# 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS Y DE CONSTRUCCION

## 3.1. Calidad del agua efluente

El agua efluente debe cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes de descargas de aguas residuales en cuerpos receptores tipo C.

Tabla No. 3.0 Límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 aplicables a las descargas de agua residual son las que se mencionan a continuación

| Parámetros (mg/l, excepto cuando se especifique) | Concentración Promedio Mensual (P.M) tipo "C" |
|---|---|
| Temperatura (ºC) (1) | < 40 |
| Potencial Hidrógeno (unidades de pH) | 5 – 10 |
| Demanda Bioquímica de $Oxígeno_5$ | 30 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 40 |
| Sólidos Sedimentables (ml/l) | 1.0 |
| Grasas y Aceites (2) | 15 |
| Materia Flotante (3) | Ausente |
| Nitrógeno Total | 15 |
| Fósforo Total | 5 |
| Arsénico* | 0.1 |
| Cadmio* | 0.1 |
| Cianuro* | 1.0 |
| Cobre* | 4.0 |
| Cromo* | 0.5 |
| Mercurio* | 0.005 |
| Níquel* | 2.0 |
| Plomo* | 0.2 |
| Zinc* | 10 |
| Coliformes Fecales (NMP/100 mL) | <1000 |
| Huevos de Helminto (huevos / L ) | 5 |

*Todos los metales son totales

(1) instantáneo
(2) muestra simple promedio ponderado
(3) según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006
Ninguna muestra instantánea deberá exceder los rangos permisibles para potencial de hidrógeno con valores de 5 a 10 unidades.
P.M.= Resultado del promedio aritmético de al menos dos muestreos compuestos en un mes calendario.

### 3.1.1. Calidad del agua influente a la PTAR

La información sobre la calidad del agua del influente que se presenta a continuación debe entenderse como informativa para que el *LICITANTE* conciba los procesos de cada *PTAR* que constituirá su oferta, el *CONVOCANTE* entrega a los *LICITANTES* los datos actualmente disponibles, sin perjuicio de que cada uno de los *LICITANTES* realice las mediciones que le convengan.

Si las características del efluente de la PTAR a que corresponda, no satisfacen los parámetros especificados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, cuerpo tipo “C” el *CONTRATISTA* pagará las multas que se establecen en los presentes términos de referencia.

Las condiciones de calidad del agua residual del influente a la PTAR corresponden a concentraciones promedio de la descarga y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Calidad de la descarga de agua residual “influente” de la Cabecera Municipal Ocotlán, Jalisco.

| Parámetro | Unidad | Promedio |
|---|---|---|
| Alcalinidad Total | mg/l | 403 |
| Arsénico | mg/l | 0.013 |
| Cadmio | mg/l | 0.050 |
| Cianuros | mg/l | 0.015 |
| Cobre | mg/l | 0.100 |
| Coliformes Fecales | NMP/100 | 295,000 |
| Conductividad @ 25ºC | µmhos/cm | 894 |
| Cromo Total | mg/l | 0.250 |
| Demanda Bioquímica de Oxigeno | mg/l | 192 |
| Demanda Química de Oxigeno | mg/l | 589 |
| Fósforo Total | mg/l | 7.6 |
| Grasas y Aceites | mg/l | 55.3 |
| Huevos de Helmito | H/l | 6 |
| Mercurio | mg/l | 0.0010 |
| Nitratos | mg/l | 0.100 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/l | 15.2 |
| Nitrógeno Orgánico | mg/l | 12.3 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK) | mg/l | 27.5 |
| Nitrógeno Total | mg/l | 27.5 |
| pH @ 25ºC | Unid. pH | 7.08 |
| Plomo | mg/l | 0.148 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 716 |
| Sólidos Sedimentables | ml/l | 1.6 |
| Sólidos Suspendidos Volátiles | mg/l | 174 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/l | 279 |
| Sulfatos | mg/l | 42 |
| Zinc | mg/l | 0.184 |

### 3.1.2. Procesos de tratamiento y conceptos incluidos en la ampliación

Tomando en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del agua residual cruda entre otras, los procesos que son aceptables para cumplir con la calidad del agua requerida por la NOM-001-SEMARNAT-1996, cuerpo tipo “C” y con el área disponible para la Segunda etapa de proyecto y construcción de

ampliación de planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera municipal de Ocotlán

Tratamiento biológico aerobio proceso de lodos activados convencionales con remoción de nutrientes, más desinfección por irradiación UV.

- Tratamiento biológico aerobio proceso de lodos activados con aireación extendida y remoción de nutrientes, más desinfección por irradiación UV.

En todos los casos deberán de considerar

- Tratamiento aerobio de los lodos producto del tratamiento del agua.

Los conceptos principales a considerar Los LICITANTES y que deben ser incluidos son:

- Unidad de pretratamiento
- Tanque sedimentador primario
- Caja distribuidora de licor mezclado
- Cárcamo de lodos primarios
- Adaptación de tanque de manejo de lodos y edificio de espesador
- Servicios generales en caseta de digestión
- Digestor de lodos
- Edificio de digestor de lodos
- Sistema de manejo de biogás y accesorios de seguridad (en caso de digestión anaerobia)

Los *LICITANTES* propondrán el proceso que según su criterio y con bibliografía autorizada en esta Licitación que funcionará en las mejores condiciones de eficiencia y costo.

Así mismo, se pone a disposición de Los *LICITANTES* el proyecto ejecutivo de ampliación elaborado previamente para que de acuerdo a su análisis y experiencia, considere de manera primordial el aprovechamiento de la infraestructura de tratamiento existente y proponga el nuevo esquema de tratamiento complementario.

3.1.3. Gasto a tratar

En el cuadro siguiente se presenta el gasto de diseño de la *PTAR*.

| **Localidad** | **Gasto total actual (l/s)** | **Gasto total después de ampliación (l/s)** |
|---|---|---|
| Cabecera Municipal Ocotlán | 190 | 300 |
| Gasto mínimo de diseño, l/s | Gasto medio de diseño, l/s | Gasto máximo de diseño, l/s |
| 190 | 300 | 330 |

El Licitante ganador deberá de elaborar el proyecto ejecutivo para el gasto medio de diseño de la tabla anterior y considerar el gasto máximo para el diseño de los proceso de pretratamiento.

## 3.2. Especificaciones Civiles

3.2.1. Criterios para el diseño y construcción de Ingeniería Civil.

*3.2.1.1. Normas y Códigos*

Las normas y códigos actualizados de las diferentes dependencias normativas que sean aplicables al diseño estructural de la infraestructura que conforme al proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales se requieran, deberán ser utilizados en lo concerniente

Así, el diseño estructural de las unidades que conforman el proyecto se realizará con apego principalmente a las normas, códigos, reglamentos y criterios vigentes que a continuación se listan.

Serán aplicables las normas y códigos de las siguientes organizaciones:

- Lineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de la Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Reglamento de Construcciones para el Departamento del Distrito Federal, 1987 (RCDDF-87) y sus Normas Técnicas Complementarias correspondientes.
- Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
  - Capítulo C.1.3 “Diseño por Sismo”
  - Capítulo C.1.4 “Diseño por Viento”
  - Capítulo C.2.5 “Tanques y Depósitos”
- Instituto Americano de Construcciones de Acero (AISC), Manual de Construcción de Acero, Octava Edición, Especificaciones de Diseño, Fabricación y Montaje de Edificios de Estructura Metálica, 1978.
- Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI-318-R89).
- Estructuras de Concreto para el Mejoramiento del Medio Ambiente (ACI-350-R89)
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), Manuales.
- Asociación Americana de Obras de Agua (AWWA).
- Asociación de Cemento Portland (PCA).
- Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE).
- Instituto Mexicano de Construcción de Acero (IMCA)
- Sociedad Americana de Soldaduras (AWS)
- Reglamento de Construcciones para el Estado de Jalisco

*3.2.1.2. Plantas de bombeo*

El cálculo del diseño del cárcamo de bombeo, caseta de control, bases para equipos se harán con base a las Normas ACI-318R-89 y ACI-350-R89 (American

Concrete Institute). Para el análisis de sismo y viento regirá el Reglamento de Construcciones en vigor del Estado. Se analizarán para condiciones de carga más desfavorable, haciendo las combinaciones entre carga muerta, carga viva, peso de equipos, viento y sismo; estas dos últimas serán de acuerdo al sitio donde se localizará la planta.

Se elaborarán los planos necesarios en donde se mostrarán las estructuras en planta y elevación con todas las cotas, secciones, armados, cortes y detalles necesarios para la construcción, incluyendo las silletas, atraques, bases para los equipos y memoria de cálculo detallada.

*3.2.1.3. Edificios*

El análisis y de diseño de edificios se regirá por el Reglamento de Construcciones vigente en el Estado y a falta de éste por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, en caso de ser estructura de acero se usarán las normas AISC (American Institute of Steel Construction).

Con base a los resultados del estudio de mecánica de suelos se analizará y diseñará el tipo de cimentación. Las estructuras deberán analizarse para cargas muertas, vivas, accidentales, de viento y sísmicas que pudieran presentarse en un momento dado durante la construcción u operación de la planta.

Para estructuras que albergan maquinaría y/o elementos de apoyo de la misma, se incluirá en el análisis los factores de carga, vibración e impacto, dejándose las preparaciones necesarias para su anclaje, y reforzándose los elementos estructurales sobre los que puedan descansar provisionalmente durante su instalación. Las dimensiones, pesos e inercia de los equipos deberán ser aprobados por el área electromecánica.

El diseño de la estructura se efectuará para la combinación de esfuerzos más desfavorables, verificando que las deformaciones de los elementos que la componen queden dentro de las tolerancias especificadas.

Los planos estructurales deberán contener plantas, secciones, armados cortes y detalles necesarios para su correcta interpretación, así como las cantidades de materiales, capacidad de carga del terreno, coeficiente sísmico de diseño y se anexarán las memorias descriptivas de cálculo estructural y el catálogo de concepto de trabajo.

Se proyectarán los accesos, vialidades, andadores, estacionamientos, almacenes, oficinas, baños, laboratorios, escaleras, barandales, cercas, banquetas y demás obras complementarias.

*3.2.1.4. Tanques y depósitos*

Los tanques elevados y los tanques superficiales deberán llevarse a cabo de acuerdo a las normas y especificaciones del ACI-318R-89 y ACI-350-89 (American Concrete Institute) y ASME (American Society of Mechanical Engineers), tanques de proceso serán construidos en concreto con acero de refuerzo. Para el análisis

de sismo y viento las contenidas en el capítulo Tanque y Depósitos del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Las estructuras se analizarán tomando en cuenta las cargas vivas, muertas, accidentales, de viento y sismo para la condición de tanque vacío y tanque lleno, tanto en el proceso constructivo como en el de operación.

Se revisará la estabilidad del conjunto, evaluando el factor de seguridad al volteo y deslizamiento, considerando la combinación de carga más desfavorable, verificando que las deformaciones queden dentro de las tolerancias especificadas en las normas vigentes.

Con base en los resultados de la mecánica de suelos se procederá al diseño de la cimentación tomando en cuenta las condiciones de carga más desfavorable.

Los planos contendrán plantas, cortes, secciones, armados, croquis de localización y detalles necesarios para la construcción, así como las cantidades de materiales, cargas muertas, cargas vivas, velocidad del viento, capacidad de carga del terreno y coeficiente sísmico de diseño. Se anexarán las memorias descriptivas del cálculo estructural, cantidades de obra y el catálogo de conceptos de trabajo.

*3.2.1.5. Construcción*

El CONTRATISTA deberá atender con toda solicitud las órdenes que dicte el contratante, para cuya finalidad existirá en la planta una Bitácora firmada y sellada, a la que podrá acudir el CONTRATISTA, en caso de inconformidad con alguna orden, dentro del plazo máximo de veinticuatro horas.

Todos los materiales y equipos de instalación permanente serán nuevos y de la mejor calidad comercial para cumplir con los propósitos de diseño. Por lo que el equipo CONTRATISTA garantizará plenamente al contratante que los equipos cumplen estrictamente con lo estipulado en el proyecto ejecutivo.

En caso de retrasos en el avance de la obra que sean imputables al CONTRATISTA, éste deberá presentar programas revisados, cuando le sean solicitados indicando la adecuación de recursos para tratar de cumplir con las fechas acordadas. En ningún caso, la presentación de dichos programas revisados exonera al CONTRATISTA de su responsabilidad contractual.

En la terminación de los trabajos, el CONTRATISTA retirará del sitio todo el equipo, material, andamiajes, construcciones temporales, etc., dejando el lugar limpio y listo para los trabajos de operación de la planta.

El CONTRATISTA deberá mantener un programa continuo de control de calidad para todos los trabajos que realice.

## 3.3. Especificaciones mecánicas

3.3.1. Criterios de diseño de ingeniería electromecánica

Todo el equipo que se suministre e instale en virtud de estas BASES DE LICITACION se apegará a las condiciones de esta sección, excepto que se indique lo contrario en otras secciones.

*3.3.1.1. Garantía de calidad*

Experiencia del fabricante

Todos los fabricantes tendrán que haber suministrado equipo del tipo y tamaño que se proporcione para prácticas semejantes, y que haya funcionado correctamente por lo menos en los últimos cinco años.

Mano de obra y materiales

El CONTRATISTA garantizará todo el equipo contra cualquier falla o diseño inadecuado, armado o construcción incorrecta, mano de obra deficiente o materiales defectuosos, así como: fugas, rupturas o cualquier otro defecto. Los materiales serán los adecuados para las condiciones de servicio, después de la instalación.

*3.3.1.2. Entregas*

Se suministrarán los planos completos de ensamble, soporte e instalación, junto con las especificaciones detalladas y los datos de catálogo del equipo, piezas, material utilizado, pesos y dimensiones exteriores, tolerancias recomendadas, controles y demás accesorios que formen parte del equipo suministrado. Con los manuales de operación y mantenimiento de cada equipo se integrará el Tomo III del Manual de Operación y Mantenimiento de la PTAR como se indica en la sección 5 “Construcción, Operación y Mantenimiento”.

*3.3.1.3. Motores eléctricos*

Los motores suministrados con el equipo cumplirán con los siguientes requisitos.

a) Estarán diseñados y accionados de conformidad con las normas NEMA, ANSI, IEEE, AFBMA y NEC, de acuerdo al tipo de servicio que dará el equipo que se instale, tales como: arranque frecuente, sobrecarga intermitente, inercia alta, configuración de montaje o clima de servicio. Los motores se manufacturarán y probarán de conformidad con la norma NEMA MG-1.

b) Estarán calificados para trabajo continuo en ambiente de 50° C, a menos que la aplicación para servicio intermitente, esté bien reconocida como práctica normal de la industria.

c) Usarán aislamiento de clase “F” o clase “H” y serán diseñados para una elevación de temperatura máxima clase “B”, bajo su factor de carga de servicio.

d) Al operar con su factor de carga de servicio, el calentamiento máximo observable en el aislamiento y en las piezas del motor, no excederá los límites NEMA permisibles para el tipo de motor, el tipo de cubierta, el

aislamiento de clase “B” y la aplicación específica, al considerar trabajo continuo o intermitente.

e) Para asegurar larga vida al motor, los caballos de fuerza de su potencia nominal, deberán exceder la carga máxima impuesta por la transmisión del equipo y, llevará un tipo de factor de servicio como el que a continuación se describe:

| Tamaño del motor | Cubierta | Factor de servicio | Hp nominales en % de carga máxima Hp |
|---|---|---|---|
| HP Fraccional. | Abierta<br>No abierta | 1.15<br>1.00 | 100<br>110 |
| HP Integral. | Abierta<br>No abierta | 1.15<br>1.00 | 105<br>110 |

f) La calidad del aislamiento, la clase de calentamiento, el tipo de temperatura ambiente, la clase de diseño, el factor de servicio, los caballos de fuerza, el número de fases, voltaje, frecuencia, tamaño de la estructura, tipo, corriente de carga total, revoluciones por minuto con carga total, con eficiencia nominal NEMA y el ciclo de trabajo del motor (completo), se estamparán en la placa de identificación del motor.

g) Serán diseñados para arrancar a voltaje total los motores de hasta 10 hp y los motores mayores de 10 hp serán diseñados a voltaje reducido.

h) Funcionarán desde un sistema eléctrico que podrá tener una distorsión máxima de voltaje de 5%, determinada conforme a la norma 519 IEEE.

i) Se suministrará una terminal de tierra de tipo abrazadera, en la toma de corriente del motor.

j) Las tomas de corriente externas, tendrán como mínimo un tamaño mayor a la de la norma NEMA.

k) Los motores totalmente cerrados tendrán una descarga constante para la humedad. La descarga también evitará que penetren insectos en la cubierta.

l) Los motores serán clasificados como sigue:

1. De potencia inferior o igual a 3/4 HP.
   115 V, 60 Hz, monofásico, ó 220 volts, 60 Hz, monofásico. Construido manualmente con protector calorífico ajustable o con motor integral cerrado, con arrancador manual, montado en acero inoxidable y con ajustador calorífico de sobrecarga manual.
2. De 1 hp a 5 HP.
   220 V, 60 Hz, trifásico.
   Cuando se requiera, los motores que se usen en sistemas de 220 V, serán de 220 V, 60 Hz, trifásicos.
3. De 5 a 200 hp.
   440 V, trifásicos.

m) Los motores serán del tipo rendimiento vatio/hora definidos por las normas NEMA MG1-1.41.2 y por MG1-12.55, así como por la Tabla 12-6B.

n) Se proporcionará la certificación de cada tamaño, velocidad y tipo de motor, indicando la eficiencia mínima garantizada a carga máxima, y, se hará constancia de que se efectuaron las pruebas de eficiencia de conformidad con la norma 112 de IEEE, Método de Prueba B, utilizando la determinación de mejoramiento de la precisión por pérdida segregada, incluyendo la pérdida de exactitud por dispersión de carga sin control, según lo especifica la norma NEMA, MG1-12.53a.

*3.3.1.4. Unidades de transmisión*

La cantidad nominal de caballos de fuerza de entrada de cada engrane o reductor de velocidad, será, cuando menos, igual a los caballos de fuerza que aparezcan en la placa de identificación del motor. Las unidades de transmisión estarán diseñadas para servicio continuo de 24 horas.

- Motores con engranes

No se aceptará el uso de motores con engranes.

- Reductores de engranes

Cada reductor de engranes será una unidad totalmente cerrada, lubricada con aceite y grasa antifricción, con elementos de soporte a todo lo largo. Las unidades de engrane planetario y las de tipo gusano, sólo podrán utilizarse cuando así se especifique.

Los reductores de engranajes helicoidales, de espiral cónica, combinados cónicos-helicoidales y de gusano, tendrán un factor de servicio de cuando menos 1.50, esto con base en los caballos de fuerza indicados en el caballaje nominal de transmisión del motor. Los reductores de engranes cicloidales, tendrán un factor de servicio de cuando menos de 2.0, con base en el caballaje nominal de transmisión del motor. Los reductores de engranes montados en flechas o en bridas, tendrán una clasificación de AGMA clase II. Los reductores de engranes helicoidales, tendrán una razón de 1.5 entre la resistencia nominal de los engranes y el caballaje del catálogo. Cada reductor de engranes se diseñará y fabricará conforme a las normas aplicables AGMA.

La cantidad de caballos de fuerza térmicos de cada unidad, será igual o superior a los caballos de fuerza especificados en la placa de identificación del motor de arranque. Durante la operación continua, la temperatura máxima del colector de aceite, no pasará de 38° C sobre la temperatura ambiente de la unidad, ni tampoco excederá, de 93° C.

- Transmisiones de velocidad variable

Cada transmisión de velocidad variable tendrá un factor de servicio de cuando menos 1.75 a velocidad máxima, con base en los caballos de fuerza de la placa de

identificación del motor de arranque. Se suministrará una banda de repuesto con cada unidad para cambios de velocidad. A menos que lo permitan las especificaciones del equipo, no se aceptará montaje con ménsula para los mecanismos de velocidad variable.

- Transmisiones de banda en V

Las transmisiones de banda en V serán bandas Dodge Dyna-V con garruchas Dyna-B que les correspondan y bujes Dodge Taper-Lock o bien bandas V de agarre seguro Wood con garruchas convencionales y bujes de amarre seguro o semejantes.

Las garruchas y los bujes, cuando operen a velocidad periférica de más de 1000 metros por minuto, estarán dinámicamente balanceados. Todas las poleas y bujes estarán estáticamente balanceados. Las poleas se montarán por separado en sus bujes, por medio de tres pernos o por tornillos de presión. Los bujes estarán asentados, a la flecha de transmisión.

Las bandas se seleccionarán para no menos del 150% de la cantidad de caballos de fuerza del mecanismo que las mueva, y cuando se especifiquen dos tamaños de poleas, serán capaces de operar con cualquiera de los dos juegos de poleas. Las bandas serán anti-estáticas cuando se especifique equipo a prueba de explosiones.

Cada tipo y tamaño diferente de unidad de transmisión por banda, se suministrará con un juego completo de bandas de repuesto. Las bandas de repuesto se identificarán adecuadamente con respecto al equipo, diseño, caballos de fuerza, velocidad, longitud, tamaño y uso de la polea, y se empacarán y almacenarán. Cuando se trate de dos o más bandas, se suministrarán los juegos correspondientes de bandas.

Cada transmisión por banda V incluirá una base deslizable u otro ajustador de tensión adecuado. Las transmisiones por banda V, tendrán un factor de servicio de cuando menos 1.6 veces a velocidad máxima, con base en los caballos de fuerza que indica la placa de identificación del motor de arranque.

*3.3.1.5. Chumaceras*

Todas las chumaceras del equipo serán lubricadas con aceite o grasa, del tipo de baleros o rodillos antifricción de manufactura estándar. Las chumaceras estarán diseñadas para soportar todo el esfuerzo de servicio especificado. Cada una de ellas, se clasificará de conformidad con los Métodos para Evaluar las Clasificaciones de Carga de chumaceras, de baleros y Rodillos de la Asociación de Fabricantes de chumaceras Antifricción (AFBMA), para una vida útil de 40,000 horas de clasificación L10.

Todas las chumaceras lubricadas con aceite, excepto aquellas que se especifique que sean con lubricación sellada de fábrica, se instalarán con accesorios, para que se puedan engrasar con facilidad, lavarse y drenarse y contarán con

accesorios de alivio de tipo hidráulico estándar. Se suministrarán extensiones de tubos de acero inoxidable para fácil acceso.

Las chumaceras lubricadas con aceite, estarán equipadas con un sistema lubricante de presión o bien con un sistema de depósito separado de aceite. Cada sistema de lubricación con aceite, tendrá el tamaño suficiente para absorber con seguridad, la energía térmica que se genera normalmente en la chumacera a una temperatura ambiente de 49° C y estará equipada con un tubo de llenado y un calibrador externo de nivel.

*3.3.1.6. Requisitos y control de ruido*

El nivel máximo permisible de ruido libre en el campo, para una pieza completa de equipo situada dentro o fuera de una estructura, no excederá de 60 dB en cualquier punto a 1000 mm de la unidad. Una pieza completa de equipo incluye el motor y el equipo de arranque, así como los coples, mecanismos y accesorios intermedios. Todo el equipo que se especifique como probado en fábrica y campo, se comprobará en relación con la generación de ruido, a expensas del fabricante del equipo.

El CONTRATISTA llevará a cabo el diseño acústico de los lugares tales como: sala de compresores, sopladores, motogeneradores, etc., a fin de garantizar el cumplimiento de lo establecido en el “Reglamento de Zonificación del Estado de Jalisco” y la Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994, la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de la fuentes fijas y su método de medición.

*3.3.1.7. Accesorios*

Placas de identificación

Se suministrarán e instalarán placas de identificación en todas las válvulas, controladores de válvula, compuertas de desagüe, bombas, motores, cribas, equipo de aereación, equipo y controles eléctricos, así como cualquier otra pieza importante de equipo. Los controles eléctricos se identificarán en cada tablero de control. Cada placa de identificación estará impresa en español.

Las placas de identificación estarán bajo la norma ANSI tipo 304 ó 316, de acero inoxidable de cuando menos 1 mm de espesor. El estampado estará realzado claramente.

Las placas de identificación de los equipos estarán grabadas o estampadas en acero inoxidable y permanentemente sujetas al equipo en un lugar accesible. La placa de identificación incluirá el nombre del fabricante, número de modelo, número de serie del equipo y de etiqueta de identificación; velocidad de trabajo, caballos de fuerza del motor y capacidad nominal.

Señalización

Se suministrará toda la señalización que se requiera, conforme a los códigos locales o los indicados. Los requerimientos de señalización adicional, son especificados en los incisos siguientes.

*3.3.1.8. Operación*

Todo el equipo instalado se pondrá en operación aceptable, conforme a las instrucciones escritas del fabricante y a las del representante de campo del fabricante y de conformidad con el capítulo 4 “Pruebas pre-operativas y puesta en servicio” de estas BASES DE LICITACION.

Después de que el CONTRATISTA haya realizado la prueba de aceptación, y que los resultados cumplan con lo establecido en el Formato y Condiciones del CONTRATO, éste sujetará el equipo de conformidad con las recomendaciones del fabricante.

*3.3.1.9. Observación de las pruebas de funcionamiento*

Todas las pruebas iniciales serán observadas o presenciadas por el CONTRATANTE. Cuando el equipo esté listo para una prueba de testificación, el CONTRATISTA notificará por escrito al CONTRATANTE, antes de que se realice cualquier prueba de testificación fuera del terreno, según se especifica en el capítulo 4 “Pruebas pre-operativas y puesta en servicio” de estas BASES DE LICITACION, y notificará cuando menos con 7 (siete) días de anticipación, cualquier prueba de funcionamiento que se realice en campo.

3.3.2. Criterios de diseño mecánico

*3.3.2.1. Alcance*

Esta sección cubre los criterios de diseño que se utilizarán para todo el trabajo mecánico. El diseño y las especificaciones estarán de conformidad con todas las leyes y reglamentos aplicables del gobierno de México, con los códigos y ordenamientos locales aplicables, así como con los códigos y normas de la industria aquí referidos en su versión más reciente y en la fecha límite para la adquisición de las BASES DE LICITACION de este PROYECTO.

*3.3.2.2. Normas para materiales*

Serán aplicables al trabajo mecánico las normas para materiales de las siguientes organizaciones:

- *Air Movement and Control Association* *(AMCA)*
- *American Gear Manufacturer Association* *(AGMA)*
- *American Institute of Steel Construction* *(AISC)*
- *American Iron and Steel Institute* *(AISI)*
- *American National Standards Institute* *(ANSI)*
- *American Petroleum Institute* *(API)*
- *American Society for Testing and Materials* *(ASTM)*
- *American Society of Mechanical Engineers* *(ASME)*

- *American Water Works Association* *(AWWA)*
- *American Welding Society* *(AWS)*
- *Antifriction Bearing Manufacturers Association* *(AFBMA)*
- *Comisión Federal de Electricidad, Especificaciones Generales* *(CFE)*
- *Hydraulic Institute Standards* *(HIS)*
- *Institute of Electrical and Electronics Engineers* *(IEEE)*
- *Instrument Society of America* *(ISA)*
- *Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry* *(MMS)*
- *National Electrical Code* *(NEC)*
- *National Electrical Manufacturers Association* *(NEMA)*
- *National Electrical Safety Code* *(NESC)*
- *Normas Oficiales Mexicanas* *(NOM)*
- *Occupational Safety and Health Administration* *(OSHA)*
- *Pipe Fabrication Institute* *(PFI)*
- *Pump Handbook, Karassik, Krutzsch, Fraser,and Messina, 1976* *(PUMP)*
- *Steel Structures Painting Council* *(SSPC)*
- *Underwriters Laboratories* *(UL)*
- *Petróleos Mexicanos, Especificaciones Generales* *(PEMEX)*
- *Comisión Nacional del Agua, Manuales de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* *(CNA)*

Se utilizarán las normas reconocidas de otras organizaciones, cuando sirvan como lineamientos para el diseño, fabricación e instalación de los equipos electromecánicos, siempre que no estén en conflicto con las aquí referidas.

Todos los sistemas de tuberías, equipos y soportes eléctricos y mecánicos, se diseñarán para cargas sísmicas de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la sección “C”, "Estructuras, Criterios de Diseño", apartado “C.1.3”. "Diseño por Sismo" del “Manual de Diseño de Obras Civiles”, editado por la Comisión Federal de Electricidad.

*3.3.2.3. Criterios para diseño de instalaciones hidráulicas*

El drenaje y abastecimiento de agua, drenaje especial para agua ácida, abastecimiento especial de agua para laboratorio, y sistemas de aire comprimido y vacío, ubicados en los edificios de operaciones y cualquier otro edificio o estructura asociada con la PTAR, serán diseñados como aquí se establece.

Códigos y normas

Todas las instalaciones sanitarias se realizarán de conformidad con los códigos del gobierno mexicano y los locales aplicables, en sus versiones más actualizadas.

Selección de materiales y componentes

Se utilizarán los siguientes materiales y componentes, para los diversos sistemas sanitarios:

a) Tubería de hierro fundido enterrada (CISP).
b) Polipropileno resistente a los ácidos (PP).
c) Tubería de acero galvanizado (GSP).
d) Tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC).
e) Tubería de cobre (CU).
f) Tubería de hierro dúctil (DIP).
g) Hierro fundido con alto contenido de sílice (HSCI).
h) Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PAD).

Principales instalaciones sanitarias

El trabajo principal incluye, aunque no está limitado, a los siguientes conceptos:

a) Drenajes en pisos y techos, incluyendo la tubería.
b) Drenaje para desechos sanitarios, y tubería de ventilación, con conexiones a cada mueble sanitario y equipo que lo requiera.
c) Tubería para abastecimiento de agua, incluyendo las conexiones a cada mueble y equipo que lo requiera.
d) Sistema para descargar desechos de laboratorio.
e) Muebles sanitarios.
f) Calentador(es) para agua.
g) Regadera y lavado de ojos para emergencias.
h) Equipo preventor de contraflujos.
i) Equipo para bombeo de cárcamos.
j) Tarjas de servicio y bebederos.
k) Abastecimiento y sistema de distribución para agua de servicio.

Sistemas de drenaje

La tubería de drenaje del laboratorio, será construida con material resistente a sustancias químicas. Todas las superficies de esmalte porcelanizado y los dispositivos de laboratorio serán resistentes a los ácidos y contra la corrosión.

Sistema de agua potable

La PTAR contará con una red de distribución de Agua Potable para uso humano. El suministro del agua potable podrá contratarlo con el CONTRATANTE, o bien, generarla en la propia PTAR. Si ese es el caso, deberá cumplir con los estándares de calidad de la *CNA*, y de cualquier dependencia gubernamental con jurisdicción.

Sistema de agua caliente

El agua caliente será proporcionada al laboratorio y edificio de operación, con calentadores domésticos.

Sistema para agua de servicio

Se proporcionará un sistema completo de distribución de agua de servicio dentro de la PTAR, incluyendo hidrantes de patio y suministro a todo el equipo del proceso, según se requiera.

El CONTRATISTA proporcionará e instalará toda la tubería y el equipo, incluso las bombas “booster”, tanques y controles, requeridos para satisfacer la máxima demanda de agua de servicio. El sistema será capaz de mantener una presión mínima de 5.61 kg/cm2 (550 kPa) durante la demanda máxima.

Para riego y otros usos, el CONTRATISTA podrá contratar el agua de la red municipal con el CONTRATANTE. En caso de preferir producirla, dado que el efluente especificado para la PTAR, contendrá materia orgánica disuelta, el CONTRATISTA instalará el equipo de tratamiento requerido para que el agua satisfaga las necesidades como agua de servicio; por tanto, proporcionará un sistema presurizado de abastecimiento y distribución, alimentado por el sistema antes descrito.

La calidad del agua para riego de áreas verdes será, por lo menos, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997 en vigor, atendiendo a los parámetros que en ella se especifican.

Se especificará en los Manuales de Operación de la propia PTAR, las medidas higiénicas necesarias que seguirá el personal de operación y mantenimiento referente al uso de las aguas para servicio, incluyendo además señalamiento en los hidrantes de dicha agua donde se especifique dicha disposición.

Todas las tomas para agua de servicio, se marcarán para diferenciarlas del sistema de abastecimiento de agua potable en la PTAR.

El sistema de distribución del agua para servicio, se diseñará de tal forma en que la operación de dicho sistema represente un fácil manejo sin perder de vista la máxima eficiencia del mismo, para tal efecto la red de hidrantes para el riego de áreas verdes será mediante válvulas de acoplamiento rápido (aspersores semi-automáticos), a fin de facilitar el sistema de operación de los mencionados hidrantes. En caso de requerirse sistemas de bombeo, la conformación de dicho sistema incluirá tanques de tipo elevado o equipos hidroneumáticos según se justifique técnica y económicamente, a fin de que se proporcione a los hidrantes la presión mínima de trabajo para su correcto funcionamiento.

El sistema de conducción del agua de servicio, tendrá capacidad suficiente para proporcionar toda el agua necesaria para satisfacer las demandas del proceso de tratamiento de la PTAR, su operación y conservación y para el lavado de las instalaciones, riego de césped y árboles.

Sistema de drenaje pluvial

El sistema de drenaje pluvial, será diseñado para recolectar el agua resultante de la precipitación sobre los techos de los edificios y todas las zonas abiertas dentro del predio de la PTAR, y descargará el agua hacia la obra de libramiento de las aguas pluviales urbanas que no entrarán al tren de tratamiento. También se proporcionará drenaje a los patios, los estacionamientos, caminos de acceso, zonas no ocupadas del predio, zanjas y alcantarillas.

El sistema de drenaje pluvial para la PTAR, se diseñará con los datos actualizados de las intensidades de precipitación máximas registradas en la estación pluviométrica más próxima a la zona de estudio y debidamente avalados por el CONTRATANTE, quien será la que certifique la información de apoyo y en su caso verifique algún otro tipo de datos a emplearse.

Se contemplarán las obras más adecuadas para el control de las inundaciones, tales como cárcamos de tormentas. El sistema de drenaje pluvial contará con una red independiente a la de las aguas negras.

Sistemas para laboratorio

Con objeto de dar servicio a todo el equipo, y para el funcionamiento del laboratorio, serán diseñados y suministrados adecuadamente los sistemas sanitarios para cada ambiente específico, los cuales incluirán tuberías de agua para el laboratorio de control de operación.

Se contará con los accesorios correspondientes a las edificaciones de bajo riesgo, tales como extintores y depósitos de arena.

Dentro del Laboratorio y específicamente en la descarga de los muebles donde se manejen sustancias con contenidos de grasas, se utilizará una trampa de retención de grasas, a fin de no mezclarlas con la red de drenaje general.

*3.3.2.4. Tubería de Acero*

Normas, Códigos y Reglamentos

El suministro y habilitación de los sistemas de tuberías de acero deberá cumplir con los siguientes requisitos Generales

a) EL CONTRATANTE o su Representante deberá ser notificado por el CONTRATISTA, en fecha anticipada del pronóstico u ocurrencia de hechos, que pueden retardar el avance de fabricación y el programa de habilitación con el objeto de tomar las decisiones necesarias para corregir la situación.
b) El CONTRATISTA deberá suministrar un programa o información técnica, relativa a las actividades de fabricación e instalación en el momento que sea solicitado por CONTRATANTE o su representante.

Suministro de Equipos y Materiales.

El CONTRATISTA deberá proporcionar todos los materiales y equipos requeridos para realizar, la fabricación, prueba, inspección y puesta en servicio, tales como herramientas, grúas, máquinas, soldaduras, electrodos y otros consumibles, etc.

Documentos proporcionados por el CONTRATISTA

El CONTRATISTA deberá presentar para aprobación del CONTRATANTE o su Representante los siguientes documentos:

a) Certificado de calificación de soldadores y operadores.

b) Interpretación radiográfica de las películas de soldadura y resultado de pruebas no destructivas y sus reportes respectivos.

El CONTRATISTA deberá presentar un programa por día de la habilitación y deberá estar capacitado para reportar la situación actual en el momento que se requiera.

Materiales.

Todos los materiales suministrados por el CONTRATISTA deberán estar libres de costras y corrosión.

El CONTRATISTA deberá ser responsable de reemplazar sin costo extra cualquier material bajo su control que se pierda o dañe durante la fabricación o habilitación.

Requisitos de Fabricación.

a) Perforación para Tornillos.- A menos que se indique otra cosa, las perforaciones de las bridas deberán estar simétricamente distribuidas, respecto a las líneas de centros principales de equipos y tubería.
b) Codos.- Los codos serán de radio largo a menos que se indique otra cosa en los planos.
c) Conexiones Roscadas.- Todas las conexiones roscadas deberán ser comprobadas con un calibrador o probador de cuerdas después de la soldadura o tratamiento térmico.
d) Tubería Galvanizada.- La tubería galvanizada no deberá ser doblada o soldada. La tubería que requiera ser doblada o soldada deberá galvanizarse después de la fabricación.
e) Limpieza.- La tubería fabricada deberá limpiarse y estar libre de desperdicios, plastas de soldadura, costras, grasas y suciedad.
f) Pintura.- Cuando se requiera la pintura de taller, deberá estar de acuerdo con la especificación correspondiente.

Requisitos para Habilitación

a) *Cuerdas para tubería*.- Las tuberías roscadas podrán usarse únicamente cuando expresamente sea aprobado por el contratante o su representante. Las cuerdas de la tubería serán perfectamente efectuadas después del doblado, forjado, tratamiento térmico o cromado; cuando esto no sea práctico, ésta operación podrá efectuarse después, tomando los cuidados necesarios para proteger las cuerdas. Todas las juntas roscadas deberán hacerse con cinta de PTFE, la junta roscada deberá limpiarse completamente con un cepillo de alambre o un agente limpiador. Las superficies maquinadas así como las roscadas serán adecuadamente protegidas siempre que estén expuestas.

b) *Doblado y formado de tuberías de acero al carbón. Las tuberías deberán ser dobladas en frío o caliente. Cuando se emplee el doblado en caliente, el método será adecuado a las características del material, las curvas no*

*deberán presentar roturas, ampollas o imperfecciones mayores; el radio de curvatura será el indicado en los planos y no menor a 5 veces el diámetro del tubo; los métodos del doblado estarán a la aprobación del Contratante o su Representante. Los codos de radio corto deberán eliminarse y deberán considerarse especiales, requiriendo la aprobación del Contratante o su Representante. El uso de flama y agua durante el doblado en caliente será aprobado previamente por el Contratante o su Representante.*

c) *Habilitación de Tuberías*

- "T" y Conexiones de Ramales.- La línea de centros de cualquier ramal deberá pasar a través de la línea de centros de cabezal.
- Soportes.- Para la construcción de soportes deberá seguirse la especificación relativa. Todos los soportes para tubería deberán ser galvanizados por inmersión en caliente después de la fabricación. El arreglo de los soportes deberá estar de acuerdo con los planos de tubería. Para conexiones de equipo las tuberías deberán estar soportadas cerca de la conexión.
- Bridas.- Las perforaciones para tornillos de bridas de líneas verticales deberán localizarse preferiblemente fuera del centro y con referencia a la línea N-S de la planta excepto cuando se especifique otra cosa en los planos. La línea de centros vertical de las bridas en las líneas horizontales, deberán bisectar el ángulo entre dos tornillos adyacentes. El apriete de los tornillos para bridas, deberá efectuarse progresivamente, en una secuencia tal que se aprieten tornillos diametralmente opuestos. La superficie de las bridas deberá estar limpia, libre de raspaduras, marcas, plastas y otras imperfecciones, al momento del ensamble. Las caras no deberán dejarse sin protección.
- Empaques.- Los empaques deberán estar limpios sin rasgaduras o deformaciones. la superficie del empaque deberá estar correctamente localizada con relación a las caras de las bridas antes del atornillado. Cuando se aprieten empaques semimetálicos, los empaques serán comprimidos hasta que el espesor del empaque se reduzca aproximadamente 25%. Las recomendaciones del CONTRATISTA también deberán tomarse en cuenta. Los empaques no metálicos de asbesto no deberán estar usados.
- Tornillos/Empaques.- Las tuercas de los tornillos deberán lubricarse adecuadamente antes del ensamble, con el objeto de evitar daños a las cuerdas. Todos los tornillos deberán penetrar completamente a través de las tuercas. La conexión entre bridas de acero al carbón y bridas de fierro fundido, deberá efectuarse cuidadosamente y localizarse y ajustarse con respecto al alineamiento radial y axial, con el objeto de evitar la ruptura de las bridas de fierro fundido. Las tuercas deberán apretarse en el mismo lado de la brida de conexión.

- Válvulas.- Las válvulas deberán ajustarse en posición “ABIERTA” en líneas de conexión soldadas y en posición “CERRADA” en otras líneas. Todas las válvulas deberán examinarse para verificar su limpieza y en caso necesario limpiarlas y desengrasarlas completamente antes de su instalación. El CONTRATISTA deberá asegurar una protección adecuada en contra de daños y ensuciamiento durante el almacenamiento e instalación en el sitio.

Soldadura

a) Requisitos Generales.

No se efectuará ningún trabajo de soldadura antes de que el procedimiento soldadura, así como soldadores y operarios, hayan sido completamente calificados y aprobados por el Contratante o su Representante.

El CONTRATISTA no deberá efectuar ningún trabajo de soldadura bajo lluvia o condiciones de mucho viento sin las protecciones adecuadas. Si la temperatura ambiental es menos de 5° C, la junta por soldar deberá calentarse hasta 30°C.

Después que la soldadura ha sido terminada deberá marcarse con el símbolo de identificación del soldador cerca de la soldadura. Los símbolos de identificación deberán acordarse con la supervisión.

Cuando se efectúen trabajos de soldadura de tuberías existentes, los siguientes requisitos deberán cumplirse:

- La línea estará drenada.
- La línea estará desgasificada.
- Se cortará en frío si la desgasificación de la línea no es posible.
- Si el corte en frío es empleado y la línea no está desgasificada, la línea deberá ser taponeada y sellada antes de la soldadura.

b) Electrodos y Materiales de Aporte

Los materiales empleados deberán cumplir con el correspondiente procedimiento de soldadura.

c) Procedimientos

La tubería deberá prepararse por medio de un procedimiento que deje una superficie razonablemente lisa para soldadura, por ejemplo: maquinado, aserrado, corte con flama. No se permiten imperfecciones, tales como ranuras, gotas de soldadura, oxidación resultante del corte, excesiva corrugación y materiales extraños.

Si cualquiera de los extremos preparados se daña, este deberá ser reparado por esmerilado. El corte con oxiacetileno y el esmerilado serán permitidos procurando que el corte sea cuidadosamente ejecutado dentro de los límites especificados en el código ANSI.B.31.3. Después del corte con oxiacetileno se deberá pulir antes de su uso.

Las partes de tubería a soldarse, deberán estar limpias y libres de pintura, aceite, grasa y otros materiales extraños. Estos deberán protegerse con cubiertas adecuadas antes de su uso.

Los extremos de tuberías a soldarse deberán alinearse tan exacto como sea posible y no deberán sufrir desplazamientos cuando sean soldados. El desalineamiento interior no deberá exceder 1.5 mm (1 1/6 “).

Cuando sea necesario soldar extremos de tuberías del mismo tamaño pero con diferente espesor, el de mayor espesor deberá ser internamente biselado, con una pendiente de 1:5 para obtener el mismo espesor de soldadura.

El paso de fondeo deberá efectuarse por el procedimiento de arco protegido, con gas inerte y tungsteno.

El arco eléctrico debe estar protegido con gas inerte o el procedimiento de arco sumergido.

Para pasos subsecuentes, el CONTRATISTA podrá emplear un procedimiento de soldadura semiautomático y siempre que sea posible en la posición 1G (ASME Sec. IX).

El alineamiento de los elementos a soldarse será efectuado por soldadura de puntos; si la soldadura de puntos es empleada, esta deberá efectuarse por soldadores calificados, usando una varilla de soldadura igual al ancho de la raíz.

Cada soldadura terminada deberá tener realce uniforme con una altura máxima de 3mm (1/8 “) sobre la superficie del material, sobre el perímetro total.

Cualquier cordón de soldadura con una altura inferior a 1.5 mm (1 1/16 “) deberá implicar el rechazo de la soldadura. Dos cordones de soldadura nunca se iniciaran en el mismo punto.

El exceso de penetración del paso de fondeo tendrá un máximo de 1.5 mm (1 1/16”).

Después de la terminación de una soldadura esta deberá limpiarse completamente con el objeto de remover la escoria y otros materiales extraños para que de esta manera pueda inspeccionarse.

Las tuberías con costura deberán soldarse juntas de tal forma que el ángulo de las costuras de la tubería medidos sobre el plano de la circunferencia sea de 90°.

Para el tratamiento térmico (precalentamiento y/o post-calentamiento) preferiblemente deberán seguirse las indicaciones del CONTRATISTA del acero.

Las costuras térmicamente tratadas, estarán sujetas a prueba para determinar su dureza. A menos que se especifique otra cosa. Los máximos valores de dureza permitidos, son los indicados en las tablas 331.3.3. del Código ANSI.B31.3

Todas las partes que puedan ser afectadas por las operaciones de soldadura, como accesorios tales como juntas para aislamiento térmico, deberán protegerse adecuadamente.

Durante la habilitación “Las tensiones de ensamble “deberán eliminarse y no deberán producirse forzaduras en las partes para efectuar el alineamiento.

Limpieza

Antes de la prueba de presión y la inspección final de las tuberías, se limpiara cuidadosamente y estará libre de materiales sueltos, desperdicios, arena, partes de soldadura, pintura, aceite y otros materiales extraños. Todas las tuberías prefabricadas y ensambles que deban realizarse en el sitio y estén sujetas a malas condiciones de tiempo deberán protegerse.

La limpieza de las tuberías después de la prueba deberá cumplir con las cláusulas especificadas.

Pintura

La pintura no deberá iniciarse antes de la aceptación de la prueba y deberá estar de acuerdo con la especificación relacionada “Especificación de pintura para equipo de acero”.

Prueba y Limpieza de Tuberías

a) *Requisitos Generales*

Antes de que la tubería sea aceptada, el sistema de tubería será sujeto a la presión de prueba y limpiado.

La prueba deberá realizarse después de que las conexiones definitivas sean efectuadas y después del ensamble de los elementos de la red. Se hará excepción para aquellos que puedan dañarse o que no permitan la sobrepresion de prueba sobre las condiciones de servicio.

Los elementos que no sean sometidos a la presión de prueba deberán ser reemplazados por carretes removibles.

La prueba será generalmente realizada con agua, excepto para que los casos donde el material de la tubería o el fluido propuesto no lo permita. En este caso, otro fluido será determinado y acordado con el Contratante o su Representante.

El proceso para pruebas hidrostática requiere el cumplimiento total de ciertas precauciones, principalmente:

- La posición de boquillas de conexión para la bomba de prueba.
- La eliminación de burbujas de aire en el interior de la tubería. Entonces será necesario ubicar venteos en los puntos más altos.
- El adecuado bloqueo de los extremos en las partes del circuito a ser probado.

Las juntas, incluyendo soldaduras previamente aisladas deberán descubrirse durante la prueba hidrostática con el objeto de asegurar su inspección.

La duración de las pruebas será establecida de acuerdo con las condiciones de inspección de sitio, pero nunca será menor a media hora y normalmente su duración no será mayor a una hora. Antes del examen, la presión de prueba será mantenida por 10 minutos para permitir la estabilización.

b) *Presión de prueba*

La presión de prueba de tubería nunca será inferior a 1.5 veces la presión de diseño y será calculada por la siguiente fórmula:

Pc= 1.5 P Sc/s
Sc= Esfuerzo permisible a la temperatura de prueba.
S = Esfuerzo permisible a la temperatura de diseño.
P = Presión de diseño.
Pc= Presión de prueba

Para tubería sometida a presión externa, la prueba de presión deberá ser 1.5 veces la diferencia de presión calculada entre la presión externa y la interna; la mínima presión a ser considerada será 1 bar.

Para tubería probada con aire comprimido, la prueba de presión, deberá ser 1.1 por la presión de diseño; si la presión de prueba es superior a 1.75 bar esta presión deberá incrementarse en etapas con el objeto de lograr la estabilización de esfuerzos y la detección de fugas mayores.

La presión de prueba deberá obtenerse por medio de una bomba manual o eléctrica; la bomba deberá conectarse en el punto de menor nivel. Esta bomba será suministrada por el CONTRATISTA.

La presión será indicada a la salida de la bomba por indicadores de presión con una calibración dentro del rango de validez legal. La diferencia de lectura entre ambos no excederá 5% Si la diferencia se excede, uno de los indicadores será reemplazado por otro cuya calibración no sea mayor de 30 días anteriores a la prueba.

La prueba será efectuada en presencia del Contrante o su Representante y aprobada por el mismo y el CONTRATISTA deberá suministrar todo el equipo y personal requerido. El CONTRATISTA deberá presentar un reporte de las pruebas incluyendo:

Fecha de prueba, identificación de la tubería probada, presión de prueba y aprobación del Contratante y su Representante.

c) *Limpieza de la Tubería después de la Prueba.*

Todos los sistemas serán limpiados después de la prueba.

Todas las tuberías deberán estar libres de costras, o suciedad, manchas de soldadura, filos y materiales extraños.

Durante la limpieza todas las obstrucciones de flujo deberán removerse.

Durante la limpieza se deberá tener cuidado que la presión sea inferior a la presión de operación.

El servicio deberá mantenerse hasta que el sistema esté completamente limpio.

La tubería será limpiada con agua, vapor o con otro fluido adecuado en los casos donde el fluido de proceso sea corrosivo con una solución de agua.

Si la limpieza con líquido no es adecuada, debido a la contaminación, o a cualquier otra razón, se empleara un fluido alternativo acordado con el Contratante o su Representante: Las tuberías de aire de instrumentos deberán ser limpiadas con aire, se tendrá extremo cuidado para asegurarse que no existirán sobre presiones.

Durante la limpieza, las válvulas en la línea deberán dejarse en posición abierta, excepto para las válvulas de bloqueo de instrumentos, que deberán cerrarse si es posible.

Las redes conectadas a tanques, recipientes, bombas, etc., deberán aislarse.

Todos los sistemas de venteos y drenaje también estarán abiertos.

Se removerán las válvulas de retención cuando el fluido empleado para la limpieza este corriendo en sentido contrario al de operación.

La limpieza tendrá lugar en presencia del Contratante o su Representante y deberá ser aprobada. El CONTRATISTA deberá suministrar el equipo y el personal requerido.

Inspección y Reparación.

a) *Inspección*

La tubería estará siempre sujeta a inspección visual completa, incluyendo los materiales empleados. La verificación será para ambas etapas de prefabricación y trabajo en el sitio. Se dará especial cuidado a las costuras de soldadura.

b) *Reparación*

Todas las imperfecciones detectadas durante la inspección, deberán eliminarse por el CONTRATISTA y las partes reparadas serán inspeccionadas conforme el mismo procedimiento.

Registro de Prueba

Los registros deberán realizarse para cada instalación. Estos registros deberán incluir las siguientes partidas:

- Fechas de prueba
- Identificación de la tubería
- Fluido de prueba
- Presión de diseño

Aprobación de inspector

Los registros deberán incluir una verificación de la soportería e instalación de la línea en contra de los diagramas de flujo y planos de tubería, materiales, tornillería, válvulas, (tipo, empaque, tornillos, materiales de empaques) y observaciones (reparación requerida, etc.).

Condiciones de Suministro

Los componentes de la tubería serán entregados de tal forma que durante el transporte no se dañen o que pueda ocurrirle entrada de suciedad.

*3.3.2.5. Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PAD).*

Suministro

a) Definición

La tubería de polietileno de alta densidad (PAD), que proporcione el CONTRATISTA según lo pactado en el contrato respectivo, deberán llenar los requisitos señalados para el material, fabricación, requisitos químicos, de tensión, de aplastamiento, de presión hidrostática, dimensiones, pesos, tolerancias, espesores de pared, diámetros y longitudes en la Norma Oficial Mexicana NOM E-18 1969, ampliación del 4 de septiembre de 1983 "Tubos de polietileno para conducción de fluidos a presión", o las que las sustituyan y sean consideradas como la normatividad vigente.

Las tuberías y conexiones de Polietileno de alta densidad deberán cumplir con los códigos y normas especificados por los organismos nacionales e internacionales como son:

| | |
|---|---|
| NOM-E-18-1989 | Tubos de polietileno para conducción de fluidos a presión |
| NOM-E-43-1977 | Tubos de polietileno para conducción de Gas natural y gas licuado de petróleo |

b) Medición

El suministro de tuberías de cualquier tipo, para redes de distribución, alcantarillado y líneas de conducción serán medidos para fines de pago a la entrega de la tubería en el sitio y con las condiciones contratadas. Al efecto se determinará directamente en el sitio el número de metros lineales entregados de los diversos tipos y diámetros de tubería según el proyecto y se verificará que el número de coples y anillos entregados corresponda con las condiciones contratadas.

No serán estimados para fines de pago los acarreos de tubería que hayan sido colocado fuera de los sitios señalados por el proyecto ni la que se requiera para reposición de tubería defectuosa.

Los acarreos de tubería que de acuerdo a lo estipulado en el contrato sean considerados como "acarreos locales", le serán pagados al CONTRATISTA a los precios estipulados en el contrato por los conceptos de trabajo correspondientes, en los que quedarán incluidas las maniobras auxiliares de descarga y estiba.

c) Base de pago

El suministro de tubería le será pagado al CONTRATISTA a los precios estipulados en el contrato para los conceptos de trabajo correspondiente.

Instalación

a) Definición y ejecución

Se entenderá por este concepto el conjunto de maniobras y trabajos que deba ejecutar el CONTRATISTA, para la debida colocación de la tubería en zanjas, sobre silletas o en el sitio que designe la Comisión previa unión mediante junta soldada. Cada tubo se alineará con el ya instalado, por medio de un alineador exterior o interior, según el diámetro de la tubería de que se trate.

El tipo de alineador que se utilice, según el caso, deberá tener potencia suficiente para volver el extremo del tubo a su forma circular en caso de que esté ovalado y si el diámetro del tubo que se está alineando tiene diferencia pequeña con el diámetro del tubo con el cual se va unir, se repartirá la diferencia en toda la circunferencia del tubo y en ningún caso se permitirá que el escalón así formado sea mayor que 1/16”.

El alineamiento del tubo será hecho en tal forma que no sea visible ninguna desviación angular entre dos tubos consecutivos. La unión entre los extremos de los dos tubos deberá ser a tope de tal manera que se asegura una completa termofusión del material.

Al término de la jornada de trabajo, se procederá a cubrir los extremos de la tubería para evitar la entrada de materias extrañas y animales,

mediante tapas protectoras que serán presentadas para su aprobación al Ingeniero; estas tapas se retiraran una vez que haya cumplido su cometido.

Antes de bajar la tubería, se debe detectar nuevamente y se preparará el fondo de la zanja quitando los obstáculos, piedras o irregularidades que signifiquen puntos de concentración de cargas que puedan dañar al revestimiento durante las maniobras de bajado de la tubería.

En los lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará una capa de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, como tierra o arena suelta con espesor mínimo de 10 cm.

El bajado de la tubería deberá hacerse cuidadosamente, empleando bandas de lona u otro material suave. No se permitirá el uso de fibra o metal que pueda dañar la protección. La maniobra se efectuará cuidando que la tubería quede sujeta a esfuerzos de compresión y no de tensión.

Los daños a la tubería por la bajada a la zanja por causas imputables al CONTRATISTA serán reparados con cargo al mismo, sin que tenga derecho a reclamación alguna.

b) Medición y pago

Para la instalación de tubería de PAD se señalan a continuación, con carácter enunciativo, las actividades principales:

Revisión de las juntas, sus diámetros y espesores, hasta hacerlos coincidentes, limpieza de la unión de tubos rectos y/o doblados, alinear, soldar, reparaciones, colocar y retirar tapas protectoras, maniobras y acarreos locales de la tubería a un costado de la zanja y bajado de la misma. De manera específica se recomienda tener en cuenta las condiciones de la tubería, esto es por variaciones en el diámetro, perímetro y espesor; ya que no habrá ninguna modificación en el precio, por las razones expuestas anteriormente.

*3.3.2.6. Criterios de diseño para bombas*

Las bases para el diseño de las unidades de bombeo a usarse en la PTAR, serán las aquí estipuladas.

Bombeo para los diversos procesos de tratamiento en los trenes de agua y lodos

Se atenderán las recomendaciones de la siguiente tabla, además de cumplir con los criterios de diseño presentados en el inciso 3.3.1. “Criterios de diseño de ingeniería electromecánica”.

| Aplicación | Tipo de bomba | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A. Residuales convencionales | Difusor | Flujo rotatorio | Voluta de agua limpia | Ceniza | Tornillo | Eyector neumático | Air lift | Desplazamiento positivo | Químicos |
| Aguas residuales crudas. | X | ----- | ----- | ----- | ----- | X | X | ----- | ----- | ----- |
| Arenas. | ----- | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- | X | ----- | ----- |
| Lodos primarios. | | | | | | | | | | |
| < 2% de sólidos. | X | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| > 2% de sólidos. | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | X | ----- |
| Natas del primario. | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | X | ----- |
| Natas diluidas. | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Lodos Biológicos | X | X | ----- | ----- | ----- | X | ----- | X | ----- | ----- |
| Lodos Biológicos espesados. | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | X | ----- |
| Recirculación de lodos digeridos. | X | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Aguas residuales sedimentadas. | X | X | ----- | ----- | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Aguas tratadas. | X | X | ----- | ----- | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Agua de servicio o no potable. | X | X | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Lavado de cenizas. | ----- | ----- | ----- | ----- | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Licor decantado o sobrenadante. | X | X | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Soluciones químicas. | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | X |

Códigos y normas

El diseño será acorde con todos los códigos locales y nacionales, así como con los siguientes códigos específicos y normas de la industria:

- *Comisión Federal de Electricidad, Especificaciones Generales.*
- *Comisión Nacional del Agua, Manuales de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*

Sistemas de bombeo

Los sistemas de bombeo dentro de la PTAR, para la operación del proceso de tratamiento, que incluye el manejo de lodos, serán diseñados por el LICITANTE según las necesidades.

Curvas características

Las curvas características del sistema de bombeo reflejarán las pérdidas por fricción máxima y mínima, esperadas durante la vida útil de las unidades de bombeo, así como los niveles más alto y más bajo posibles en los cárcamos de bombeo. Para lograr esto, se utilizará un juego de curvas típicas del sistema, consistente en dos curvas, una con coeficiente Hazen-Williams de C = 100 (una para carga estática máxima y otra para carga estática mínima), y otras dos curvas con coeficiente Hazen-Williams de C = 140.

Límites de operación y restricciones en la NPSH

Para evitar la cavitación en los impulsores, la carga neta de succión positiva disponible (NPSHA), será superior a tres veces la mayor carga de succión positiva requerida por el fabricante (NPSHR), en todo el intervalo de operación de la bomba.

Frecuencia de operación

Las bombas y cárcamos de bombeo serán dimensionados de tal manera que los motores normales de 18 kW y más pequeños, no arranquen más de seis veces por hora. Los motores más grandes entrarán en operación con menor frecuencia, según lo recomiende el fabricante, de acuerdo con el tamaño del propio motor. El lapso máximo transcurrido entre dos arranques sucesivos, para flujo mínimo, será de 30 minutos.

Velocidad de desboque en reversa

El CONTRATISTA evaluará la velocidad de desboque en reversa de los equipos de bombeo. De ocurrir velocidades de desboque excesivas, los motores serán diseñados y construidos para las velocidades máximas de desboque; se proporcionarán válvulas de charnela controlables con “By-Pass”, para limitar el contraflujo. En los motores pequeños, de 75 kW o menores, se proporcionarán mecanismos que impidan el giro inverso.

Control de transitorios

Los transitorios producidos por los arranques y paros normales de las bombas con motor eléctrico, se controlarán mediante la selección de bombas con capacidades tales, que el cambio en la velocidad del sistema, ocasionado por arranque o paro de una sola bomba, no produzca cambios de presión excesivos o bien mediante el uso de válvulas controladas eléctricamente, de manera que cuando las bombas arranquen o se detengan, las válvulas se cierren. Si se usan bombas de tornillo (Arquímedes), el punto de descarga y el cárcamo de bombeo serán proyectados para minimizar el efecto de transitorios.

Los transitorios resultantes de fallas de energía, serán controlados con dispositivos diseñados para abrir con un incremento de presión, o para admitir aire a raíz de una caída súbita en la presión, o con otros dispositivos adecuados. El diseño de dispositivos de protección contra los transitorios, será documentado por el CONTRATISTA, con un análisis dinámico adecuado, sujeto a la aprobación del CONTRATANTE.

Empaques de las bombas

Para sellar las bombas se utilizarán, cuando sea posible, prensaestopas con sello de agua. Las bombas pequeñas, para lodos o aguas residuales, estarán provistas con sello de grasa, si no es posible usar prensaestopas con sello de agua. Cuando la bomba no esté operando y siempre que sea práctico, la línea de agua al sello se

obturará con una válvula solenoide con “By-Pass”, a fin de interrumpir el flujo. El agua de sello no contendrá sólidos o abrasivos que dañen el sello.

Tuberías y válvulas

Toda la tubería de succión y de descarga, será de tamaño tal que las velocidades máximas no excedan 1.5 m/s y 2.4 m/s, respectivamente. No se utilizarán líneas con diámetro inferior a 100 mm, para conducción de aguas residuales crudas.

Se instalarán válvulas de bloqueo, tanto en la succión como en la descarga de cada bomba, para permitir la remoción y mantenimiento de las unidades individuales de bombeo, sin interferir con el funcionamiento del resto de la instalación.

Vórtice

Para evitar la formación de vórtices en los cárcamos de bombeo, el CONTRATISTA preverá en su diseño, una carga generosa en la succión, aun cuando el nivel de agua en los mismos sea el mínimo posible.

Sumergencia

La elevación de las bombas será tal, que el empaque de todas ellas estará debajo del nivel mínimo de succión.

*3.3.2.7. Criterios de diseño para el equipo de aire comprimido*

Esta sección cubre los criterios de diseño que se utilizarán para el sistema de aire comprimido relacionado con la PTAR. Donde sean requeridos, para el proceso de diseño del CONTRATISTA, proveerán “paquetes” de aire comprimido. Adicionalmente será necesario un sistema de aire de servicio para trabajos de conservación de las instalaciones.

Normas y códigos de diseño

El diseño y las especificaciones de todo el trabajo, estarán de acuerdo con los códigos y normas aplicables para la industria, de las siguientes organizaciones:

| | |
|---|---|
| Comisión Federal de Electricidad, Especificaciones Generales | (CFE) |
| Normas Oficiales Mexicanas | (NOM) |

Condiciones de diseño

a) Condiciones ambientales

Todo el equipo estará diseñado para soportar las condiciones ambientales señaladas en el capítulo 2 (“Particularidades del PROYECTO”).

b) Sistemas de aire comprimido

El diseño para sistemas de aire comprimido y del equipo asociado, estará de acuerdo con los siguientes criterios:

Cada paquete de aire comprimido, incluirá un mínimo de:

- compresor.
- motor eléctrico.
- arrancador de motor.
- Bandas.
- Poleas.
- Protectores de seguridad.
- Controles.
- Trampas.
- Tanque receptor.
- Válvulas.
- Tuberías.
- Base, y todos los accesorios requeridos para una completa y adecuada operación de las instalaciones.

Cada sistema de aire comprimido abastecerá aire de servicio con calidad adecuada para los usos previstos. Los compresores succionarán el aire de ventilación del edificio. Todos los componentes de un paquete de aire comprimido, serán ensamblados en fábrica, sobre una placa base común; su colocación permitirá el acceso desde el frente y los extremos del conjunto, para facilitar la conservación de los componentes.

Cada paquete de aire comprimido contendrá: un tanque de regulación vertical construido con placa soldada, cabezas semielipsoidales y soportado sobre patas, para montarlo en la base. Los tanques reguladores mostrarán el código ASME para recipientes a presión no sometidos a temperaturas elevadas. Asimismo cada tanque tendrá un manómetro adosado, una válvula de seguridad y una válvula de venteo; cada tanque será de un tamaño tal que un solo compresor pueda presurizarlo a la máxima presión de operación, en no más de 20 minutos por periodo de una hora.

En el lugar donde se requiera aire seco libre de aceite, para instrumentación, se instalarán filtros coalescentes y un secador de aire.

El secador de aire será de tipo refrigerante, sin ciclos, enfriado con aire y consistirá de intercambiador de calor, separador, unidad de refrigeración sellada herméticamente y válvula de “By-Pass” autoajustable para gas caliente. El secador se dimensionará para secar la cantidad máxima de aire requerido.

Los filtros de aire se instalarán de tal manera que pueda salir de operación uno de ellos, para sustituir un elemento, mientras el otro continúa el filtrado. Los filtros eliminarán el 95 % de los sólidos y líquidos mayores a 1 micra, y serán equipados con un indicador de presión diferencial, que indicará la necesidad de sustituir el elemento y el dren automático del condensado.

- Todo el equipo de control para los compresores, estará alojado en un tablero de control tipo NEMA 12, montado en el paquete. Todo el alambrado del sistema será conectado en taller, a los bloques terminales

en el tablero de control. El alambrado entre los componentes estará completamente encerrado en un conducto rígido de acero galvanizado, o en uno de metal flexible a prueba de líquidos.

Los paquetes de aire comprimido serán equipados con un sistema de control, que arrancará o parará los compresores según sea requerido. El sistema de control descargará los compresores al parar y durante el arranque, mientras alcanzan su velocidad normal. La descarga será realizada controlando la válvula de admisión. Los compresores serán controlados para operar en modo adelantado-atrasado.

*3.3.2.8. Manejo de gas cloro*

No se aceptará el uso de gas cloro.

*3.3.2.9. Criterios de diseño para el sistema de cribado*

El diseño de los sistemas de cribado cumplirá con lo siguiente:

Códigos y normas

Los códigos y normas que regirán el diseño del equipo y se aplicarán durante el proyecto, son los siguientes:

| | |
|---|---|
| CFE-D8500-02, 1984. | Comisión Federal de Electricidad. |
| CFE-D85OO-O3, 1984. | Recubrimientos Anticorrosivos y Pinturas para Centrales Termoeléctricas. |
| NOM. | Norma Oficial Mexicana. |

Materiales

Los materiales de construcción utilizados en la fabricación de esta unidad y sus elementos de apoyo, serán resistentes a la corrosión y a los esfuerzos de flexión, cortante, torsión y tracción.

Las barras podrán construirse de acero inoxidable, acero al manganeso (12% Mn) o de aluminio, se podrán emplear barras verticales o curvadas a un cuarto de circunferencia. El material de las cribas se seleccionará para soportar la carga hidráulica y el peso del material retenido.

El equipo auxiliar de las cribas tendrá resistencia a la corrosión por estar expuesto a vapores, rocíos y neblinas, ácidos y básicos de acuerdo con las características del influente.

Recubrimientos

Se considerará un recubrimiento de las partes metálicas para garantizar que no se deteriore por las acciones de los componentes químicos. Las partes a proteger serán, entre otras:

- Rejillas.
- Elementos de limpieza.
- Tolvas.

- Bandejas de desagüe.
- Cables.
- Estructuras de apoyo.
- Elementos de transmisión motriz.

Los recubrimientos serán a base de lo siguiente:

- 2 (Dos) capas de pintura a base de alquitrán de hulla.
- 1 (Una) capa de pintura epóxica.
- 1 (Una) capa de pintura de rojo óxido de zinc.

Como alternativa se podrá utilizar material metálico galvanizado o aluminio.

*3.3.2.10. Criterios de diseño para sopladores*

Esta sección cubre los criterios de diseño que se usarán para sopladores que abastezcan de aire a los sistemas de lodos activados y/o digestión aerobia de lodos, u otros sistemas que requieran sopladores, con motores de 50 kW a 250 kW, y menos de 0.714 kg/cm2 (70 kPa) de presión de descarga.

Códigos y normas

El diseño y las especificaciones cumplirán con los siguientes códigos y normas de la industria aplicables:

- *American National Standards Institute* *(ANSI)*
- *American Society for Testing and Materials* *(ASTM)*
- *Antifriction Bearing Manufacturers Association* *(AFBMA)*
- *National Electrical Manufacturers Association* *(NEMA)*

Condiciones de diseño

a) Condiciones ambientales

Los sopladores serán diseñados para soportar temperaturas de 0° a 40° C. Los sopladores serán diseñados para manejar aire exterior, bajo las condiciones ambientales señaladas en el capítulo 2 (“Particularidades del PROYECTO”).

Sopladores

Los sopladores serán diseñados de conformidad con los siguientes criterios:

- Los sopladores estarán integrados por motores eléctricos, sopladores de etapas múltiples, silenciadores de entrada y salida, filtros de entrada, válvulas de estrangulación a la entrada, conexiones flexibles y tableros de control. Tomarán el aire exterior a través de filtros y silenciadores.
- Cada soplador tendrá una capacidad mayor del 50% de la máxima tasa de diseño del flujo, a 100% de la carga máxima calculada, incluyendo las pérdidas en el filtro y silenciador de entrada, las pérdidas en el silenciador de descarga, en el sistema de tubería y en los difusores.

- Los sopladores tendrán la capacidad necesaria para generar una presión de descarga de cuando menos 0.0306 kg/cm2 (3.0 kPa), por encima de la presión de descarga especificada, cuando la capacidad se reduzca al 70% o a menos de la señalada; operará, sin pulsaciones, entre 60% y 100% de la capacidad especificada. Los motores de los sopladores serán del tamaño adecuado para proporcionar la capacidad prevista sin estrangulamiento, a la temperatura ambiente mínima, sin paro o sobrecarga. La velocidad del soplador no excederá de 3600 rpm.
- La carcaza de los sopladores será fabricada con acero o fierro fundido, con propulsores fundidos o fabricados con acero sólido, con superficies maquinadas y pulidas. Los cojinetes serán antifricción, lubricados con aceite o grasa, con vida útil AFBMA-L10 de 80,000 horas. Se colocarán sellos de aire, donde la flecha cruza los extremos de la carcasa. Cada soplador será conectado directamente a su motor, mediante conexión flexible, con capacidad de transmisión de 1.25 veces la capacidad del motor. Cada soplador tendrá entrada de conexiones y salida del aire. El diseño de los motores será acorde con el contenido del inciso 3.3.1. “Criterios de Diseño de Ingeniería Electromecánica” de este documento.
- Los filtros de entrada del aire serán tipo seco, adecuados a los requerimientos de filtración de aire de proceso. La pérdida de presión a través del filtro no excederá 0.0051 kg/cm2 (0.5 kPa), a la tasa de capacidad del soplador. Los silenciadores de entrada (y de descarga en su caso), serán de tipo de absorción anular, con empaques adecuados para operación continua a 120° C, construidos de acero soldado. La caída de presión a través del silenciador, no excederá 0.0051 kg/cm2 (0.5 kPa), a la capacidad establecida y la atenuación no será inferior a 20 dB, a 1000 Hz.
- En las conexiones de entrada y salida se proporcionarán conexiones flexibles de hule tipo carrete, adecuadas para operación continua a temperatura de 120° C. Las conexiones flexibles y la tubería de conexión se diseñará para no trasmitir cargas a las conexiones del soplador.
- Los controles y arrancadores de motor se proporcionarán según lo establecido en el inciso 3.3.1. “Criterios de Diseño de Ingeniería Electromecánica” de este documento. Cada soplador incluirá un tablero de control local, con amperímetro calibrado para indicación de flujo.

*3.3.2.11. Protección contra corrosión*

Todo el equipo eléctrico tendrá protección adecuada contra corrosión; el CONTRATISTA, por su parte, evaluará cubiertas de materiales especiales. Se podrán usar cubiertas de acero inoxidable NEMA 4X 316 o no metálicas, para aplicaciones en ambientes corrosivos.

## 3.4. Especificaciones técnicas y condiciones generales para la ejecución de los trabajos de las instalaciones eléctricas en plantas de tratamiento.

### 3.4.1. Alcance

Esta especificación, junto con la especificación general, señala los requisitos con los que debe cumplir el CONTRATISTA de la obra eléctrica al realizar los trabajos objeto del contrato correspondiente.

El CONTRATISTA deberá revisar y aclarar con el CONTRATANTE o su representante la presente especificación y en su caso anotar en hojas anexas, cuando algún (os) párrafo (s) no se apliquen a los trabajos por realizar, amparados por el contrato respectivo.

Será obligación del CONTRATISTA el suministro de todo aquello que se menciona en los párrafos siguientes:

a) Todos los materiales y equipos que así lo mencione expresamente las listas de materiales y el contrato celebrado.
b) Mano de obra especializada para la realización de los diferentes trabajos eléctricos.
c) Entregar reportes claros y detallados de todas las pruebas realizadas a equipos, sistemas, etc. los que deberán ser revisados y aprobados por el CONTRATANTE o su representante.

### 3.4.2. Mano de obra y materiales

El CONTRATISTA garantizará todo el equipo y materiales contra cualquier falla de diseño inadecuado, armado o construcción incorrecta, mano de obra deficiente o materiales defectuosos, así como: fugas, rupturas o cualquier otro defecto. Los materiales serán los adecuados para las condiciones de servicio, después de la instalación.

Todos los materiales deberán de ser nuevos, de primera calidad y cumplir con las especificaciones mostradas en los planos y lista de materiales o un sustituto aprobado por el CONTRATANTE y/o su Representante.

Cuando los materiales o equipos se especifiquen por marca de fábrica, tipo o número de catálogo, esta designación será para establecer normas de calidad deseada. Los materiales así especificados deberán ser suministrados por el CONTRATISTA a menos que materiales de igual calidad de otra marca sean aprobados previamente.

Aunque sean sometidos para aprobación, catálogos o muestras de materiales, tal aprobación no relevará al CONTRATISTA de la responsabilidad por la mala aplicación del material sustituido, ni de la necesidad de suministrar los materiales adecuados además de realizar el trabajo requerido por el contrato.

El CONTRATISTA deberá ser responsable de recibir, manejar distribuir y proteger todo el equipo y material eléctrico por instalar, incluyendo el equipo eléctrico suministrado por otros, y deberá protegerlo de todo daño por la intemperie y otras causas tan pronto sea recibido, y deberá ser responsable de cualquier daño del mismo hasta la aceptación final por el CONTRATANTE o su Representante. La falla de la protección para dichos materiales o equipo y de la instalación en sí, no relevará al CONTRATISTA de la responsabilidad de reparar cualquier daño ocasionado sin costo para el CONTRATANTE o su Representante.

El CONTRATISTA suministrará al CONTRATANTE o su Representante una programación mostrando las fechas de iniciación y entrega de las partidas mayores tanto de construcción como de instalación (montaje) de equipo y materiales requeridos para el trabajo. Esta programación deberá mantenerse al día añadiéndole información del CONTRATISTA, al CONTRATANTE de la fecha de embarque.

3.4.3. Experiencia del fabricante

Todos los fabricantes de equipo que intervenga en el presente contrato, tendrán que haber suministrado equipo de características similares al que se proporciona y que haya funcionado correctamente por lo menos en los últimos cinco años.

3.4.4. Entregas

Se suministrarán los planos de ensamble, soporte e instalación, junto con las especificaciones detalladas y los datos de catálogo del equipo, piezas, material utilizado, pesos y dimensiones exteriores, tolerancias recomendadas, controles y demás accesorios que formen parte del equipo suministrado.

3.4.5. Confiabilidad en el suministro eléctrico

Las alimentaciones eléctricas para abastecer a la PTAR serán proporcionadas por el CONTRATISTA, quien hará todas las gestiones ante CFE y otras dependencias relacionadas, para obtener el suministro requerido.

3.4.6. Criterios de diseño eléctrico

Esta sección describe los criterios de diseño y los requisitos impuestos a los materiales que se utilizarán para todo el trabajo eléctrico relacionado con la PTAR, la cual incluye, pero no está limitada a lo siguiente:

- Coordinación y trámites con CFE
- Registro y firmas del perito responsable
- Diseño del sistema de potencia.
- Subestación alimentada por CFE.
- Sistemas de tierra.

- Alambres y cables eléctricos.
- Canalizaciones para conducción de cables.
- Iluminación.
- Pruebas y ajustes.

*3.4.6.1. Códigos y normas de diseño*

El diseño y especificación de todo el trabajo eléctrico, cumplirá con todas las leyes y reglamentos aplicables del gobierno de México, con los códigos y ordenamientos locales aplicables, y con las siguientes normas industriales:

| | |
|---|---|
| Comisión Federal de Electricidad, Especificaciones Generales | (CFE) |
| Normas Oficiales Mexicanas | (NOM) |

Cuando sean aplicables más de un código o norma, regirá el más estricto.

Las normas reconocidas de otras organizaciones serán utilizadas, cuando sirvan como lineamientos para el diseño, fabricación y construcción, y no estén en conflicto con las anteriormente mencionadas.

Las zonas explosivas o peligrosas, se clasificarán según la norma especificada en la NOM. La instalación eléctrica será conforme con los requisitos NEC para zonas peligrosas o inflamables.

*3.4.6.2. Servicio y medición por CFE*

El CONTRATISTA obtendrá de la Comisión Federal de Electricidad el suministro de la energía eléctrica para este PROYECTO a una tensión nominal de 13.2 o 22.8 kV, 3 fases, 60 Hz. El CONTRATISTA coordinará detalladamente y con oportunidad, los requerimientos de servicios provisionales y definitivos con CFE. El CONTRATISTA construirá los alimentadores para el suministro eléctrico, a partir del (los) punto(s) que señale CFE en su red.

EL CONTRATISTA está obligado a realizar los pagos de suministro provisional de energía eléctrica durante el desarrollo de la ejecución de los trabajos de construcción o rehabilitación de la PTAR.

Los requerimientos y el suministro de energía eléctrica durante la construcción de la PTAR, serán de conformidad con lo especificado en el manual de Instalaciones provisionales

*3.4.6.3. Requisitos y firmas del perito responsable*

El CONTRATISTA obtendrá los servicios de un Perito Responsable Registrado para trabajos de Ingeniería Eléctrica y recabará la información necesaria para obtener todos los permisos, pagar todos los impuestos, derechos y otros costos relacionados con el tema objeto de este párrafo. El propio CONTRATISTA presentará todos los planos y documentos

requeridos, para lograr las aprobaciones necesarias del gobierno y autoridades locales con jurisdicción, enterando al CONTRATANTE pero sin su participación.

*3.4.6.4. Diseño del sistema de energía eléctrica*

El diseño del sistema de energía eléctrica cumplirá los siguientes requisitos generales:

Requerimientos de voltaje para la distribución de energía

Los sistemas de distribución de bajo voltaje en la PTAR estarán limitados a los siguientes:

- 480/277 V, 60 Hz, trifásica, 3 ó 4 alambres, sólidamente conectados a tierra
- 220/127 V, 60 Hz, trifásica, 4 alambres, sólidamente conectados a tierra

Los voltajes para instrumentación y control, serán los “estándar” para los sistemas previstos, siempre que sean 127 V CA ó 125 V CD, o inferiores.

Todo el equipo suministrado para la PTAR será diseñado específicamente para operar con los voltajes nominales para cada caso, dentro de los arriba mencionados.

Configuración de la distribución eléctrica

La elección de la configuración del sistema de distribución, se basará en la naturaleza crítica de cada zona de proceso, el tiempo de paro estimado para reparaciones y/o reemplazo de cables y equipos que mantengan la zona en operación, flexibilidad, complejidad de la operación, costo y previsiones de expansión, así como costo de operación y conservación.

Para las cargas esenciales o críticas (para el proceso), así como para las de seguridad, se considerará el uso de sistemas selectivos de voltaje primario. Para las cargas no esenciales podrán utilizarse sistemas radiales simples.

Voltajes de operación de los equipos

En circunstancias normales, serán empleados los siguientes voltajes para operación de los equipos:

| | |
|---|---|
| Iluminación en interiores<br>Iluminación en exteriores | 127 V, monofásica.<br>220 V, monofásica. |

- Calentadores de agua, equipo de laboratorio u otro equipo portátil, hasta de 1500 W. — 127 V, monofásica.
- Calentadores de agua y equipo fijo o portátil de laboratorio, de 1500 W a 5000 W. — 220 V, monofásica, o trifásica.

| | |
|---|---|
| • Calentadores de agua, equipo de laboratorio | 220 V, monofásica. |
| • Equipo de 5000 W o más. | 480 V, trifásica. |
| • Contactos de salida. | 127 V, monofásica. |
| • Circuitos de control para motores. | 127 V, monofásica. |
| • Motores de menos de 1/2 hp. | 127 V, monofásica. |
| • Motores de 1/2 a 15 hp. | 220 V, trifásica. |
| • Motores de más 15 a 200 hp. | 440V - 480 V, trifásica. (verificando el voltaje de operación del equipo) |

Caída de voltaje

La máxima caída de voltaje en alimentadores y ramales, medida en el punto de operación del equipo, a plena carga, no excederá el porcentaje siguiente del voltaje nominal del sistema:

- Iluminación interior y exterior, motores, toma corrientes y calentadores eléctricos: 3%.

Corrección del factor de potencia

Se aplicará la corrección automática del factor de potencia, para producir en las instalaciones un factor de potencia promedio entre 0.90 a fin de reducir pérdidas, liberar capacidad del sistema, evitar multas de CFE y mejorar las condiciones del voltaje.

El CONTRATISTA agregará capacitores a todos los motores de 25 ó mayores que operen continuamente, a fin de incrementar el factor de potencia aproximadamente al 90 %, a plena carga. El CONTRATISTA coordinará la selección de capacitores, para evitar sobre corrección. Los capacitores estarán lo más cerca posible de, o en los motores. Como alternativa, podrán ubicarse en los arrancadores de motor, conectados al lado de la carga del arrancador, con dispositivos protectores y con el alambrado dimensionado conforme al NOM.

Los capacitores deberán estar provistos de un dispositivo de descarga cuando no estén en operación.

No se conectarán capacitores a: motores conectados, arrancadores de estado sólido, dispositivos de frecuencia variable, arrancadores de transición abierta y voltaje reducido, o de velocidades múltiples.

### *3.4.6.5. Líneas de alimentación eléctrica*

En caso de existir cárcamos de bombeo distribuidos dentro de la zona urbana deberán conectarse en baja tensión, a las líneas existentes de la zona, por lo que no es necesario proyectar línea alimentadora alguna, y serán alimentadas con tres fases, 220 volts, de regulación adecuada, para

lo cual deberá avisarse con tiempo a la oficina de CFE una vez definida la potencia requerida para que la C.F.E. elabore el presupuesto necesario de modificaciones a líneas y equipos de transformación.

Para las plantas de tratamiento, se deberá proyectar una línea aérea en alta tensión de acuerdo a las Normas vigentes, una vez construida deberá ser entregada para su operación y mantenimiento posterior a la Comisión Federal de Electricidad, por lo que para llevar a cabo el proyecto se deberá seguir rigurosamente los requerimientos de esta dependencia.

Factibilidad

Para que el proyectista pueda llevar a cabo los trámites de uso del suelo, requieren de CFE la factibilidad del suministro de energía eléctrica, por lo anterior el CONTRATANTE a través de su representante proyectista entregará a CFE una solicitud de factibilidad que contenga lo siguiente:

- Croquis de localización del terreno con distancias de referencia acotadas.
- Superficie.
- Datos generales del solicitante (Nombre, Dirección, Teléfono).
- Uso al que se destinará el suelo.

Una vez recibida la solicitud de factibilidad, CFE a través de su zona correspondiente dará contestación a la misma.

Bases de diseño del proyecto

Con el fin de agilizar los trámites para la elaboración del proyecto de la línea de alta tensión construida por terceros, se requiere que el proyectista obtenga de la CFE bases con la que deberá proyectar su instalación mediante solicitud acompañada por la de la documentación requerida.

Una vez cubiertos los requisitos por parte del proyectista se esperará que CFE le proporcione por escrito las bases y lineamientos generales para la elaboración del proyecto. Así como las obras específicas que se requieren para el suministro eléctrico y el monto de las aportaciones correspondientes.

Aprobación del proyecto

Con la observación tanto de construcción de la CFE como los lineamientos generales para obras ejecutadas por terceros, el proyectista entregará a CFE para su aprobación, el proyecto mediante oficio dirigido a la superintendencia de la zona, acompañado de la documentación requerida.

Con esta documentación la zona revisará el proyecto y de no encontrarlo correcto se lo comunicará al CONTRATISTA en un plazo no mayor de 15 días, indicándole las observaciones del mismo. Además se le indicará el

costo de la revisión, la cual deberá quedar liquidada antes de la nueva revisión.

Una vez que el proyecto esté revisado y correcto, la oficina de C.F.E. entregará al CONTRATISTA un oficio indicando el monto de las cooperaciones no reembolsables que deberá liquidar.

El costo de la revisión del proyecto será:

a) De 1 a 5 transformadores el importe de 7 veces el salario mínimo vigente en el D.F.
b) De 6 a 10 transformadores el importe de 10 veces el salario mínimo vigente en el D.F.
c) Para proyectos de más de 10 transformadores se considerará un salario mínimo vigente en el D.F. por cada uno.
d) Para proyectos donde no se requiere instalar transformadores, se considera el 50% del salario mínimo vigente en el D.F. por poste de AT y/o BT.
e) Estos costos, están sujetos a la aplicación de los gastos generales y del IVA.

Las obras específicas que se requieran para el suministro, estarán sujetas al “instructivo para determinación de aportaciones” en vigor.

Elaboración y firma de convenio de construcción de obras.

Una vez liquidadas las aportaciones señaladas, el CONTRATISTA acudirá a las oficinas de CFE con el fin de firmar el convenio de obra respectivo, para lo cual deberá presentar la documentación que acredite debidamente la personalidad de quién vaya a firmar el convenio.

En el momento en que el convenio de obra firmado por parte del proyectista, CFE entregará el plano firmado de aprobación, al igual que una copia de la memoria técnico descriptiva aprobada.

*3.4.6.6. Elaboración de Planos*

Verificaciones y cambios

Se requiere que el CONTRATISTA verifique en el campo las dimensiones indicadas a escala en los planos de su PROPUESTA ya que las localizaciones, distancia y niveles reales serán regidos por las condiciones en el campo.

El CONTRATISTA deberá revisar también sus planos de proyecto arquitectónico, estructural, de plomería, ventilación, tubería, etc., debiendo ajustar su trabajo a las condiciones que ahí indica para evitar interferencias.

Todos los cambios en los planos de su PROPUESTA necesarios para que el trabajo esté de acuerdo a la construcción de la Planta de Tratamiento deberán hacerse por el CONTRATISTA sin cargo adicional.

En cualquier caso de duda de localización exacta de cualquier tipo eléctrico, se deberá consultar inmediatamente al CONTRATANTE o su Representante, sin cuya decisión dicho equipo no deberá ser localizado por el CONTRATISTA, salvo a su propio riesgo y costo.

El CONTRATANTE o su Representante se reservará el derecho de hacer cambios razonables en la localización de salidas o equipo, hasta la fecha de colocación de las tuberías ocultas, sin costo adicional para él.

EL CONTRATISTA deberá registrar todos los cambios en el trabajo eléctrico y a la terminación del trabajo entregará al CONTRATANTE o su representante los planos corregidos donde se muestren dichas modificaciones.

*3.4.6.7. Canalizaciones*

Sistemas de canalizaciones subterráneas

Para distribución en el sitio, se diseñará un sistema subterráneo de conduits. Se instalarán canalizaciones y registros de inspección, separados para cada uno de los siguientes servicios:

- Cables de potencia.
- Cables de control.
- Circuitos particularmente sensibles al ruido, tales como de instrumentación o comunicaciones.

Todos los conjuntos de ductos subterráneos serán instalados de acuerdo con los siguientes métodos:

- Los ductos tendrán pendiente hacia los registros de inspección, no menor a 25 mm en 10 m (0.25%), para proporcionar un drenaje adecuado.
- Los conduits para cables de potencia y de control, serán de PVC rígido.
- Los conduits para instrumentación, comunicaciones y otros circuitos sensibles al ruido, serán de acero.
- El acero de refuerzo del concreto, no formará campos magnéticos cerrados entre los ductos. Se utilizarán separadores no magnéticos, para conservar el espacio entre ductos.

Donde sea requerido, se ubicarán pozos de visita de concreto reforzado, de manera que el cable pueda ser instalado sin exceder las tensiones permisibles para cableado, y las presiones laterales en sus paredes. Cada pozo de visita cumplirá los siguientes requisitos:

- Contar con anclas y soportes para apoyar los dispositivos de cableado.
- Disponer de apoyos para soportar los cables.

- Las cubiertas de los registros serán de tamaño suficiente para poder introducir los cables a través del registro con radio de curvatura, tal que haga innecesario empalmarlos.
- Tendrán fondo hermético y cárcamo provisto de alguna forma de drenaje.

Conduit Rígido

La instalación de todos los conduits, deberá realizarse de tal manera que los tubos no se maltraten y queden firmemente sujetos, instalados de una manera ordenada según se muestra en los planos evitando los cruces innecesarios entre conduits.

Los conduit deberán ser instalados en forma ya sea paralelo en ángulos rectos con las trabes y columnas estructurales. Los conduits deberán estar separados cuando menos 30 cm de cualquier otra tubería no eléctrica. Los conduits verticales deberán estar a plomo.

Todos los conduits deberán ser instalados de manera que se asegure una continuidad eléctrica permanente (trayectoria de baja resistencia a tierra de todas las partes de las canalizaciones al sistema de tierras de la planta.

En las roscas no se deberá usar pintura ni ningún material que evite la continuidad eléctrica en la tubería conduit, como se menciona en el párrafo anterior.

Los conduits deberán estar libres de humedad, polvo y materiales extraños cuando los conductores sean instalados. Los extremos de conduits en proceso de montaje deberán ser tapados tan pronto como sean instalados para evitar la entrada de humedad, polvo o materiales extraños durante la construcción.

Los conduits de reserva deberán ser limpiados y tapados con accesorios normales, cuando no sean protegidos permanentemente por otros medios tales como cajas de conexiones cubiertas.

El sistema completo de conduits incluye accesorios, cajas de conexiones etc., deberá ser instalado de manera que se evite la entrada de agua y materiales extraños.

Los dobleces en los conduits deberán hacerse en frío y en ningún caso conduit deberá ser calentado; no se instalará ningún conduit que este aplastado, deformado, o con cualquier otro daño. Los dobleces en los conduits deberán hacerse simétricos y de apariencia bien terminada. En ningún caso el conduit deberá ser doblado a más de 90°

Todos los conduit cuando se agrupen en dos o más camas deberán ser instalados con dobleces concéntricos solamente.

Todas las aberturas previstas para conduits o camas de tubos deberán ser rellenadas para después de la instalación del conduit. Todos los conduits deberán ser expuestos, excepto si se especifica otra cosa en los dibujos. Todos los conduits subterráneos deberán ser protegidos con una cubierta de concreto de 100 kg/cm2.

Toda la excavación de trincheras para la instalación de conduits subterráneos deberá ser rellenada y compactada de acuerdo a las recomendaciones civiles en cada lugar específico hasta el nivel del terreno adyacente; y cualquier césped concreto o asfalto que haya sido removido deberá ser reemplazado para cumplir con las condiciones antes de que tuviera lugar la excavación.

Se deberá usar conduit metálico rígido para todas las instalaciones de conduit expuestos y ocultos, pudiéndose usar tubería de PVC ahogada en concreto.

El conduit rígido metálico deberá ser de acero galvanizado por inmersión en caliente. Cuando sea de acero, la capa de galvanizado no deberá sufrir fracturas cuando el conduit sea doblado.

El diámetro del conduit deberá ser el especificado en los planos con un diámetro mínimo de 19 mm (3/4) para fuerza, alumbrado, control e instrumentación.

Los extremos de cada conduit deberán ser limitados después de cortarse para asegurar una superficie interior lisa y evitar daño a los conductores, en el momento de alambrar.

Todas las uniones de conduits no deberán tener menos de 5 cuerdas de acoplamiento entre conduit y cople o salida roscada y deberán quedar apretadas. No se permitirá el uso de accesorios sin rosca o con rosca corrida.

Los conduits ahogados en las losas de piso deberán tener una cubierta mínima de concreto de 25 mm (1”), y no deberán ser menores de 19 mm o (3/4”).

La tubería y conexiones metálicas conduit rígida, pared delgada, sin rosca, esmaltada, únicamente se utilizará en instalaciones visibles u ocultas en lugares secos que no estén, expuestos a la humedad y a la corrosión, ni a daños mecánicos, no se utilizará en zanjas o en áreas peligrosas.

La tubería y conexiones metálicas conduit galvanizada, pared gruesa, con rosca, se utilizará en instalaciones visibles y ocultas en lugares húmedos; se deberá tener especial cuidado en la hermeticidad usando cajas, uniones y demás accesorios adecuados; en lugares de condiciones corrosivas severas se deberá proteger convenientemente.

Las tuberías y conexiones conduit de PVC rígido, tipo pesado, se utilizarán preferentemente en regiones costeras o húmedas.

Siempre que la distancia lo permita se utilizarán tubos enteros, evitando el uso de padecería y coples para dar mayor rigidez a la instalación.

Conduit Flexible

La conexión a todos los motores se deberá hacer con conduit flexible a prueba de líquidos del mismo diámetro que el conduit de alimentación, y la conexión deberá ser tan corta como sea práctico.

Accesorios para conduits.

Todos los accesorios para conduit rígidos metálicos deberán ser de aluminio libre de cobre.

Las cajas tipo condulet deberán ser tapas atornilladas incluyendo empaques y deberán ser colocadas en forma accesible para mantenimiento.

Todas las cajas de conexiones fabricadas en campo y en exteriores, deberán ser a prueba de intemperie, se colocarán en forma accesible para mantenimiento.

En interiores, cuando conduits entren en cajas o equipo, que no tengan salida roscada, se deberán usar dos contratuercas (una adentro y otra afuera), y un monitor, debiéndose usar toda la cuerda del monitor.

Soporte para conduit

El CONTRATISTA deberá suministrar todos los soportes e instalarlos con una separación máxima entre soportes de 2.50 m. Las camas de conduits se deberán soportar, usando los accesorios mostrados en los planos.

Se deberán usar barrenanclas del tamaño apropiado, para fijar el conduit y soportes de equipo, al material del edificio o estructural tal como concreto, mampostería, ladrillo, etc. No se permitirán taquetes de madera o de plástico insertados en la mampostería.

Los conduits pueden ser soportados del acero estructural, concreto, mampostería o de otros soportes y estructuras usadas para tubería mecánica, sin embargo no se permitirán perforaciones a la soportería estructural de acero.

Los soportes deberán dimensionarse para acomodar un 25% más de los conduits instalados actualmente.

*3.4.6.8. Charolas.*

Todas las charolas deberán tener la resistencia y rigidez necesaria para soportar el peso de los cables; las superficies deberán ser completamente

lisas y no presentar aristas agudas, rebabas u obstrucciones que pudieran deteriorar el aislamiento de los cables.

Todos los accesorios para ensamble longitudinal de las charolas, deberán ser del mismo material que estas y las superficies serán lisas de tal manera que hagan un buen contacto como continuidad eléctrica.

Las charolas se deberán soportar usando los accesorios mostrados en los planos.

Si por adiciones en campo es necesario añadir más cables a las charolas de los indicados en los planos, se deberá de respetar las disposiciones del NTIE a este respecto.

*3.4.6.9. Conductores*

Alambres y Cable

El alambre y cable aislado, deberán de ser de marca reconocida con aislamiento THHW antiflama con nivel de aislamiento mínimo de 600 Volts o mayor cuando se requiera y se debe instalar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, respetando la máxima tensión en el cable, la máxima presión en el aislamiento y el radio mínimo de curvatura.

Donde los conductores sean instalados por equipo capaz de exceder la tensión de jalado recomendada, se deberán tener medios de protección para asegurar que no se alcance la tensión máxima.

Los conduits se deberán limpiar interiormente antes de que instalen los cables, Se debe hacer pasar por los ductos subterráneos un mandril y un escobillón antes de instalar los cables.

Instalación de conductores

El tipo de conductor, calibre, número, color, disposición circuitos serán señalados en el proyecto.

No se permitirá iniciar la introducción de conductores en ninguna tubería que no esté fijada y terminada totalmente, así como comprobar que la tubería se encuentre limpia y acoplada.

No deberán introducirse más de diez (10) conductores en un tubo conduit, excepto cuando se trate de hilos de control. El número de conductores deberá apegarse a las recomendaciones del CONTRATISTA, así como el reglamento de obras e instalaciones eléctricas; los conductores incluyendo sus forros y aislamientos, no deberán ocupar más de cuarenta (40%) de la sección interior del tubo. Dentro de las cajas incluyendo los empalmes y su aislamiento no deberán ocupar más del sesenta (60%) por ciento del volumen de la caja.

El calibre mínimo autorizado será de Núm. 12 AWG.

Los conductores deberán cortarse con la dimensión suficiente para que queden puntas adecuadas para efectuar las conexiones o empalmes en cajas. No se permitirá que los empalmes entre conductores queden en el interior de la tubería conduit, aún en el caso en que estos queden perfectamente aislados.

Todos los conductores deberán instalarse con los cables unidos y fijados a las charolas en formación trébol para un circuito y ajustándose a las indicaciones de localización mostradas en los planos.

Todos los conductores deberán identificarse clara y permanentemente.

No se permitirán derivaciones intermedias entre puntos terminales de un cable a menos que se tengan las protecciones necesarias.

Terminales y Empalmes

Todas las superficies de contacto de conductores, en derivaciones o empalmes se deberán limpiar para asegurar una máxima conductividad. Los empalmes se deberán hacer solo en cajas de conexión.

En empalmes y derivaciones en cable mayor que el Núm. 8 AWG se deberán usar conectores del tipo compresión.

Cinta aislante

Todos los empalmes y terminales para 600 Volts o menos se deberán encintar aplicando la cinta de la siguiente manera:

Calibre del cable # 12 y 10 AWG mínimo 3 capas de cinta plástica traslapadas 50%

Calibre del cable # 8 AWG y mayor - mínimo 3 capas de cinta plástica traslapadas 50% sobre masilla aislante en forma de cinta en cantidad suficiente para eliminar y aristas.

Todos los empalmes y terminales para tensiones mayores de 1000 Volts, deberán hacerse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

### *3.4.6.10. Sistema de Fuerza*

Sistema de fuerza, comprende todos los trabajos necesarios por realizar para distribuir la energía eléctrica dentro de las instalaciones de la planta, iniciándose en el tablero de distribución en la subestación principal y/o tablero de distribución cuando los halla y terminado en los motores o equipos.

Para lograr una mejor coordinación en los trabajos, el sistema de fuerza podrá estar constituido por los siguientes sistemas de distribución, de acuerdo al proyecto.

- Sistema de distribución primario,

- Sistema de distribución a centros de carga.
- Subestaciones secundarias.

Para el caso de que el proyecto comprenda una distribución primaria incluyendo las subestaciones, se contará con los planos donde se indican las instalaciones por realizar. EL CONTRATISTA deberá efectuar los trabajos que a continuación se mencionan, sin ser limitativa la lista sino indicativa:

- Fabricación, montaje y pintura de soportes para canalizaciones.
- Instalación de canalizaciones
- Tendido de conductores, incluyendo acomodo y sujeción en su caso
- Instalación de terminales en ambos extremos del conductor.
- Suministro de los conectores terminales cuando no sean proporcionados por él.
- Montaje de equipos eléctricos incluyendo sus accesorios
- Conexión de equipos eléctricos incluyendo los accesorios de los mismos.

El suministro de materiales y equipos se menciona claramente en el contrato correspondiente, sin embargo, el Contratante y su Representante podrán dar instrucciones al CONTRATISTA para la adquisición de lo necesario para la construcción.

*3.4.6.11. Sistema de Alumbrado*

El sistema de alumbrado comprende todos los trabajos que deberá realizar el CONTRATISTA para que la planta cuente con una iluminación adecuada en cada una de las áreas. Los planos correspondientes, incluyen la información relativa a los equipos de iluminación, su protección y control, así como las canalizaciones y los conductores respectivos. La marca y modelo de las luminarias indicadas en los planos deberán respetarse, cualquier modificación a esto deberá obtener la aprobación por escrito del CONTRATANTE.

Este sistema se inicia en los tableros para alumbrado y termina en los equipos de iluminación correspondientes, se consideran también accesorios para su control como son apagadores, foto-celdas, contactores, etc.

Los trabajos que realizará el CONTRATISTA en forma genérica pero no limitativa son los siguientes:

a) Fabricación, montaje y pintura de soportes para equipos de iluminación y sus canalizaciones.
b) Montaje de equipos de iluminación
c) Instalación de canalizaciones y accesorios de control para sistema de alumbrado.
d) Alambrado

e) Conexiones necesarias.

Para el caso del alumbrado exterior el CONTRATISTA deberá observar lo siguiente:

Las unidades podrán ser colocadas en postes o muros junto con la ménsula, instalando las lámparas y reactores una vez que estén perfectamente fijas en su sitio definitivo, incluyendo el cableado desde los conectores hasta la unidad.

Los reactores que se utilizan para suministrar el voltaje y corriente necesaria para la operación de la lámpara en postes, deberán instalarse en el interior de la base de fierro de poste o en una caja construida exprofeso en el muro. El tipo de reactor será de acuerdo con el circuito y tipo de lámpara empleada.

Las puntas de los cables de conexión deberán tener una longitud de 40 mm sobrante que servirá posteriormente para reparaciones.

Salvo indicación contraria, los reactores se instalaran en el interior de los registros o en otro lugar que no sea la base metálica del poste.

Adicionalmente a lo anterior, se observará lo indicado en las normas NOM y especificaciones de Obra Pública vigentes.

El suministro de materiales y equipos deberá estar de acuerdo a lo mencionado en el contrato correspondiente y las órdenes expresas del Contratante o su Representante.

### *3.4.6.12. Fuentes de luz*

El sistema de alumbrado será diseñado de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), para proporcionar niveles de iluminación solicitados en la siguiente tabla “Niveles generales de iluminación”, la cual resume los niveles de iluminación mínimos requeridos para las distintas zonas de trabajo.

La selección de las fuentes de iluminación y de luminarias, estará basada en su aptitud para operar en las zonas descritas.

**Niveles generales de iluminación**

| Interiores | Luxes mantenidos |
|---|---|
| • Salas de juntas. | 750 |
| • Auxiliares, tanques, compresores, zonas de medidores y de equipo. | 200 |
| • Cuarto de control, tableros de control principal y auxiliares. | 500 |
| • Cuarto de control, ubicación del operador. | 750 |
| • Cuarto de control, alumbrado de emergencia. | 200 |
| • Laboratorio. | 1000 |

| | |
|---|---|
| • Oficinas. | 900 |
| • Interruptores y Centros de Control de Motores (CCM). | 500 |
| • Baños. | 100 |
| • Teléfonos y comunicaciones. | 500 |
| Zonas exteriores | |
| • Zonas generales. | 10 |
| • Áreas de almacenamiento activas | 200 |
| • Entradas de edificios, escaleras, plataformas y andadores. | 50 |
| Calles | |
| • Entre y a lo largo de edificios. | 20 |
| • No flanqueada por edificios. | 5 |
| • Estacionamientos. | 20 |
| Equipo eléctrico exterior | |
| • Zonas generales horizontales. | 20 |
| • Tareas verticales. | 50 |

*3.4.6.13. Sistema de protección contra descargas atmosféricas*

El CONTRATISTA diseñará e instalará un sistema de protección contra descargas atmosféricas. Los edificios de operación, los de almacenamiento de productos químicos, la estructura de toma y cualquier estructura con un índice de riesgo de 4 ó superior (moderado-severo a severo) estarán provistos de un sistema adecuado de protección contra descargas atmosféricas.

La protección contra rayos constará de terminales aéreas instaladas en los techos, las cuales estarán conectadas entre sí y con la parrilla de tierra, mediante conductores de cobre y serán dispuestas de manera que proporcionen protección a las instalaciones que cruzan los techos, como tuberías, equipo de ventilación, antenas, etc.

Se construirán pozos de prueba, según se requieran.

*3.4.6.14. Controles de frecuencia variable*

Todos los controles de frecuencia variable usados en la PTAR, serán del mismo tipo y producidos por un solo fabricante. Cada control de frecuencia variable, estará diseñado y provisto de todo el equipo necesario para proteger del efecto de distorsión armónica, al actuador y al sistema de potencia, adelante del control, según se recomienda en IEEE 519.

Cada control será diseñado para operar a partir de un bus de potencia, que pueda contener una distorsión armónica total de voltaje de hasta 5%.

*3.4.6.15. Sistema General de Tierras*

Se deberá instalar un anillo de tierras consistente del cable (del calibre indicado en planos) de cobre trenzado semiduro desnudo, enterrado a

profundidad indicada en planos; a este anillo se deberán conectar varillas de tierras, tipo copperweld según se indica en los planos correspondientes. Se deberá interconectar a este sistema de tierras todo el equipo en áreas exteriores que se muestra en los planos. También se deberá interconectar a este sistema la red de tierras de la subestación.

Protecciones mecánicas.

Se deberá permitir suficiente libertad a todos los conductores de tierra colocados bajo losas de edificios, bajo cementaciones o bajo el piso para eliminar la posibilidad de esfuerzos y rotura debidos a movimientos de estructuras respecto al suelo. La libertad de movimiento del conductor de tierras es especialmente importante donde éste cruza juntas de expansión entre los edificios.

Conexiones a tierra.

Las conexiones a tierra de las columnas o ramales verticales de tubería se deberán hacer 15 cm. (6”) arriba del piso terminando, (n.p.t.). Las conexiones entre cables o entre varillas deberán ser del tipo soldable (Cadweld).

Se deberá conectar a tierra con conectores de aleación de cobre todas las charolas, armazones de motores, tableros, tanques de transformadores, y partes expuestas no conductoras de corriente del equipo eléctrico, así como otras partes que se indican a continuación.

Se deberán conectar sólidamente a tierra los neutros de los transformadores de alumbrado por medio de un cable a la boquilla del transformador, independientemente de la conexión a tierra del tanque.

Los neutros de los transformadores de potencia o de distribución, deberán conectarse a tierra de acuerdo a lo indicado en los diagramas unifilares.

La terminal de conexión a tierra de todos los contactos polarizados, deberá conectarse por medio de un conductor aislado.

La conexión a tierra de charolas deberá realizarse con conectores mecánicos de aleación de cobre y mediante puentes en cada unión de tramos, a todo lo largo de la trayectoria y bajadas a la red general de tierras a cada 25 m.

Se deberán conectar a tierra con conectores soldables, tanques, estructuras y tuberías de acero a proceso.

Red de tierras.

De acuerdo a lo indicado en los planos, la subestación principal deberá contar con una red de tierras específica, la cual a su vez se conectará al sistema general de tierras de la planta.

El CONTRATISTA deberá proporcionar de así asentarse en el contrato, e instalar todos los buses, aisladores, herrajes, luminarias y equipos auxiliares para el funcionamiento de la subestación; en general deberá cumplirse con lo que establece el capítulo 3.03.05.132 de las Normas y Especificaciones de la Obra Pública de la CNA para subestaciones y con el capítulo 3.03.05.134 para acometidas de las mismas Normas.

La obra electromecánica y equipamiento de la planta de tratamiento requerida para la presente Licitación deberá de considerarse para un flujo de cien litros por segundo en dos módulos de cincuenta litros por segundo a caudal medio cada uno.

*3.4.6.16. Puesta en operación*

Cuando la empresa suministradora entregue la energía eléctrica a la subestación principal, el CONTRATISTA deberá tener los equipos listos para de inmediato hacer las pruebas de operación y dejar trabajando dicha subestación.

*3.4.6.17. Reportes de pruebas*

De todas y cada una de las pruebas realizadas por el CONTRATISTA, deberá tomarse las lecturas correspondientes y hacer un reporte para que sea aceptado por EL CONTRATANTE o su Representante.

*3.4.6.18. Equipos*

Generalidades

Todos los equipos eléctricos mencionados, deberán ser instalados por el CONTRATISTA, siguiendo las recomendaciones de los instructivos para instalación, Operación y Mantenimiento de cada fabricante.

Los trabajos necesarios, deberán realizarlos el CONTRATISTA con sus herramientas y personal.

Relación de Equipos

Los párrafos anteriores se refieren a los equipos que a continuación se mencionan, sin embargo, la relación es indicativa mas no limitativa y el CONTRATISTA deberá ser responsable de la instalación de todos los equipos aun cuando no se mencionen en la relación siguiente:

1. Interruptores
2. Cuchillas desconectadas
3. Transformadores
4. Resistencias de puesta a tierra
5. Apartarrayos
6. Transformadores para medición y protección
7. Bus ductos
8. Tableros para menos de 600 V.

9. Centros de control para motores (CCM's)
10. Motores
11. Transformadores para alumbrado
12. Tableros para alumbrado
13. Bancos de capacitores

*3.4.6.19. Supervisión.*

Generalidades.

El CONTRATISTA deberá contar permanentemente en la obra, con supervisores para los diferentes niveles de trabajos por realizar de acuerdo al contrato. El personal de supervisión por parte del CONTRATISTA, deberá estar capacitado para resolver cualquier problema de su especialidad que se presente en obra.

La permanencia del personal de supervisión en la obra, será desde el inicio hasta que el CONTRATANTE o su Representante lo juzgue convenientemente.

Responsabilidades.

El personal de supervisión deberá detectar con anticipación las posibles interferencias con otras instalaciones modificaciones y/o substituciones y proponer las soluciones en su caso al CONTRATANTE o su Representante.

La calidad de los trabajos realizados será responsabilidad del personal de supervisión del CONTRATISTA y deberá aclarar con el CONTRATANTE o su Representante cualquier duda o discrepancia en la calidad de los trabajos realizados.

*3.4.6.20. Limpieza y Pintura.*

Limpieza

Todas las superficies deberán ser limpiadas de polvo, óxido, incrustaciones, grasa. y otros materiales extraños, y deberán ser dejados en condiciones aceptadas por el CONTRATANTE o su Representante y preparadas para ser pintadas si así se requiere.

Pintura

Todos los tableros de distribución de alumbrado, gabinetes de otros equipos, etc. y equipo eléctrico suministrado con acabado, barnizado o laqueado por el fabricante, que hayan sido raspados o maltratados por el CONTRATISTA durante la construcción deberán ser completamente repintados y reparados a su acabado original por dicho CONTRATISTA, sin costo adicional para el CONTRATANTE o su Representante.

*3.4.6.21. Pruebas*

Generalidades

El CONTRATISTA deberá contar con los equipos y la mano de obra especializada para realizar las pruebas necesarias para dejar en operación todo el sistema de distribución de energía eléctrica.

El CONTRATANTE o su Representante deberán ser notificados cuando el CONTRATISTA vaya a realizar alguna prueba con el objeto de que él o su representante puedan presenciarla.

De todas y cada una de las pruebas, el CONTRATISTA deberá hacer un reporte indicando los valores obtenidos, para recabar la aceptación de los mismos por parte del CONTRATANTE o su Representante.

Para algunos materiales y/o equipos el Contratante se reserva el derecho de llamar a un tercero para realizar las pruebas de aceptación de un equipo o instalación, suministrado el CONTRATISTA los materiales y mano de obra auxiliares para la realización de las mismas.

Después de las pruebas, el CONTRATISTA deberá efectuar todos los cambios y correcciones necesarias si los hay, para poder dejar en operación todos los equipos y sistemas.

*3.4.6.22. Pruebas de Sistemas.*

Sistema de fuerza

Todos los sistemas de distribución y control deberán ser aprobados por el CONTRATISTA para tener la seguridad de continuidad, ausencia de fallas a tierra y entre fases, rigidez dieléctrica, etc.

Todos los circuitos en secuencia deberán ser verificados por el CONTRATISTA obtener la correcta operación de los equipos involucrados, tal y como se indica en los planos de diagrama esquemáticos de control.

En los motores el CONTRATISTA deberá verificar el sentido de rotación antes de acoplarlo al equipo.

Sistema de Alumbrado.

Este sistema deberá ser probado por el CONTRATISTA como sistema de distribución para tener la seguridad de continuidad, ausencia de fallas a tierra y entre fases, rigidez dieléctrica, etc.

El sistema deberá probarse con todos los equipos de control, verificándose las condiciones de iluminación requerida en el diseño.

El CONTRATISTA deberá coordinar con EL CONTRATANTE y su Representante, la posición angular más adecuada de reflectores; cuando haya interferencia con luminarias, presentará sugerencias para su relocalizacion.

Cuando por razones de construcción algunos equipos sean cambiados en su localización, el CONTRATISTA deberá modificar la posición de luminarias para cumplir con el nivel de iluminación adecuado.

Sistema de tierras

Para este sistema, el CONTRATISTA deberá contar con el equipo necesario para hacer pruebas de resistencia de la malla de tierras. En caso de que los resultados sean mayores de 10 ohms, el CONTRATISTA deberá informar al CONTRATANTE, o su Representante, de las adiciones a la malla para obtener el valor antes mencionado.

*3.4.6.23. Misceláneos.*

Todos los equipos y controles u otras componentes del sistema eléctrico que se operen frecuentemente se deban instalar en sitios que sean fácilmente accesibles.

Todo trabajo eléctrico deberá ser realizado de tal manera que se requiera el mínimo de modificaciones y reparaciones a las construcciones. Cualquier daño por error o accidente que cause el CONTRATISTA deberá ser reparado por su cuenta.

Deberán escribirse nítidamente, a máquina tarjetas de directorio donde se indique la designación correcta de todos los circuitos derivados en los tableros de distribución y alumbrado.

Cuando el CONTRATISTA por razones de realización de sus propios trabajos deba afectar otras instalaciones o construcciones, deberá obtener la aceptación del Contratante o su Representante para poder proceder, y comprometerse a reparar los daños o modificaciones sin costo adicional y a satisfacción del Contratante o su Representante.

*3.4.6.24. Energía temporal para construcción.*

La energía para fuerza y alumbrado será proporcionada y en su caso gestionada ante la CFE por el CONTRATISTA, hasta un desconectador con fusible.

Los materiales y equipos para cubrir las necesidades del CONTRATISTA y su mantenimiento serán por cuenta del CONTRATISTA.

En los registros o cajas de conexión se deberá dejar suficiente longitud de cable para permitir hacer empalmes o terminales posteriormente a la instalación original, motivadas por fallas en el cable.

## 3.5. Protección anticorrosiva para equipo de acero.

Todas las estructuras de acero, la soportería, las tuberías, los empotramientos y en general toda pieza de acero deberá proveerse de una protección anticorrosivo

exterior en todos los casos e interior cuando así se especifique, de acuerdo a su exposición a la intemperie y la calidad ambiental del medio, de la siguiente forma:

3.5.1. Definición y ejecución

El recubrimiento de las piezas de acero se hará inmediatamente después que el Supervisor del CONTRATANTE haya aprobado la limpieza de la pieza, en un lapso no mayor de cuatro horas, por consiguiente no deberán limpiarse áreas grandes, sino únicamente aquellas que alcancen a recubrir en el tiempo especificado.

Para extremos que deberán ser soldados en campo, se dejará una faja de quince centímetros, sin pintar en el interior y exterior de la pieza. Las partes maquinadas que vayan a deslizar entre sí, no irán pintadas.

No deberá aplicarse el recubrimiento cuando:

a) Los trabajos son a la intemperie y existan tolvaneras o lluvias.
b) La superficie por recubrir esté mojada o húmeda.
c) La temperatura ambiente sea menor de diez grados centígrados.
d) La humedad relativa sea mayor de noventa por ciento.

La aplicación del recubrimiento se hará utilizando cualquier método, sin embargo para cualquiera que se seleccione se deberán seguir las instrucciones y especificaciones del fabricante de los equipos utilizados.

Si se opta por la aplicación por aspersión neumática deberá ser previa autorización del Ingeniero Supervisor y deberá estar equipado con un tanque regularizador de presiones y dispositivo separador del aceite y humedad que eventualmente pueda contener el aire del equipo neumático.

Terminada la aplicación, la película protectora deberá quedar uniforme y libre de escurrimientos, gotas, agrietamientos, corrugados descubiertas. Todas las irregularidades deberán ser removidas, a juicio del Residente, serán simplemente reimprimidas limpiadas nuevamente cepillándolas y/o soplándolas con chorro de arena para ser posteriormente retocadas aplicando nuevamente el material de impresión.

Se debe contemplar el suministro y aplicación de una capa de primario epóxico catalizado (RP -6, Norma Pemex) a un espesor de película seca por capa de 0.005". El suministro y aplicación de dos capas de acabado epóxico de altos sólidos (RA-26, Norma Pemex) a un espesor de película seca por capa de 0.005" en color blanco, Código Munsell Número N 9.5 dando un espesor total de 0.012".

La pintura de esta tubería deberá ser de alta calidad, con un brillo mínimo de 50 a 60 por ciento, debiendo tener una resistencia al rayado igual o mejor al grado 413 según ASIM-D- 3359.

Se medirá el espesor inmediatamente después de ser aplicado el recubrimiento.

Higrómetros.- Se utilizará para determinar la humedad relativa del medio ambiente.

Malla U.S Estandard Mex.: El juego de mallas, tiene por objeto determinar periódicamente la granulometría del abrasivo para limpieza como parte de control de la calidad de preparación de superficies.

La aplicación de recubrimientos a base de un sistema anticorrosivo de productos de alquitrán de hulla colocado en caliente y refuerzos mecánicos en tuberías, se sujetará a lo siguiente:

a) Suministro y aplicación de una capa de esmalte anticorrosivo a base de hulla, colocada en caliente con un espesor de película seca de 40 a 50 milésimas de pulgadas.

b) Suministro de una envoltura de malla de fibra de vidrio (vidrio-flex) o similar de 457.2 mm. de ancho, con traslapes de 10 cm. en las uniones punta y cola de las bobinas y de 1.5 a 2.5 cm. en espiral, con espesor de 20 a 22 milésimas de pulgada.

c) Suministro de revestido final de fieltro de acabado o envoltura exterior, de filamento de vidrio de 457.2 m.m. de ancho, con traslape de 10 cm. en las uniones punta y cola de las bobinas de 1.5 a 2.5 cm. en espiral, a un espesor de 30 a 36 milésimas de pulgada.

El espesor final del recubrimiento exterior deberá tener como mínimo 3/32".

La aplicación del esmalte, con los refuerzos mecánicos, deberá hacerse en una sola operación y con el equipo automático adecuado, de manera que los refuerzos mecánicos queden embebidos con el esmalte.

Para el caso del concepto que se refiere al PARCHEO EXTERIOR, son actividades iguales a los descritos anteriormente referidas a las porciones de unión de tubos soldados, por lo que el tratamiento es semejante al procedimiento de protección de la tubería en la obra; y siendo aplicable todo lo especificado.

En todos los casos se deberá hacer la limpieza y aplicación de los recubrimientos en un taller que cuente con las instalaciones y el equipo adecuado según las especificaciones correspondientes, quedando como trabajo en campo, lo referente a detallado, parcheo y retoques.

## Especificaciones de protección anticorrosiva en función de la calidad ambiental prevaleciente

| | Interior | Exterior | Inmersión | Enterrado o ahogado en concreto | Accesorios y elementos mecánicos |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de limpieza** | Chorro de arena acabado comercial. | Chorro de arena acabado casi metal blanco. | Chorro de arena acabado metal blanco. | Chorro de arena acabado comercial. | Mecánica a base de carda, cepillo, soplete rasqueta y lija |
| **Especificación** | SSPC-SP-6-NACE No. 3 | SSPC-SP-10-NACE No. 2 | SSPC-SP-5-NACE No.1 | SSPC-SP-6-NACE No. 3 | SSPC-SP-3 |
| **Recubrimiento primario** | Epóxico catalizado (RP -6, Norma Pemex) | Epóxico catalizado (RP -6, Norma Pemex) | Epóxico Alquitrán de Hulla tipo B (EH_B) | Epóxico Alquitrán de Hulla tipo B (EH_B) | Epóxico catalizado (RP - 6, Norma Pemex) |
| **No. de capas y espesor mínimo seco.** | 2 Capas, 5 milésimas de pulgada c/u. | 2 Capas, 5 milésimas de pulgada c/u. | 2 Capas, 6 milésimas de pulgada c/u. | 2 Capas, 6 milésimas de pulgada c/u. | 2 Capas, 3 milésimas de pulgada c/u. |
| **Recubrimiento de acabado** | Epóxico de altos sólidos (RA-26, Norma Pemex). | Epóxico de altos sólidos (RA-26, Norma Pemex). | Epóxico Alquitrán de Hulla tipo B (EH_B) | Epóxico Alquitrán de Hulla tipo B (EH_B) | Epóxico de altos sólidos (RA-26, Norma Pemex). |
| **No. de capas y espesor mínimo seco en pulgadas** | 2 Capas, 5 milésimas c/u. | 2 Capas, 5 milésimas c/u. | 2 Capas, 6 milésimas c/u. | 2 Capas, 6 milésimas c/u. | 2 Capas, 3 milésimas c/u. |