

CAPÍTULO 15. INSTALACIONES ELECTRICAS Y AUTOMATIZACIÓN

ÍNDICE

1. OBJETO	1
2. ALCANCE	1
3. DISEÑO	1
3.1. INGENIERÍA BÁSICA	1
3.2. INGENIERÍA DE DETALLE	2
3.3. DOCUMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE DETALLE	3
3.3.1. <i>Planos</i>	4
3.3.2. <i>Memorias de Cálculo</i>	5
3.3.3. <i>Especificaciones Técnicas</i>	5
3.3.4. <i>Planillas de Materiales</i>	6
3.3.5. <i>Archivos Magnéticos</i>	6
3.4. TABLEROS Y PUPITRES	6
3.5. MOTORES	8
3.6. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	9
3.6.1. <i>Punto de Toma de Energía</i>	9
3.6.2. <i>Alimentaciones</i>	10
3.7. CABLES	10
3.7.1. <i>Dimensionamiento</i>	10
3.7.2. <i>Características Particulares</i>	11
3.8. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS CON CAÑOS	11
3.8.1. <i>Dimensionamiento</i>	11
3.8.2. <i>Características Particulares del Tendido de Caños Enterrados</i>	12
3.8.3. <i>Características Particulares de las Canalizaciones a la Vista</i>	12
3.9. CANALIZACIONES CON BANDEJAS	13
3.9.1. <i>Dimensionamiento</i>	13
3.9.2. <i>Características Particulares</i>	13

3.10. PUESTA A TIERRA	14
3.11. INSTALACIÓN DE PARARRAYOS	15
3.12. ILUMINACIÓN INTERIOR.....	16
3.13. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.....	16
3.14. ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	17
3.15. ENSAYOS Y RECEPCIÓN	17
3.15.1. <i>Tableros y Pupitres</i>	<i>17</i>
3.15.2. <i>Motores</i>	<i>18</i>
3.15.3. <i>Cables Aislados</i>	<i>18</i>
3.15.4. <i>Instalación Eléctrica</i>	<i>19</i>
3.16. ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO.....	20
3.16.1. <i>Tableros y Pupitres</i>	<i>20</i>
3.16.2. <i>Motores</i>	<i>20</i>
3.16.3. <i>Instalación Eléctrica</i>	<i>20</i>
4. AUTOMATIZACIÓN.....	21
4.1. LOS ASPECTOS ECONÓMICOS DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	21
4.2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO.....	21
4.2.1. <i>Recolección Histórica de Datos. Monitoreo de Variables Operativas y de Calidad</i>	<i>22</i>
4.2.2. <i>Variables a Automatizar</i>	<i>23</i>
4.2.3. <i>Interfase Con el Operador.....</i>	<i>23</i>
4.2.4. <i>Informes.....</i>	<i>23</i>
4.2.5. <i>La Arquitectura de los Sistemas de Control.....</i>	<i>23</i>
4.3. EL MONITOREO Y AUTOMATIZACIÓN DE INSTALACIONES DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	24
4.3.1. <i>El Tipo de Variables a Monitorear y de Acciones a Telecomandar</i>	<i>24</i>
4.3.2. <i>El Tipo de Arquitectura a Emplear.....</i>	<i>25</i>
4.4. CONTENIDOS MÍNIMOS PARA UN PLIEGO DE PEDIDO DE PROVISIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO	25

1. OBJETO

El objeto de este documento es definir los alcances básicos, las normas de aplicación y las características particulares de cumplimiento imprescindibles a las que deben ajustarse al diseño, los equipamientos y las instalaciones eléctricas.

Los requerimientos normativos de los equipamientos deben incluir los ensayos y el mantenimiento de los mismos.

2. ALCANCE

Estas disposiciones son aplicables a instalaciones eléctricas de plantas potabilizadoras, estaciones de bombeo y obras auxiliares de sistemas de agua potable.

Se considera que la alimentación en Baja Tensión es en 3 x 380/220 V – 50Hz.

No se incluyen a las instalaciones internas telefónicas o radioeléctricas ni las líneas de transmisión de energía exteriores, las que no forman parte integral de la instalación eléctrica en baja tensión.

3. DISEÑO

Para la realización del diseño de las instalaciones de ingeniería eléctrica, es necesario desarrollar primero la ingeniería básica y luego la ingeniería en detalle.

La elaboración de la ingeniería básica debe ser el paso previo a la licitación de las obras y debe permitir a las empresas Oferentes cotizar la provisión, el montaje y los ensayos de la obra con suficiente aproximación, sin generar eventuales pagos de adicionales e imprevistos.

La ingeniería de detalle debe ser ejecutada –o en todos los casos completada- por el Contratista.

3.1. INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica debe definir los lineamientos generales o ideas básicas de las instalaciones, siendo los pilares en los que se debe basar la ingeniería en detalle, para la ejecución de los planos constructivos.

Los documentos a elaborar en la ingeniería básica deben comprender:

- Memoria de cálculo.
- Especificaciones técnicas generales.
- Planos generales.

En la ingeniería básica se deben definir los siguientes elementos:

- Esquema unifilar con determinación de las corrientes nominales, tensiones nominales máxima y mínima y tensiones de servicios auxiliares.
- Estudio de la red de alimentación con determinación de los niveles de cortocircuito y sistema de protecciones previsto.
- Definición de los tableros, pupitres y comando locales con su ubicación y las características de los mismos.
- Definición de los componentes eléctricos, tipo de interruptores, seccionadores, contactores, fusibles, tipo de protección primaria o secundaria, electromecánica o de estado sólido, etc.
- Definición de las características de los motores y tipo de arranque.
- Determinación de la sección de los cables de alimentación y el tipo de cableado para comando y control.
- Ejecución de esquemas funcionales básicos con definición del sistema de operación, comando y control.

3.2. INGENIERÍA DE DETALLE

En la ejecución de la ingeniería en detalle, se deben ajustar los valores y especificaciones técnicas de la ingeniería básica, conforme a las normas de reconocida autoridad y de acuerdo a las reglas del arte y de la seguridad.

La ingeniería de detalle debe presentar un diseño detallado de las instalaciones eléctricas, de las estaciones de bombeo y de las plantas de potabilización y de las obras auxiliares, de tal manera que permita la compra y/o construcción de sus elementos constitutivos y su montaje en forma lógica, cumpliendo los requerimientos técnicos de la instalación en concordancia con los equipos previstos a instalar.

Con los datos precisos de las provisiones adquiridas se deben reelaborar todos los planos de la Ingeniería Básica, definiendo con precisión la información volcada en los mismos para el fácil montaje y conexionado para el ejecutante de la obra.

La documentación a reelaborar y la nueva documentación a elaborar debe comprender:

- Planos:
 - Esquemas unifilares.
 - Esquemas trifilares.

- Esquemas funcionales de comando, control, enclavamientos, señalizaciones.
- Esquemas de borneras de equipos para conexión.
- Listas de cable, para tendido e interconexión de equipos.
- Lay-out de equipos, con ubicación de tableros y paneles dentro del edificio y en el exterior.
- Planos de puesta a tierra.
- Planos de canalizaciones eléctricas.
- Detalles de montaje de equipos.
- Ubicación de artefactos de iluminación y tomacorrientes.
- Cómputo de materiales.
- Memorias de cálculo:
 - Cortocircuito.
 - Puesta a tierra.
 - Protecciones y selectividad.
 - Iluminación interior y exterior.
 - Cálculo y dimensionamiento de cables.
- Especificaciones técnicas:
 - Tableros y pupitres.
 - Materiales de canalizaciones eléctricas y puesta a tierra.
 - Artefactos de iluminación.
 - Motores.
 - Cables.

3.3. DOCUMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA DE DETALLE

Los documentos que se deben emitir en la ingeniería de detalle deben comprender:

- Planos.
- Memorias de cálculo.
- Especificaciones técnicas de compra y de ejecución.
- Planillas de materiales.

3.3.1. Planos

La información volcada debe ser jerárquica y constituir el producto final del proyecto.

Los planos deben ser claros y autosuficientes, para su entendimiento, salvo en lo complementario. Se debe presentar uniformidad de simbología y nomenclaturas, y una adecuada descripción de textos y referencias.

Al respecto deben tener indicados en sus "Referencias", los planos o documentos que los complementen.

En el caso de los planos de ingeniería de detalle, se debe tener siempre presente que con ellos la obra se construye.

No deben dejar margen de creación en la obra, salvo en aspectos menores. Para salvar esta necesidad se deben hacer planos de detalle de montaje.

Todos los planos deben ser, en lo posible, del mismo tamaño para facilitar el archivo y el manejo de los mismos en la obra. Se suele adoptar el tamaño A1 de la norma IRAM, que corresponde a las medidas de 594mm x 841mm.

Los esquemas funcionales y de borneras pueden ser tamaño A3 (297mm x 420mm).

Antes de la ejecución de un plano, conviene realizar croquis a mano alzada de lo que se desea mostrar.

Un plano puede sufrir varias revisiones. La manera adecuada y clara de reconocer las diferentes revisiones, debe ser indicado con una nube a lápiz en cada versión lo modificado, y con un triángulo adjunto dentro del cual se indica la codificación de la revisión.

En cada nueva revisión se deben borrar las nubes de la revisión anterior. El objeto de las nubes es poner en evidencia en forma clara y precisa las modificaciones de un plano respecto de la revisión anterior, individualizándolas rápidamente y sin lugar a duda.

Hay dos etapas en un plano en las que los mismos deben estar limpios de nubes:

- Apto para construcción.
- Conforme a obra.

El plano CONFORME A OBRA debe ser aquel que tiene asentado las modificaciones realizadas en obra, certificando como quedó construido, montado y conectado un equipo, o realizada una instalación.

Estos planos son de suma importancia ya que de ellos se debe valer el personal de explotación para la operación y mantenimiento de la planta y también debe ser el documento que se debe utilizar en el futuro para el desarrollo de la ingeniería correspondiente a ulteriores ampliaciones.

3.3.2. Memorias de Cálculo

El objeto de las memorias de cálculo es volcar sobre el papel las razones de decisiones tomadas sobre la solución adoptada.

Las memorias deben ser claras, debiendo contener los siguientes puntos:

- 1). Objeto.
- 2). Alcance.
- 3). Premisas de cálculo.
- 4). Desarrollo del cálculo.
- 5). Conclusiones.

Deben tener gráficos claros y dibujos simplificados.

Con relación a las revisiones, referencias y notas, deben recibir el mismo tratamiento que los planos.

Estos documentos serán volcados en tamaño A4 (297 mm x 210 mm).

3.3.3. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas deben definir con claridad cómo se desea que se realicen técnicamente algunas tareas, o como se desea la provisión de un determinado equipo, en tal sentido la especificación debe ser precisa al indicar lo “que se desea”, no deteniéndose en “cómo debe realizarse”.

Las especificaciones técnicas no deben ser un manual de construcción del equipo, ya que esto es responsabilidad del proveedor del equipo.

El Ingeniero de Diseño no debe ser un Ingeniero del producto. Para obtener la calidad deseada se debe basar en normas. La sola mención de las mismas debe ser suficiente para obtener la calidad deseada del producto. Puede requerirse para los pasos intermedios de fabricación, que se cumplan los diferentes requerimientos de las normas.

No se debe mezclar diferentes normas para una misma provisión.

Las especificaciones Técnicas deben tener un desarrollo de sus puntos en forma clara, similar a las Memorias de Cálculo.

- Objeto.
- Alcance.
- Características Generales.
- Características Particulares.
- Ensayos.

Deben recibir el mismo tratamiento que los planos, en cuanto a revisiones, referencias y notas.

Se debe exigir la ejecución de los ensayos de recepción que correspondan para verificar que los equipos satisfagan los requisitos indicados en las especificaciones técnicas.

Estos documentos deben ser volcados en tamaño A4 (tamaño 297mm x 210mm).

3.3.4. Planillas de Materiales

En las planillas de materiales se debe definir los materiales requeridos en forma precisa y clara.

Las cantidades indicadas deben surgir del cómputo del proyecto, con una eventual mayoración a criterio del Proyectista.

Debe ser responsabilidad del Contratista de montaje una mayoración adicional sobre los cómputos de las planillas, debido a pérdidas, recortes de cables, etc.

3.3.5. Archivos Magnéticos

Finalizada la etapa de la ejecución de los documentos conforme a obra, se debe emitirse copia de los archivos magnéticos de toda la documentación de la ingeniería de detalle.

Esta documentación se debe realizar sobre base de software ampliamente difundida (Word, CAD, Excel, etc.).

3.4. TABLEROS Y PUPITRES

Se debe acompañar las especificaciones técnicas de todos los tableros y pupitres previstos en el proyecto.

El objeto de estas especificaciones técnicas será definir las características a las que deberán ajustarse la provisión de los tableros y pupitres.

Los tableros, pupitres y los equipamientos componentes se deben ajustar a los requerimientos de las normas que se indican a continuación, las que deben ser aplicables en forma general o particular para la construcción, provisión e inspección de los mismos y/o cualquiera de sus componentes.

- | | |
|--|---------------------|
| • Tableros eléctricos de maniobra y comando bajo cubierta metálica | IRAM 2200 |
| • Protección mecánica de tableros | IRAM 2244 / IEC 144 |
| • Cálculo por cortocircuito | IEC 865 |
| • Cableado interno | IRAM 2183 |

• Barras de cobre electrolítico	IRAM 2202
• Aparatos de maniobra (especificación general)	IEC 947-1
• Interruptores automáticos	IEC 947-2
• Interruptores en carga, seccionadores	IEC 947-3
• Contactores y arranque de motores	IEC 947-4.1
• Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando, componentes de automatismos	IEC 947-5.1
• Equipamiento auxiliar, borneras	IEC 947-7.1
• Fusibles	IEC 269
• Relés auxiliares	IEC 255-1
• Transformadores de corriente	IEC 185/IRAM 2275
• Instrumentos indicadores	IRAM 2023 y 2162
• Medidores de energía	IEC 521

Notas:

- Las normas IRAM corresponden al Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- Las recomendaciones IEC son las definidas por la Comisión Eléctrica Internacional (International Electrical Commission).

La elección del equipamiento de maniobra de cada salida (o la entrada) de los tableros, debe cumplir las siguientes normativas básicas:

- La tensión nominal requerida para las instalaciones de baja tensión, debe ser de 500V, 50Hz.
- El poder de interrupción debe estar dado por la potencia de cortocircuito esperable en la barra del tablero.
- La corriente nominal requerida debe ser compatible con la potencia máxima del consumo atendido.
- La coordinación de las protecciones primarias o secundarias debe cumplir con los valores de corriente nominal y de cortocircuitos calculados.
- La asociación de los equipos de maniobra de cada salida debe cumplir con la "Coordinación Total", de acuerdo a la norma IEC 947. Por lo tanto en condiciones de cortocircuito, el material no debe causar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. No debe existir ningún daño ni riesgo de soldadura sobre todos los aparatos que componen la salida.

Debe ser plenamente válido el concepto de “continuidad de servicio”, minimizando los tiempos de mantenimiento, frente a un cortocircuito.

3.5. MOTORES

Se debe elaborar la especificación técnica para la provisión de motores teniendo en cuenta que el objeto de la misma es establecer los requisitos técnicos exigidos para la fabricación, provisión e inspección de los motores eléctricos trifásicos asincrónicos destinados al accionamiento de los equipos de las estaciones de bombeo y plantas de tratamientos.

Los motores deben ser diseñados, fabricados y ensayados conforme a los requerimientos aplicables de alguna de las siguientes normas:

- IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales)
- NEMA (National Electric Manufacturers Association)
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)
- IEC (International Electrical Commission)

Se debe exigir el cumplimiento de las normas citadas anteriormente, preferentemente las normas IRAM 2008, 2109 y 2125, pudiéndose dejar libertad a los oferentes para la elección de la norma.

Los requerimientos de la norma elegida deben ser respetados en su totalidad, no admitiéndose la aplicación parcial de una u otra norma para distintas partes de la provisión y/o ensayos.

Para definir el grado de protección mecánica de los motores se debe aplicar la norma IRAM 2244 o su equivalente IEC 144.

La elección de los motores, debe cumplir con las siguientes normativas básicas:

- Los motores deben ser, en general, hasta 0,6 kW en 220V, monofásicos, a 50 Hz.
- Para potencias mayores a 0,6 kW y hasta 185 kW deben ser trifásicos, 380V, 50Hz.
- Todos los motores que operen válvulas deben ser trifásicos, de 380V, 50Hz.
- Los motores deben ser asincrónicos con rotor a jaula de ardilla (en cortocircuito).
- Se deben admitir en condiciones de carga nominal y en régimen permanente, sin que se vea afectada su vida útil, las siguientes variaciones de tensión y frecuencia con respecto a sus valores nominales:
 - Tensión $\pm 10\%$ a frecuencia nominal.
 - Frecuencia $\pm 2\%$ a tensión nominal.
 - Combinadas variaciones de tensión de $\pm 5\%$ con variaciones de frecuencia $\pm 1\%$.

- Los motores deben ser adecuados para operar en servicio continuo y/o intermitente. Bajo condiciones de carga y servicio nominal deben soportar las sobrecargas estipuladas por las normas de fabricación.
- El calentamiento de los motores, no debe sobrepasar los valores límites establecidos en la norma de aplicación de acuerdo al material aislante usado.
- La aislación de los motores debe ser clase “B” de la norma IRAM, como mínimo.
- Se debe considerar la vida útil de los motores de 10 años como término razonable.
- Los valores de cupla de arranque y cupla máxima, referidas a la cupla nominal, se deben seleccionar de acuerdo a las características de la cupla resistente y del momento acelerador requerido.
- Los motores deben ser aptos para arrancar a plena tensión, en condiciones de carga nominal.

3.6. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las instalaciones eléctricas se deben ejecutar según las exigencias de esta norma, complementándose con los requerimientos de la última edición aprobada de la Reglamentación para la Ejecución de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles, de la Asociación Electrotécnica Argentina.

3.6.1. Punto de Toma de Energía

Son los puntos a los que se conecta la instalación eléctrica del predio y desde el que se alimenta la misma.

En función del grado de confiabilidad de las redes de alimentación disponibles y el factor de indisponibilidad tolerable de las instalaciones, se deben plantear las distintas alternativas del punto o puntos de toma de energía.

Si las necesidades de compatibilidad de alimentación no pueden ser cubiertas por una única alimentación se deben plantear las siguientes soluciones:

- De disponerse de más de una línea de alimentación, siempre y cuando estén alimentadas de fuentes independientes, se debe definir una doble entrada de alimentación con conmutación automática. La conmutación debe incluir enclavamiento para no producir el paralelo de ambas líneas independientes.
- De disponerse de una única línea de alimentación, se debe incluirse un grupo de alimentación de emergencia.

La potencia debe ser por lo general un 50% superior al total de los consumos esenciales de la instalación.

Si el tiempo de establecimiento debe ser breve, el grupo de emergencia debe ser del tipo precalentado, de arranque y conmutación de cargas automáticos.

El punto de toma de energía de la instalación, se debe considerar coincidente con el punto de entrega de energía por parte del ente responsable, en caso de una red pública y fija en el límite de la instalación eléctrica propia del predio, sujeta a esta norma.

El punto de toma de energía de la instalación eléctrica del predio, se debe encontrar dentro de los límites del mismo.

Cuando la alimentación se efectúe por medio de un grupo generador instalado dentro del predio, este grupo se debe considerar parte integral de la instalación eléctrica del mismo y debe estar sujeta a las presentes normas.

3.6.2. Alimentaciones

El alcance de esta norma en lo que a alimentaciones se refiere, cubre exclusivamente aquellas instaladas dentro del predio.

Las alimentaciones monofásicas deben ser bifilares y las trifásicas, trifilares o tetrafilares en caso de requerirse el neutro.

No se utilizarán cañerías, estructuras metálicas o similares como elementos conductores, en reemplazo de uno o varios de los conductores de la alimentación.

De acuerdo con su ubicación en la instalación, las alimentaciones deben recibir las siguientes designaciones:

- De entrada o acometida: Es la que vincula la red de la empresa prestataria del servicio eléctrico con los bornes de entrada del medidor de energía.
- Principal: Es la que vincula los bornes de salida del medidor de energía con los bornes de entrada de los equipos de protección y maniobra del tablero principal.
- Seccional: Es la que vincula los bornes de salida de un tablero con los bornes de entrada del siguiente.
- De circuito: Es la que vincula los bornes de salida del último tablero con los puntos de conexión de los aparatos de consumo.

3.7. CABLES

El material debe cumplir con los requerimientos consignados con las normas IRAM, en particular las N° 2178 (clase 1000 II), 2268 y 2183, según el tipo de cable.

3.7.1. Dimensionamiento

Los cables se deben dimensionar por carga admisible, debiéndose emplear las tablas que figuran en la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina y/o las suministradas por los fabricantes reconocidos de cables, según la aplicación.

Los valores obtenidos se deben afectar por los factores de corrección por temperatura o resistividad del terreno, y agrupamiento y tipo de tendido (aéreo o enterrado).

Se debe realizar la verificación de los cables a la caída de tensión y al cortocircuito.

La caída de tensión admisible en los cables debe ser del 2% para alimentadores a tableros, del 5% para alimentadores a motores y otras cargas, y del 3% para iluminación.

3.7.2. Características Particulares

Todos los cables deben ser del tipo aislados y con vaina de protección.

Los cables enterrados y los de instalación a la vista que pudieran estar expuestos a daños mecánicos y/o roedores deben ser del tipo con armadura.

Sólo se deben admitir cables sin envoltura de protección para las instalaciones eléctricas correspondientes a la obra civil.

Se deben utilizar terminales y conectores de comprensión, no permitiéndose el uso de terminales y conectores soldados.

No se debe aceptar la realización de empalmes. En caso de ser necesarios se deben realizar en cajas de paso o de conexión, por medio de borneras. Nunca debe quedar un empalme de un caño.

Las conexiones a las cajas de motores deben realizarse con tornillos de bronce o acero galvanizado.

Se deben identificar los conductores mediante el uso de anillos plásticos.

Los cables se deben identificar en cada extremo con la numeración especificada en listas de cables y esquemas de borneras.

3.8. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS CON CAÑOS

3.8.1. Dimensionamiento

El dimensionamiento se debe realizar considerando un grado de relleno del caño destinado a alejar los cables, de manera tal que sea factible su tendido, mantenimiento y remoción. El porcentaje de sección útil de los caños debe ser el siguiente:

N° de cables por caño	Sección útil del caño
1	50%
2	30%
3 o más	40%

El tendido de los caños podrá ser enterrado o a la vista.

3.8.2. Características Particulares del Tendido de Caños Enterrados

Las canalizaciones con caños enterrados se deben realizar formando cañeros. Los cañeros deben ser de hierro galvanizado tipo conduits, caños de PVC del tipo reforzado u otro tipo a juicio del proyectista.

Los caños destinados a potencia se deben ubicar en la periferia de los cañeros, pudiendo alojar un solo cable (tripolar, tetrapolar, o su equivalente en unipolares) por cada caño. En los cañeros troncales, entre cámaras, se deben poder agruparse cables.

Los caños destinados a comando o señalización deben poder estar ubicados en cualquier posición, pudiéndose agrupar cables en un mismo caño, siempre que el nivel de ruido de los circuitos lo permita.

Cada cañero debe estar recorrido por un cable de Cu desnudo de puesta a tierra, de sección adecuada al nivel de cortocircuito.

Todos los caños deben estar sólidamente soportados y posicionados con espaciadores, los que deben permitir el colado del hormigón. Se recomienda instalar espaciadores cada 1,5 m.

Los caños deben tener una pendiente del 1% entre cámaras, o en caso de no poderse efectuar, se debe materializar desde el punto medio del caño hacia ambas cámaras.

El diámetro mínimo de un caño enterrado debe ser de 2,54 cm (1").

El número de curvas, entre extremos de un tendido de caños, no debe superar los siguientes valores:

Distancia	N° de veces una curva de 90°
más de 120 m	0
hasta 90 m	1
hasta 60 m	2
hasta 30 m	3

Se deben considerar dos curvas de 45° equivalente a una curva de 90°. En caso de requerirse más curvas que las señaladas, deben instalarse cajas de paso o cámaras de tiro.

3.8.3. Características Particulares de las Canalizaciones a la Vista

Rígidas

- Se deben utilizar caños de acero galvanizado, tipo conduit.

- Los caños destinados a potencia se debe poder alojar un solo cable (tetrapolar, tripolar, o su equivalente en unipolares) por caño. Los destinados a comando y señalización se deben poder alojar varios cables, siempre que el nivel de ruido lo permita.
- Entre cajas de paso se debe permitir a lo sumo dos curvas de 90°. Se deben considerar dos curvas de 45° equivalentes a una curva de 90°.
- Los caños deben fijarse a la obra civil mediante soportes de perfiles y grampas.

Flexibles

- Las canalizaciones flexibles deben contar con malla metálica.
- Se debe considerar una longitud de los flexibles tal que permitan la ejecución del radio mínimo de curvatura de los cables.
- El curvado flexible no debe producir secciones contraídas.

3.9. CANALIZACIONES CON BANDEJAS

3.9.1. Dimensionamiento

El dimensionamiento de las bandejas se debe efectuar considerando un tendido de cables, de manera tal de formar una sola capa uniforme.

Los cables unipolares de fuerza motriz deben poder tenderse separados con un diámetro propio, o en trébol, fijados en ambos casos a las bandejas con precintos.

El tipo de tendido debe considerarse para el dimensionamiento de los cables.

Para el caso de los cables unipolares afecta tanto al coeficiente de tendido como a la reactancia característica.

Los cables de comando y control deben poder tenderse en varias capas.

En todos los casos se debe tener en cuenta los niveles de ruido de las señales (fuerza motriz, comando y control).

Se define como nivel de ruido al tipo de señal que transporta un conductor. El tipo de señal debe poder variar desde corrientes muy débiles, como las señales analógicas o lógicas, hasta altos valores de corriente, como las de fuerza motriz.

3.9.2. Características Particulares

Las bandejas deben ser metálicas con galvanizado en caliente.

Los anchos normalizados de bandejas a utilizarse deben ser de 150, 300, 450 y 600 mm. La profundidad debe ser de 75 mm útiles.

Los tramos de bandejas deben ensamblarse con uniones abulonadas u otra solución recomendada por el fabricante.

La puesta a tierra de las bandejas debe realizarse mediante un cable de cobre desnudo, tendido en su interior, de sección adecuada a los niveles de cortocircuito de la instalación y conectado en cada tramo de bandeja.

Cuando se tiendan varios niveles de bandeja, la distancia mínima entre fondo de bandejas debe ser de 250 mm, de forma de permitir el uso de rodillos para el tendido de cables y lograr adicionalmente una separación entre ellas que tenga en cuenta los diferentes niveles de ruido de las señales de los cables.

Las bandejas deben soportarse en tramos no superiores a 1,5 m, con soportes fijados a estructuras metálicas mediante soldadura o bulones y brocas de expansión para estructuras de hormigón.

Los cables deben fijarse a las bandejas cada dos metros, por medio de precintos adecuados.

3.10. PUESTA A TIERRA

La red de puesta a tierra de las instalaciones debe calcularse en base a la corriente de cortocircuito monofásica esperable.

El tablero general debe contar con una barra de puesta a tierra, de acuerdo a la Especificación Técnica de Tableros.

Junto a los cables de potencia de Baja Tensión (BT) deben tenderse cables de cobre desnudo para la puesta a tierra de las carcasas de los motores, tableros seccionables y demás equipos.

No debe aceptarse el uso del caño de acometida a un equipo como conductor de puesta a tierra.

La barra de puesta a tierra colectora principal ubicada en el tablero general debe conectarse a una toma de tierra exterior, por medio de un cable desnudo de cobre de 35 mm² (mínimo).

La toma de tierra exterior debe realizarse con jabalinas tipo cobre-acero, simplemente hincadas, instalándose la cantidad de jabalinas necesarias para asegurar una resistencia a tierra no superior a 5 ohm.

La conexión de los chicotes a las jabalinas debe realizarse mediante morseto adecuado, dentro de una cámara de inspección y medición (con tapa) de dimensión adecuada.

3.11. INSTALACIÓN DE PARARRAYOS

En las estructuras altas, como es el caso de tanques elevados de agua, deben instalarse sistemas contra las descargas eléctricas atmosféricas.

Se deben basar en pararrayos con puntas Franklin convencionales o del tipo radioactivo complementado con puntas convencionales, según el radio de cobertura horizontal a cubrir.

Los materiales e instalaciones deben ajustarse en general a las especificaciones dadas por la norma IRAM 2184 o IEC 1024.

Los conductores principales y los de bajada deben ser exclusivamente de cable o planchuela de cobre electrolítico de sección mínima de 50 mm².

Estos conductores principales deben ser de un solo tramo y deben estar conectados en sus extremos a los pararrayos y a una caja de conexión de tierra por medio de conectores de bronce estañado del tipo adecuado.

Los conductores deben ser adosados firmemente a los muros, vigas, etc., por medio de grampas de bronce estañado, que aseguren un buen contacto eléctrico, distanciados entre sí no más de 1,50 m.

El recorrido de los conductores principales, debe tener el menor número posible de cambio de dirección, y éstos sólo deben admitirse cuando se compruebe la imposibilidad de un trayecto recto.

Los conductores principales deben terminar en su extremo inferior en una caja de conexiones situada a una altura de aproximadamente 2 m sobre el nivel del piso. En esta caja debe establecerse la conexión a tierra y la misma debe ser fácilmente desacoplable con el objeto de permitir la medición de la resistencia a tierra de los dispersores.

Donde fuera necesario establecer una conexión permanente entre los elementos del sistema de pararrayos, debe utilizarse exclusivamente soldadura exotérmica.

Las tomas de tierra del sistema de pararrayos deben ser independientes del sistema de puesta a tierra de las instalaciones.

Deben consistir en dispersores del tipo jabalina, contruidos en cobre electrolítico estañado y de sección cruciforme o similar, de una longitud no menor de 1,80 m y en la cantidad que resulte necesaria para asegurar en cada toma una resistencia a tierra no mayor de 5 ohms.

Las jabalinas deben ser conectadas a las cajas de conexión por medio de un cable de cobre electrolítico estañado de sección no inferior a 90 mm² o bien, con una planchuela de cobre de sección equivalente.

En las cajas de conexión debe disponerse de un puente para la conexión del cable de bajada con la toma de tierra.

El conductor de conexión entre las jabalinas y la caja, debe ser protegido en la totalidad de su recorrido por una camisa de caño de acero galvanizado.

3.12. ILUMINACIÓN INTERIOR

La iluminación interior debe calcularse teniendo en cuenta los conceptos básicos de nivel de iluminación, formación de sombras e incidencia de luz, uniformidad en el local, uniformidad a través del tiempo, ausencia de deslumbramiento, color de luz y la reproducción de colores.

Se debe considerar el plano de trabajo a 0,85 m del suelo.

Para el cálculo de la iluminación debe tenerse en cuenta el nivel de mantenimiento esperado y/o estimado de la planta.

Los valores recomendados deben considerarse mínimos, salvo que durante el día se disponga de abundante luz natural, en cuyo caso se debe poder disminuirse el grado inferior.

En caso que el local a iluminar sea cerrado, sin ventanas, debe aumentarse el nivel a un grado superior. Igual criterio debe adoptarse en caso de operarios de elevada edad promedio.

Los niveles de iluminación, en LUX, no iniciales recomendados son:

• Depósitos	100 LUX	regular
• Salas de cloración	250 LUX	buena
• Salas de control	500 LUX	buena
• Oficinas	500 LUX	muy buena

En la columna de la derecha se indica la calidad de reproducción de los colores.

Se denomina como nivel de iluminación no inicial, aquella medida luego de un período de funcionamiento mínimo de 100 horas, hasta lograr la estabilización del flujo luminoso.

3.13. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

En las Salas de Comando se debe instalar un sistema de iluminación de emergencia. Si el proyecto lo requiriera se deben estudiar los locales o zonas que pudieran necesitar también tal sistema.

Son adecuados los equipos integrados por tubos fluorescentes alimentados por un sistema de alta frecuencia y con batería incorporada tipo gel, que se conecte automáticamente al interrumpirse la alimentación de red.

3.14. ILUMINACIÓN EXTERIOR

La iluminación exterior debe calcularse por el método de punto por punto.

El nivel de iluminación debe ser de 20 lux en las zonas de trabajo de las unidades y sus accesos verticales y horizontales.

La red de alimentación exterior debe ser trifásica, alternando la alimentación de las columnas a cada fase.

La iluminación debe realizarse preferentemente con artefactos con lámparas de vapor de mercurio o de sodio de alta presión, del tipo de alumbrado público.

Las columnas deben estar conectadas al sistema de puesta a tierra, a través de un conductor de cobre desnudo de sección adecuada, formando una red ligada a la puesta a tierra de las instalaciones.

3.15. ENSAYOS Y RECEPCIÓN

3.15.1. *Tableros y Pupitres*

Los tableros y equipos se deben someter a ensayos y verificaciones de recepción, que deben ser realizados por el fabricante con la presencia de un representante del comprador y la presencia del inspector.

Los ensayos de recepción mínimos requeridos deben ser los siguientes:

- Control dimensional y visual.
- Medición de espesor y adhesividad de pintura o galvanizado.
- Funcionamiento de instrumentos y dispositivos de control, medida y protección (con inyección secundaria de corriente y tensión de barras).
- Comportamiento a la corriente máxima admisible.
- Calentamiento para la intensidad de corriente nominal (a convenir).
- Rigidez dieléctrica de acuerdo con la norma IRAM 2195.
- Funcionamiento mecánico (intercambiabilidad, enclavamientos, etc.).
- Verificación de las características dependientes de la instalación (al exterior o en ambientes especiales).
- Secuencia de maniobras (funcionalidad eléctrica).

Las pruebas de recepción deben ser realizadas sobre todas las unidades entregadas.

Se debe verificar si los equipos cumplen con los requisitos que corresponden al tipo especificado.

Los ensayos de recepción se deben realizar en fábrica y en el lugar de montaje.

3.15.2. Motores

Los motores a proveer deben ser sometidos a los ensayos de rutina indicados a continuación, que deben ser los mínimos a realizar según la norma IRAM 2125:

- Medición de la resistencia de aislación.
- Ensayos de rigidez dieléctrica.
- Medición de la resistencia óhmica de los devanados, en frío y de la temperatura ambiente.
- Medición de vibración en los cojinetes.
- Ensayo en vacío a tensión y frecuencia nominal: determinación de potencia, cupla, tensión, corriente y $\cos \phi$.
- Ensayos a rotor bloqueado: determinado de la potencia, cupla, tensión corriente, y $\cos \phi$.

Los instrumentos de medida a emplear deben ser de clase 0,25 salvo para el wattímetro utilizado en los ensayos de bajo $\cos \phi$, que debe ser de clase 0,5.

3.15.3. Cables Aislados

Con el objeto de controlar la calidad de los materiales empleados para cumplir con los valores nominales y datos garantizados, se deberán realizar los ensayos en modo y forma que lo establece la norma utilizada en la fabricación del cable.

Se debe tomar como guía de ensayos los que siguen, siendo su enunciación no limitativa:

- Inspección visual.
Antes de comenzar los ensayos se realizará una inspección visual sobre largo de expedición, identificaciones y aspectos generales, rechazándose en forma individual las unidades que no lo cumplieran.

- Ensayos de rutina.

Se deben realizar sobre todas las unidades de expedición:

- Tensión.
- Resistencia de aislaciones.
- Resistencia eléctrica del conductor.

- Ensayos por muestreo.

Para las unidades que hayan cumplido lo anterior deben realizarse los ensayos por muestreo siguientes:

- Sección, número de cables del conductor y conductores de cable.
 - Diámetro, alargamiento y resistividad de los alambres.
 - Espesor de las aislaciones y envoltura protectora.
 - Doblado en frío.
 - Resistencia a la tracción y alargamiento de rotura de la aislación y envoltura protectora antes y después de los envejecimientos de estufa y en aceite mineral.
 - Choque térmico.
 - Resistencia a la propagación de incendios, según la Norma IRAM 2289 – Categoría A.
- Ensayos de tipo.

Aquellos ensayos de tipo que no han sido descriptos en los esquemas de los “Ensayos por muestreos”, deben poder ser satisfechos por protocolos emanados de laboratorios reconocidos.

3.15.4. Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica debe ensayarse previamente a la puesta en servicio.

El objeto del ensayo debe ser verificar que la instalación eléctrica se haya ejecutado según los requerimientos de la presente norma.

Los ensayos a realizar deben comprender:

- Inspección visual, verificando:
 - Que los componentes de la instalación sean de material normalizado.
 - El correcto conexionado de la instalación de puesta a tierra.
 - La operación correcta de los enclavamientos de los aparatos de maniobra y protección.
 - La operación correcta de los sistemas de protección y su selectividad.
 - La comprobación de la correcta ejecución de los conexionados de los conductores, y sus identificaciones.
- Verificación del proyecto ejecutado, comprobando:
 - La cantidad y destino de los circuitos.
 - La sección de los conductores activos y de puesta a tierra.
 - Las dimensiones y características de los materiales de las canalizaciones.
- Ensayos de medición:
 - La resistencia de aislación de la instalación eléctrica.

- La resistencia del sistema de puesta a tierra.
- La continuidad eléctrica de todos los conductores activos y de puesta a tierra.

3.16. ESPECIFICACIONES PARA EL MANTENIMIENTO

El Manual de Mantenimiento de los equipos eléctricos que debe ser entregado por el proveedor de los equipos, e indicar la frecuencia de inspección en cada instalación, debe contener, como mínimo, la siguiente información:

3.16.1. Tableros y Pupitres

- Plano y croquis de desarme y despiece.
- Instrucciones de desarme, ajuste y calibración.
- Programación del mantenimiento preventivo:
 - Verificación de la operación mecánica correcta de los aparatos de maniobra y protección.
 - Verificación de la resistencia de aislación.
 - Verificación del calibre y estado de fusibles.
 - Verificación del estado del conexionado de los conductores.
 - Verificación del conexionado de puesta a tierra.

3.16.2. Motores

- Verificación de la corriente normal.
- Verificación del estado del conexionado de los conductores.
- Verificación del estado de los cojinetes.
- Verificación del conexionado de puesta a tierra.

3.16.3. Instalación Eléctrica

- Verificación del conexionado de la instalación de puesta a tierra.
- Continuidad eléctrica de los conductores de puesta a tierra.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Resistencia de aislación.

4. AUTOMATIZACIÓN

4.1. LOS ASPECTOS ECONÓMICOS DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Un sistema de automatización debe justificarse con la ponderación económica de sus beneficios valorizables.

Estos beneficios deben asociarse a:

- Mayor seguridad de personas e instalaciones.
- Menores costos de materias primas, de energía y de personal.
- Mayor calidad de los productos.
- Mayor capacidad de producción con el mismo equipamiento.
- Un aumento de la elasticidad productiva de la planta.
- La trazabilidad de las operaciones gracias a los registros históricos de variables y eventos que permiten diagnósticos correctos de problemas de producción.

Como el costo de los sistemas de control no sigue una ley de proporcionalidad con el tamaño de las instalaciones, puede no justificarse su empleo en instalaciones relativamente pequeñas. Debido a ello las especificaciones técnica de los sistemas de automatización y control deben estudiarse en forma particular en cada proyecto.

Para nuevas instalaciones de potabilización, el sistema de control puede llegar a representar una proporción importante de la inversión inicial. Pero, la decisión de no automatizar puede tener consecuencias muy perjudiciales sobre el costo operativo de la planta.

4.2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO

A los efectos de establecer una estrategia básica para la especificación del grado de automatización (automatismos y control automático de procesos) de una planta potabilizadora, se debe dividir la operación en tres etapas conceptuales, a saber:

- 1). La ponderación cuantitativa de la calidad y cantidad del agua ingresante.
- 2). El tratamiento de potabilización.
- 3). La ponderación cuantitativa de calidad y cantidad del agua tratada.

Para la primera y la tercera etapa el anteproyecto debe contener especificaciones relativas a la medición y el registro de variables de calidad que permitan verificar el funcionamiento de la planta en cualquier momento posterior ya sea por la empresa que opera o por los organismos de contralor.

La definición de las especificaciones del sistema de control de las operaciones comprendidas en la segunda etapa, el tratamiento propiamente dicho, debe ser el resultado de un análisis económico previo en el cual es de fundamental importancia tener en cuenta las responsabilidades e intereses de los diferentes sectores involucrados en la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta que en plantas modernas los sistemas de control automático pueden llegar a constituir hasta un 20% de la inversión total, en la etapa de preparación de las especificaciones del pliego, se debe incluir un exhaustivo análisis técnico del grado de automatización que se requerirá.

4.2.1. *Recolección Histórica de Datos. Monitoreo de Variables Operativas y de Calidad*

En cada una de las tres etapas mencionadas se debe establecer qué variables serán medidas en línea en forma continua y cuáles serán objeto de análisis de laboratorio.

Los valores obtenidos de una u otra forma deben ser incluidos en archivos históricos de datos.

Los parámetros a controlar deben establecerse en función de los beneficios económicos que implique su correcta regulación y su incidencia sobre la calidad del agua tratada. Entre ellos puede mencionarse:

- Caudal de agua ingresante al tratamiento (gobernando las rpm de las eventuales bombas de una estación de bombeo de agua cruda).
- Caudal de coagulante (gobernando las rpm de las bombas dosificadoras).
- Relación caudal de agua ingresante/caudal de coagulante; (control de relación típico).
- Turbiedad del agua decantada (gobernando el valor de la relación anterior).
- Caudal del reactivo prealcalinizante (automatizando la preparación de lechada de cal de modo de estandarizar concentración y modular el caudal).
- pH del agua decantada (gobernando el caudal de lechada).
- Caudal de reactivo de cloración (gobernando una válvula u otros dispositivos de regulación).
- Concentración de cloro residual en el agua filtrada y clorada (midiendo cloro libre mediante electrodos de potencial de óxido/reducción y gobernando el caudal de cloro).
- Caudal del reactivo alcalinizante (ídem anterior).
- pH del agua a cisterna (gobernando el caudal anterior).
- Nivel de las cisternas de reserva de agua tratada (gobernando el caudal de agua ingresante).

4.2.2. Variables a Automatizar

Se debe señalar explícitamente los equipos que se protegerán mediante enclavamientos y las operaciones de tipo si-no que serán ejecutadas sin intervención humana.

Para que el proveedor potencial del sistema estime las necesidades de equipamiento y la magnitud de los servicios de ingeniería involucrados, se debe definir la lógica de estos enclavamientos.

4.2.3. Interfase Con el Operador

La principal especificación debe ser el número de pantallas de operación del sistema (partes del Diagrama de Procesos e Instrumentos-P & I que se desean mostrar en la pantalla de cada computadora personal), que será función del tamaño de la planta.

4.2.4. Informes

Se debe especificar:

- Cantidad de informes a generar: horarios, por turno, diarios, semanales, mensuales, a pedido, disparados por eventos.
- Cantidad de variables a incluir en cada uno.
- Tratamiento matemático deseado: promedio de la hora, del turno, etc., máximos y mínimos del período considerado, desviación estándar, etc.
- Cuánto tiempo los informes deberán conservarse en disco.

4.2.5. La Arquitectura de los Sistemas de Control

Los sistemas de control, cualquiera sea su naturaleza, están compuestos por tres tipos de elementos constitutivos, a saber:

- 1). Los instrumentos de medición (mayoritariamente instalados en campo).
- 2). Los elementos finales de control tales como válvulas, variadores de velocidad de motores impulsores de bombas, etc. (algunos en campo, otros en gabinetes dentro de salas).
- 3). Los elementos de interfase con los instrumentos y elementos finales de control, la interfase con el operador para indicación, registro y control, los elementos de cálculo, impresión de informes, etc. (normalmente en una sala de control).

Las mayores diferencias tecnológicas se encuentran en el tercer grupo. Estos elementos son los que exhiben la mayor velocidad de cambio por lo cual no es muy conveniente atarse a especificaciones estrictas pues se podría desaprovechar la disponibilidad de mejores tecnologías.

4.3. EL MONITOREO Y AUTOMATIZACIÓN DE INSTALACIONES DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN

Los problemas vinculados a la automatización y el control automático de instalaciones de captación, conducción y redes de distribución presentan dos aspectos básicos que son:

- El tipo de variables a medir y de acciones a telecomandar.
- Las distancias involucradas entre las instalaciones de campo y la sala de control.

El proyecto debe contemplar y justificar en cada caso como serán resueltos.

4.3.1. El Tipo de Variables a Monitorear y de Acciones a Telecomandar

Obras de captación, conducciones y estaciones de bombeo

En las obras de captación, que responden generalmente a distribuciones geográficas muy amplias y dispersas, la posibilidad de tener un diagnóstico de situación en forma previa al envío de las cuadrillas de mantenimiento, tiene un efecto económico muy significativo.

Así mismo, si se dispone de información en tiempo real de la evolución de la profundidad instantánea de las napas en captaciones de aguas subterráneas o en los cursos de agua en captaciones superficiales, acompañada de la posibilidad de arrancar y parar bombas en forma remota, la eficiencia en el manejo de este tipo de instalaciones aumenta enormemente.

Es por ello que en las obras de captación y en los acueductos asociados es recomendable disponer facilidades para:

- Monitorear:
 - Presión de descarga de las bombas.
 - Presión hidrostática a una cierta profundidad de los pozos testigos y niveles en cursos de agua.
 - Caudal erogado por cada pozo (en el caso de aguas subterráneas).
 - Motor de la bomba parado/andando.
 - Falla de fases.
 - Falla por protección térmica.
- Telecomandar:
 - Parada y arranque de motores: esta acción puede llevarse a cabo en forma automática, manual a distancia (desde sala de control) o en forma local (cuando se está efectuando una reparación).
 - Parada y arranque de eventuales cloradores en línea (desde sala de control y/o local).

Redes de distribución

En las redes de distribución se pueden monitorear la presión, el pH y el cloro residual. Cuántos y cuáles puntos se deben medir, depende de cada red en particular, lo que debe ser analizado en cada caso.

4.3.2. El Tipo de Arquitectura a Emplear

Las distancias involucradas en las obras de captación y conducción, prácticamente imponen la utilización de los denominados sistemas SCADA. Su arquitectura responde a varias RTUs conectadas a una unidad central del sistema, llamada Estación Maestra.

La transmisión entre las RTUs y la Estación Maestra puede llevarse a cabo por cualquiera de estos tres medios:

- Telefonía alámbrica.
- Telefonía celular.
- Radiofrecuencia.

El periodo de muestreo de las variables de una instalación de captación y conducción puede estar comprendido entre los 2 y los 10 min.

4.4. CONTENIDOS MÍNIMOS PARA UN PLIEGO DE PEDIDO DE PROVISIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO

La provisión requerida debe estar constituida por:

- Equipos.
- Licencias de Software.
- Montaje, cableado y conexión de equipos.
- Servicios de Ingeniería.
- Garantía.