generador auxiliar de 160KVA para las cargas de la planta potabilizadora y mantener el servicio de agua potable hacia las localidades según la autonomía de la planta. Una vez restablecidas las condiciones normales en la red se volverá a transferir la carga a ésta produciéndose el apagado del grupo.

Para la protección de los equipos interiores y exteriores contra descargas atmosféricas, por maniobras, etc. se tiene en cuenta la norma IRAM 2184-1, 2184-1-1 y AEA 92305 - Parte 1 y 2.

La puesta a tierra de los sistemas eléctricos de la planta, se proyecta según lo establecido por la norma IRAM 2281, REIEI AEA 90364-Parte 7-Sección 771 y las "Recomendaciones UNESA-Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra.

El factor de potencia FP del sistema según exigencia de la EPESF se tomará igual a 0.95 y se la controlará a partir de bancos de capacitores fijos o automáticos para compensar la energía reactiva en forma grupal ya que la curva de demanda así lo exige.

El sistema de puesta a tierra para las instalaciones en el interior de los edificios será el TT, es decir, el neutro de servicio o funcional conectado a tierra y las masas eléctricas de la instalación (partes metálicas, maquinarias, tableros, bandejas porta cables, etc.) conectadas a través de conductores de protección PE, unidos estos a tomas de tierra (tierra de protección) eléctricamente independiente de la toma de tierra de servicio.-

El sistema de barras adoptado para la distribución en baja tensión será el de barras simples. El grupo electrógeno de emergencia está diseñado para trabajar en isla, en un todo de acuerdo con el Anexo I Procedimiento Técnico para la Conexión de Grupos Generadores de Grandes Clientes, en Isla o en Paralelo con la Red de la EPESF, PRO-103-101.

Para la elección de los aparatos eléctricos se tendrán en cuenta el costo y fabricantes reconocidos y aprobados según normas nacionales e internacionales.

## **1.2. DESCRIPCIÓN, MOTANJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES MÁS IMPORTANTES**

### **1.2.1. Vinculación desde el transformador al Tablero General de Baja Tensión (TGBT) en sala de Tableros**

Las salidas de BT del transformador, se efectúa mediante cables subterráneos en canalizaciones compuestas por canales de H<sup>0</sup>A<sup>0</sup>, con bandejas soportadas mediante ménsulas y caños de PVC de 110/160mm y llegan a los canales de cables de potencia de la Sala de Tablero Principal de Bombeo de agua tratada. Dichos cables salen desde la cabina de medición de la EPE. Se utiliza un cable tetrapolar subterráneo de 3x120/70 mm<sup>2</sup> Cu, XPLE, Cat I 1.1Kv ( Sintenax o Payton ).

### **1.2.2. Grupo Electrónico de Emergencia**

Se encuentra ubicado en la sala de agua tratada, albergando un grupo electrónico de 160 KVA 3x380 V 50 Hz, sobre una base de H<sup>0</sup> A<sup>0</sup> y techado. En el caso de ocurrir un corte general de energía eléctrica, este grupo actúa a través de un sistema de transferencia automática. El interruptor de potencia está enclavado eléctricamente con el interruptor de entrada del TGBT.

### **1.2.3. Vinculación del Grupo Electrónico con el TGBT**

Este grupo está vinculando a un tablero denominado TGE ubicado en la Sala de Tableros de agua tratada, por medio cables en canalizaciones compuestas por canales de H<sup>0</sup>A<sup>0</sup>, con bandejas soportadas mediante ménsulas y caños de PVC de 110/160mm y llegan a los canales de cables de potencia de la Sala de Tablero Principal de Bombeo. Estos están compuestos por 3 cables unipolares de 75 mm<sup>2</sup> Cu, XPLE, Cat I 1.1Kv a modo de subconductores y uno de 50 mm<sup>2</sup> Cu para el neutro.

### **1.2.4. Edificio Estación de Bombeo de Agua Tratada EBAT**

Es un edificio emplazado en el lado Este de la Planta, a continuación de la Cisterna de almacenamiento. Alberga los manifolds de salida de los acueductos de agua potable, las bombas, el Centros de Control de Motores, el Tablero General de Baja Tensión (TGBT), el Tablero con los bancos de capacitores para corrección del factor de potencia (TBC), Tablero PLC, y demás instalaciones accesorias.

Dicho edificio se halla dividido en 2 sectores, 1) La sala de Bombas, y 2) La Sala de Tableros, las que poseen distinta función.

### **1.2.5. Sala de Tableros**

Está separada de la sala de Motores por un tabique de mampostería, un ventanal de vidrio, y puertas. Se halla aislada térmicamente, refrigerada por 1 equipos de inyección de aire frío de 6000 Frigorías, y posee un ducto de chapa aislada que une todos los techos de los tableros TGBT y CCM, conectado a un extractor helicoidal que induce el tiro del aire caliente al exterior por una ventila lateral del edificio. Los zócalos de los tableros se hallan ranurados, y sus pisos abiertos, para que el aire frío ingrese por debajo, y en el interior del tablero suba por convección al calentarse.

El piso de la sala posee Canales con tapa (piso técnico) que vinculan la parte inferior de los tableros, las cámaras de ingresos de cables de potencia, y las trincheras de salida de cables de alimentación de los motores de las bombas. A dichos canales ingresan desde afuera los cables de alimentación provenientes de la cabina de medición, grupo electrógeno y egresan los cables que alimentan los motores de las bombas en la Sala de Motores y a los Tableros seccionales de los diferentes sectores.

En bandeja se llevan los cables de iluminación, tomacorriente, comando y comunicación entre PLC o medidores y sensores.

### **1.2.6. Tablero General Baja Tensión Principal (TGBT)**

El TGBT cuenta con gabinetes en estructuras en Chapa con espesores calibre BWG 1,6/2,1 mm. Grado de protección mínimo IP 44, pintura epoxi poliéster termo convertible, color RAL 7032 texturado, con acometida superior y salidas de cable inferior, abulonables entre sí, un ducto de barras principal de 3F+1N, 1 x (40x10) mm Cu para fase y 1 x (40x10) para neutro, barras de P.A.T de 30x5 mm de Cu.

El tablero están compuesto por cinco columnas, en la columna 1, se encuentran ubicados los arranques de dos de las bombas de impulsión de agua tratada hacia las localidades, compuestos por un interruptor, transformador de intensidad, contactor de línea, fusibles ultrarrápidos y arrancador suave, de acuerdo a la potencia del motor de las bombas.

En la columna 2, se encuentran instalados los elementos para el comando de la tercera bomba y un interruptor 4 x 125 A, para la alimentación de los diferentes tableros seccionales (Laboratorio, Tablero Administración y Sala Cloración).

En la columna 3, se encuentra instalados los interruptores de entrada de EPE y del grupo electrógeno, Arranques de equipos de la planta, y circuito de medición.

En la columna 4, se encuentran instalados, los circuitos de iluminación del predio, bombas de tratamiento de efluentes, bba de achique y alimentación al tablero de comando del los tomas del predio.

En la columna 5 se encuentra el sistema de telegestión y control.

Los motores de las bombas de impulsión llevarán sus respectivas protecciones por sobrecarga y cortocircuito.

El testeo de los parámetros eléctricos en BT se lo realizará con monitores de circuitos multifunción digital (Power Meter) instalado en la entrada de baja tensión alimentados desde TI's 500/5 A, CI 0,5, 5 VA, FS<5.

Iluminación Interior: mediante luminarias IP65 con tulipa de Policarbonato, con equipos fluorescentes 2xTL-D58 W 220 V con capacitor de corrección y balasto, ubicado en techo, conectados al tablero de iluminación mediante Conductor 2x2,5 mm<sup>2</sup>+Ty accionada desde llaves de un punto de 6 A x 220 V en boca de pared.

Iluminación Interior de Emergencia: Consistente en luminarias IP65 con tulipa de Policarbonato, con equipo fluorescentes de luz día de 220V 20 W con balasto electrónico autoalimentado mediante batería interna de 12 Vcc y sistema cargador Stand By, ubicado en pared, conectado a tomas de 220 Vca dependientes de salidas del Tablero de iluminación, encendido automático por falta de tensión de 220 Vca.

### **1.2.7. Sala de Supervisión y Control**

La Sala de Supervisión y Control se encuentra ubicada en el edificio situado al Sur-Este del predio ( administración ).

Iluminación Interior: mediante luminarias IP65 con tulipa de Policarbonato, con equipos fluorescentes 2xTL-D 36 W 220 V con capacitor de corrección y balasto, ubicado en pared/techo.

Iluminación Interior de Emergencia: Consistente en luminarias IP65 con tulipa de Policarbonato, con equipo fluorescentes de luz día de 220V 20 W con balasto electrónico autoalimentado mediante batería interna de 12 Vcc y sistema cargador Stand By, ubicado en pared, conectado a tomas de 220 Vca

Sus paredes y ventanas se hallan aisladas térmicamente, y esta refrigerada por 1 equipos de inyección de aire frío de 4500 Frigorías.

Esta Sala alberga un sistema SCADA compuesto por dos PC, una para manejo del acueducto y otra para el manejo de la planta potabilizadora y sistema de captación, los cuales proveerán la información de cada estación, estado, alarmas, parámetros del sistema, fallas de comunicación, etc.

### **1.2.8. Tablero Seccional de Sala de Supervisión y Control**

Este tablero contiene un circuito de Iluminación de Uso General (IUG), un circuito de Tomacorriente de Uso General (TUG), un circuito de Toma de Uso Especial (TUE), y Otro Circuito Especiales (OCE) trifásico.

### **1.2.9. Listado de Planos**

- 1) **ATE – PU.PP – 01** Plano Unifilar TGBT Planta Potabilizadora Villa Ana
- 2) **ATE – PT.PP – 01** Plano Topográfico TGBT Planta Potabilizadora Villa Ana
- 3) **ATE – PT.PP – 02** Plano Topográfico TGBT Planta Potabilizadora Villa Ana
- 4) **ATE – AT.PP – 01** Arquitectura Telegestión Planta Potabilizadora Villa Ana
- 5) **ATE – ECP.PP – 01** Esquema de Conexión PLC Planta Potabilizadora Villa Ana
- 6) **ATE – GTL – 01** Gabinete Telegestión Localidades
- 7) **ATE – GTRR – 01** Gabinete Telegestión Radios Repetidoras
- 8) **ATE – GTP – 01** Gabinete Telegestión Pozos de Captación
- 9) **ATE – ICPEV – 01** Funcional Iluminación Camino Perimetral Entrada Vehicular
- 10) **ATE – FIPI – 01** Funcional Iluminación Planta Interior
- 11) **ATE – ATP.PP – 01** Planta Potabilizadora Antena, Puesta a Tierra (Jabalinas y Anillo)
- 12) **ATE – TSSI – 01** Plano Tablero Seccional Sala de Insumos
- 13) **ATE – TRP – 01** Topología de las Radios y Pararrayos
- 14) **ATE – APC.MT – 01** Sistema de Media Tensión Alimentación Pozos Captación
- 15) **ATE – APC.BT – 01** Sistema de Baja Tensión Alimentación Pozos Captación
- 16) **ATE – PPC – 01** Pilar Pozos de Captación
- 17) **ATE – PFSM – 01** Plano Funcional Sistema de Medición
- 18) **ATE – PFTA – 01** Plano Funcional Transferencia Automática
- 19) **ATE – PFI – 01** Plano Funcional de Impulsión
- 20) **ATE – PFCIP – 01** Plano Funcional Circuito Iluminación del Predio I
- 21) **ATE – PFCIP – 02** Plano Funcional Circuito Iluminación del Predio II

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La descripción del sistema, criterios de diseño adoptados de los diferentes elementos constitutivos de la instalación y la memoria de cálculo se presenta a continuación.

### 2.2. NORMAS DE REFERENCIA. BIBLIOGRAFÍA

- AEA 90364 “Conjunto de Reglamentaciones para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles” Parte1-2-3-4-5-6-
- AEA 90364-7-771 “Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles – Parte 7 – Sección 771 – Viviendas, Oficinas y Locales (unitarios)”.
- AEA 90909-0 “Corrientes de Corto Circuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna – Parte 0 – Documento Normativo. Cálculo de las Corrientes”
- AEA 90909-1 “Corrientes de Corto Circuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna – Parte 1 – Informe Técnico. Factores para el Cálculo.”
- AEA 91140 “Protección contra los Choques Eléctricos”.
- AEA 92305-1 “Protección contra las Descargas Eléctricas – Parte 1 – Principios Generales”
- AEA 92305-2 “Protección contra las Descargas Eléctricas – Parte 2 – Evaluación de Riesgos”.
- AEA 95101 “Reglamento sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones”
- AEA 95401 “Reglamento sobre Centros de Transformación y Suministro en Media Tensión”.
- AEA 95301 “Reglamento de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión”.
- IRAM–AADL J 2006 - Iluminación artificial de interiores, niveles.
- IRAM–AADL J 2022-2 - Alumbrado Público. Vías de tránsito. Clasificación y niveles de iluminación.
- IRAM 2184-1 - Protección de las estructuras contra las descargas atmosféricas (rayos).
- IRAM 2184-1-1-Protección de estructuras contra descargas atmosféricas-Parte 1: Principios Generales. Guía A - Elección de niveles de protección para sistemas de protección contra el rayo (spcr).
- IRAM 2281-1 Puesta tierra de sistemas eléctricos. Consideraciones Generales. Código de práctica.
- IRAM 2281-3 Puesta a tierra de sistemas eléctricos, instalaciones industriales y domiciliarias (inmuebles) y redes de baja tensión.
- UNESA Recomendación - Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a redes de 3ra categoría”.
- TRANSERNER, “Guía de Diseño y Normas para Puesta a Tierra de Estaciones Transformadoras”, versión 1.
- PETER HASSE, “Protección contra Sobretensiones de Instalaciones de Baja Tensión”, DHEN Ibérica. Ed. 2003.
- SPITTA y SEIP, “Instalaciones Eléctricas”, Ed. Dossat S.A, 1981.
- Ley de Higiene y Seguridad 19587, Decreto Reglamentario 351/79.
- ETN 098 “Tendido de Cable Subterráneo de Baja y Media Tensión”.
- ETN 100 “Construcción de Líneas Aéreas de Media Tensión 13,2 y 33 KV”. TN o TC “Tipos constructivos normalizados por la EPESF”.
- MN “Catálogo de materiales normales de la EPESF”.

## 2.3 TELEGESTION

Se describirá la topología y sistema de telegestión y control de una planta de tratamiento de agua (Potabilizadora), emplazada en un predio ubicado en Villa Ana, la cual proveerá de agua potabilizada a las localidades intervinientes (Los Tábanos, Cañada Ombú, Los Amores, Golondrina, Intiyaco, Colmena, Garabato), a través de acueducto de distribución.

El sistema de control y supervisión estará constituido por 2 sistemas. El primer sistema será el encargado del suministro de agua cruda, el segundo sistema será el encargado operar y supervisar cada uno de los ramales del acueducto. Todos los sistemas estarán comunicados por intermedio de radio frecuencia conformando diferentes redes, la cuales estarán unidas al Maestro a instalar en la planta potabilizadora (Villa Ana).

La primera red comunicara los pozos de agua cruda, con la planta de potabilización, la segunda red, comunicara cada uno de los PLC de las distintas localidades con la planta de potabilización y PC's de supervisión, formando un anillo redundante.

Cada nodo de la red (cisternas, estaciones de rebombeo, planta potabilizadora, pozos, SCADA, etc), contará con Radios tipo MDS iNET 900 y TransNET, de forma que cada PLC y/o PC, pueda conectarse a la red y ejecutar las operaciones de control y supervisión.

Las operaciones a efectuar, estados y magnitudes a medir en cada nodo, serán monitoreadas por un sistema SCADA compuesto por dos SERVIDORES, y tres clientes, uno para manejo del acueducto, dos para el para el manejo de la planta potabilizadora y pozos, el sistema proveerá la información de cada estación, estado, alarmas, parámetros del sistema, fallas de comunicación, etc. Estos valores serán almacenados en la base de datos del software, permitiendo la posterior revisión de los mismos. Los parámetros a almacenar como históricos serán: Fallas, aceptación de alarmas, parámetros críticos (presión, caudal, intrusión en estaciones remotas), eventos tales como marcha y parada de bombas, etc.

El sistema SCADA permitirá la observación de parámetros y operación del acueducto en tiempo real y operación manual por parte de los supervisores del acueducto. Además de reunir la información de las distintas estaciones, deberá ser posible el intercambio de información entre ellas, a fin de permitir el funcionamiento de las distintas bombas de acuerdo a las necesidades del acueducto.

La red deberá permitir la programación, mantenimiento del programa de los PLC en forma centralizada desde la estaciones de ingeniería ubicadas en la planta de potabilización, con el acueducto funcionando.

Cada estación del acueducto contará con un sistema de alimentación ininterrumpida UPS del tipo "ON LINE", con capacidad de funcionar con grupos electrógenos, salida senoidal, protección externa contra sobretensiones, capacidad de operar motores y válvulas según se requiera con una autonomía mínima de 6 horas. En caso de salida de servicio por descarga de batería u otra falla menor que no implique riesgo de rotura, la UPS deberá reponer su funcionamiento automáticamente al volver la alimentación de energía de red.

En la planta potabilizadora, estaciones de bombeo, toma y cisternas se utilizaran PLC de Schneider Electric, tipo Premium, M340 o similar prestación, con capacidad comunicación ethernet.

### **2.2.1. Equipos de comunicaciones:**

Serán especialmente diseñados para tareas de telemetría (radio), de última tecnología, comprobada eficiencia y amplia difusión en el país, que permitan una elevada velocidad de transmisión > 1MBPS, con software para diagnóstico, visualización de ganancia de cada tramo, etc.

### **2.2.2. Sistema de supervisión:**

Software SCADA, de control supervisión y adquisición de datos Wonderware IAS; presentará en la pantalla de las PC de control, estado de las bombas, alarmas, eventos, históricos de alarmas y eventos, gráficos de tendencia (trends) de las variables analógicas, subpantallas de comando y control del proceso, horas de marcha de los equipos, posibilidad de exportar datos a archivos compatibles con planillas de cálculos Excel.

### **2.2.3. Sistema de adquisición:**

Estará compuesto por controladores lógicos programables (PLC), con sus correspondientes placas de entradas y salidas, digitales y analógicas, con capacidad de comunicación por ethernet. Los mismos enviarán y recibirán datos de telegestión, operarán las bombas, válvulas, obtendrán los datos de proceso, estados de equipos, intrusión, falla de energía, etc.

### **2.2.4. Sistema redundante:**

En la planta potabilizadora el sistema de supervisión recolectará los datos de las distintas periferias, PLC, a través de un anillo de telegestión que permita la continuidad del servicio ante una rotura. Estas radios utilizadas serán capaces de detectar el fallo y continuar operando por el tramo que quede en funcionamiento, serán del tipo industrial administrable.

## **2.3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

### **2.3.1. Corrientes de cortocircuitos**

#### **Objeto**

Este documento desarrollara el proceso de cálculos adoptados para la determinación de las corrientes de cortocircuito.

#### **Premisas de cálculo**

Para calcular las corrientes de cortocircuito se tomaron los lineamientos del Reglamento AEA 90909, "Corrientes de Corto Circuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna – Parte 1 – Informe Técnico. Factores para el Cálculo y Parte 0 – Documento Normativo. Cálculo de las Corrientes".

Se calcularon las corrientes de cortocircuito máximo para determinar la capacidad de los equipos eléctricos, y las corrientes de cortocircuito mínimo, para seleccionar los fusibles y para regular los dispositivos de protección.

Se calcularon corrientes para fallas trifásicas simétricas y monofásicas (c.c entre fase y conductor de protección PE) tomando un sistema con neutro rígido a tierra; estas fallas se producen alejadas del generador y el sistema o red de alimentación es no mallada.-  
Se tuvieron en cuenta el aporte de la corriente de los motores asincrónicos.

Según la EPESF las potencias de cortocircuito trifásico y monofásico a tierra en la salida de la línea de 13,2 KV de la SET. 132/33/13,2 kV son 128 MVA y 35 MVA respectivamente. Sin embargo, se sugiere considerar los siguientes valores: 329 MVA y 94 MVA para c.c trifásicos y monofásicos respectivamente, valores obtenidos considerando dos máquinas de 30 MVA operando con sus barras en MT en paralelo-tanto en el nivel de 33 KV como en el de 13,2 KV-.

En la red de alimentación, transformadores, líneas aéreas, cables y equipos similares, la impedancia de cortocircuito de secuencia directa y de secuencia inversa son iguales:  $Z1=Z2$ ; la impedancia homopolar  $Zo$  de los conductores se toma de las diagramas del manual Instalaciones Eléctrica de Spitta, página 83 a 90 o de cálculo.

La impedancia homopolar de los transformadores se toma del mismo manual Spitta, en página 78.

En los motores asincrónicos la impedancia directa e inversa son iguales y la impedancia homopolar se toma igual a 3 veces la impedancia de secuencia directa de los mismos.

Para estar seguro de que la protección es realmente efectiva hace falta, cualquiera sea el punto de defecto, que la corriente de defecto sea superior al umbral de funcionamiento instantáneo de la protección ( $I_d > n.I$ ). La longitud máxima de los conductores para asegurar la actuación de las protecciones frente a las corrientes mínimas de defecto, está indicada en el RIE AEA 90364.

Las corrientes de cortocircuito que se calcularán serán:

- 1- corriente simétrica inicial de cortocircuito  $I''_k$  máxima y mínima.
- 2- corriente pico de cortocircuito  $I_p$  máxima.

### **Desarrollo del cálculo**

Ver Planillas de cálculo en Anexo.

## **2.3.2. Puesta a Tierra**

### **Objeto**

Este apartado precisa los criterios para el diseño y dimensionamiento de la instalación del sistema de puesta a tierra (P.A.T) del puesto de estación aérea, y de las instalaciones eléctricas de la Planta de Tratamiento. El diseño, cálculo y construcción cumple con los requisitos de seguridad, garantizando la seguridad de personas en cualquier lugar al que éstas tengan legítimo acceso, y funcionales resistiendo los esfuerzos térmicos y electrodinámicos, asegurando la resistencia mecánica y contra la corrosión, evitando además el daño de los equipos debido al aumento de potencial excesivos o a diferencias de potencial elevadas entre distintos sistemas de tierra, y a corrientes excesivas circulantes por parte no concebidas a tal efecto. La vinculación entre la jabalina y la barra de conexión se realizara con uniones soldadas mediante el sistema cuprotérmico.

### Premisas de cálculo

Mediante el método de Wenner, se determina la resistividad del terreno en  $\Omega$  m con un telurímetro.

Las mediciones se realizarán en terreno seco, por lo menos a una semana después de la última lluvia.

El diseño de las p.a.t de la planta sigue los lineamientos del documento UNESA (17), las recomendaciones de la AEA 95401 (9) y norma IRAM (16).

Los valores máximos de resistencia de puesta a tierra, para el servicio de BT no deberá ser mayor a  $2 \Omega$ . (9).

Requisitos para sistema de p.a.t común:

**$t_f \leq 5$  s y  $U_a \leq 1200$  V**, siendo:  $U_a$  la tensión aplicada sobre los aparatos respecto de tierra ante elevación de potencial de neutro BT por falla en MT, y  $t_f$  tiempo de actuación de las protecciones.

El conductor de conexión de tierra desde el neutro BT del transformador hasta la toma de tierra de servicio debe ser aislado, no permitiéndose ningún seccionamiento en todo su recorrido. Se empleará cables según IRAM 2178 para 1,1 KV.

Se separará la toma de tierra de servicio en BT del SET y la p.a.t de la instalación de protección (conductor PE) de la planta -esquema de conexión de tierra TT-, una distancia mayor a 10 veces el radio equivalente de los electrodos empleados (2).

Se conectarán al sistema de p.a.t de protección del CT.

- Las masas metálicas de todos los aparatos de MT y BT.
- Rejas de protección.
- Las pantallas de protección de cables subterráneos.
- Las pantallas de terminales apantallados.
- La cuba de los transformadores y partes metálicas asociadas.
- Los descargadores de sobretensión.
- Los circuitos secundarios de transformadores de medidas.
- Todo elemento metálico que conforme la carcasa, chasis o panel de un componente o equipo que pueda quedar accidentalmente bajo tensión.

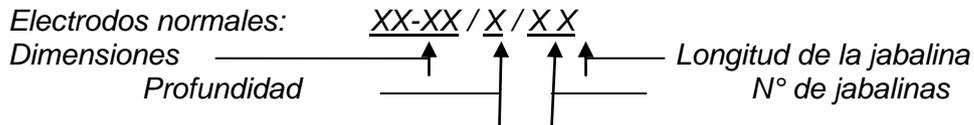
### Desarrollo del cálculo

Mediante modelos matemáticos, el teorema de superposición, y la utilización de programas de PC, compañías eléctricas han tipificados varios casos de sistemas de p.a.t de SET MT/BT (17) para instalaciones que van de los 2 m x 2 m hasta los 8 m x 4 m y contemplando las siguientes configuraciones:

- Bucle o anillo perimetral.
- Bucle con 4 jabalinas verticales (en los vértices del rectángulo).
- Bucle con 8 jabalinas (en los vértices y en la mitad de los lados del rectángulo).
- Jabalinas alineadas, exteriores al centro de transformación.

Se consideran dos profundidades diferentes de enterramiento para los bucles (0,5 m y 0,8 m) y longitudes de 2 m, 4 m, 6 m y 8 m para las jabalinas.

A efectos de designación, se han incluido los códigos relativos a la configuración del electrodo, que hacen referencia en cada caso:



Los resultados en forma de tablas, presentan para cada uno de las diferentes dimensiones de instalaciones y tipos de electrodos, las resistencias de puesta a tierra ( $K_r$ ), las tensiones de paso ( $K_p$ ) y las de contacto ( $K_c$ ). Para facilitar los cálculos se expresan para resistividades del terreno igual a  $1 \Omega m$  y una corriente de falla a tierra de 1 A, de modo que utilizando las expresiones que se dan a continuación, por los valores de la resistividad del terreno y de la corriente de falla de nuestra instalación se obtendrán de forma sencilla los valores de resistencia ( $R_t$ ), de tensiones de paso ( $V_p$ ) y de tensiones de contacto ( $V_c$ ) buscados.

Estas expresiones serán por tanto:

$$R_t = K_r \times \rho \quad V_p = K_p \times \rho \times I_f \quad V_c = K_c \times \rho \times I_f$$

La Norma MIE-RAT 13 establece que la tensión máxima aplicable al cuerpo humano, entre manos y pies, que se permite es la siguiente:

$$U_{ca} = K/t^n$$

Siendo:

$U_{ca}$  = La tensión aplicada en V.

$t$  = la duración de la falta en segundos.

$K$  y  $n$  son constantes en función del tiempo.

$0,9 \geq t \geq 0,1$  s;     $K = 72$        $n = 1$

$3 \geq t \geq 0,9$  s;     $K = 78,5$      $n = 0,18$

$5 \geq t > 3$  s;       $U_{ca} = 64$  V

$t > 5$  s;       $U_{ca} = 50$  V.

Las tensiones de paso, contacto y de paso en acceso se pueden calcular con las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot K \cdot (1 + 6 \cdot \rho_s / 1000) / t^n \quad U_c = K \cdot (1 + 1,5 \cdot \rho_s / 1000) / t^n$$

$$U_{p(acc)} = 10 \cdot K \cdot (1 + (3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho'_s) / 1000) / t^n$$

En la que  $\rho_s$  y  $\rho'_s$  son las resistividades superficiales del terreno en el que se apoya cada pie.  
 Condiciones a cumplir por el electrodo de tierra:

Seguridad de las personas:		
Tensión máxima calculada	$\leq$	Tensión máx. adm. en instalación
De paso en el exterior	$\leq$	De paso ( $U_p$ )
De paso en el interior	$\leq$	De paso ( $U_p$ )
De contacto en el interior	$\leq$	De contacto ( $U_c$ )
Protección del material		
El nivel de aislación del equipo en B.T del C.T a frecuencia industrial será:	$\geq$	Que la tensión de defecto
La tensión en B.T	$\geq$	$R_t \cdot I_d$
Limitación de la corriente de defecto		
La intensidad de defecto $I_d$	$>$	La intensidad de arranque de las protecciones $I'_a$

Para la instalación eléctrica de la Planta y dado que el esquema de conexión a tierra adoptado es el TT, el punto del sistema de alimentación (generalmente el conductor neutro) conectado directamente a una toma de tierra (tierra de servicio) en el secundario de los transformadores de 13,2/0,4/0,231 Kv ubicados en la playa de transformación y las masas eléctricas de la instalación consumidora conectadas a través de un conductor de protección llamado PE y de un conductor de puesta a tierra, a otra toma de tierra (tierra de protección) eléctricamente independiente de la toma de tierra de servicio, debiendo respetar la distancia mínima de 10 radios equivalentes con respecto a la puesta a tierra de protección.

El valor máximo de resistencia de la toma de tierra de las masas para que el potencial de dichas masas no sea superior en forma permanente a  $U_L = 24$  V, valor establecido por la Ley 19587 como la tensión límite de contacto, se adopta según el REIEI AEA 90364-7-771, el valor máximo permanente de la resistencia de puesta a tierra de protección será menor o igual a 40  $\Omega$ . Cuando, en el caso de locales sin riesgo de incendio y con personal BA4 o BA5, se empleen dispositivos diferenciales de  $I_{\Delta n} > 300$  mA para la protección contra los contactos indirectos, se adoptará los valores de la columna 3 de la tabla 771.3.I del Reglamento AEA 90364-7-771.

Los valores obtenidos para la  $R_t$ ;  $U_p$ ;  $U_c$  y  $R_b$  se pueden observar en las Planillas de cálculo en el Anexo.

### 2.3.3. Protecciones y Selectividad

#### Objeto

Este apartado precisa los criterios para el diseño de las protecciones y selectividad de cables y motores.

#### Premisas De Cálculo

Se pueden diferenciar entre las siguientes protecciones:  
 Protección contra corrientes de sobrecarga.

Protección contra corrientes de cortocircuito y  
Protección contra sobre temperatura.

La protección contra sobrecarga la asumen, en la mayoría de los casos, los disparadores o relés de sobrecarga retardados dependientes de la sobre intensidad, pueden ser térmicos o electrónicos. La protección contra cortocircuito está dada predominantemente por disparadores o relés de sobre intensidad magnéticos o electrónicos no retardados. La función de “protección selectiva contra cortocircuitos” es asignada, en la mayor parte de las veces, a los relés de sobre intensidad magnéticos o electrónicos no retardados. Los aparatos de protección de motores por termistores desempeñan, la función de protección contra sobre temperaturas.

Coordinación de las protecciones: se obtiene mediante la asociación de un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga. Tiene por objetivo interrumpir a tiempo y sin peligro para las personas e instalaciones una corriente de sobre carga (1 a 10 veces la  $I_n$  del motor) o una corriente de cortocircuito ( $I_n$  mayor a 10).

Todos los aparatos de protección, tanto para sobrecarga como cortocircuito, deberán responder a las normas IEC 947-4-1, IEC 947-2, para el caso de fusibles, la norma DIN VDE 0636.

Tres tipos de coordinación son definidos por la norma IEC 60947-2, dependiendo del grado de deterioro para los aparatos después de un cortocircuito. Las diferentes coordinaciones se establecen para una tensión nominal dada y una corriente de cortocircuito  $I_q$ , elegida por el fabricante.

Para la protección de los motores de las bombas se adoptará una coordinación tipo 2, es decir que para una condición de cortocircuito, el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. El relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño. Los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazan componentes, salvo fusibles. El relé de cortocircuito del interruptor deberá ser reseteado o, en caso de protección con fusible, todos ellos deberán ser reemplazados.

Un requisito indispensable para obtener una coordinación óptima de los aparatos de maniobra y protección, es el funcionamiento selectivo de las protecciones de aparatos y conductores. Cada derivación, cada aparato tiene la mejor protección posible contra sobrecarga y cortocircuito sin que las maniobras efectuadas para proteger una parte afecten el suministro de energía eléctrica del resto de las instalaciones. Es decir, que en el menor tiempo posible sólo actuarán los dispositivos de protección más cercanos al lugar de la falla y sin que se afecten más consumos que los estrictamente necesarios.

La elección del calibre de los aparatos, sus protecciones, y la asociación de productos, se basaron en las consideraciones enunciadas más arriba y en las recomendaciones de los catálogos de fabricantes reconocidos mundialmente. Se usó software de apoyo para la selección de los mismos. El ajuste final de las protecciones se deberá realizar en condiciones de explotación.

La protección de los conductores y cables contra la sobrecarga y el cortocircuito según las prescripciones del REIE AEA 90363-7-771 deberá cumplir con:

*-Protección contra las corrientes de sobrecarga:*

Se ha previsto dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores de un circuito antes que ella pueda provocar un daño por calentamiento a la aislación, a las conexiones, a los terminales o al ambiente que rodea a los conductores.

La característica de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un cable o un conductor contra las sobrecargas debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

- 1)  $I_B \leq I_n \leq I_Z$
- 2)  $I_2 \leq 1,45 I_Z$

Donde:

$I_B$  = Corriente de proyecto (intensidad proyectada de la corriente de carga o corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado).

$I_Z$  = Intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los cables o conductor a proteger.

$I_2$  = Intensidad de corriente que asegure el efectivo funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo convencional en las condiciones definidas; la intensidad de corriente  $I_2$  que asegure el funcionamiento del dispositivo de protección está definida en la norma del producto o puede ser obtenida del fabricante.

$I_n$  = Corriente asignada o nominal del dispositivo. Para el caso de dispositivos regulables;  $I_n$  se deberá tomar igual a la intensidad de corriente de la regulación elegida  $I_r$ .

-Protección contra las corrientes de cortocircuito:

La corriente presunta de cortocircuito se determinó en los puntos de la instalación donde se consideró necesario.

Todos los dispositivos adoptados responderán a las dos condiciones siguientes:

a) Regla del poder de corte:

La capacidad de ruptura del dispositivo de protección ( $P_{dCcc}$ ), será por lo menos igual a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito presunta ( $I_k$ ). También será admitida la instalación de un dispositivo de capacidad de ruptura inferior, con la condición que otro dispositivo con la necesaria capacidad de ruptura sea instalado del lado "alimentación" o lado fuente. En este caso las características de ambos dispositivos deben ser coordinadas de tal forma que la energía que ellos dejan pasar, no exceda la que puede soportar sin daño el dispositivo ubicado en el lado "carga" y los conductores protegidos por estos dispositivos.

b) Regla del tiempo de corte:

-Para c.c de duración de entre 0,1 s hasta 5 s, el tiempo  $t$ , en el cual una corriente dada de c.c llevara la temperatura del conductor desde su temperatura máxima admisible en servicio normal, hasta su temperatura límite admisible de c.c, podrá ser calculada aproximadamente por la siguiente expresión:

$$S \geq I \cdot \sqrt{t} / k$$

Donde:

$t$  = Duración de la interrupción o tiempo de desconexión en segundo (válido entre 0,1 s y 5 s).

$S$  = Sección del conductor en  $mm^2$ .

$I$  = Intensidad de c.c en amperios, expresada como valor eficaz.

$k$  = Un factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y la temperatura inicial y final del mismo.

-Para cortocircuitos de muy corta duración ( $< 0,1$  s), donde la asimetría de la corriente es importante, y para los dispositivos de protección limitadores de la energía pasante, se debe verificar que:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

Donde:

$I^2 t$  Máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección. Este dato no es calculable por el proyectista, por ser un valor garantizado por el fabricante.

S La sección nominal de los conductores, en  $\text{mm}^2$ .

k Un factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y la temperatura inicial y final del mismo. Para conductores aislados con materiales de uso común, los valores de k se muestran en la Tabla 771.19.II de (2).

La característica de  $I^2 t$  se encuentra ligada a la clase de limitación que posee el elemento de protección. Para los interruptores automáticos IEC 60898 esta clase puede no estar marcada en el dispositivo, para la norma europea EN 60898 (norma IEC 60898 modificada), la clase de limitación está grabada en el frente del aparato, con el número respectivo dentro de un cuadrado. En los productos fabricados según IEC 60947-2, la información es entregada por el fabricante, en forma de curvas.

-Protección de los cortocircuitos frente a las corrientes de c.c mínimas:

Los circuitos seccionales o terminales serán verificados frente a las corrientes de c.c mínimas, de manera de comprobar que la corriente de c.c sea suficiente para que el dispositivo de protección desconecte en forma instantánea.

-Protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación:

Cualquiera sea el esquema de conexión a tierra adoptado, la protección contra contacto indirecto por desconexión automática de la alimentación en circuitos terminales, debe realizarse en los tiempos máximos indicados en la Tabla 771.18.I del REIEI AEA (9).

En el esquema TT, para la protección contra contactos indirectos por corte automático de a la alimentación, sólo se hará con dispositivos de corriente diferencial ID.

En lo que concierne a la protección de los interruptores diferenciales (ID) contra las sobrecargas, la corriente asignada de un ID debe ser elegida teniendo en cuenta la máxima corriente de carga que, en forma permanente, podrá circular por él.

En lo que concierne a la capacidad de ruptura y a las corrientes de c.c, siempre deber verificarse:

1) Que los ID posean una capacidad de ruptura adecuada (igual o mayor que la corriente de falla a tierra presunta en el lugar de instalación) y que puedan soportar sin daños las corrientes de c.c que pudieran presentarse en el lugar de instalación.

Si algunas de las dos condiciones anteriores no se cumple, será necesario proteger el ID por medio de un dispositivo de protección contra cortocircuito (DPCC) (interruptor automático o fusible), instalados aguas arriba del ID. No obstante se considera aceptable proteger al ID, por los DPCC instalados aguas abajo del ID, pero ubicados en el mismo tablero.

-Pasos a seguir para la protección contra las sobrecargas y c.c:

a) Determinación de la corriente de proyecto  $I_B$ .

b) Elección de la canalización y conductores y cables en función de las influencias externas de la instalación.

c) Elección de la sección S de los conductores y cables, y su correspondiente corriente máxima admisible  $I_Z$ , teniendo en cuenta las condiciones de instalación:  $I_Z \geq I_B$ .

d) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección  $I_n$ :  $I_B \leq I_n \leq I_Z$ .

e) Verificación de la actuación de la protección elegida contra sobrecarga:

$I_2 \leq 1,45 I_Z$ .

f) Cálculo de la corriente de c.c y verificación al cortocircuito de la sección adoptada.

g) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito.

h) Verificación de la caída de tensión.

Los valores obtenidos se pueden observar en las Planillas del Anexo 2.

### **2.3.4. Cálculo y Dimensionamiento De Cables.**

#### **Objeto**

Este apartado precisa los lineamientos para el cálculo de la caída de tensión máxima admisible en línea principal, circuito seccional y terminal, como complemento del apartado 2.4.2.

#### **Premisas Del Cálculo**

Según lo establece el REIEI AEA 90364 (2), la máxima caída de tensión admisible en:

- a) *Circuito terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación: 3 %.*
- b) *Circuitos de uso específicos que alimentan sólo motores: 5 % en régimen y 15 % durante el arranque.*

*No obstante los valores mencionados, en ningún caso la caída de tensión en los circuitos seccionales deberá exceder del 1 %; por lo tanto el valor de la máxima caída de tensión en los circuitos terminales que no alimentan motores será del 2 % y en los que alimentan motores del 4 %, tomando a partir del tablero seccional correspondiente. El valor de corriente a adoptar para este cálculo deber ser el máximo simultáneo para esos circuitos.*

#### **Desarrollo Del Cálculo**

Según (2), a los efectos del cálculo de la caída de tensión, los circuitos de tomacorrientes se consideran cargados en su extremo más alejado del tablero seccional. Los circuitos de iluminación se consideran con 66 % de la carga total en el extremo más alejado del tablero seccional.

El cálculo aproximado de la caída de tensión en los conductores se hace utilizando la expresión:

$$\Delta U = k \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \text{ (volt)}$$

Donde:

k = constante igual a 2 para sistemas monofásicos y  $\sqrt{3}$  para sistemas trifásicos.

I = intensidad de la corriente de línea en ampere.

L = longitud del circuito en Km.

R = resistencia eléctrica efectiva del conductor de servicio en ohm/Km.

X = reactancia de los conductores en ohm/Km.

$\varphi$  = ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.

Cos  $\varphi$  = factor de potencia: a falta de otros valores más precisos se utilizará:

Cos  $\varphi$  = 0,85 y sen  $\varphi$  = 0,53

Y durante el arranque de motores: cos  $\varphi$  = 0,30 y sen  $\varphi$  = 0,95.

Para conductores unipolares, que cumplan con IRAM NM 247-3 o 62267, dispuestos en cañerías y para cos  $\varphi$  = 0,80 y sen  $\varphi$  = 0,60, puede utilizarse la tabla 771.19.IV del reglamento AEA 90364.

Los valores obtenidos se pueden observar en el Anexo 2.

### 2.3.5. Iluminación Interior y Exterior

#### Objeto

Este apartado establece los criterios para el diseño y cálculo del sistema de iluminación exterior e interior de la Planta.

#### Premisas Del Cálculo

Los valores de iluminancia media en servicio que como mínimo debe establecerse en áreas de trabajo es la especificada en el decreto 351/79, reglamentario de la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. También hay una tabla especificada en la Norma IRAM-AADL J 2006 sobre iluminancias en interiores de trabajo.

Cuando una tarea específica no figura, se debe buscar una tarea cuyo esfuerzo visual sea equivalente, considerando como esfuerzo equivalente a aquellos que requieren igual grado de distinción de detalles e iguales tiempo de concentración visual.

El Decreto fija valores únicos, que son los mínimos a establecer, mientras que la Norma da valores máximos y mínimo para cada tipo de tarea. Por ejemplo para *Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos: 300 – 750 Lux; esta clasificación incluye: trabajos medianos mecánicos y manuales, inspección y montaje, trabajos comunes de oficina, tales como lectura, escritura, archivo.*

Cuando se adopta el sistema de iluminación general, la iluminancia sobre el plano de trabajo ubicado a 0,85 m del piso, se considerará adecuada si la uniformidad dada por la relación de iluminancia mínima a iluminancia media ( $E_{min}/E_{med}$ ) no es menor a 0,50. Esta uniformidad asegura una completa libertad en la ubicación de las máquinas y puesto de trabajo.

A este sistema de iluminación, en algunos casos se lo refuerza con iluminación localizada o local.

En la elección del tipo de lámpara, entre las tubulares fluorescentes o las de descarga en gas, dependerá en principio de la altura de montaje disponible. Para alturas de montaje (m) de 2,5 – 3,0 la iluminación con tubos fluorescentes ofrece la mejor relación entre calidad y costos. Dada la baja altura disponible, se debe prestar atención al control del deslumbramiento. Cuando la altura supera los 5 m, se emplea un menor número de lámparas más potentes, como ser de vapor de mercurio de color corregido, sodio alta presión o de halogenuros metálicos con una mayor separación entre ellas, tratando siempre de situarlas por encima de los rieles o puente grúa.

En cuanto al índice de reproducción de color (IRC), se elijen lámparas con un IRC entre Ra 80 y 90, con buenas propiedades de rendimiento de color, ideal para aplicaciones en las que una evaluación del color no sea la consideración principal, aunque sí sea esencial una buena presentación de los colores.

Para la Temperatura de Color, se adopta lámparas con 5000 K o superior, recomendadas para aplicaciones comerciales e industriales.

En cuanto a la seguridad eléctrica, las mismas serán de Clase I o II.

Con respecto al grado de protección se adopto un IP 65, para las luminarias de interior, ideal para aplicaciones como ser: talleres y depósitos, ambientes expuestos a salpicaduras de agua, humedad, polvo o corrosión. Para las luminarias de exterior, el IP será de 54. En la playa de transformación, se colocarán proyectores para exterior con IP 65 y lámparas de descarga de vapor de sodio alta presión 250 W.

Para determinar el nivel de iluminación de las calles internas del predio, se adoptó según IRAM-ADDL J 20 22-2 la clasificación de la calzada como F, calles residenciales con presencia de peatones y obstáculos. El nivel inicial de la iluminancia media es de 10 Lux como mínimo.

La playa de transformación intemperie tiene su sistema de iluminación normal con artefactos fijos montados en las estructuras soportes de hilo de guarda. La cantidad y distribución de los artefactos has sido los adecuados para obtener niveles de iluminación y relaciones de uniformidad mínimos para una clara visualización del equipamiento. El nivel recomendado y obtenido para condiciones normales es de 20 lux, la relación de uniformidad no deberá ser menor a 1:3.

### **Desarrollo del Cálculo**

Para el cálculo del sistema de iluminación tanto interior como exterior se hizo uso del software de apoyo DIALux 4.60 del Instituto Alemán de Luminotecnia. Los valores obtenidos se pueden observar en el Anexo 2.

## **2.3.6. Descargas atmosférica. Sobretensiones**

### **Objeto**

Es apartado, basado en las Normas IRAM 2184-1-1 (14), IRAM 2184-1 (15) tiene por objeto establecer los procedimientos tendientes a la selección de niveles de protección del sistema de protección contra el rayo (spcr), y las pautas para el diseño y la instalación de spcr para estructuras comunes de hasta 60 m de altura según. También fija los criterios de selección de aparatos para la protección contra sobretensiones originadas por maniobras de conmutación en las instalaciones eléctricas o debidas a descargas de rayos.

### **Premisas Del Cálculo**

Los spcr, buscan minimizar los daños ocasionados por las descargas atmosféricas. No existe un sistema 100 % efectivo y por eso se establecen riesgos aceptables de daño y en función de ellos una eficiencia del sistema.

El spcr consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección. El primero comprende, uno o varios dispositivos captores (terminales aéreas), las bajadas y un sistema de puesta a tierra. El segundo comprende todos los dispositivos complementarios a los anteriores, para reducir los efectos electromagnéticos de las corrientes de los rayos dentro del espacio a proteger.

La polaridad de los rayos de la norma (14) está basada en una proporción de positivas en un 10 % y negativas en un 90 % según (15).

## Desarrollo Del Cálculo

Para la selección de un spcr, hay que determinar las dimensiones, la localización de la estructura, la actividad cerámica (densidad anual de rayos) en la región, como así también la clasificación de la estructura. Con esos datos se estima:

La frecuencia anual promedio de rayos  $N_d$  como producto de la densidad anual de rayos  $N_g$  (rayos a tierra /  $\text{Km}^2 \cdot \text{año}$ )<sup>1</sup> y del área colectora equivalente  $A_e$  de la estructura.

La frecuencia anual promedio de rayos  $N_c$  aceptada para la estructura considerada.

Se comparará el valor de  $N_c$  con el valor real de  $N_d$ :

Si  $N_d \leq N_c$  no será necesario un spcr.

Si  $N_d \geq N_c$  se deberá prever un spcr de eficiencia  $E_c \geq 1 - N_c / N_d$  y seleccionar el nivel de protección adecuado de acuerdo a la Tabla 3 de la norma (14).

El sistema captor estará formado por la combinación de mástiles con puntas captoras (punta Franklin) y mallas de conductores captoras colocados cumpliendo los requisitos de la Tabla 1 de la Norma (15) y para cuyo diseño se usó una combinación del método de la esfera rodante con el de mallado o retícula. Este dispositivo captor está dispuesto directamente sobre el tejado con una pequeña separación del mismo.

Los conductores de bajadas se repartirán a lo largo del perímetro del espacio a proteger, de forma tal que su separación media sea menor o igual que los valores que figuran en la Tabla 3 (15).

*Desde el punto de vista de la protección contra los rayos, la mejor solución es un único sistema de puesta a tierra integrado en la estructura y previsto para todos los fines (por ejemplo: protección contra el rayo, protecciones eléctricas de baja tensión e instalaciones de comunicaciones).*

*Para asegurar la dispersión de las corrientes de los rayos en el suelo, sin provocar sobretensiones peligrosas, son más importantes la disposición y las dimensiones del sistema de puesta a tierra que un valor específico de la resistencia del electrodo de tierra.(15)*

*Los dispositivos captoras y las bajadas se fijarán firmemente, para que las fuerzas electrodinámicas o las sollicitaciones mecánicas accidentales (por ejemplo, vibraciones, deslizamientos, etc.), no hagan que los conductores se rompan o se suelten.*

*El número de uniones a lo largo de un conductor se reducirá a un mínimo. Se deberá asegurar la solidez de las uniones mediante soldadura, compresión profunda, atornillado o abulonado (15).*

Los materiales empleados soportarán, sin deterioros los efectos electromagnéticos de las corrientes de los rayos y las sollicitaciones accidentales previsibles. Las dimensiones mínimas se dan en la Tabla 5 de la norma (15).

Sistema interno de protección contra el rayo:

Conexiones equipotenciales:

*Se consigue una equipotencialidad conectando al spcr: la armadura metálica de la estructura, la instalación metálica, los elementos conductores externos y las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones interiores al espacio a proteger mediante conductores de equipotencialidad o limitadores de sobretensión (DPS) (dispositivos de protección contra sobretensiones) (15).*

*Cada conexión equipotencial se debe realizar mediante:*

*-conductores de conexiones, si las uniones naturales no aseguran la continuidad eléctrica, o*

<sup>1</sup> Para estimar  $N_g$  se utiliza el Mapa B3 de la Norma (14).

*-limitadores de sobretensiones (DPS), si no se pueden colocar conductores de conexión equipotencial.*

Con el objeto de evitar daño en el equipamiento por las sobretensiones transitorias originadas como consecuencia de descargas de rayos, maniobras de conmutación en circuitos y descargas electrostáticas, todas las interfaces en peligro como, entradas de señales y

alimentaciones de baja tensión tienen que conectarse con aparatos de protección contra sobretensiones (DPS).

Primer nivel de protección (protección basta o gruesa): se utiliza un descargador de corriente de rayo, que se instala en la alimentación principal como aparato de protección de alta potencia Clase I. Con este aparato se limitan sobretensiones a  $\leq 4$  Kv.

Segundo nivel de protección (protección media): se instalan descargadores de sobretensión clase II sobre la base de varistores, en cada distribución secundaria delante de los interruptores diferenciales. Este nivel de protección limita la tensión residual que queda a través del descargador de corriente de rayo es  $\leq 1,5$  Kv. Los aparatos de distribución, interruptores termomagnéticos y diferenciales dispuestos en la distribución secundaria así como los conductores de circuitos de corriente quedan de esta manera suficientemente protegidos.

Tercer nivel de protección (protección fina) Clase III: como protección de aparatos debe instalarse directamente delante del aparato a proteger, consiguiendo así una tensión residual que no representa ningún peligro para el aparato conectado.

Los diferentes niveles de protección se han tenido especial cuidado de no instalarse directamente uno al lado del otro. Los diferentes valores de tensión de cebado requieren un desacoplamiento, que en muchos casos se obtuvo directamente de la inductancia de la línea.

Como medida suficiente es válida una longitud de línea de 10 m entre el primer y segundo nivel y de 5 m entre el segundo y tercer nivel de protección. Si estas longitudes no están a disposición, se utiliza dispositivos AEC (Archive Energy Control) Clase I+II, los cuales poseen un circuito de cebado electrónico.

Los valores obtenidos se pueden observar en el Anexo 2.

### **2.3.7. Corrección Del Factor De Potencia**

#### **Objeto**

Este apartado precisa los criterios para el diseño y dimensionamiento del banco de capacitares para corregir el factor de potencia de la instalación, con el objeto de evitar los recargo y penalidades que establece la empresa prestataria del servicio público en su Régimen Tarifario.

Cuando el cociente entre la energía reactiva y la energía activa consumidas en un período mensual sea igual o supere al valor 0,328, la EPESF está facultada a facturar la energía activa con un recargo igual al 1 % por cada centésimo (0,01) o fracción mayor a cinco milésimo (0,005) de variación de la  $Tg \phi$ , con respecto al precitado valor básico.

#### **Premisas Del Cálculo**

El hecho de instalar un capacitor (condensador) generador de energía reactiva es la manera más simple, flexible y rápidamente amortizada de asegurar un buen factor de potencia. Eso se llama compensar una instalación.

Entre las ventajas más sobresalientes de compensar, podríamos citar a:

- disminución de la sección de los cables.
- disminución de las pérdidas en las líneas y/o cables.
- reducción de la caída de tensión.
- Aumento de la potencia disponible.

Se ha elegido una compensación en baja tensión conectando una batería de condensadores en barra del TGBT, (compensación global) con regulación automática. De esta manera se permite la inmediata adaptación de la compensación a las variaciones de carga y, de este modo, evita devolver energía reactiva a la red y sobretensiones peligrosas para los circuitos durante el funcionamiento a baja carga de la instalación.

El valor del factor de potencia es detectado por un relé varmétrico (Regulador) que manda automáticamente la conexión y desconexión de los escalones, a través de contactores, en función de la carga y del factor de potencia deseado.

Se deberá instalar un transformador de corriente sumador (5/5+5) a los efectos de contabilizar la corriente proveniente de los dos transformadores de potencia.

El relé varmétrico tendrá capacidad para 12 pasos, con baterías de 60 KVAr por escalón como máximo y programa 1:1:1

Para la selección de los condensadores se ha tenido en cuenta la presencia de armónicas, por la utilización de equipos que utilizan electrónica de potencia (variadores de velocidad, arrancadores suaves, etc). A partir de la potencia de estos generadores de armónicas, la potencia de cortocircuito real de la red y la potencia de los transformadores aguas arriba se adoptan la mejor solución para limitar el efecto de estas armónicas (calentamiento y resonancia), recomendada por el fabricante de los condensadores.

### **Desarrollo Del Cálculo**

Dada una instalación con una potencia activa P (Kw) y su factor de potencia  $\cos\phi_1$ , la potencia de condensadores necesarios para pasar a un nuevo factor de potencia  $\cos\phi_2$  viene dada por:

$$Q_C = P \cdot (\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)$$

Siendo:

$Q_C$  = Potencia reactiva necesaria en KVAr.

P = Potencia activa de la instalación en Kw.

Como la carga experimenta variaciones considerables durante la jornada de trabajo, se toma como  $\cos\phi_1$  el factor de potencia a plena carga, en este caso la potencia activa a considerar

también será la de plena carga. El  $\cos\phi_2$  a alcanzar puede tomarse aquí igual al mínimo exigido por la EPESF ( $\cos\phi_1 = 0,95$ ), aunque la compensación a un  $\cos\phi_2$  superior a este mínimo puede resultar interesante debido a la bonificación, hasta un 3,75 % sobre el básico del costo de la energía activa, que se recibe de la compañía de servicio público.

Un aspecto muy importante a considerar al realizar el diseño de una batería de condensadores para la compensación automática del FP, es el calentamiento que se produce en su interior. Este calentamiento, provocado por las pérdidas de los componentes que en ella se encuentran instalados, produce un incremento de la temperatura que debe ser inferior a la temperatura máxima de funcionamiento de los condensadores (50 °C). Este punto es especialmente importante en el caso de condensadores de potencia, pues el trabajo de los mismos a temperaturas superiores a la máxima prevista produce un envejecimiento prematuro del dieléctrico y el fallo del condensador.

Una forma de disminuir la elevación de temperatura  $\Delta T$  en el interior del armario metálico es: Emplear un armario que disponga de mayor superficie de refrigeración.

Emplear un armario que disponga de aberturas inferiores y superiores para facilitar la refrigeración por convección natural.

Emplear un ventilador para mejorar aún más la refrigeración por convección.

## 2.4. RED DE MEDIA Y BAJA TENSION

### 2.4.1. Descripción

La alimentación de los pozos de extracción se hará mediante una línea aérea rural de media tensión con neturo. La misma estará construida según las especificaciones vigente de la EPESF (Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe) según la normativa ETN 90 año 2003.

La misma nacerá desde el puesto de transformación en planta potabilizadora y contará con cuatro puestos de transformación momopostes ubicados en los siguientes puntos de la Ruta Provincial N°32 tomados desde la ubicación de la planta potabilizadora: PAT 1: ubicado a 1895mts (ver plano adjunto), el PAT 2 estará a 2802 mts coincidente con el pozo de extracción 5, el PAT 3 estará a 3857 mts coincidente con el pozo de extracción 8 y el PAT 4 estará ubicado a 4907 metros, coincidente con el pozo 11. Los PAT monopostes serán construidos según las disposición TN379 de la EPE con un transformador de 13,2/0.4/0.231 KV, 40 KVA. La línea será construida con cables de aleación de aluminio desnudo de 25mm<sup>2</sup> según IRAM 2212, los soportes de alineación serán de madera de eucalipto preservado según TN007 y el resto de los soportes (de retención, angulos, de puestos de transformación etc) serán de hormigón armado según ETN TN322, TN323 y sucesivas. También se tendrá en cuenta la ETN101 para el montaje de los puestos de transformación aéreo de media a baja tensión.

Cada PAT (Puesto Aereo de Transformación) aliementara una línea en BT en su punto medio que alimentará a tres pozos consecutivos. Por ejemplo el PAT 1 aliementará a los pozos 1,2 y 3. En cada puesto de transformación se hubicará un pilar en donde estará alojado el tablero de medición de la EPE y el tablero seccional de comando y telegestión de las bombas. Cada pilar manejará a tres bombas (ver planos adjunto).

En total habrá cuatro redes de baja tensión y será construida según especificaciones de la ETN097 de la EPE. Cada red de baja tensión tendrá un conductor tipo preensamblado de 3x50+1x50+1x16 de aluminio con conductor para alumbrado público, aislación XLPE de 1 kV categoría II. Los soportes también serán de madera de eucalipto preservado según TN108f y TN180i, el resto de los soportes (de retención, angulos, de puestos de transformación etc) serán de H° A° según TN 103k y sucesivas.