

### PROPUESTA TECNICA.

Nota de Alcance, Carácter Referencial y Marco de Responsabilidad Técnica: La presente propuesta técnica se constituye como un modelo de referencia funcional, metodológico e indicativo, fundamentado en procesos de ingeniería hídrica y saneamiento de aguas residuales ampliamente comprobados y validados operativamente. Se establece de manera explícita e irrestricta que el contenido, diagramas de flujo, trenes de tratamiento y premisas operativas aquí descritos **no poseen un carácter absoluto, definitivo ni vinculante** para la estructuración contractual del desarrollo.

La **Empresa E.P.C.** y la **SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM** podrán tomar esta propuesta únicamente como una guía de partida técnica. La utilización, modificación o adopción de estas bases no generará nexo causal, responsabilidad legal, garantía implícita ni vínculo de éxito o fallo técnico respecto a la obtención final de los volúmenes o a la calidad del agua residual tratada en sus diferentes especificaciones y grados de reúso.

El único modelo técnico, dimensional e ingenieril jurídicamente válido y auditable para la fase constructiva y de operación comercial será el **Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle** formulado, emitido y avalado de forma definitiva por la **SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM**. Dicho Proyecto Ejecutivo se adaptará dinámicamente a los requerimientos reales de flujo ( $L/s$ ), presiones de entrega y parámetros específicos de calidad (tratamiento secundario, Ultrafiltración u Ósmosis Inversa) solicitados por las Empresas de Consumo (Inquilinos Industriales / Off-takers) e integrados en sus Contratos de Suministro Hídrico y en las reglas del Fideicomiso Maestro.

### CALIDAD Y FLUJO DE AFLUENTE DE AGUA CRUDA.

Origen de la Información Baseline y Carácter Informativo: Los datos históricos, gastos volumétricos ( $L/s$ ) y parámetros fisicoquímicos/biológicos preliminares contenidos en este apartado provienen directamente de los registros operativos y muestreos iniciales facilitados por el organismo operador municipal SIMAS FIM. Dichas cifras se presentan con fines estrictamente orientativos e ilustrativos para el dimensionamiento conceptual de la infraestructura.

Obligación Técnica de Campo de la Empresa E.P.C. y Deslinde de Responsabilidad: Se establece de manera vinculante que la información proporcionada por SIMAS FIM **posee un carácter meramente informativo y no genera responsabilidad ni compromiso técnico para el proyecto final.**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

Para la formulación del **Proyecto Ejecutivo e Ingeniería de Detalle**, la **Empresa E.P.C.** en coordinación con la **SPE Tecnóloga Agua Responsable FIM** estará jurídicamente obligada a:

- **Aforos y Muestreos Directos:** Realizar de manera autónoma e in situ las campañas de aforos hidráulicos continuo y las caracterizaciones fisicoquímicas, microbiológicas y de contaminantes críticos en las descargas y colectores principales.
- **Variaciones Estacionales:** Evaluar las fluctuaciones de gasto (picos y estiajes) y picos de concentración de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, grasas y aceites) durante periodos representativos.
- **Asunción Plena de Responsabilidad:** Asumir la responsabilidad total sobre el dimensionamiento del tren de tratamiento, la selección de reactivos, balances de materia y garantizarían de la calidad del efluente final tratada.

La Empresa E.P.C. y la SPE Tecnóloga no podrán alegar discrepancias entre los datos históricos de SIMAS FIM y los aforos reales de campo para justificar desviaciones técnicas, incrementos de costos en el CAPEX/OPEX o incumplimientos en los parámetros del efluente entregado a los inquilinos industriales. Esta validación es condición precedente para el cumplimiento del KPLI G-3 sobre Términos de Referencia Técnicos.

**FLUJO Y VOLUMENES DE AGUA RESIDUAL CRUDA (influyente).** El flujo de Diseño deberá ser de 150 l.p.s. con flujos excedentes extraordinarios por lluvias de hasta 200 l.p.s... El participante debe llevar a cabo un aforo antes de realizar su diseño.

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA EN LA LLEGADA AL CARCAMO.** La caracterización del agua residual cruda será bajo los siguientes parámetros **Base de cálculo para KPLI E-3 de Remoción de Carga Contaminante:**

| PARAMETRO                  | UNIDAD                      | PROMEDIO |
|----------------------------|-----------------------------|----------|
| Conductividad              | µmhos/cm                    | 1,100    |
| Sílice (SiO <sub>2</sub> ) | mg/l como SiO <sub>2</sub>  | 42       |
| Alcalinidad Total          | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | 250      |
| Dureza Total               | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | 312      |
| Cloruros                   | mg/l como Cl                | 50       |
| Sulfatos                   | mg/l como SO <sub>4</sub>   | 120      |

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

|                          |                             |         |
|--------------------------|-----------------------------|---------|
| Calcio                   | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | 155     |
| Magnesio                 | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | 110     |
| Sodio                    | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | 80      |
| SDT                      | mg/l                        | 750     |
| Sólidos Sedimentables    | mg/l                        | 18      |
| SST                      | mg/l                        | 280     |
| DBO <sub>5</sub> (Total) | mg/l                        | 370     |
| DQO (Total)              | mg/l                        | 720     |
| Color                    | U. Color                    | 50      |
| Nitrógeno Total          | mg/l                        | 60      |
| Fósforo Total            | mg/l                        | 32      |
| Grasas y Aceites         | mg/l                        | 100     |
| SAAM                     | mg/l                        | 17      |
| Coliformes Fecales       | Nmp/100                     | 8 E+0.8 |

**Nota sobre la caracterización del diseño.** El **Participante**, para la conformación de su diseño, deberá realizar su propia **caracterización del agua y de las condiciones de la obra**, con el fin de obtener los valores más representativos y reales de los parámetros involucrados. Dicha caracterización deberá:

- Incluir muestreos y análisis físico-químicos y microbiológicos en laboratorio acreditado.
- Documentar la trazabilidad de los resultados y su correlación con los parámetros de diseño.
- Considerar variaciones estacionales y operativas que puedan afectar la calidad del agua.
- Integrar los resultados en el **Dossier de Calidad** y en los planos **As Built**.
- Servir como base para la definición de procesos, equipos y costos asociados a la construcción y operación de la **PTAR FIM**.

La caracterización será condición indispensable para validar el diseño y garantizar que los valores utilizados reflejen la realidad del proyecto, evitando discrepancias entre lo proyectado y lo ejecutado.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

### CALIDAD MÍNIMA ACEPTABLE Y PROTOCOLO PARA REQUERIMIENTOS ESPECIALES (CALIDADES SUPERIORES Y EFLUENTES INDUSTRIALES)

**Estándar Mínimo Aceptable de Entrega:** Los valores representados en la matriz de diseño de la PTAR FIM constituyen la **calidad mínima de agua tratada aceptable** que contempla el modelo de negocio Agua Responsable FIM / Sustainable HUB – FIM para su entrega a las Empresas de Consumo (Off-takers). **El cumplimiento continuo de esta tabla es base para el KPLI E-1 de Reúso Industrial.**

| PARAMETRO                  | UNIDAD                      | PROMEDIO     |
|----------------------------|-----------------------------|--------------|
| pH                         | ---                         | 7.0 – 7.5    |
| Conductividad              | µmhos/cm                    | Menor a 1500 |
| Sílice (SiO <sub>2</sub> ) | mg/l como SiO <sub>2</sub>  | Menor a 40   |
| Alcalinidad Total          | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | Menor a 280  |
| Dureza Total               | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | Menor a 300  |
| Cloruros                   | mg/l como Cl                | Menor a 80   |
| Sulfatos                   | mg/l como SO <sub>4</sub>   | Menor a 200  |
| Calcio                     | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | Menor a 350  |
| Magnesio                   | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | Menor a 200  |
| Sodio                      | mg/l como CaCO <sub>3</sub> | Menor a 100  |
| SDT                        | mg/l                        | Menor a 600  |
| Sólidos Sedimentables      | ml/l                        | Menor a 0.50 |
| SST                        | mg/l                        | Menor a 20   |
| DBO <sub>5</sub>           | mg/l                        | Menor a 10   |
| DQO                        | mg/l                        | Menor a 20   |
| Color                      | U.Color                     | Menor a 30   |
| Nitrógeno Total            | mg/l                        | Menor a 20   |
| Fósforo Total              | mg/l                        | Menor a 7    |
| Grasas y Aceites           | mg/l                        | Menor a 7    |
| SAAM                       | mg/l                        | Menor a 5    |
| Coliformes Totales         | Nmp/100/ml                  | Menor a 100  |
| Coliformes Fecales         | Nmp/100/ml                  | Menor a 100  |

**Ajustes por Requerimientos Especiales (Calidades Superiores / Pulimento):** En caso de que una Empresa de Consumo (fuente de pago) requiera agua con una calidad superior para procesos específicos (como alimentación de calderas de alta presión, sistemas de

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

enfriamiento crítico, Ultrafiltración, Ósmosis Inversa o estándares técnicos más estrictos), dicha solicitud será evaluada técnicamente en los flujos requeridos y en la calidad final de entrega. Este ajuste implicará la modificación del techo financiero previsto para el CAPEX y OPEX de la PTAR FIM, toda vez que la obtención de parámetros superiores exige procesos adicionales de tratamiento, pulimento y aseguramiento de calidad.

### Obligaciones del Participante / Empresa E.P.C. / SPE Tecnóloga:

- Documentar la solicitud especial de calidad dentro del Diseño Ejecutivo de la PTAR FIM y en el Dossier de Calidad.
- Justificar técnicamente los procesos adicionales de tratamiento (p. ej., membranas de Ultrafiltración o módulos de Ósmosis Inversa).
- Integrar la trazabilidad exacta de los costos asociados (CAPEX/OPEX) en el expediente contractual comercial y en el Fideicomiso Maestro.
- La aceptación de estos requerimientos especiales quedará estrictamente sujeta a la evaluación técnica, económica y a la firma de la adenda contractual correspondiente con la tarifa ajustada.

**Recepción y Tratamiento de Efluentes Industriales de Retorno:** En apego al carácter dinámico del modelo de negocios, se establece el protocolo técnico-financiero para evaluar la recepción, pretratamiento y saneamiento de los efluentes residuales provenientes de los procesos productivos de los propios inquilinos que reingresen a la PTAR FIM. Cada solicitud de descarga industrial será analizada individualmente, fijando los parámetros de interconexión, normas de vertimiento interno y las tarifas de tratamiento adicionales que se integrarán dinámicamente al modelo de negocios y al Fideicomiso Maestro.

### DESTINO DEL AGUA EXCEDENTE Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO (NOM-001 Y NOM-003 EN PARQUE CONVENCIONAL Y RFE).

- **Gestión de Excedentes Hídricos:** El agua tratada excedente derivada de la operación continua que no sea consumida por las industrias dentro de sus bandas contractuales *Take-or-Pay* se verterá y aprovechará de forma segura en los sistemas de riego de áreas verdes, lagos ornamentales o cuerpos de agua superficiales diseñados dentro del Parque Industrial Convencional y del Recinto Fiscalizado Estratégico (RFE).
- **Marco Normativo Aplicable a Descargas y Suelo (NOM-001-SEMARNAT-2021):** El agua excedente que se emplee en el riego de áreas verdes de la PTAR FIM o en

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

cualquier flujo que sea vertido al suelo o cuerpos receptores deberá cumplir estrictamente con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. **Eje de medición para KPLI E-2 de Cumplimiento Normativo Hídrico.**

- **Marco Normativo Aplicable a Reúso Público (NOM-003-SEMARNAT-1997):**  
Cuando el uso excedente se destine a riego de áreas verdes, parques o zonas de contacto o uso público dentro del Parque Convencional y del RFE, se observará de forma obligatoria lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997, garantizando que los parámetros microbiológicos (coliformes fecales, huevos de helminto) y fisicoquímicos se encuentren dentro de los límites permitidos para la protección de la salud pública y la comunidad que labora dentro del Parque Industrial convencional y RFE. **Eje de medición para KPLI E-2 y vinculado a la Salud Pública del Pilar S.**
- **Responsabilidades Operativas del Participante y SPE Tecnóloga:**
  - Integrar los análisis y ensayos de laboratorio de cumplimiento normativo (NOM-001 y NOM-003) en el Dossier de Calidad.
  - Documentar la trazabilidad de los resultados y su correlación con los parámetros de diseño de la planta.
  - Acreditar mediante certificados emitidos por laboratorios acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) que el agua excedente cumple con las normas aplicables previa a su disposición al suelo, cuerpos receptores o sistemas de riego.
  - El incumplimiento de estas disposiciones será causal de rechazo de la entrega de agua excedente, **emisión de una Carta de No Conformidad por la Supervisión Externa Vinculación a KPLI G-3** y aplicación de sanciones conformes a la legislación ambiental vigente (SEMARNAT/CONAGUA).

### TERMINOS DE REFERENCIA PTAR

#### 1.0 CÁRCAMO DE REBOMBEO.

EL **CÁRCAMO DE REBOMBEO** constituye el punto de entrada crítico del sistema, diseñado no solo para el bombeo de aguas crudas, sino para garantizar la disposición de la materia prima que es el agua residual cruda con características de pretratamiento como es la remoción de partículas mayores de 1 (un) centímetro y entregada en un punto con una altura suficiente para que el tratamiento del agua hasta el término de la fase de lodos activados sea por gravedad. El cárcamo deberá ser diseñado para manejar un flujo de operación normal de 200 litros por segundo (l.p.s.) y flujos máximos extraordinarios de hasta 300 litros por segundo y este deberá contener como mínimo los siguientes elementos;

1. Barda perimetral.
2. Un canal de llegada del agua residual.
3. Cilindro de almacenamiento temporal de agua residual.
4. Sistema anti-olores y extracción de gases perjudiciales para los elementos.
5. Edificio de operación y centro de inteligencia para el control.
6. Planta de Emergencia y Sistema de Respaldo Energético.
7. Centro de control de motores (CCM) e Infraestructura de Potencia.
8. Suministro de Energía Eléctrica y Gestión ante la Paraestatal.
9. Sistema de videovigilancia (CCTV) en accesos, áreas críticas y edificio.
10. Red de Agua Potable a Presión y Sistema de Captación de Lavado.

**A. BARDA PERIMETRAL Y ACCESOS.** El **Participante** tendrá la obligación de realizar una **visita de reconocimiento al sitio** donde se construirá el cárcamo de rebombeo, con el fin de evaluar las condiciones topográficas, geotécnicas y del entorno ambiental. Esta evaluación es obligatoria y deberá ser considerada integralmente en la conformación de su **Propuesta Técnica y Económica**.

**El producto final deberá cumplir, como mínimo, con las siguientes especificaciones:**

- **Estructura:** Construcción de una barda perimetral con una **altura mínima de 2.00 metros**. Los elementos que rigidizan la barda (castillos, dalas y cadenas) deberán ser de concreto reforzado, diseñados por un especialista en cálculo estructural basándose en el estudio de mecánica de suelos del sitio.
- **Seguridad y Protección:** Con el objetivo de resguardar la instalación del vandalismo y delimitar el predio de forma segura, se instalarán en la parte superior del muro bayonetas con alambre de púas y **concertinas de seguridad** (obstáculos de cuchillas).

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Acceso Vehicular:** Suministro e instalación de un **portón de acceso de dimensiones industriales** diseñado para permitir el ingreso de camiones de carga pesada y maquinaria especializada necesarios para las etapas de construcción, montaje electromecánico y posteriores maniobras de mantenimiento. El portón deberá contar con herrajes de alta resistencia, incluyendo bisagras forjadas con rodamientos, picaportes de seguridad y mecanismos de cierre blindados.

Todos los materiales utilizados (bloques, acero Estructural, concertina) deberán cumplir con las normas de calidad vigentes y contar con protección anticorrosiva para garantizar su durabilidad a la intemperie.

### B. CANAL DE LLEGADA DEL AGUA RESIDUAL

El canal de llegada constituye el componente de transición crítico entre el colector emisor de la ciudad y el cilindro de recepción del cárcamo. Su diseño debe asegurar una transición hidráulica gradual que evite turbulencias excesivas y garantice la protección total de los equipos de bombeo mediante un sistema de cribado redundante.

**Este componente integra los siguientes elementos y especificaciones técnicas:**

- **Diseño Hidráulico de Aproximación:** Las dimensiones del canal deben garantizar una velocidad del agua residual comprendida entre **0.30 y 0.90 m/s**. Este rango es vital para evitar la sedimentación de arenas antes de las rejillas, asegurando condiciones auto limpiantes sin comprometer la retención de sólidos. El tubo de llegada del agua residual descargará en el canal, el cual deberá contar con dos conducciones. En cada conducción se instalarán una compuerta. El sistema deberá operar normalmente con un solo acceso, dejando el otro disponible para labores de mantenimiento y/o reparaciones durante la operación.
- **Sistema de Cribado Redundante (Esquema N+1):** Se instalarán dos sistemas de **rejillas gruesas con limpieza mecánica automatizada**, configurados bajo un esquema de **N+1 (Operación + Standby)**.
  - Esta configuración asegura que siempre exista una unidad de respaldo lista para entrar en operación inmediata en caso de falla o durante maniobras de mantenimiento preventivo de la rejilla principal, garantizando la continuidad del flujo.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Capacidad y Ángulo:** Las rejillas operarán con una inclinación de entre 75 y 90 grados para desalojar materiales sólidos mayores a **1 centímetro de diámetro**.
- **Automatización y Control PID:** La limpieza de las rejillas se activará mediante un sensor de nivel diferencial (altura). El sistema contará con un **algoritmo PID** en el cuarto de control que ajustará la frecuencia de los ciclos de limpieza según la pérdida de carga real, optimizando el consumo de energía y el desgaste mecánico.
- **Logística Automatizada de Desechos:** Los sólidos retenidos serán elevados mediante un mecanismo de peines y descargados en una **banda transportadora** de diseño industrial. Esta banda trasladará los residuos directamente a un contenedor cerrado para su disposición final, eliminando riesgos biológicos por contacto manual.
- **Medición de Flujo Ultrasónica:** Se integrará un **medidor de flujo ultrasónico** (en línea) que enviará la señal del caudal de ingreso en tiempo real al Centro de Control de Motores (CCM) y al cuarto de control central de la PTAR FIM para el monitoreo de gastos pico.
- **Control de Emisiones Atmosféricas:** El canal será de **diseño cerrado** para contener los gases del alcantarillado. Dispondrá de un sistema de **extracción forzada** conectado a un **biofiltro orgánico** (estiércol de vaca y aserrín humedecido), eliminando el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y previniendo la corrosión de los componentes electromecánicos.
- **Compuertas de Aislamiento:** El diseño incluirá compuertas deslizantes que permitan aislar cualquiera de las dos rejillas del esquema N+1, facilitando intervenciones seguras sin interrumpir el ingreso de agua al cilindro de recepción.

### C. CILINDRO DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE AGUA RESIDUAL.

El cilindro de almacenamiento constituye el núcleo receptor del agua cruda pretratada. Su función es proporcionar el volumen de regulación necesario para amortiguar las variaciones de caudal de la ciudad y garantizar condiciones hidráulicas óptimas para la operación del sistema de bombeo.

Este componente se integrará bajo las siguientes especificaciones técnicas:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

### I. Diseño Estructural y Geometría

- **Configuración:** El diseño será de **sección circular** de concreto reforzado, optimizado para resistir empujes hidrostáticos internos y trabajar a tensión radial.
- **Prevención de Vórtices:** Las dimensiones y la ubicación de las campanas de succión deben asegurar la **sumergencia mínima (S)** necesaria para evitar la formación de vórtices que dañen los impulsores de las bombas.

### II. Sistema de Bombeo y Tren de Descarga

- **Configuración N+1:** El sistema contará con equipo de diseño y un equipo de respaldo (**Standby**) de idéntica capacidad para garantizar la continuidad del servicio.
- **Geometría del Tren:** Las bombas se conectarán a un tren de descarga con salidas a un ángulo mínimo de **45 grados** hacia el múltiple central para reducir turbulencias y pérdidas por fricción.
- **Instrumentación de Presión:** Cada equipo contará en su tren de descarga con un **manómetro de presión**, equipado obligatoriamente con un **sello mecánico de diafragma (sello químico)**, indispensable para proteger el mecanismo interno contra lodos y químicos corrosivos.
- **Protección Anticorrosiva y Ambiental de la Tubería:** Toda la tubería de acero del tren de descarga y el múltiple deberán contar con un sistema integral de **protección anticorrosiva exterior e interior**.
  - Se aplicarán recubrimientos de alta eficiencia (como primarios epóxicos catalizados y acabados de altos sólidos) diseñados para resistir la inmersión, el contacto con el agua residual y la **corrosión atmosférica**.
  - El tratamiento debe garantizar que las estructuras metálicas soporten las tensiones de corrosión durante los 20 años de vida de servicio requerida.
  - Para elementos a la intemperie, se considerará protección adicional contra rayos UV e intemperismo extremo.

### III. Accesorios de Conexión y Sujeción.

- **Materiales de Alta Resistencia:** Para prevenir la degradación por humedad y gases, **todos los accesorios de conexión**, incluyendo **espárragos, tuercas y arandelas** (planas y de presión), deberán ser fabricados estrictamente en **acero inoxidable**.
- **Soportería:** Cualquier elemento de sujeción o anclaje dentro del cilindro debe cumplir con este estándar de material para asegurar la integridad mecánica a largo

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

plazo y además deberán tener un **recubrimiento galvanizado** en caliente con certificación.

- **Rejillas Irvin y pasamanos;** Todos los elementos, así como sus accesorios de sujeción en los pasillos de tránsito del personal —incluyendo rejillas tipo Irvin, pasamanos y escaleras— deberán ser metálicos, con recubrimiento galvanizado en caliente, y contar con su respectiva certificación de calidad.

#### IV. Automatización y Control.

- **Control PID y Variadores:** La operación se gestionará mediante un **algoritmo PID** basado en el nivel del agua. Los motores de las bombas arrancarán en el **mínimo de Hertz**, incrementando su potencia gradualmente mediante variadores de frecuencia y su entrada en operación deberá ser en sistema de **cascada en el incremento como el decremento** según los flujos de llegada al cilindro de agua residual cruda.
- **Respaldo Eléctrico:** Se integrará una **planta de emergencia diésel** con autonomía de **6 horas** para asegurar el bombeo ante fallas en la red eléctrica comercial.

#### V. Gestión de Gases y Olores.

- **Extracción y Biofiltración:** El cilindro contará con extracción de aire forzada hacia un **biofiltro orgánico** (mezcla de estiércol de vaca y aserrín húmedo), el cual eliminará los olores y protegerá los equipos electrónicos de la corrosión por ácido sulfúrico.

#### D. SISTEMA ANTI-OLORES Y EXTRACCIÓN DE GASES PERJUDICIALES PARA LOS ELEMENTOS.

Considerando que la obra de llegada y los procesos de pretratamiento tienen el potencial más alto de generación de gases, se integrará un sistema robusto de gestión de emisiones atmosféricas. Este componente es vital no solo para el confort ambiental de los operadores y de la zona urbana circundante, sino fundamentalmente para prevenir la corrosión acelerada de los elementos electromecánicos de alto costo e instrumentos de control.

**El sistema se diseñará y operará bajo las siguientes especificaciones:**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Configuración de Extracción Forzada:** Tanto el canal de llegada como el cilindro de recepción de agua cruda deberán contar con un sistema de extracción de aire forzado mediante ventiladores centrífugos. Los ductos y componentes del extractor deben ser resistentes a la corrosión química.
- **Tratamiento mediante Biofiltración Orgánica:** El aire extraído será conducido hacia un **biofiltro de lecho orgánico** (mezcla de estiércol de vaca y aserrín), el cual constituye la opción más eficiente para tratar concentraciones de ácido sulfhídrico. Este sistema operará bajo un esquema de control de humedad automatizado.
- **Concepto de Sistema de Sacrificio:** El **Participante** deberá proyectar y dimensionar el sistema de extracción y filtración como un **"Sistema de Sacrificio"**. Esto implica que los componentes menores (ductos, rejillas de ventilación, sustrato del biofiltro y elementos de sujeción específicos) están diseñados para recibir el impacto directo de la corrosión atmosférica y de los gases ionizados para proteger los activos mayores.
- **Costos de Operación y Reemplazo:** Es obligación del **Participante** considerar dentro de sus **costos de operación y mantenimiento (Tarifa T2)** la revisión periódica y el **reemplazo programado de las piezas que se deterioren por la acción de los gases**. Se enfatiza que la sustitución oportuna de estos elementos es significativamente **menos costosos** que la reparación o reposición de los elementos mayores del cárcamo (como bombas, motores, Centro de Control de Motores y estructuras de concreto) que colapsarían ante una exposición prolongada al ácido sulfúrico.
- **Inventario de Refacciones:** El programa de mantenimiento preventivo debe incluir un inventario suficiente de estas piezas de desgaste para asegurar que el sistema anti-olores nunca deje de funcionar. Se deben reemplazar preferentemente aquellas piezas cuya vida útil esperada sea menor a un año para evitar fallas críticas en los activos principales.
- **Referencia Técnica y Validación:** Este diseño de biofiltración de "tecnología blanda" se basa en implementaciones exitosas en la región de la Comarca Lagunera (referenciadas por el **Dr. Isaías López de la UAAAN**), garantizando una alta eficiencia en la eliminación del "olor a huevo podrido" característico de las aguas sépticas.

## E. EDIFICIO DE OPERACIÓN Y CENTRO DE INTELIGENCIA PARA EL CONTROL.

El edificio de operación constituirá el núcleo de gestión del cárcamo, diseñado para albergar la infraestructura de potencia, automatización y telecomunicaciones en un

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

ambiente controlado. Su arquitectura de control permitirá una gestión híbrida que garantiza la continuidad del servicio y la seguridad de los activos.

**Este componente se integrará bajo las siguientes especificaciones técnicas:**

### **I. Centro de Control de Motores (CCM).**

- **Infraestructura de Potencia:** Se instalará un CCM de "frente muerto" con secciones auto soportadas. Contará con **unidades removibles (silletas)** independientes y obturadores automáticos para cubrir las barras energizadas, facilitando el mantenimiento seguro sin interrumpir la operación total.

### **II. Arquitectura de Control y Niveles de Operación.**

El sistema de automatización deberá basarse en una arquitectura de inteligencia distribuida que permita los siguientes niveles de interacción:

- **Monitoreo Centralizado (PTAR MADERO):** Toda la información generada en el cárcamo (mediciones de flujo ultrasónico, niveles PID, estados de bombas y alarmas de gases) deberá transmitirse en tiempo real para ser **monitoreada permanentemente desde la PTAR MADERO**.
- **Operación Remota (Nivel 1):** El sistema permitirá el **telecontrol total desde la PTAR FIM**, habilitando el arranque, paro y ajuste de parámetros operativos de forma remota a través del servidor SCADA.
- **Operación Local (Nivel 2):** El edificio contará con una Consola de Control Local (CCL) que permitirá al operador en sitio la manipulación directa de los equipos y la supervisión de eventos y alarmas en pantalla.
- **Selector Local/Remoto:** Cada Módulo de Control y Adquisición de Datos (MCAD) contará con la funcionalidad de habilitar o deshabilitar mandos según la posición del selector, enviando una **señal visual de estado** tanto a la consola local como al centro de control en la PTAR FIM.

### **III. Sistema SCADA y Comunicaciones:**

- **Gestión de Datos:** Se integrará un servidor **SCADA** que concentre la base de datos en tiempo real. Todos los protocolos de comunicación y redes de datos (Modbus

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

TCP, TCP/IP, UDP) deben cumplir con el modelo de referencia **OSI (ISO/IEC-7498-1)** para asegurar la interoperabilidad.

- **Respaldo de Datos:** El sistema contará con un UPS de **doble conversión en línea** para proteger la integridad de la información y la disponibilidad de los controladores ante transitorios eléctricos.

#### IV. Planta de Emergencia y Respaldo Eléctrico

- **Autonomía Energética:** El edificio alojará una planta de emergencia con transferencia automática y enclavamiento mecánico. El sistema de control supervisará niveles de combustible y parámetros del motor para garantizar las **6 horas de autonomía** requeridas.

#### V. Sistema de Voz, Datos y CCTV.

- **Telecomunicaciones:** El Participante deberá proveer racks y equipo de red para el envío y recepción de voz y datos de alta velocidad, asegurando la comunicación bidireccional permanente entre el personal del cárcamo y la planta principal.

#### VI. CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y AMBIENTALES.

El edificio de operación debe proyectarse como una infraestructura industrial de alta seguridad, diseñada para proteger la integridad de los equipos y la salud del personal operativo.

- **Cuarto de Control e Iluminación:** El área de operación contará con iluminación técnica específica mediante luminarios fluorescentes o LED de alta eficiencia. Se garantizará un nivel mínimo de **500 lux en áreas de escritorio** y tableros tipo escritorio, y **300 lux para la iluminación general** restante del cuarto de control.
- **Gestión de Espacios y Seguridad Eléctrica:** El arreglo general incluirá áreas físicamente separadas para el CCM, el banco de baterías (en local independiente y ventilado), el cuarto de comunicaciones y la planta de emergencia. Se deben asegurar **distancias mínimas de seguridad** (espacio de trabajo) de al menos 1.50 m al frente de los equipos y 1.30 m en la parte posterior para maniobras de mantenimiento.
- **Protección Ambiental y Térmica:** El edificio contará con sistemas de **aire acondicionado y/o presurización** para disipar el calor generado por los variadores de frecuencia y servidores, manteniendo una temperatura de operación óptima para

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

los componentes electrónicos. Asimismo, se integrarán detectores de humo coordinados con el sistema de emergencia y alarmas sonoras/luminosas.

- **Especificaciones de Pisos y Recubrimientos:** Los pisos del edificio serán de **concreto reforzado**, diseñados para soportar el peso de los equipos y vibraciones. Estos deberán contar con un **recubrimiento epóxico de altos sólidos** catalizado.
  - **Propiedades:** El acabado debe ser continuo, impermeable, antiderrapante y resistente a la abrasión, aceites y químicos corrosivos.
  - **Obligación del Participante:** El **Participante** deberá incluir dentro de sus **costos de operación** el programa de mantenimiento preventivo y la renovación periódica del recubrimiento epóxico para asegurar que la superficie mantenga sus propiedades dieléctricas y de protección mecánica durante los 20 años de contrato.
- **Delimitación y Señalética de Seguridad:**
  - **Áreas de Riesgo:** Se deberán delimitar claramente las áreas de tránsito peatonal y las **zonas peligrosas por alta tensión** mediante el uso de barandales ligeros, cercas o franjas de seguridad pintadas en el piso.
  - **Señalética Permanente:** Se instalarán letreros legibles con la leyenda **“PELIGRO - ALTA TENSIÓN”** en todas las puertas de acceso a bóvedas y gabinetes que contengan partes vivas. Toda la señalización de riesgos, evacuación y socorro debe cumplir con la norma **NOM-003-SEGOB** y ser resistente a la radiación UV.
- **Mitigación de Incendios:** El edificio debe estar equipado con **extintores portátiles de Tipo C** (específicos para fuegos de origen eléctrico), situados a una distancia no mayor a 15 metros de los accesos a los equipos y colocados a una altura máxima de 1.50 m. Estos equipos deberán contar con señalética de ubicación de alta visibilidad.
- **Puerta de Acceso a Personal:** El edificio de operación deberá contar con una puerta de acceso para personal (puerta hombre) independiente de los accesos vehiculares. Por estrictas razones de seguridad industrial y rutas de evacuación, esta puerta deberá abrir hacia afuera y estar equipada con una chapa interior con barra antipánico de grado industrial, la cual debe permitir la salida inmediata

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

mediante una simple presión de palanca. Exteriormente, contará con una chapa de alta seguridad para restringir el acceso a personal no autorizado.

- **Portón de Maniobras:** Se instalará un portón con dimensiones adecuadas para facilitar las labores de instalación, montaje y mantenimiento mayor de los equipos internos (CCM, PLANTA DE EMERGENCIA). El diseño debe considerar el tránsito eventual de equipo voluminoso y cumplir con características mecánicas robustas como bisagras forjadas con rodamientos, picaportes de seguridad en ambas hojas y rodajas en la base para evitar desplomes que entorpezcan su funcionamiento.
- **Protección Anticorrosiva:** Dado que el cárcamo se ubica en un ambiente con alta humedad y presencia de gases agresivos, todos los elementos de herrería (puertas, portones y marcos) deberán contar con un recubrimiento anticorrosivo apropiado al lugar.
  - Se aplicará, como mínimo, una base de esmalte **anticorrosivo** o primario epóxico de altos sólidos seguido de un acabado resistente a la corrosión atmosférica e inmersión según los estándares de la norma ISO 12944.
  - Todos los herrajes, anclajes y tornillería expuestos deberán ser preferentemente de acero inoxidable para garantizar la integridad estructural durante los 20 años de vida útil del proyecto.
- **Servicios Sanitarios y Área de Higiene:** El edificio deberá incluir un área de servicios sanitarios completa para el personal operativo, diseñada bajo los siguientes criterios:
  - **Equipamiento:** Contará, como mínimo, con inodoro, lavabo y una regadera. Esta última es obligatoria para cumplir con los protocolos de seguridad que estipulan que el personal debe bañarse al finalizar su turno de trabajo debido al contacto o cercanía con aguas residuales y lodos.
  - **Instalación y Hermeticidad:** La instalación de los muebles sanitarios deberá garantizar la hermeticidad total de las juntas mediante el uso de mastique, plomo o materiales sellantes aprobados. Se deben suministrar e instalar todas las conexiones necesarias tanto para la red de alimentación de agua como para el desagüe de servicio.

## VII. MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO OPERATIVO.

El **Participante** deberá suministrar e instalar la totalidad del mobiliario técnico y de oficina necesario para la operación ininterrumpida (24/7) de la PTAR y el cárcamo. El

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

equipamiento debe ser diseñado bajo criterios de ergonomía y funcionalidad industrial, considerando lo siguiente:

- **Mobiliario de Control:** Se deben proveer **escritorios técnicos o tableros tipo escritorio** diseñados específicamente para el alojamiento de estaciones de monitoreo SCADA, monitores de CCTV y periféricos de comunicación. Estos deberán estar ubicados de forma que el operador mantenga una **visibilidad directa** hacia los equipos a controlar y los tableros principales.
- **Asientos Ergonómicos:** Suministro de sillas de uso rudo para operación 24 horas, con soporte lumbar y ajustes ergonómicos.
- **Almacenamiento Tecnológico:** Racks y gabinetes para el resguardo de manuales de operación "As-Built", bitácoras de mantenimiento y equipos de repuesto menores.
- **Cumplimiento de Iluminación:** El arreglo del mobiliario debe respetar los niveles de iluminación establecidos, garantizando **500 lux sobre la superficie horizontal de los escritorios** para facilitar la lectura de instrumentos y el registro de datos.

### VIII. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE SERVICIO Y UTILIZACIÓN.

Para la alimentación de equipos de oficina, herramientas de mantenimiento y dispositivos de soporte, se instalará una red de servicios eléctricos de baja tensión bajo las siguientes especificaciones:

- **Configuración de Salidas:** Se distribuirán estratégicamente salidas para centros de luz y contactos en todo el edificio. El sistema contará con dos tensiones de utilización diferenciadas:
  - **Contactos de 120 Volts:** Para equipos de cómputo, cargadores y aparatos menores de oficina.
  - **Contactos de 220 Volts:** Para equipos de mantenimiento, herramientas especiales o sistemas de aire acondicionado que requieran mayor potencia.
- **Rotulación y Marcado de Seguridad:** Con el fin de evitar accidentes y daños a los equipos, es obligatorio que **todos los contactos y tableros estén debidamente marcados con su tensión nominal**.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- Cada salida debe contar con un **letrero permanente y legible** (o placa grabada) que indique claramente el voltaje (120V o 220V).
- Los interruptores automáticos en los tableros de distribución deben estar **identificados y marcados** con la carga que alimentan.
- **Identificación de Conductores:** Todos los cables de estas salidas deberán estar marcados con los **colores estipulados** en el proyecto y la norma vigente para facilitar su identificación durante mantenimientos preventivos o correctivos.
- **Protección de Circuitos:** Los circuitos para contactos deben ser **independientes** de los circuitos de alumbrado y contar con sus propios dispositivos de protección contra sobre corriente. En áreas que puedan presentar humedad, se instalarán contactos con protección de falla a tierra.

### F. PLANTA DE EMERGENCIA Y SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO.

Con el objetivo de garantizar la continuidad operativa de los equipos críticos del cárcamo ante interrupciones en el suministro de la Red Eléctrica Comercial (CFE), se instalará un sistema de generación de emergencia basado en un moto generador de combustión interna a diésel. Este sistema es vital para prevenir derrames de agua residual en la zona urbana y asegurar la integridad de los procesos de la PTAR MADERO.

**Este componente cumplirá con las siguientes especificaciones técnicas:**

#### I. Capacidad y Autonomía de Combustible.

- **Potencia de Diseño:** La planta deberá tener la capacidad y el régimen adecuados para alimentar simultáneamente todos los **equipos críticos** seleccionados (bombas de diseño, sistemas de control PID, alumbrado de emergencia y equipos de comunicación).
- **Autonomía Operativa:** El sistema contará con un tanque de almacenamiento de combustible diésel dimensionado para asegurar una **operación continua de al menos 6 horas a plena carga**. Los tanques deberán cumplir con las dimensiones y normas de seguridad de fabricación vigentes y diques de contención por derrame accidental de combustible.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

### II. Sistema de Transferencia Automática (ATS)

- **Detección y Conmutación:** Se instalará un **tablero de transferencia automática** con enclavamiento mecánico y eléctrico que impida la interconexión accidental de la fuente normal (CFE) y la de emergencia.
- **Lógica de Operación:** El sistema debe detectar automáticamente la falla o variaciones fuera de rango en la tensión de la red comercial, dar la señal de arranque a la planta y realizar la transferencia de carga. Al restablecerse el servicio de CFE, el sistema deberá retransferir la carga a la red normal y, tras un periodo de enfriamiento, apagar la planta automáticamente.
- **Monitoreo Digital:** El tablero permitirá supervisar en tiempo real parámetros críticos como la temperatura del motor, la presión de aceite y el **nivel de combustible**.

### III. Infraestructura de Instalación y Enfriamiento.

- **Suministro de Aire y Ventilación:** El local destinado a la planta dentro del edificio de operación deberá contar con **ventilación suficiente**, ya sea natural o mediante extractores, para garantizar el suministro de aire fresco necesario para la combustión y el enfriamiento del sistema de radiadores de la planta.
- **Cimentación y Espacios:** La base de la planta será de concreto armado, diseñada para soportar el peso del equipo y los esfuerzos de vibración. Se mantendrá una distancia mínima entre la planta y los muros que permita maniobras de mantenimiento seguras.

### IV. Control de Ruido y Vibraciones.

- **Mitigación Acústica:** El diseño del edificio y la instalación de la planta deben considerar la reducción del **ruido excesivo** generado por el motor. Se deberá considerar el uso de barreras acústicas, silenciadores de grado crítico en el escape y sellado de aperturas para mantener niveles de decibeles tolerables para el personal operativo conforme a la norma **NOM-011-STPS**.
- **Aislamiento de Vibraciones:** Se instalarán **amortiguadores anti vibratorios** entre la base del motor y la cimentación para evitar que las vibraciones se transmitan a la estructura del edificio o afecten a otros equipos electrónicos sensibles.

### G. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM) E INFRAESTRUCTURA DE POTENCIA.

El **Centro de Control de Motores (CCM)** constituirá el nodo central para el mando, protección y distribución de energía de todos los equipos electromecánicos del cárcamo. Este sistema se diseñará bajo un esquema de alta disponibilidad, eficiencia energética y seguridad operativa.

**Este componente cumplirá con las siguientes especificaciones:**

#### I. Configuración del CCM y Variadores de Frecuencia.

- **Diseño Industrial:** El CCM estará conformado por secciones encerradas y auto soportadas, con barras conductoras comunes de cobre electrolítico de alta conductividad para alimentar integralmente las unidades de control. Cada celda deberá incluir los elementos necesarios para la operación de bombas sumergibles a 440 V, controladas mediante variadores de frecuencia (VFD), tales como:
  - Interruptor principal de potencia.
  - Variador de frecuencia para cada bomba, con bypass manual y automático.
  - Contactores de arranque/parada y de transferencia.
  - Guardamotores o relevadores térmicos de protección.
  - Fusibles o interruptores termomagnéticos de protección individual.
  - Bornes de conexión y cableado interno certificado.
  - Instrumentación de medición (voltímetros, amperímetros, indicadores luminosos, medidores de frecuencia).
  - Accesorios de enclavamiento y seguridad.
  - Espacios para futuras ampliaciones. Todos los componentes deberán ser metálicos, con recubrimiento galvanizado en caliente, y contar con certificación de calidad conforme a normas internacionales (IEC, NEMA o equivalentes).

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Variadores de Frecuencia (VFD):** Cada equipo de bombeo contará con un **sistema de variadores de frecuencia** dedicado, lo que permitirá realizar arranques y paros suaves, reduciendo el desgaste mecánico y eliminando picos de corriente en la red.
- **Operación en Cascada:** La lógica de control deberá permitir el funcionamiento de las bombas **en forma de cascada**, activando o desactivando equipos de manera secuencial según la demanda de caudal dictada por los sensores de nivel y el algoritmo PID, garantizando un desgaste uniforme.

### II. Subestación y Transformadores de Potencia.

- **Infraestructura Propia:** El proyecto deberá incluir una **subestación eléctrica propia** con el arreglo y número de transformadores necesarios para cubrir la demanda máxima instalada de la planta.
- **Capacidad de Transformación:** Los transformadores de potencia (superiores a 500 kVA) o de distribución deberán seleccionarse considerando su eficiencia nominal y un nivel básico de aislamiento adecuado para soportar sobretensiones transitorias.
- **Servicios Propios:** Se deberá prever un transformador de servicios propios (no menor a 300 kVA) para alimentar las cargas de alumbrado, contactos y sistemas de comunicación.

### III. Definición de Voltajes y Levantamiento en Sitio.

- **Identificación de Suministro:** Es obligación del **Participante**, durante la visita obligatoria a las instalaciones, identificar la tensión de suministro proporcionada por la CFE (Media o Alta Tensión) y realizar el levantamiento de cargas correspondiente.
- **Derivación de Niveles de Utilización:** El sistema de transformación y distribución en el CCM deberá diseñarse para derivar y regular los niveles de voltaje necesarios para la operación:
  - **440 V (480 V):** Para motores de fuerza y equipos de bombeo principales.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **220 V:** Para equipos auxiliares, sistemas de aire acondicionado y motores fraccionarios.
- **110 V (127 V):** Para sistemas de iluminación, contactos de oficina, instrumentación y control.

#### IV. Suministro Dual y Transferencia de Energía.

- **Interconexión de Fuentes:** El CCM deberá contar con conexiones y terminales dimensionadas para recibir el suministro de energía de dos fuentes independientes: la **red comercial de CFE** y la **planta de emergencia**.
- **Tablero de Transferencia:** Se integrará un tablero de transferencia con enclavamiento mecánico y eléctrico que detecte automáticamente fallas en la red normal y conmute a la fuente de reserva, asegurando que no exista interconexión accidental entre ambas fuentes.
- **Monitoreo y Medición:** El CCM integrará medidores digitales multifunción para supervisar valores instantáneos de tensión, corriente, frecuencia y factor de potencia, transmitiendo estos datos en tiempo real a la PTAR MADERO.

#### V. Corrección del Factor de Potencia (Banco de Capacitores).

Con el fin de optimizar el rendimiento del sistema eléctrico y cumplir con la normativa de la compañía suministradora (CFE), el **Participante** deberá integrar un sistema de compensación de potencia reactiva que garantice un **factor de potencia mínimo de 0.90** en cualquier condición de carga operativa, sin exceder en **ninguna circunstancia el valor de 1.0**.

**El sistema deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:**

- **Configuración Anti-Resonante:** Debido a que el cárcamo operará con cargas no lineales (**Variadores de Frecuencia**), es obligatorio que el banco de capacitores sea de tipo **automático anti-resonante**. Esto es crítico para evitar que las corrientes armónicas generadas por los variadores causen sobrecalentamiento, daños en los fusibles o la explosión de los capacitores.
- **Capacidad y Protecciones:**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- La ampacidad de los conductores del circuito de capacitores no debe ser menor al **135% de la corriente nominal** del capacitor.
- Cada fase del banco deberá contar con su propio dispositivo de **protección contra sobre corriente** y un medio de desconexión que abra simultáneamente todos los conductores de fase.
- **Seguridad y Descarga:** El sistema deberá incluir obligatoriamente un medio automático para **descargar la energía almacenada**, reduciendo la tensión residual a 50 volts o menos en un lapso de 5 minutos tras su desconexión.
- **Gabinete e Instalación:** Los capacitores podrán instalarse en un local independiente o dentro del cuarto de tableros del Edificio de Operación, siempre que se garantice el espacio suficiente para una ventilación adecuada y un mantenimiento seguro. El gabinete debe estar debidamente conectado al sistema de **puesta a tierra** de la planta.
- **Monitoreo:** El estado del factor de potencia y la operación del banco deberán ser monitoreados digitalmente en tiempo real, enviando la señal de alerta al sistema SCADA en caso de fallas o desviaciones de los valores permitidos.

### VI. Sistema de tierras y pararrayos.

El **participante** en su diseño deberá considerar contar con un sistema de tierras físicas diseñado conforme a la normatividad vigente (NOM-001-SEDE y/o IEC aplicables), garantizando una resistencia máxima de puesta a tierra según especificaciones técnicas. Dicho sistema deberá estar interconectado a todos los equipos eléctricos, tableros de control, variadores de frecuencia y estructuras metálicas, asegurando la continuidad eléctrica y la protección contra descargas.

Asimismo, se deberá instalar un sistema de pararrayos con bajantes y electrodos de disipación, dimensionado para la protección integral de las instalaciones contra descargas atmosféricas. El contratista deberá garantizar que ambos sistemas cuenten con certificación de calidad, pruebas de resistencia y memoria técnica de cálculo, entregadas como parte de la documentación probatoria del proyecto.

### H. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GESTIÓN ANTE LA PARAESTATAL.

El **Participante** será el responsable integral de gestionar y obtener el suministro de energía eléctrica definitivo para la operación del cárcamo de rebombeo y sus sistemas auxiliares.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

Esta responsabilidad abarca desde la solicitud inicial de factibilidad hasta la conexión final, incluyendo el cumplimiento de toda la tramitología administrativa y el pago de las contraprestaciones económicas que determine la CFE.

**Este apartado se registrará bajo las siguientes obligaciones:**

### I. Gestión de Factibilidad y Contratación.

- **Procedimiento de Solicitud:** El **Participante** deberá presentar formalmente la solicitud de servicio bajo el régimen de aportaciones para nuevos servicios en media o alta tensión.
- **Dictamen de Uso de Suelo:** Para servicios en áreas suburbanas o industriales, es obligatorio anexar a la solicitud el dictamen de uso de suelo emitido por la autoridad competente.
- **Acreditación de la Propiedad:** Se deberá presentar la documentación legal (escrituras o actas constitutivas) que acredite la personalidad jurídica para la firma del contrato de suministro.

### II. Obligaciones Económicas y de Infraestructura.

- **Pago de Aportaciones:** El **Participante** está obligado a cubrir la totalidad de las **aportaciones y cargos** que se deriven de las obras específicas, ampliaciones o modificaciones necesarias para llevar el suministro hasta el punto de acometida. Los costos se basarán estrictamente en el catálogo de precios aprobado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- **Obra Civil y Acometida:** El costo de la obra civil asociada a las acometidas (subterráneas o aéreas) hasta el punto de suministro indicado por la CFE será a cargo exclusivo del **Participante**.
- **Servidumbres y Terrenos:** En caso de que la infraestructura eléctrica requiera atravesar predios de terceros, el **Participante** será el responsable de los trámites para la constitución de **servidumbres de paso**, indemnizaciones y, en su caso, la donación de terreno para subestaciones particulares conforme al manual de diseño vigente.

### III. Validación Técnica y Seguridad (UVIE).

- **Dictamen de Verificación:** Al tratarse de una instalación industrial con servicios suministrados en media o alta tensión, el **Participante** debe presentar obligatoriamente el **dictamen de verificación de instalaciones eléctricas** emitido por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (**UVIE**) aprobada por la Secretaría de Energía. Sin este dictamen, la CFE no procederá a la energización de las obras.
- **Certificación de Equipos:** Todos los transformadores y equipos de potencia a instalar deben cumplir con la norma **NOM-002-SEDE** y contar con informes de pruebas de rutina del fabricante.

### IV. Intercambio de Información Técnica con CFE.

El **Participante** deberá proporcionar a la CFE los datos técnicos precisos para el estudio de carga, incluyendo:

- Demanda máxima requerida y capacidad instalada.
- Características de los motores (potencia, tipo de arranque, tensión de utilización).
- Necesidades de continuidad del servicio para procesos críticos.

A su vez, deberá obtener de la paraestatal la **tensión de suministro**, las tolerancias de variación de tensión/frecuencia y la **capacidad de cortocircuito** en el punto de entrega para el correcto ajuste de las protecciones en el CCM.

### V. Selección de Tarifa y Eficiencia.

El **Participante** deberá evaluar y proponer la tarifa de suministro más eficiente para la operación (ej. **Tarifa 6** para bombeo de agua residual), buscando siempre el equilibrio técnico-económico que beneficie los costos de operación (Tarifa T2) del proyecto.

### VI. Energía Eléctrica para la Operación del Cárcamo

El **Participante** tendrá la obligación de realizar un análisis técnico-económico exhaustivo del consumo energético requerido para la operación ininterrumpida del cárcamo de rebombeo durante las 24 horas del día. Este estudio constituye la base para la proyección de costos operativos que deberán integrarse de forma desglosada en su

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

**Propuesta Económica**, específicamente dentro de la estructura de la **Tarifa T2 (Tarifa fija por mantenimiento y operación)**.

Para la conformación de este análisis, el **Participante** deberá cumplir con los siguientes criterios:

- **Levantamiento Integral de Cargas:** El cálculo de la demanda máxima debe incluir la totalidad de los componentes electromecánicos, tales como: motores de las bombas de diseño y respaldo, sistemas de limpieza mecánica de rejillas, bandas transportadoras de residuos, extractores de gases del sistema de biofiltración, sistemas de aire acondicionado del edificio de operación, iluminación técnica y equipos de automatización y SCADA.
- **Determinación de la Potencia y el Consumo:**
  - Se deberá calcular la **potencia eléctrica (kW)** requerida basándose en el gasto de diseño, la carga dinámica total y las eficiencias reales del conjunto motor-bomba propuesto.
  - La estimación del **consumo de energía (kWh)** mensual y anual deberá reflejar el régimen operativo, considerando los arranques suaves mediante variadores de frecuencia y la operación en cascada controlada por el algoritmo PID.
- **Selección de Tarifa CFE:** El análisis económico debe realizarse utilizando las **tarifas vigentes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)**. El **Participante** deberá evaluar y proponer la opción más rentable, ya sea la **Tarifa 6** (específica para bombeo de aguas residuales) o las tarifas de media tensión (**H-M u O-M**) si la demanda supera los 100 kW, justificando su elección en la propuesta técnica.
- 
- **Garantía de Eficiencia y Factor de Potencia:**
  - El diseño deberá buscar la menor **intensidad energética** posible (kWh/m<sup>3</sup> de agua bombeada) mediante la selección de equipos de alta eficiencia.
  - Se deberá garantizar un **factor de potencia mínimo de 0.90**, integrando bancos de capacitores automáticos para evitar penalizaciones por energía reactiva, las cuales no serán reembolsables bajo ningún concepto.

### I. SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA (CCTV) EN ACCESOS, ÁREAS CRÍTICAS Y EDIFICIO.

Se instalará un sistema integral de **Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)** basado en tecnología IP de alta definición para garantizar la seguridad perimetral, la integridad de los activos y la supervisión constante de las maniobras operativas. Este sistema funcionará como una herramienta de apoyo tanto para el personal en sitio como para la administración central en **la PTAR FIM**.

**El sistema se integrará bajo las siguientes especificaciones técnicas:**

#### ○ **Cobertura y Localización Estratégica.**

El **Participante** deberá garantizar la cobertura total de las siguientes áreas sin puntos ciegos:

- **Acceso Principal y Barda Perimetral:** Monitoreo del portón vehicular y la puerta de acceso a personal. Las cámaras deberán tener capacidad de reconocimiento facial y registro de placas vehiculares en condiciones de iluminación variable.
- **Área de Bombeo y Pretratamiento:** Supervisión directa del canal de llegada, el funcionamiento de las rejillas automáticas y la zona de succión en el cilindro. Estas cámaras deberán contar con **grado de protección IP67** para resistir la humedad y la corrosión ambiental.
- **Interior del Edificio de Operación:** Vigilancia del Centro de Control de Motores (CCM), el área de la planta de emergencia y el Cuarto de Control para registrar el acceso y manipulación de los tableros de potencia y automatización.

#### ○ **Características del Equipamiento.**

- **Tecnología de Imagen:** Cámaras digitales con resolución mínima de **4 Megapíxeles** y tecnología *True WDR* para compensar sombras y deslumbramientos.
- **Visión Nocturna:** Iluminadores infrarrojos (IR) integrados de largo alcance para la vigilancia perimetral nocturna.
- **Resistencia a la Corrosión:** Todos los soportes, carcasas y herrajes de montaje en el área de bombeo y exteriores deberán ser de **materiales resistentes a la**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

**corrosión** (preferentemente acero inoxidable o polímeros de alta resistencia) para soportar la exposición a gases.

### ○ **Gestión, Grabación y Monitoreo Dual.**

- **Almacenamiento:** Se instalará un Grabador de Video en Red (NVR) de grado industrial con almacenamiento redundante que permita conservar los registros por un periodo mínimo de **30 días**.
- **Monitoreo Local:** En el Cuarto de Control del cárcamo se instalará un monitor industrial de alta definición integrado al mobiliario técnico, permitiendo al operador la supervisión en vivo de las maniobras de mantenimiento.
- **Telecontrol (PTAR FIM):** El sistema deberá estar plenamente integrado a la red de datos para permitir la **transmisión de video en tiempo real a la PTAR FIM**. El centro de control principal tendrá acceso total a las grabaciones y a las vistas en vivo para la toma de decisiones administrativas y de emergencia.

### ○ **Respaldo y Continuidad.**

El sistema de video deberá estar conectado al sistema de **Fuerza Interrumpible (UPS)** del edificio de operación, garantizando la grabación y el monitoreo incluso durante el tiempo de transferencia a la planta de emergencia ante una falla de CFE.

## **J. RED DE AGUA POTABLE A PRESIÓN Y SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LAVADO.**

El cárcamo de rebombeo deberá contar con un sistema hidráulico integral diseñada para las labores de limpieza profunda de las áreas de trabajo, el mantenimiento de los equipos de pretratamiento y la mitigación de acumulaciones de grasas y sólidos en las estructuras de concreto.

**Este sistema se compondrá de los siguientes elementos:**

### **I. Red de Agua Potable y Sistema de Presurización.**

- **Suministro y Calidad:** El sistema se alimentará de la red municipal de agua potable para garantizar una fuente de agua limpia, libre de materia orgánica que pudiera obstruir las boquillas de limpieza.
- **Presurización Industrial:** Se instalará un sistema hidroneumático o equipo de bombeo tipo *booster* capaz de proporcionar una **presión de operación de al**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

**menos 700 kPa (100 psi)** en los puntos de salida. Esta presión es indispensable para remover eficazmente los sólidos adheridos mediante el uso de **mangueras de alta presión** o aspersores industriales con conexiones rápidas al punto de conexión.

- **Distribución y Salidas:** Se distribuirán estratégicamente hidrantes de pared (tomas de agua) con herrajes de uso rudo y tomas rápidas para la conexión de las mangueras en las siguientes zonas:
  - Cercanía del canal de llegada (limpieza de rejillas y compuertas).
  - Periferia del cilindro de almacenamiento (lavado de muros para control de grasas).
  - Interior del Edificio de Operación (áreas de mantenimiento mecánico).
- **Materiales:** Toda la red interna de distribución será de materiales certificados para agua a presión, como **polietileno de alta densidad (PEAD)** o **PVC Cédula 80**, garantizando que no existan fugas ni corrosión galvánica.

### K. Red de Captación y Drenaje Operativo

- **Diseño de Pisos y Pendientes:** Las áreas de trabajo y el piso del edificio de operación deberán contar con pendientes adecuadas (mínimo 1:8 en zonas críticas de escurrimiento) dirigidas hacia registros o canaletas de captación. Esto evitará el encharcamiento y la formación de focos de infección por humedad.
- **Estructuras de Captación:** Se instalarán rejillas de piso con **trampas de sedimentos y grasas** integradas para capturar sólidos gruesos antes de que el agua de lavado ingrese a la red de retorno.
- **Recirculación al Proceso:** Por razones de control ambiental y eficiencia operativa, el 100% del agua producto del lavado **deberá ser captada y enviada de retorno al inicio de la planta** (canal de llegada), integrándose nuevamente al proceso de tratamiento para evitar descargas no controladas al subsuelo o fuera del predio.
- **Control de Corrosión:** Dado que estas son "áreas mojadas" permanentes, todos los soportes de la tubería, pernos y abrazaderas deberán ser estrictamente de **material resistente a la corrosión** o contar con protección anticorrosiva probada.
- **Operación Diaria:** El **Participante** deberá considerar en su plan de operación el lavado diario de las áreas circundantes al pretratamiento con soluciones

desinfectantes (cloro o peróxido de hidrógeno) para eliminar olores y prevenir la proliferación de insectos.

### L. Criterios de Complementariedad Técnica.

Se reconoce que la normatividad presentada en los manuales anteriores representa una guía técnica que debe complementarse obligatoriamente con la **mejor práctica de la ingeniería**. En consecuencia:

1. **Normatividad Supletoria:** En aquellos casos donde existan aspectos técnicos o situaciones específicas no estipuladas explícitamente en los manuales de referencia de la CONAGUA, los proponentes deberán utilizar otras referencias técnicas, estándares o normas nacionales (NOM/NMX) e internacionales vigentes (como AWWA, ASTM, ISO o NEC).
2. **Obligación de Soporte:** En estos supuestos, el **Participante** tiene la condición obligatoria de **citar la fuente de información y anexar íntegramente los datos de la normatividad utilizada** para el diseño o procedimiento propuesto en su propuesta técnica.
3. **Memoria de Cálculo:** Todas las memorias de cálculo deberán estar debidamente firmadas por especialistas y acompañadas de la justificación normativa que ratifique los valores e índices seleccionados.
4. **NOTA IMPORTANTE SOBRE LA RESPONSABILIDAD EN CAMPO:** Es obligación irrenunciable del **Participante** realizar el reconocimiento y recorrido a pie del sitio del proyecto para obtener la sensibilidad necesaria sobre los obstáculos y condiciones reales.
  - **Validación de Estudios:** El **Participante** es el único responsable de la localización general, alineamientos y niveles de la obra. Para el proyecto ejecutivo, es obligatorio realizar un levantamiento topográfico definitivo en sitio, ya que en este se basa el análisis hidráulico y la cuantificación de obra; no se permite el uso de cartografía de internet que no sea corroborada en campo.
  - **Mecánica de Suelos:** En ningún caso se deberá comenzar el diseño estructural o la construcción sin concluir previamente los estudios de mecánica de suelos y laboratorio correspondientes al sitio específico de desplante. Estos estudios deben definir los perfiles estratigráficos, niveles freáticos y la capacidad portante del terreno para garantizar la integridad estructural del cilindro y el edificio de operación.

- **Memoria de Cálculo:** Todos los estudios y memorias de cálculo deberán tener anexa la información de la normatividad utilizada para el diseño.

## M. LINEAMIENTOS AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CARCAMO DE LA PTAR FIM.

Para garantizar que el **Cárcamo de Rebombeo** de la **PTAR FIM** el **Participante** es el responsable absoluto de garantizar la construcción y operación bajo criterios de sustentabilidad y cumplimiento normativo, se establecen los siguientes **Lineamientos Ambientales** integrales. Estos lineamientos buscan minimizar los impactos negativos en el entorno urbano y garantizar la protección de los recursos naturales durante los 20 años de vigencia del contrato.

### I. Marco Normativo y Cumplimiento Legal.

El diseño, construcción y operación del cárcamo deben alinearse estrictamente con la legislación ambiental mexicana vigente, destacando:

- **NOM-001-SEMARNAT-2021:** Representa el estándar actual para las descargas de aguas residuales en bienes nacionales, estableciendo límites más rigurosos para parámetros como la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** y la **Toxicidad Aguda**.
- **NOM-004-SEMARNAT-2002:** Regula las especificaciones de los **biosólidos y lodos** generados para su aprovechamiento o disposición final segura.
- **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA):** Es obligatorio validar el proyecto ante la autoridad federal (CONAGUA) o local y contar con la resolución de impacto ambiental correspondiente antes del inicio de obras.

### II. Control de Emisiones Atmosféricas y Olores.

Dado que el cárcamo se ubica en una zona urbana, el control de gases es crítico para evitar molestias a la comunidad.

- **Prevención de Condiciones Sépticas:** Se debe diseñar el volumen del cárcamo para un tiempo de retención que minimice el desarrollo de condiciones anaerobias y la producción de **ácido sulfhídrico**.
- **Sistemas de Ventilación y Biofiltración:** En instalaciones cerradas, se requiere ventilación mecánica continua y el tratamiento de las corrientes de aire mediante

sistemas de biofiltración o inyección de aire para la oxidación de compuestos reducidos.

- **Diseño Hidráulico:** Se deben eliminar saltos hidráulicos y condiciones que causen turbulencia excesiva, priorizando las **llegadas de agua sumergidas** para evitar la liberación de gases olorosos.

### III. Protección de Suelo y Aguas Subterráneas.

Para evitar la infiltración de contaminantes al acuífero, se establecen las siguientes medidas:

- **Hermeticidad Estructural:** El cárcamo y los tanques deben construirse con **concreto resistente a sulfatos** y recubrimientos epóxicos de altos sólidos que prevengan grietas y filtraciones, las cuales son sancionadas como delitos ambientales.
- **Gestión de Lixiviados:** Las áreas de deshidratación de lodos o almacenamiento temporal deben contar con **terrenos impermeabilizados** y sistemas de captación de lixiviados para su retorno al inicio del proceso.
- **Prevención de Derrames:** Se debe contar con protocolos de limpieza inmediata para derrames de lodos o químicos tanto en ruta como en el sitio, utilizando agentes de cal o enmascarantes químicos para mitigar el impacto inmediato.

### IV. Mitigación de Ruido y Vibraciones.

El equipo electromecánico (bombas y sopladores) debe cumplir con la **NOM-011-STPS** y criterios ambientales de vecindad.

- **Aislamiento Acústico:** Se deben emplear silenciadores de grado crítico, casetas insonorizadas para equipos de aire y, de ser posible, el uso de **barreras naturales (árboles)** o terraplenes para disipar el ruido hacia zonas pobladas.
- **Control de Vibraciones:** Instalación de amortiguadores anti vibratorios en motores para evitar la transmisión de ondas mecánicas a través del suelo o la estructura.

### V. Manejo de Residuos y Subproductos.

- **Lodos Residuales:** Los lodos deben ser estabilizados y deshidratados para cumplir con las pruebas de **No Peligrosidad (CRIT)** antes de su disposición.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Gases de Efecto Invernadero:** Se recomienda, en etapas posteriores o digestores, la **captura y quema controlada de biogás** (metano) para reducir su impacto atmosférico o su aprovechamiento energético para autoconsumo.
- **Residuos Sólidos:** Los sólidos retenidos en rejillas (basura y arena) deben disponerse en recipientes con tapa para evitar la proliferación de vectores (moscas y roedores) y ser trasladados a rellenos sanitarios autorizados.

### VI. Eficiencia Energética.

El participante debe buscar la menor **intensidad energética** (kWh/m³ de agua bombeada) mediante la selección de motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono del proyecto.

### VII. Dictaminación Eléctrica (UVIE).

Debido a la criticidad de la instalación, el proyecto eléctrico deberá ser evaluado y dictaminado por una **Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE)** aprobada por la Secretaría de Energía. El Participante proporcionará el **Dictamen de Verificación** como requisito indispensable en el informe final para la energización por parte de la CFE.

## 2.0 LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE CÁRCAMO DE REBOMBEO A PTAR FIM.

La línea de conducción de agua residual cruda representa la arteria vital del proyecto Agua Responsable FIM, ya que es el vínculo físico que permite la transición del agua desde su captación en el Cárcamo de Rebombéo FIM hasta su transformación en la PTAR Madero. Su importancia radica en que debe garantizar un flujo de operación de 200 l.p.s y flujos extraordinarios de hasta 300 l.p.s. sino también asegurar que el recurso llegue al punto de entrega con la carga hidráulica (altura) suficiente para permitir que el tren de tratamiento biológico opere por gravedad, optimizando así la eficiencia energética del sistema. Esta infraestructura es el primer paso operativo para convertir un pasivo ambiental en un activo económico estratégico para el municipio.

El trazo de la tubería de conducción abarca una longitud total de **21.13 kilómetros** desde el punto del cárcamo de rebombéo hasta el límite inicial del polígono de terrenos eriazos ejidales. El perfil topográfico inicia a una elevación de **1,110.9 m s. n. m.** y concluye a **1,099.0 m s. n. m.**, registrando un desnivel a favor que optimiza la hidráulica y eficiencia del transporte del caudal.

El recorrido inicia sobre vialidades de sección amplia y baja densidad poblacional dentro de la ciudad de Francisco I. Madero, Coahuila, para posteriormente alojarse a lo largo del derecho de vía de la **Carretera Estatal No. 86**. Esta configuración física y logística simplifica

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

la gestión, tramitación y obtención de los permisos de alojamiento de la tubería y derechos de vía ante las autoridades correspondientes.

### A. Definición de Trayectoria y Ubicación del Terreno.

Ubicación de los terrenos donde se construirá el complejo Sustainable HUB – FIM;



### ESTATUS DEL PREDIO Y PROCEDIMIENTO ACELERADO DE ADQUISICIÓN TERRITORIAL.

El predio se encuentra actualmente en fase de negociación con los núcleos ejidales que integran el polígono clasificado como área común o terrenos eriazos. Con el apoyo y la intermediación del Republicano Ayuntamiento de Francisco I. Madero, Coahuila, encabezado por su Presidente Municipal, las negociaciones avanzan en la etapa de organización de las Asambleas de Formalidades Especiales (Asambleas Duras).

En dichas sesiones se requiere la acreditación de un cuórum legal superior al 75% de los ejidatarios inscritos para acordar y formalizar la firma de las Cartas de Intención de compraventa, así como la definición del precio pactado. Tras la obtención e integración de las actas de asamblea de los ejidos participantes, se procederá a la evaluación técnica y financiera para la adquisición formal de solo 350 hectáreas de terreno, el cual cuenta con una superficie total disponible de 15,214 hectáreas.

### PROCEDIMIENTO ACELERADO DE COMPRAVENTA E INTERVENCIÓN FIDUCIARIA.

Para garantizar la certidumbre jurídica de las partes, la agilidad en la ejecución de las obras y el blindaje patrimonial de los inversionistas, el proceso de adquisición se ejecutará mediante el siguiente mecanismo fiduciario acelerado:

- **Paso 1 Firma de la Carta de Intención de Compraventa Irrevocable;** celebración formal de las Asambleas de Formalidades Especiales (Asambleas Duras) con cuórum calificado superior al 75% de ejidatarios. En dicho acto se aprueba formalmente la enajenación, se fija el valor comercial por hectárea y se suscribe la **Carta de Intención de Compraventa de Carácter Irrevocable**.
- **Paso 2 Dispersión del Anticipo y Toma de Posesión Ocupacional Inmediata;** Una vez radicados los recursos en el **Fideicomiso Maestro**, el Fiduciario liberará el porcentaje de **anticipo pactado** a favor de los ejidatarios o del fondo común del ejido. **A partir del pago de dicho anticipo, el proyecto adquiere formal y legalmente el derecho de uso, ocupación y posesión inmediata de las tierras**, facultando al desarrollo, a la Empresa E.P.C. y a las Empresas Tecnólogas para iniciar de manera directa los trabajos de levantamiento topográfico, estudios de mecánica de suelos, obras preliminares y construcción de infraestructura.
- **Paso 3 Custodia y Depósito Fiduciario del Saldo Remanente (Cuenta Escrow);** El 100% del saldo remanente acumulado para el pago total de la tierra permanecerá depositado e inmovilizado en una subcuenta fiduciaria inembargable a favor de los ejidatarios vendedores. Este esquema otorga garantía líquida de cobro a la comunidad, eliminando el riesgo de cartera vencida o incumplimiento.
- **Paso 4 Desincorporación Agraria y Tramitología de Dominio Pleno;** Se desahogará el procedimiento legal, técnico y registral para la desincorporación de los predios del régimen ejidal (adopción del Dominio Pleno) y su correcta inscripción ante el Registro Agrario Nacional (RAN) y las autoridades competentes.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Paso 5 Escrituración Pública Definitiva y Dispersión del Finiquito;** Con la emisión de los títulos de propiedad privada desincorporados y la firma de la **Escritura Pública Definitiva de Compraventa** ante Notario Público, se cumple la condición suspensiva del fideicomiso. El Fideicomiso Maestro dispersará en forma inmediata y definitiva el saldo remanente resguardado a los ejidatarios.

### VENTAJAS DEL MODELO Y BLINDAJE MUTUO;

- **Para el Ejido:** Garantía fiduciaria absoluta de pago desde la firma del anticipo, contando con el saldo final totalmente asegurado en el banco fiduciario hasta la conclusión del trámite.
- **Para el Sustainable HUB – FIM / Inversionistas:** Habilitación inmediata del uso del suelo para no retrasar el cronograma de construcción (Curva "S"), sujetando la dispersión del saldo remanente a la entrega final de las escrituras públicas libres de todo gravamen.

### B. Parámetros de Diseño Hidráulico.

El diseño debe considerar la capacidad de conducción para los caudales establecidos, asegurando la integridad estructural y la eficiencia operativa:

- **Gasto de Diseño:** Se utilizará un flujo nominal de **200 l.p.s** para el dimensionamiento base.
- **Gasto Máximo Extraordinario:** El sistema deberá revisarse bajo una condición de **300 l.p.s** para asegurar que las velocidades no excedan los límites que provoquen erosión en las paredes de la tubería.
- **Velocidades Recomendadas:** Para líneas de descarga, se debe buscar un rango de **1.5 a 2.5 m/s**. En casos extraordinarios y tramos cortos, se pueden aceptar velocidades mayores, pero deben ser justificadas técnicamente.

### C. Análisis del Diámetro Económico (Balance CAPEX vs. OPEX).

El proyectista está obligado a realizar un análisis comparativo para determinar el diámetro que optimice el costo total del ciclo de vida de la obra.

- **Ecuación de Bresse (Punto de Partida):** Como estimación inicial, se sugiere la fórmula. Para 200 l.p.s, esto sugiere un diámetro cercano a los **536 mm (aprox. 21 pulgadas)**.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Costo Integrado:** Se debe aplicar la ecuación, donde:
  - **(CAPEX):** Costo de adquisición e instalación de la tubería de PVC.
  - **(CAPEX):** Inversión en el equipo de bombeo (motores y bombas).
  - **(OPEX):** Costo de la energía eléctrica proyectado a la vida útil (20-25 años).
- **Justificación:** Un diámetro menor reduce la inversión inicial (CAPEX) pero aumenta las pérdidas por fricción, exigiendo motores más potentes y mayor consumo eléctrico (OPEX); el diámetro ideal es aquel donde la suma de estos costos es mínima. La ecuación de Bresse se emplea como estimación inicial del diámetro hidráulico; el diámetro final debe definirse mediante análisis hidráulico detallado y balance económico CAPEX/OPEX.

### D. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y APLICACIÓN AL PROYECTO (21.13 KM).

- **Rango de Velocidad Económica:** La ingeniería hidráulica establece que la velocidad económica para líneas de conducción e impulsión debe situarse entre 1.0 y 1.5 m/s. El diámetro de **24"** proyecta 1.06 m/s, lo que evita la acumulación de sedimentos y previene el desgaste o erosión por cavitación/fricción.
- **Aprovechamiento del Desnivel a Favor:** Al contar con una caída topográfica favorable de 11.9 m 1,110.9 → 1,099.0 m s. n. m., la tubería de 24" permite absorber gran parte de las pérdidas por fricción del trayecto de 21.13 km, reduciendo la Carga Dinámica Total (CDT) que deben vencer las bombas del cárcamo de rebombeo.
- **Material Sugerido:** PEAD (Polietileno de Alta Densidad) RD-17 / RD-13.5 o Acero al Carbón con recubrimiento epóxico interior/exterior, garantizando rugosidad absoluta baja ( $C = 140-150$  en Hazen-Williams) para maximizar el ahorro energético a 30 años.

### E. Dispositivos de Control y Protección (Válvulas y Cajas).

Para garantizar la operatividad y evitar fenómenos transitorios (golpe de ariete), la línea contará con:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire:** Se instalarán en los **puntos altos del trazo** para evitar depresiones y en tramos planos a distancias de entre **500 y 1,000 metros**.
- **Válvulas de Desagüe:** Ubicadas en los puntos más bajos para permitir el vaciado de la línea en mantenimientos.
- **Cajas o Registros:**
  - Deben permitir una separación mínima de **30 cm** entre el muro y cualquier brida o válvula.
  - La altura libre sobre el lomo del tubo debe ser de al menos **1.20 m** para facilitar maniobras.
  - Las losas y tapas deben ser diseñadas para soportar cargas de tránsito si se ubican en vialidades, preferentemente con marcos de fierro fundido.

### F. Validación y Supervisión.

- **Pruebas de Hermeticidad:** Antes de la puesta en servicio, la línea debe someterse a una **prueba hidrostática de campo** de acuerdo con la **NOM-001-CONAGUA-2011** para garantizar cero fugas en juntas y piezas especiales.
- **Supervisión Técnica:** Todos los trabajos de instalación serán validados por el **Residente de Obra**, quien supervisará que el tendido y las plantillas de apoyo cumplan con las especificaciones del manual.

### G. Detección de Infraestructura Subterránea mediante Georadar.

Previamente al inicio de cualquier excavación o perforación, el Contratista tendrá la obligación de disponer de información exacta sobre todas las instalaciones subterráneas existentes en la trayectoria proyectada. Para validar y complementar los planos existentes, es estrictamente obligatorio realizar un **estudio de prospección en todo el trayecto mediante un sistema de Georadar** (transmisión de impulsos electromagnéticos). Este estudio tiene como finalidad detectar de manera precisa la posición y profundidad de:

- **Servicios de comunicación:** Líneas de fibra óptica y registros telefónicos.
- **Conducciones energéticas:** Líneas eléctricas subterráneas, gasoductos y oleoductos.

- **Infraestructura hidráulica:** Redes de agua potable y alcantarillado existentes.

### H. Control de Calidad y Laboratorio Certificado.

Para garantizar la integridad estructural de la tubería y su correcto funcionamiento durante los 20 años de vida útil previstos, el Contratista deberá contratar los servicios de un **laboratorio de análisis debidamente acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)**.

Este laboratorio será responsable de certificar el cumplimiento de la **resistencia y grado de compactación del suelo** en las siguientes etapas:

- **Plantilla de Apoyo:** Verificación de que la cama de material inerte de 10 cm (mínimo) ofrezca la consistencia necesaria y una superficie nivelada para el asiento del tubo.
- **Relleno Compactado y Apisonado:** Control mediante la **prueba Proctor** para asegurar que el relleno se realice en capas horizontales (máximo 15 cm de espesor) con la humedad óptima para alcanzar la máxima compactación requerida por el proyecto.

### I. Referencias Técnicas de CONAGUA para Detalles Constructivos.

Para la construcción de la línea de conducción del proyecto **Agua Responsable FIM**, el **participante** deberá considerar las siguientes referencias técnicas oficiales de la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)**, las cuales deben ser consultadas para asegurar el cumplimiento normativo y constructivo:

1. **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.**
2. **Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.**
3. **Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos.**
4. **Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño Estructural.**
5. **Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado.**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

6. **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS): Proyectos Ejecutivos.**
7. **Libro 15. Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Mecánicas.**
8. **Libro 16. Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Eléctricas.**
9. **Libro 17. Selección de Equipo y Materiales Electromecánicos.**
10. **Libro 18. Instalación y Montaje de Equipos Electromecánicos.**
11. **Libro 42. Mantenimiento y Reparación de Tuberías y Piezas Especiales.**
12. **Especificaciones Generales para la Construcción de Sistemas No Convencionales de Agua Potable y Saneamiento.**

Estas referencias constituyen el marco normativo federal para el diseño, cálculo de tuberías a presión, excavaciones, rellenos y montaje de infraestructura hidráulica.

### 3.0 LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE CÁRCAMO DE REBOMBEO A PTAR FIM “LLEGADA A LA PTAR FIM ANTES DE LA INTERCONEXION A CRIBAS FINAS”.

#### A. Instrumentación de Medición de Caudal en la Llegada.

Previamente a la interconexión con el sistema de cribado fino, se instalará **un medidor de flujo ultrasónico tipo carrete (bridad) para conducto cerrado.**

- **Tecnología y Operación:** El equipo deberá utilizar el principio de efecto Doppler o tiempo de tránsito, garantizando la precisión en aguas con sólidos en suspensión.
- **Automatización:** El medidor debe contar con un sistema de salida remota con protocolos de comunicación compatibles con el **Sistema de Automatización y Control de la PTAR**. La información del caudal de ingreso debe transmitirse en **tiempo real** para permitir el monitoreo permanente y la toma de decisiones operativas inmediatas.

#### B. Criterios de Diseño Hidráulico por Gravedad.

El punto de interconexión con las cribas finas debe situarse a una **altura mínima necesaria** que garantice que todo el tren de tratamiento biológico posterior (desde el Bio-P y aireación hasta la salida de los clarificadores secundarios) funcione exclusivamente por **fuerza de gravedad.**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Propósito:** Este diseño es crítico para maximizar la **eficiencia energética** del proyecto, eliminando la necesidad de bombeos intermedios y reduciendo los costos operativos (OPEX) durante los 20 años de vigencia del modelo de negocio.

### C. Soportería y Protección contra la Corrosión.

Debido a la naturaleza corrosiva del ambiente en una planta de tratamiento (presencia de humedad y gases), la infraestructura de soporte debe ser de alta durabilidad:

- **Estructura Metálica Elevada:** La tubería aérea será soportada por estructuras de acero recubiertas mediante **galvanizado por inmersión en caliente**. Este recubrimiento debe cumplir con la norma **NMX-H-004-SCFI-2008** y contar con su respectiva certificación de espesor y adherencia.
- **Accesorios de Sujeción:** Todos los elementos de fijación, tornillería, espárragos, tuercas y abrazaderas deben ser fabricados estrictamente en **acero inoxidable (preferentemente grado 316)** para prevenir la degradación mecánica y asegurar la integridad de los activos a largo plazo.

### 4.0 ESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO (REMOSION DE SOLIDOS) PTAR FIM.

Para la definición de los **Términos de Referencia** de la estructura que albergará el sistema de **Cribado Fino y Desarenador** de la **PTAR FIM**, se establecen los siguientes requerimientos técnicos y de seguridad basados en la normativa federal y las mejores prácticas de ingeniería:

#### A. Obra Civil y Estructural.

- **Material de la Estructura:** Se construirá íntegramente en **concreto reforzado** con una resistencia proveniente de la memoria de cálculo que emita el **participante**, con dimensiones aptas para el manejo del proceso de hasta 200 l.p.s.. Para garantizar la durabilidad ante el ataque químico de los gases del agua residual, se deberá utilizar obligatoriamente **Cemento CPO RS (Resistente a Sulfatos)**.
- **Recubrimientos y Acabados:** Los elementos metálicos como **escaleras, pasamanos y pasillos** serán de acero estructural con **recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente**, cumpliendo con la norma NMX-H-004-SCFI-2008.
- **Sujeción de Alta Resistencia:** Todos los accesorios de sujeción, tornillería, pernos y herrajes expuestos deberán ser de **acero inoxidable (grado 316)** para prevenir la corrosión galvánica y asegurar la vida útil de 20 años.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Protección Ambiental:** La estructura contará con cubiertas para brindar **protección contra la intemperie y rayos solares** a los equipos electromecánicos, evitando su degradación prematura.

### B. Infraestructura del Proceso (Cribado y Desarenado).

La estructura debe estar diseñada para albergar y operar eficientemente los siguientes componentes:

- **Desarenador de Canal Aireado:** Construido en concreto, contará con **dos depósitos de arenas** en el fondo. Se integrarán **válvulas solenoides** para el suministro y bloqueo de aire de los sopladores, así como para el sistema de lavado de arenas.
- **Extracción y Clasificación:** Se instalarán equipos de **extracción tipo airlift** para elevar la arena de forma intermitente hacia un **equipo clasificador de arenas** común para ambos canales.
- **Cribas Finas:** El diseño permitirá que las cribas finas operen con su sistema de limpieza automática, requiriendo una toma de **agua a presión** para su correcto funcionamiento.
- **Sistema de Control de Olores y Gases (Específico para Cribas Finas):** El diseño de la infraestructura deberá armonizar para albergar el sistema de extracción forzada de olores y gases corrosivos interconectadas a solo a las cribas finas.
- **Protección de las irradiaciones del sol e intemperie.** Por protección a las estructuras de los equipos y propios de las instalaciones de potencia y control del sistema, el diseño deberá contar con estructuras metálicas con recubrimiento anticorrosivo galvanizado en caliente y techumbre a opción del **participante** podrá ser de lámina tipo Pintro del calibre requerido por la memoria de cálculo y diseño arquitectónico o paneles solares que ayudaran al consumo energético en la operación.

### C. Servicios y Sistemas Auxiliares.

- **Sistema de Agua a Presión:** Se instalará una red de agua con sistema hidroneumático capaz de proporcionar al menos **700 kPa (100 psi)**. Contará con tomas y mangueras de **conexión rápida** para el lavado de áreas y el funcionamiento de las cribas.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Captación de Lavado:** Los pisos tendrán pendientes mínimas de 1:8 hacia canaletas de captación, redirigiendo el 100% del agua de lavado directamente al **desarenador** para su reincorporación al proceso.
- **Infraestructura Eléctrica:** Las instalaciones de fuerza (440V), auxiliares (220V) e iluminación (110V) serán aptas para **intemperie** (grado de protección **IP 65 / NEMA 4**) y con materiales resistentes a la corrosión atmosférica.

### D. Seguridad, Señalización y Salud.

- **Iluminación de Operación:** Se garantizará una iluminación técnica de entre **300 y 500 lux** en áreas de proceso para permitir una operación segura durante los turnos nocturnos.
- **Señalética y Extintores:** Toda el área contará con señalización de seguridad bajo la norma **NOM-003-SEGOB** o **NOM-026-STPS**. Se instalarán **extintores Tipo C** (para riesgos eléctricos) debidamente señalados y a una distancia no mayor a 15 metros de los accesos.
- **Delimitación de Áreas:** Los pisos utilizarán **señalización de colores** (franjas de seguridad) para delimitar las zonas de equipos y las rutas seguras de paso para los operadores.
- **Control de Olores:** La estructura debe contemplar la adecuación física para la instalación de un **sistema anti-olores** por extracción forzada, similar al sistema de biofiltración orgánica del cárcamo.

### E. Logística de Residuos y Maniobras.

- **Disposición de Sólidos:** La estructura estará preparada para conducir los sólidos y arenas captadas directamente hacia **contenedores de basura industrial**.
- **Acceso Vehicular:** El diseño debe prever **espacio libre y rampas** para el acceso d camiones industriales pesados que realizarán el vaciado de contenedores.
- **Pisos Reforzados:** Las losas en las zonas de carga y maniobras de contenedores serán de **concreto reforzado** con espesores calculados para soportar el peso y las vibraciones de los camiones de carga pesada.

### F. Sistema de Control de Olores y Gases (Específico para Cribas Finas).

Debido a que el pretratamiento es la zona con mayor potencial de generación de gases corrosivos y olores, se debe integrar un sistema de gestión atmosférica:

- **Extracción y Captación:** El diseño de la estructura debe incluir la adecuación física (ducterías y soportes) para un sistema de **extracción forzada** mediante ventiladores centrífugos resistentes a la corrosión química.
- **Tratamiento por Biofiltración:** Los gases extraídos de la zona de cribado fino deben ser conducidos a un **biofiltro de lecho orgánico** (mezcla de estiércol y aserrín) para la eliminación de ácido sulfhídrico.
- **Concepto de "Sistema de Sacrificio":** Este componente se dimensionará para recibir el impacto directo de la corrosión, protegiendo así los equipos electromecánicos de alto costo de las cribas y el desarenador.

**G. Sistema de Fuerza de Energía Eléctrica y Utilización:** Distribución de Niveles de Tensión La infraestructura eléctrica para el área de pretratamiento se diseñará para garantizar un suministro ininterrumpido y eficiente de energía proveniente del Centro de Control de Motores (CCM) de la PTAR. El sistema deberá derivar y regular los siguientes niveles de voltaje para cubrir la demanda total de la zona.

- **480 V (440 V):** Destinado exclusivamente a los motores de fuerza de las cribas finas mecanizadas, sopladores de aire para el desarenador y equipos de extracción de arenas.
- **220 V:** Para la alimentación de motores fraccionarios, válvulas solenoides de lavado y equipos auxiliares de la zona.
- **127 V / 110 V:** Para el sistema de iluminación técnica de operación, instrumentación de control, sensores de monitoreo de gases y el sistema SCADA local.

**H. Sistema de Control de los Equipos (Infraestructura y Tableros):** El diseño deberá contar con la infraestructura correspondiente para albergar el tablero de control proveniente del sistema de control general de la PTAR FIM ubicado en el CCM, que deberá proteger de la intemperie y de posibles gases al tablero que lo albergará. El tablero deberá ser apto para la zona y sellado, cumpliendo estrictamente con la especificación NEMA 4X.

Especificaciones Técnicas del Tablero:

- **Grado de Protección:** La envolvente debe ser del **tipo NEMA 4X**, lo que garantiza que sea hermética al agua, al polvo y, fundamentalmente, resistente a la corrosión. Esta característica es indispensable para soportar la exposición directa a la humedad y la acción química de los gases ionizados (ácido sulfhídrico) propios del agua residual cruda.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Material de Fabricación:** Se preferirá el uso de gabinetes fabricados en acero inoxidable grado 316 o materiales poliméricos de alta resistencia (poliéster) con acabados especiales para resistir la corrosión atmosférica.
- **Sellado de Entradas:** Todas las conexiones de cables deberán realizarse mediante conectores de cables tipo glándula herméticos. Asimismo, se deberá instalar un accesorio de sellado a la entrada de la tubería Conduit para prevenir de manera efectiva la migración de gases desde el proceso hacia el interior de la caja de control.
- **Instalación y Montaje:** El tablero deberá montarse de modo que quede un espacio libre mínimo de 6.5 milímetros entre la envolvente y la superficie de soporte para evitar la acumulación de humedad en la parte posterior.
- **Protección Térmica Interna:** El gabinete deberá contar con resistencias calefactoras controladas por termostato para evitar la condensación de humedad interna causada por los cambios de temperatura ambiente, protegiendo así los componentes electrónicos y PLC's.

Esta configuración asegura que el cerebro electrónico que controla las cribas finas y el desarenador opere de manera confiable durante los 20 años de vigencia del proyecto, minimizando fallas por degradación química o cortocircuitos por humedad ambiental.

### I. Responsabilidad Integral del Diseño y Mecánica de Suelos.

- **Responsabilidad del Participante:** El diseño ejecutivo completo de la estructura es **responsabilidad absoluta e irrenunciable del Participante**, quien debe asegurar la estabilidad y funcionalidad de la obra.
- **Estudio de Mecánica de Suelos:** Es estrictamente obligatorio que el diseño estructural parta de un **estudio de mecánica de suelos y laboratorio** realizado específicamente en el sitio de desplante. Este estudio definirá el tipo de cimentación, niveles freáticos y capacidad portante para evitar asentamientos diferenciales o fallas por volteo.
- **Criterios Estructurales:** El diseño debe considerar las acciones permanentes (peso propio), variables (equipos en operación) y accidentales (sismo y viento) conforme a las normas ACI-318, ACI-350 y el Manual de Obras Civiles de la CFE.

### J. Consideraciones de Calidad en la Construcción.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Laboratorio Acreditado:** Todos los ensayos de calidad (resistencia del concreto, compactación de suelos y pruebas de materiales) deben realizarse a través de un **laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)**.
- **Dossier de Calidad:** El contratista debe entregar un expediente final que incluya la **ingeniería "As-Built"**, certificaciones de origen de todos los materiales (NMX y NOM) y los registros de pruebas de funcionamiento de los equipos.
- **Hermeticidad y Durabilidad:** Se exigirá un recubrimiento libre de concreto sobre el acero de refuerzo de **5 a 7 cm** para evitar la corrosión y expansión del acero (spalling). La estructura deberá pasar una **prueba hidrostática de 72 horas** con agua limpia antes de iniciar operaciones.

### K. Seguridad Laboral y Salud en el Trabajo.

- **Norma Rectora:** El Participante debe cumplir estrictamente con la **NOM-031-STPS-2011** (Construcción) y asignar personal especializado (**Seguristas**) permanentemente en el sitio.
- **Capacitación Certificada:** Todo el personal operativo y de construcción debe contar con constancias de habilidades vigentes (**Formato DC-3**) y capacitación avalada por la STPS (**Formato DC-5**).
- **Protección y Bienestar:** La estructura debe contar con barandales de seguridad, escaleras con cinta antideslizante, señalización de colores según la NOM-026-STPS y áreas higiénicas para consumo de alimentos.

### L. Ecología y Sustentabilidad en la Construcción.

- **Cumplimiento Normativo:** El proyecto debe contar con la resolución de la **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)** antes del inicio de las obras.
- **Gestión de Aguas de Lavado:** Para prevenir la infiltración al acuífero, el **100% del agua de lavado** de las áreas de cribado y desarenado debe ser captada y retornada al inicio del proceso de tratamiento.
- **Control de Residuos:** Se deben implementar medidas para evitar la dispersión de materiales ligeros y basura captada por las cribas, utilizando contenedores tapados y zonas de maniobra impermeabilizadas.

- **Protección Ambiental:** Durante el desmonte y preparación del sitio, se deben tomar precauciones para no provocar incendios y transportar adecuadamente la basura resultante a sitios autorizados por la autoridad.

### 5.0 EQUIPOS CRIBAS FINAS (REMOSION DE SOLIDOS) PTAR FIM.

Para la conformación de los **Términos de Referencia** relativos al **Suministro e Instalación de Cribas Finas** en la **PTAR FIM**, se establece el siguiente texto técnico y normativo, integrando los criterios de ingeniería, redundancia y automatización.

#### A. Descripción Técnica y Función.

El sistema de **cribado fino** consistirá en dispositivos mecanizados de alta eficiencia con aberturas de tamaño uniforme (milimétricas) diseñados para retener residuos de tamaño pequeño, fibras y sólidos en suspensión que no fueron captados en el pretratamiento preliminar. Su función es **proteger la integridad de los equipos electromecánicos** de las etapas subsecuentes (Bio-P, aireación y filtración avanzada) e incrementar la eficiencia del proceso biológico al remover materiales indeseables del afluente.

#### B. Apertura de la luz del Tamiz.

La apertura de luz del tamiz para la criba fina se define bajo los siguientes criterios:

- **Rango Típico:** El tamaño de abertura característico para las rejillas finas oscila entre **0.2 y 6 milímetros**.
- **Uso en Pretratamiento Moderno:** Actualmente, se recomienda el uso de aberturas **menores a 2.3 mm** cuando se emplean en el pretratamiento o tratamiento primario para incrementar la eficiencia de remoción de sólidos.
- **Especificación por Equipo (Tambor Rotatorio):** Para los sistemas de tambor rotatorio (como los contemplados en los términos de referencia previos), el diseño puede considerar aberturas de **0.25 mm** para sustituir o complementar la sedimentación primaria.
- **Categoría de "Muy Finas":** Si se busca reducir sólidos en suspensión a niveles de tratamiento primario avanzado, se utilizan aberturas de **0.2 a 1.5 mm**.

En resumen, para cumplir con el objetivo de proteger los procesos biológicos (Bio-P y lodos activados) y la filtración terciaria de la PTAR FIM, el tamiz deberá contar con una apertura dentro del rango de **0.2 a 2.3 mm**, dependiendo de la selección final del equipo mecanizado por parte del **participante**.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

### C. Capacidad y Configuración de Redundancia (Esquema N+1).

- **Capacidad de Diseño:** El conjunto de cribado debe ser capaz de tratar un flujo nominal de hasta **200 l.p.s** asegurando que no existan desbordamientos o cortocircuitos hidráulicos durante la operación.
- **Equipos de Respaldo:** Para garantizar la **continuidad del servicio** y permitir maniobras de mantenimiento preventivo o correctivo sin detener el proceso, se instalarán equipos bajo un esquema de **redundancia N+1 (Operación + Standby)**. Esto asegura que, ante cualquier contingencia, exista siempre una unidad de reserva disponible dentro del tiempo requerido para tal aplicación.

### D. Respaldo Energético y Continuidad Operativa.

El sistema de cribas finas se considera una **carga prioritaria** dentro del proceso de saneamiento. Por lo tanto:

- **Alimentación Dual:** Los equipos deberán estar integrados a la infraestructura eléctrica de la planta, permitiendo su operación tanto con la energía proveniente de la **red comercial (CFE)** como con el respaldo de la **planta de emergencia diésel** en caso de falla en el suministro normal.
- **Transferencia Automática:** Se contará con un sistema de transferencia con enclavamiento mecánico que prevenga la interconexión accidental de ambas fuentes y garantice la alimentación ininterrumpida a los motores de las cribas.

### E. Automatización, Monitoreo y Control.

La operación del cribado fino estará totalmente integrada al **Sistema de Automatización y Control de la PTAR FIM**, siguiendo una arquitectura de inteligencia distribuida:

- **Modos de Operación:** Cada equipo contará con un selector de **modo Local/Remoto**.
  - **Modo Local:** Permite la manipulación directa desde la Consola de Control Local (CCL) o botoneras al pie del equipo para pruebas y mantenimiento.
  - **Modo Remoto:** Habilita el **telecontrol total desde el cuarto de operaciones** de la PTAR FIM a través del servidor SCADA.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Control del Operador:** El operador tendrá la facultad de **prender y apagar los equipos** de forma remota, así como ajustar parámetros operativos desde la estación maestra de trabajo.

### F. Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y Señalización.

El sistema SCADA presentará una **representación mímica** (imagen gráfica) de las cribas finas en pantalla, mostrando el estado de funcionamiento de los motores mediante el siguiente código de colores y señales:

- **Color Rojo:** Indica que el motor o equipo se encuentra **apagado** o fuera de servicio.
- **Color Verde:** Indica que el motor se encuentra en **funcionamiento** normal (energizado).
- **Color Amarillo y Alarma Sonora:** Indica una **condición de falla** o anomalía en el sistema (ej. sobrecarga o bloqueo). La alarma sonora deberá alertar al personal en tiempo real, permitiendo su silenciamiento manual una vez confirmada la emergencia, mientras que la señal visual permanecerá activa hasta que se restablezca la condición normal.

### G. Calidad y Certificación.

Todos los instrumentos de medición, módulos de control (MCAD) y motores deberán ser de reciente manufactura y contar con **certificación de calidad aprobada (NOM/NMX)**. Los registros de eventos, fallas y datos históricos de operación deberán almacenarse en una memoria no volátil para su posterior análisis y auditoría.

### H. Configuración de Extracción Forzada.

Para asegurar la correcta **gestión de gases y el control de olores** en el área de pretratamiento de la **PTAR FIM**, se establece que el sistema de **cribas finas** deberá contar con la adecuación necesaria para integrarse a un sistema de **extracción forzada**, siguiendo los lineamientos técnicos y de seguridad industria. La zona donde se ubiquen las cribas finas deberá contar con una infraestructura de captación de aire diseñada para remover continuamente los gases acumulados (principalmente ácido sulfhídrico,):

- **Equipamiento:** Se utilizarán **ventiladores centrífugos** de alta eficiencia para generar el vacío necesario en los puntos de captación.
- **Ducterías:** Los conductos de aire y sus soportes deben estar fabricados con materiales con **alta resistencia a la corrosión química** y ambiental, dada la naturaleza ionizada de los gases en esta etapa.

### I. Tratamiento mediante Biofiltración.

El aire succionado de las cribas finas no será liberado directamente a la atmósfera, sino que será conducido a un sistema de tratamiento biológico:

- **Proceso:** Se empleará un **biofiltro de lecho orgánico** compuesto por una mezcla de estiércol de vaca y aserrín húmedo.
- **Efectividad:** Este sistema es el más eficiente para eliminar los olores y proteger los componentes electrónicos y motores del área contra la degradación por sulfatos.
- **Automatización:** El suministro de aire y el control de humedad en el biofiltro deberán estar integrados al sistema de control de la planta para operar de manera autónoma.

### J. Concepto de "Sistema de Sacrificio".

Siguiendo la filosofía de mantenimiento del proyecto, el sistema de extracción se diseñará bajo el concepto de **sistema de sacrificio**:

- **Propósito:** Los componentes menores, como ductos, rejillas de ventilación y elementos de sujeción, se dimensionarán para **recibir el impacto directo de la corrosión**.
- **Protección de Activos:** Esta estrategia garantiza la protección de los activos de alto costo (como los motores de las cribas y el Centro de Control de Motores), ya que es significativamente más económico reemplazar tramos de ducterías o sustrato del biofiltro que reparar la maquinaria principal colapsada por corrosión.

### K. Seguridad y Salud Ocupacional.

La instalación del sistema de extracción forzada es obligatoria para garantizar un ambiente de trabajo seguro:

- **Protección del Personal:** Evita la acumulación de gases pesados que son peligrosos para la salud y previene la formación de atmósferas explosivas en áreas cerradas o semicerradas.
- **Mantenimiento:** El participante deberá incluir en su propuesta técnica el programa de **reemplazo periódico de las piezas de sacrificio** para asegurar que la extracción nunca pierda su eficiencia operativa.

## 6.0 SISTEMA DE DESARENADOR PARA LA PTAR FIM.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

Para la conformación de los **Términos de Referencia** relativos al **Desarenador** de la **PTAR FIM**, se presenta a continuación el texto técnico que integra la descripción estructural y el funcionamiento operativo, basado en los manuales de diseño y las especificaciones del proyecto:

### A. Descripción General y Objetivo.

El sistema de desarenado se localiza inmediatamente después del cribado fino y constituye una operación unitaria indispensable para la protección de la planta. Su objetivo primordial es la **eliminación selectiva de partículas inorgánicas pesadas** (arena, grava, cenizas y sólidos inertes de tamaño superior a 200 micras) mediante la manipulación de la velocidad del flujo. Esta etapa es crítica para evitar el **desgaste por abrasión** en los impulsores de las bombas, aireadores y equipos mecánicos, así como para prevenir la formación de depósitos indeseables en tuberías y reactores biológicos.

### B. Estructura y Obra Civil.

La estructura del desarenador deberá cumplir con los siguientes requerimientos constructivos:

- **Material:** Construcción integral en **concreto reforzado** de alta resistencia, diseñado para soportar empujes hidrostáticos y el ataque químico del entorno. Se debe utilizar cemento resistente a los sulfatos para garantizar una vida útil prolongada.
- **Geometría:** El diseño consistirá en **dos canales de desarenados paralelos** (esquema de operación y respaldo/limpieza). Cada canal contará con **tres depósitos o conos de arenas** en el fondo para la captación de los sedimentos. **Opcional el número de conos según el diseño del participante** según su cálculo para el diseño.
- **Acabados y Seguridad:** La estructura contará con escaleras, pasamanos de seguridad y pasillos de rejilla metálica con recubrimiento **galvanizado en caliente**. Todos los accesorios de sujeción y Soportería aérea de tuberías serán de **acero inoxidable**.
- **Protección Ambiental:** El área contará con una cubierta para protección contra la intemperie y se integrará al sistema de **extracción forzada y biofiltración** para el control de olores y gases corrosivos.

### C. Descripción del Funcionamiento (Canal Aireado).

El desarenador operará bajo el principio de **flujo helicoidal inducido por aire**, siguiendo esta secuencia operativa:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

1. **Ingreso y Distribución:** El agua residual ingresa por gravedad a los canales. El flujo es regulado mediante compuertas deslizantes que permiten seleccionar el canal en operación.
2. **Inducción de Flujo en Espiral:** Se inyecta aire de forma lateral a través de difusores (ubicados a una altura de entre 0.6 y 0.9 m del fondo) para provocar un **patrón de velocidad en espiral** perpendicular al flujo principal.
3. **Sedimentación Diferencial:** La velocidad de rotación se ajusta para que las partículas más pesadas (arena) caigan al fondo y se concentren en los colectores, mientras que las partículas orgánicas más ligeras se mantienen en suspensión para ser arrastradas hacia el tratamiento secundario.
4. **Extracción mediante Airlift:** De forma intermitente, los equipos de extracción tipo **airlift (bomba de aire)** elevan la suspensión de agua y arena desde los conos del fondo hasta la parte superior de la estructura.
5. **Clasificación y Lavado:** La mezcla agua-arena se conduce al **Clasificador/Lavador de Arenas**. En esta unidad, las arenas sedimentan en una cámara y son extraídas por un **mecanismo de tornillo sinfín**, el cual las lava para reducir el contenido orgánico y las deposita en un contenedor industrial para su disposición final. El agua excedente retorna al inicio del proceso.

### D. Instrumentación y Control.

La operación del desarenador estará totalmente automatizada e integrada al sistema SCADA:

- **Control de Aire:** El suministro de aire será proporcionado por sopladores exclusivos, gestionados mediante **válvulas solenoides** para el bloqueo y suministro según la demanda operativa.
- **Monitoreo en Tiempo Real:** El estado de las válvulas solenoides y del clasificador se mostrará gráficamente en el panel de control: **Verde** (en operación), **Rojo** (apagado) y **Amarillo/Alarma sonora** (falla o sobrecarga) apegado a las normas **NOM-001-SEDE-2012:** Instalaciones Eléctricas (Utilización), **NMX-J-136-ANCE:** Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipos eléctricos y **NEMA ICS-19:** Estándares de simbología y control industrial.

### E. Sistema de Monitoreo de Calidad (Muestreador Automático).

Para asegurar la caracterización continua del afluente crudo, la tubería de llegada contará con un arreglo técnico para la conexión de un **muestreador automático de agua residual**.

- **Capacidad y Conservación:** El equipo debe ser capaz de tomar muestras puntuales (por ejemplo, en periodos de 4 horas) y contar con un sistema de **refrigeración integrado** para mantener la integridad de las muestras según los rangos de temperatura exigidos por la normativa.
- **Cumplimiento Normativo:** Los procedimientos de toma de muestra y análisis deben apegarse rigurosamente a la **NMX-AA-003** y a la **NOM-002-SEMARNAT-1996**.

## 7.0 SISTEMA DE BIO-P PARA LA PTAR FIM.

### A. Descripción y Objetivo del Proceso.

El Reactor Bio-P constituye la etapa de tratamiento biológico avanzado donde se busca la **remoción selectiva de fósforo y nitrógeno** mediante la manipulación de ambientes bioquímicos (anaerobio, anóxico y aerobio). El objetivo es **"estresar"** selectivamente a los **Organismos Acumuladores de Fósforo (PAO)** para que liberen fósforo en la fase anaerobia y lo absorban masivamente en la fase aerobia posterior, eliminándolo finalmente del sistema a través de la purga de lodos.

### B. Configuración Estructural y Mecánica.

El Participante deberá proyectar una estructura de **concreto reforzado** de alta resistencia, diseñada para una vida útil de al menos 50 años y con recubrimientos resistentes al ataque químico. La configuración operativa seguirá los siguientes lineamientos:

- **Configuración de Flujo Pistón:** El reactor se dividirá en **tres (3) secciones o compartimentos comunicados en serie**. Esta disposición es obligatoria para garantizar un régimen de flujo pistón, eliminando cortocircuitos hidráulicos y asegurando que el 100% del licor mezcla cumpla con los tiempos de contacto requeridos.
- **Agitación Técnica Especializada:** Cada compartimento contará con **agitadores hiperboloides**. Estos equipos son indispensables para mantener los sólidos en suspensión mediante una mezcla perfecta, pero de **baja cizalladura**, evitando la introducción de oxígeno disuelto que arruinaría las condiciones anaerobias/anóxicas.

### C. Descripción de los Procesos por Compartimento.

#### Compartimento 1: Zona Anaerobia (Mezcla de Licor).

- **Corrientes de Entrada:** Recibe el agua residual pretratada proveniente del sistema de desarenado y la **recirculación de lodos activados** del sedimentador secundario.
- **Fenómeno Bioquímico:** En ausencia total de oxígeno y nitratos, las bacterias PAO asimilan la materia orgánica soluble y **liberan ortofosfatos** al licor mezcla, almacenando energía en forma de polihidroxibutirato (PHB).
- **Requerimiento:** No debe existir ingreso de oxígeno disuelto ( $>0.2$  mg/L) ni nitratos para no inhibir el metabolismo de las PAO.

#### Compartimento 2: Zona de Transición / Anóxica.

- **Corrientes de Entrada:** Recibe la **recirculación interna** rica en nitratos proveniente de la etapa aerobia final.
- **Fenómeno Bioquímico:** En esta zona ocurre la **desnitrificación**, donde bacterias heterótrofas utilizan el nitrato como aceptor de electrones para oxidar la materia orgánica restante, transformando los nitratos en gas nitrógeno.
- **Función:** Actúa como un filtro de nitratos para proteger la eficiencia de la zona anaerobia en el siguiente ciclo de recirculación.

#### Compartimento 3: Zona de Amortiguamiento y Control.

- **Función Operativa:** Actúa como una zona de **homogeneización final y amortiguador hidráulico**. Su diseño permite al operador ajustar dinámicamente el tiempo de residencia antes de enviar el licor mezcla al reactor de lodos activados (aerobio).
- **Garantía:** Asegura que la biomasa entre al reactor aerobio con una concentración de sustrato y microorganismos totalmente uniforme.

### D. Tiempos de Retención Hidráulica (TRH).

El diseño deberá cumplir con los siguientes parámetros de residencia para asegurar la estabilidad biológica:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **TRH en Zona Anaerobia:** El tiempo de contacto se establece típicamente entre **1 y 2 horas**. Tiempos menores a 0.5 h son insuficientes para la liberación de P, mientras que tiempos superiores a 2 h pueden causar liberaciones secundarias no recuperables.
- **TRH en Zona Anóxica:** Se proyectará entre **1 y 3 horas**, dependiendo de la carga de nitratos a remover.
- **Recirculación Interna:** El sistema de bombeo debe ser capaz de manejar tasas de recirculación de entre el **100% y el 400%** del gasto de diseño para maximizar la desnitrificación.

### E. Responsabilidad del Participante.

El diseño aquí descrito representa la base técnica mínima requerida por la PTAR FIM. Es

#### responsabilidad absoluta del Participante:

1. Adecuar las dimensiones y capacidades de los equipos a su tecnología específica y experiencia técnica.
2. Garantizar, mediante memorias de cálculo avaladas, que su propuesta alcanzará los niveles de remoción de fósforo exigidos por la calidad de agua mínima requerida expuesta en la calidad de agua producto expuesta en el apartado de ingeniería básica.
3. Es importante que el participante haga una evaluación técnica y detallada en su diseño ya que si su diseño en el reactor Bio-p es ineficiente este deberá ser compensado por el uso de químicos incrementando su gasto de operación y disminuyendo su margen de utilidad en el periodo de operación.

### F. Diseño y Estructura de Obra Civil.

La estructura del reactor Bio-P deberá ser proyectada y construida íntegramente en **concreto reforzado** de alta resistencia. El diseño debe garantizar la **estanqueidad total** para evitar filtraciones al subsuelo, lo cual es considerado un aspecto crítico de cumplimiento ambiental. Se deberá utilizar **cemento tipo RS (Resistente a los Sulfatos)** para proteger la integridad estructural contra el ataque químico de los gases y compuestos del agua residual.

- **Responsabilidad del Diseño:** El desarrollo de la ingeniería de detalle, las memorias de cálculo estructural firmadas por especialistas y la elaboración de los planos finales **"As-Built"** son responsabilidad absoluta y exclusiva del **Participante**.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Mecánica de Suelos:** El Participante es el responsable único de realizar el levantamiento topográfico definitivo y la **ingeniería de mecánica de suelos** en el sitio específico de desplante. No se permitirá el inicio de ninguna fase de construcción sin contar con el estudio de laboratorio que defina los perfiles estratigráficos y la **capacidad portante del terreno**, asegurando que la estructura soporte adecuadamente los empujes hidrostáticos y las cargas de los equipos.

### G. Protección contra la Corrosión y Materiales Especializados.

Para asegurar una vida útil de 20 años en un ambiente altamente corrosivo, se establecen los siguientes estándares:

- **Recubrimiento Galvanizado:** Todos los barandales, escaleras de acceso y rejillas de piso deben ser fabricados en acero con un acabado de **galvanizado por inmersión en caliente**, cumpliendo con los estándares de la norma **ISO 12944** para prevenir la corrosión atmosférica.
- **Acero Inoxidable:** Todos los accesorios de sujeción, incluyendo **tornillería, espárragos, anclajes, tuercas y arandelas**, deberán ser fabricados estrictamente en **acero inoxidable grado 316** para garantizar la integridad mecánica ante la humedad y los gases ionizados.

### H. Infraestructura de Energía Eléctrica e Iluminación.

El diseño eléctrico para el Reactor Bio-P debe contemplar los puntos de conexión provenientes del CCM general de la planta, suministrando los siguientes niveles de tensión:

- **440 V (480 V):** Para los motores de fuerza de los agitadores hiperboloides y equipos principales.
- **220 V:** Para equipos auxiliares, herramientas de mantenimiento y sistemas de aire acondicionado en áreas técnicas.
- **110 V (127 V):** Para instrumentación, sistemas de control local y alumbrado.
- **Iluminación de Seguridad:** El diseño debe garantizar una **iluminación técnica correcta** en todas las áreas de proceso y tránsito, asegurando la vigilancia y seguridad de la operación nocturna conforme a la **NOM-025-STPS**.

### J. Suministro Dual de Energía Eléctrica.

Para garantizar la continuidad del proceso biológico y evitar la sedimentación de lodos en los compartimentos del reactor Bio-P, el sistema de fuerza de los **agitadores hiperboloides** deberá contar obligatoriamente con un **suministro dual de energía**.

- **Conexión a Red Comercial y Emergencia:** Los puntos de conexión provenientes del CCM deberán estar interconectados tanto a la red de suministro normal (CFE) como al **sistema de generación de energía de emergencia** de la PTAR FIM.
- **Transferencia Automática:** El sistema deberá integrar un tablero de transferencia con enclavamiento mecánico y eléctrico que detecte automáticamente fallas en la red normal y conmute a la fuente de reserva sin intervención manual, asegurando que los agitadores retomen su operación de inmediato para mantener las condiciones de mezcla.

### K. Sistema de Control, Monitoreo y Supervisión de la Operación.

Los motores de los agitadores hiperboloides no operarán como unidades aisladas, sino que deberán estar plenamente integrados a la arquitectura de inteligencia de la planta:

- **Control Centralizado:** Cada agitador deberá ser **controlado y monitoreado en tiempo real** desde el sistema de control general (SCADA) de la PTAR FIM.
- **Niveles de Operación:**
  - **Operación Remota (Nivel 1):** Permitirá el arranque, paro y ajuste de parámetros desde el centro de inteligencia central de la PTAR.
  - **Operación Local (Nivel 2):** Se deberá proveer una estación de botones o consola de control local a pie de equipo para maniobras de mantenimiento, con un selector local/remoto que envíe la señal de estado al sistema central.
- **Variables de Monitoreo:** El sistema de control deberá registrar y reportar permanentemente el estado de operación, consumo de corriente (Amperaje), alarmas por sobrecarga o falla térmica, y horas de funcionamiento (horómetro digital) de cada motor.

### L. Infraestructura Eléctrica en el CCM.

- **Protección y Derivación:** El Centro de Control de Motores (CCM) derivará la tensión de **440 V / 480 V** para los motores de fuerza de los agitadores, utilizando

conductores de cobre con aislamiento tipo THWN para ambientes húmedos y corrosivos.

- **Seguridad y Mantenimiento:** Se utilizarán unidades removibles (silletas) con obturadores automáticos en el CCM para permitir el mantenimiento preventivo de los arrancadores de los agitadores sin interrumpir el suministro de energía al resto del reactor

## 8.0 REACTORES BIOLOGICOS DE LODOS ACTIVADOS PARA LA PTAR FIM.

- A. **Definición y Contexto del Proceso.** El reactor biológico es la unidad fundamental del sistema de lodos activados donde el agua residual se mezcla con una biomasa activa de microorganismos en un ambiente controlado. Su función principal es servir como recinto para la degradación bioquímica de la materia orgánica, permitiendo que los microorganismos (flóculos biológicos) metabolicen los contaminantes utilizando oxígeno suministrado artificialmente. El diseño debe garantizar el contacto íntimo entre el sustrato (agua residual) y la población bacteriana para su estabilización
- B. **Materiales de Construcción** El Participante tendrá la opción de proponer la construcción de los reactores bajo dos modalidades, asegurando en ambos casos la estanqueidad total:
- a. **Reactores en Tierra:** Construidos mediante excavación y elevación de taludes, los cuales deben ser acondicionados mecánicamente e impermeabilizados obligatoriamente con geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD). Se debe incluir un sistema de drenaje (geocompuesto) para detectar roturas y evacuar gases entre el terreno y la membrana.
  - b. **Concreto Reforzado:** Estructuras diseñadas para resistir las enormes presiones hidrostáticas y ataques químicos, utilizando muros con doble armado de acero y acabados que eviten la acumulación de suciedad.
- C. **Configuración Hidráulica y Carga.**
- a. **Repartición de Carga y Redundancia:** Se deberán considerar obligatoriamente **dos reactores** para la distribución de la carga orgánica e hidráulica. El diseño debe permitir la flexibilidad operativa necesaria para

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

que, en situaciones de emergencia o mantenimiento, la planta pueda operar con **un solo reactor** sin interrumpir el proceso de tratamiento.

- b. **Régimen de Flujo:** El reactor debe estar dividido internamente en varios **compartimentos comunicados en serie**. Esta configuración busca establecer un régimen de **flujo pistón (plug flow)** que minimice los cortos circuitos hidráulicos y asegure que el agua reciba el tiempo de retención necesario en contacto con la biomasa.

### D. Sistema de Aireación y Mezclado.

- a. **Distribución Estratégica de Aire:** La colocación de los difusores de burbuja fina debe ser estratégica, concentrando una mayor densidad de aireación en la **primera sección o compartimento**, que es donde ocurre la mayor actividad metabólica y demanda de oxígeno.
  - b. **Control por Recámara:** La tubería de distribución de aire debe estar seccionada mediante **válvulas de control** en el ramal final de cada recámara, permitiendo ajustar el flujo de aire de forma independiente según el perfil de consumo detectado
  - c. **Eliminación de Áreas Muertas:** Se debe integrar un mecanismo para evitar la acumulación y sedimentación de lodo en puntos críticos como esquinas o zonas de estanqueidad detectadas en el análisis de corrientes. Este sistema podrá consistir en inyección de **aire dirigida** o el uso de mezcladores mecánicos sumergibles (ej. tipo hiperboloide) de alta eficiencia. En caso de optar por un **mezclador mecánico sumergible**, su selección deberá garantizar que la intensidad de agitación no sea excesiva, evitando así la ruptura o daño de los microorganismos presentes en el reactor.
- E. **Instrumentación y Control en Tiempo Real.** Cada compartimento o recámara del reactor deberá contar, en su parte central, con un **sensor de oxígeno disuelto (OD)**. Estos sensores deben transmitir datos en tiempo real al sistema de control central (SCADA) de la PTAR para la regulación automática de los sopladores y optimización del consumo energético.

### F. Infraestructura de Mantenimiento, Seguridad e Higiene.

- a. **Iluminación:** Se instalarán luminarias LED de alta eficiencia para garantizar la seguridad del personal durante maniobras nocturnas.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- b. **Energía Eléctrica:** Se deben ubicar contactos de energía de **110/220V** en puntos estratégicos cercanos a los reactores para el uso de equipos de mantenimiento.
  - c. **Servicio de Lavado:** Se instalarán líneas de **agua a presión** con tomas rápidas y mangueras con longitud suficiente para alcanzar todos los puntos de los pasillos, facilitando la limpieza de natas y derrames.
  - d. **Protección Perimetral:** Todos los pasillos y escaleras contarán con **pasamanos de protección**. Estos serán metálicos con recubrimiento de **galvanizado en caliente**, utilizando accesorios de sujeción (tornillería y anclajes) fabricados exclusivamente en **acero inoxidable** para resistir la corrosión atmosférica.
- G. **Parámetros de Diseño Biocinético.** El Participante deberá presentar la memoria de cálculo que justifique las dimensiones de los reactores basándose en los siguientes parámetros.
- a. **Tiempo de Retención Celular Medio (TRMC):** Se debe diseñar para permitir el crecimiento de bacterias nitrificantes si se requiere remoción de nitrógeno.
  - b. **Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezcla (SSVLM):** Rango operativo recomendado entre **2,000 y 4,000 mg/L**.
  - c. **Relación Alimento/Microorganismo (A/M):** Ajustada según la modalidad del proceso (aireación convencional o extendida).
  - d. **Oxígeno Disuelto (OD):** El sistema de aireación debe ser capaz de mantener una concentración constante de **2.0 ± 0.5 mg/L** en el reactor, evitando niveles inferiores a 0.5 mg/L que afecten la tasa de degradación.
  - e. **Bombeo de Recirculación:** Se dimensionarán bombas de lodo (RAS) y bombas de recirculación interna (IR) para el manejo de nitratos, según el modelo de flujo seleccionado.
- H. **Protocolos de Pruebas y Puesta en Marcha.**
- a. **Llenado e Inoculación:** El reactor deberá inocularse con lodo de recirculación proveniente de una PTAR en operación para alcanzar la concentración de SSVLM de diseño en el menor tiempo posible.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- b. **Pruebas de Hermeticidad:** Se realizarán ensayos de estanqueidad en las estructuras de concreto de los reactores antes del montaje de equipos mecánicos.
- I. **Estructura de Salida y Control de Interconexión.** Al final de los reactores biológicos, el Participante deberá construir una **estructura de salida y reparto** diseñada para dirigir el licor mezcla hacia los clarificadores secundarios. Esta estructura debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos:
  - a. **Interconexión y Redundancia:** Las dos estructuras de los reactores biológicos deben estar interconectadas físicamente para permitir la transferencia de flujos y asegurar la continuidad operativa.
  - b. **Control de Flujo:** Se deben instalar **válvulas de compuerta** para el seccionamiento y aislamiento. Estas válvulas se ubicarán estratégicamente para controlar el flujo entre las dos estructuras de los reactores, así como para regular la salida individual de cada reactor hacia los clarificadores. El diseño debe garantizar que estas válvulas operen únicamente en posición totalmente abierta o cerrada para evitar la erosión del sello por turbulencia.
  - c. **Puntos de Dosificación:** En la estructura de salida se habilitarán puntos de aplicación específicos para la dosificación de **polímero** y coadyuvantes químicos como **sulfato de aluminio o sulfato férrico**. Estos reactivos se utilizarán para mejorar la formación de flóculos y optimizar la sedimentabilidad de la biomasa antes del ingreso al clarificador.
- J. **Edificio de Dosificación y Almacenamiento de Químicos.** El sistema de dosificación operará desde un edificio dedicado, diseñado bajo criterios de seguridad industrial y eficiencia operativa.
  - a. **Equipamiento de Bombeo:** Se instalarán **bombas de diafragma** de desplazamiento positivo para la dosificación precisa de los reactivos químicos, las cuales deben ser resistentes a la corrosión
  - b. **Preparación de Polímero:** El edificio contará con un equipo completo para la **preparación de polímero**, incluyendo tanques de mezcla, sistemas de agitación y tanques de maduración (stock) para garantizar la correcta activación del reactivo.
  - c. **Almacenamiento de Reactivos.**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- i. **Polímero Seco:** Se designará un área específica, techada y libre de humedad para el correcto almacenamiento de los sacos de polímero (normalmente de 20-25 kg).
- ii. **Químicos Líquidos:** Se instalarán recipientes de almacenamiento con capacidad suficiente para recibir el volumen completo de una pipa (camión cisterna). Estos tanques deberán contar con venteo, indicadores de nivel y estar conectados directamente a la succión de las bombas dosificadoras. El área de instalación de los recipientes deberá cumplir con las siguientes condiciones:
  - Estar construida sobre una **plancha de concreto reforzado**, diseñada para soportar el peso combinado de los recipientes y el volumen total de los químicos almacenados.
  - Incorporar un **dique de contención** para el control de posibles derrames.
  - Contar con un **sistema de tuberías con conexiones rápidas**, que permita el transvase seguro de los químicos desde las pipas hacia los tanques de almacenamiento.
  - Disponer de un **acceso carretero resistente para tráfico pesado**, que garantice la entrada y maniobra del tractocamión con la pipa.
  - Contar con **tomas de agua a presión con conexiones rápidas**, así como **mangueras con acoples rápidos** que aseguren la cobertura de todos los puntos del área de almacenamiento.
  - Incorporar un **sistema de captación y desalojo del agua proveniente del lavado**, que garantice la disposición adecuada de los efluentes generados durante las operaciones de limpieza.
  - Disponer de la **iluminación adecuada para trabajos nocturnos**, asegurando condiciones seguras de operación en todo momento.
  - Contar con **contactos eléctricos de 110/220 V** estratégicamente ubicados para la conexión de equipos de mantenimiento.
  - Instalar la **señalética de protección y seguridad** conforme a la normativa aplicable.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- Incorporar un **lavajos de emergencia**, accesible y operativo en caso de incidentes con sustancias químicas.

d. **Infraestructura de Seguridad y Mantenimiento:**

- i. **Ventilación e Iluminación:** El edificio contará con ventilación adecuada para evitar la acumulación de vapores y una iluminación óptima de entre **300 y 500 lux** en áreas de trabajo.
- ii. **Higiene y Emergencia:** Es obligatoria la instalación de **estaciones lavajos** y señalética de seguridad conforme a la normativa vigente. Se dispondrá de **extintores Tipo C** para riesgos eléctricos.
- iii. **Servicio de Lavado:** Se instalarán líneas de **agua a presión** (mínimo 700 kPa) con tomas rápidas para la limpieza de derrames. El edificio debe contar con un sistema de **recolección de agua de lavado** mediante pendientes y canaletas dirigidas al inicio del proceso de la PTAR para su tratamiento.
- iv. **Instalación Eléctrica:** Se distribuirán contactos de energía de **110/220V** protegidos contra humedad para el uso de equipos de mantenimiento.

## 9.0 SISTEMA DE SOPLADORES DE AIRE.

- A. **Suministro y Capacidad de Sopladores.** El Participante deberá suministrar e instalar el número de sopladores necesarios para cubrir la demanda de aire total en los reactores biológicos de lodos activados. El diseño debe garantizar el suministro de oxígeno para la degradación de la materia orgánica y el mantenimiento de la biomasa en suspensión en todas las etapas de carga.
- a. **Redundancia y Respaldo:** Se deberán suministrar sopladores de respaldo (Standby) con la misma capacidad de las unidades de diseño. Este sistema busca asegurar la continuidad del proceso biológico durante emergencias o periodos de mantenimiento programado.
  - b. **Suministro Dual de Energía:** Los sopladores de respaldo deberán contar con un sistema de alimentación dual. Deben estar conectados tanto a la red eléctrica comercial como al sistema de energía de emergencia (planta de emergencia diésel), mediante un tablero de transferencia automática con enclavamiento mecánico para asegurar su operación ininterrumpida ante fallas de la red comercial.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- B. **Automatización y Monitoreo.** El sistema de generación de aire estará completamente integrado al sistema de automatización central de la PTAR:
- a. **Control de Válvulas:** Las válvulas de control de aire en los ramales hacia los reactores deberán ser operadas y controladas de forma automática desde el PLC/SCADA de la planta, permitiendo ajustes dinámicos de flujo según la demanda biológica.
  - b. **Monitoreo en Tiempo Real:** El sistema de automatización deberá monitorear permanentemente el estado de funcionamiento de los sopladores (amperaje, horas de operación, temperatura, presión de descarga y vibración), enviando señales de alarma visuales y sonoras en caso de desviación de los parámetros operativos.
- C. **Edificio de Sopladores y Accesibilidad.** Los sopladores deberán alojarse en un edificio industrial diseñado bajo criterios de seguridad y funcionalidad:
- a. **Acceso para Maniobras:** El edificio contará con un **portón industrial deslizante hacia arriba** (tipo cortina o seccional) con un claro de apertura suficiente para el ingreso y egreso de los equipos completos durante su instalación o sustitución.
  - b. **Acceso Vehicular Pesado:** Se debe construir una rampa y un acceso carretero con estructura de pavimento diseñada para soportar el peso de **tractocamiones cargados** que transporten maquinaria o suministros.
  - c. **Acabados de Pisos:** Los pisos serán de concreto reforzado con acabado liso, recubiertos con **pintura epóxica de altos sólidos**. Se deberá aplicar la señalética de seguridad conforme a la **NOM-026-STPS**, utilizando colores normalizados para delimitar claramente las bases de maquinaria, las áreas de operación y los pasillos de tránsito de personal.
- D. **Infraestructura Eléctrica e Iluminación.**
- a. **Iluminación Técnica:** El edificio contará con iluminación óptima garantizando niveles de **300 lux** en áreas generales y hasta **500 lux** en zonas de tableros o monitoreo, utilizando luminarias LED de alta eficiencia.
  - b. **Servicios de Mantenimiento:** Se deben distribuir estratégicamente contactos de energía eléctrica de **110/220V** para la conexión de

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

herramientas y equipos de diagnóstico durante las rutinas de mantenimiento.

E. **Sistema de Izaje y Manipulación.** Para facilitar las labores de mantenimiento mayor y montaje, el edificio debe contar con una estructura tipo **grúa viajera puente**.

- a. **Capacidad y Diseño:** La grúa debe ser seleccionada para elevar y transportar los sopladores y motores hacia el área de maniobras o directamente sobre la plataforma de un vehículo.
- b. **Especificaciones de Instalación:** Los rieles de la grúa deberán estar alineados, nivelados y soportados por la estructura del edificio, manteniendo los claros de seguridad mínimos (10 cm hacia obstrucciones superiores y 5 cm laterales) para evitar colisiones durante el movimiento longitudinal o transversal.

F. **Seguridad Laboral y Protección Auditiva.** Debido a que los sopladores generan niveles de ruido que pueden superar los **100 decibeles**, el Participante deberá cumplir estrictamente con la **NOM-011-STPS-2001**.

- a. **Equipo de Protección:** Se debe suministrar de forma permanente **equipo de protección auditiva** (conchas acústicas o tapones auditivos de alta atenuación) para todo el personal que ingrese al edificio.
- b. **Mitigación de Ruido:** Se privilegiará el uso de sopladores con cabinas acústicas integradas y silenciadores en las líneas de succión y descarga para reducir el impacto sonoro ambiental en el centro de trabajo.

G. **Especificaciones Técnicas de los Sopladores de Alta Eficiencia.**

- a. **Tecnología:** Los equipos deberán ser del tipo **centrífugo de turbina de una sola etapa con engranaje integral** (integrally geared centrifugal turbo compressors), diseñados para operar de forma continua en aplicaciones de tratamiento de aguas residuales municipales.
- b. **Calidad del Aire:** Se debe garantizar un suministro de aire **100% libre de aceite**, asegurando que no existan trazas de lubricante que puedan obstruir los difusores de burbuja fina o afectar la biomasa.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- c. **Diseño Mecánico:** Los rodamientos deben ser de alta calidad para garantizar una vida útil prolongada con requerimientos mínimos de mantenimiento. El acoplamiento entre el motor y el soplador debe basarse en un análisis torsional para asegurar la máxima durabilidad.

### H. Capacidad de Regulación y Eficiencia.

- a. **Rango de Operación (Turndown):** El equipo debe ser capaz de reducir su flujo (turndown) hasta un **45% de su capacidad nominal (o menos)** operando a velocidad constante, manteniendo la eficiencia en todo el rango.
- b. **Mecanismos de Control:** La regulación del flujo y la presión debe gestionarse de forma independiente mediante un sistema de **doble control** que integre:
  - i. **Álabes de guía de entrada variables** (inlet guide vanes) para el control de prerrotación.
  - ii. **Álabes difusores variables** en la descarga, permitiendo un ajuste preciso a las condiciones de demanda biológica y variaciones de temperatura ambiente.
- c. **Optimización Energética:** El diseño aerodinámico del impulsor debe estar ajustado específicamente a las condiciones de altitud y presión barométrica de Francisco I. Madero para minimizar el consumo de energía eléctrica.

### I. Sistemas Auxiliares e Instrumentación.

- a. **Lubricación Integral:** Cada unidad debe contar con un sistema de lubricación por aceite montado sobre una base rígida común que incluya el reservorio de aceite, bombas de aceite (mecánica para operación y eléctrica para arranque/paro), filtros de aceite y un sistema de enfriamiento aire/aceite o agua/aceite.
- b. **Filtración y Mitigación de Ruido:** Se debe incluir un filtro de aire de dos etapas para máxima protección de los difusores sumergidos, integrado con un silenciador de succión que garantice bajos niveles de ruido sin pulsaciones de presión.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- c. **Monitoreo y Seguridad:** Los equipos contarán con instrumentación para supervisar en tiempo real:
- i. Vibración en la caja de engranajes y temperaturas en rodamientos.
  - ii. Estatus de mantenimiento de filtros de aire y aceite.
  - iii. Presión de descarga, temperatura del aire y protección automática contra sobrepresión o fenómeno de "surge".

### J. Automatización y Conectividad.

- a. **Interfaz de Control:** Cada soplador debe contar con un panel de control local (PLC) con pantalla táctil para la operación manual y automática.
- b. **Integración al SCADA:** El sistema debe ser capaz de comunicarse con el control maestro de la planta mediante protocolos estándar como **Ethernet, MODBUS TCP o PROFIBUS DP**.
- c. **Control por Oxígeno Disuelto:** El software de control debe permitir el ajuste dinámico del soplador basándose en los datos recibidos de los sensores de oxígeno disuelto en los reactores (lazo cerrado inteligente).

## 10.0 CLARIFICADORES SECUNDARIOS (SEDIMENTADORES).

- A. **Especificaciones de Diseño y Materiales.** El Participante deberá proyectar y construir **dos clarificadores secundarios**, destinando una unidad independiente para cada reactor biológico con el fin de asegurar la continuidad del tren de tratamiento.
- **Geometría y Material:** Las estructuras serán de **sección circular (redondos)**, construidas en **concreto reforzado** de alta durabilidad. Se deberá utilizar un concreto con una resistencia mínima de 250 Kg/cm<sup>2</sup> y **cemento Portland Ordinario (CPO) Resistente a Sulfatos (RS)** para garantizar la integridad estructural ante la agresividad química del licor mezcla.
  - **Estanqueidad:** El diseño debe garantizar **cero fugas** al subsuelo mediante la aplicación de recubrimientos epóxicos de altos sólidos y el uso de cimbras

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

que aseguren acabados de cara aparente lisos para evitar la acumulación de biomasa en los muros.

**B. Mecanismo de Remoción de Lodos y Natas.** Cada clarificador estará equipado con un sistema electromecánico de remoción de biomasa:

- **Sistema de Rastras:** Se instalarán brazos barredores de rotación lenta equipados con rastras diseñadas para coleccionar y conducir el lodo sedimentado hacia la tolva central de succión de la línea de lodos. La velocidad periférica de la punta de la rastra deberá situarse entre **3 y 7 metros por minuto** para evitar la resuspensión de sólidos.
- **Limpieza de Natas:** El mecanismo incluirá, en su parte superior, un **sistema de desnatado** (desnatador superficial) que recolectará las espumas y materiales flotantes del espejo de agua, dirigiéndolos hacia una charola o caja de natas para su posterior tratamiento.

**C. Canal de Vertido y Control de Algas.** El canal periférico de recolección de agua clarificada deberá contar con una protección física contra la radiación solar:

- **Tapas de Protección:** Se suministrarán e instalarán **múltiples tapas de acero inoxidable** sobre el canal de vertido. Estas tapas deben ser diseñadas con un mecanismo de sujeción que permita su **fácil remoción** por parte de los operadores para labores de limpieza.
- **Función:** El objetivo de estas cubiertas es impedir el contacto directo de los rayos ultravioleta con el agua tratada, inhibiendo así la **fotosíntesis y la creación de algas** que pudieran obstruir los vertederos o afectar la calidad del efluente.

**D. Infraestructura de Seguridad y Operación.**

- **Obra Mecánica:** Todos los elementos de acceso, incluyendo escaleras, pasillos y plataformas, serán fabricados en **acero con recubrimiento de galvanizado en caliente**. Todos los accesorios de sujeción, pernos, anclas y tornillería expuesta deberán ser estrictamente de **acero inoxidable** para resistir la corrosión atmosférica.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Iluminación Nocturna:** El área perimetral y operativa de los clarificadores contará con un sistema de **iluminación LED** que garantice una operación segura durante el turno nocturno, proporcionando niveles óptimos de visibilidad en pasillos y zonas de mando.

### E. Automatización y Respaldo Energético.

- **Comunicación en Tiempo Real:** El sistema de remoción y el estado de los motores de los clarificadores deberán estar integrados al **sistema de automatización central (SCADA)** de la PTAR FIM. Se requiere el monitoreo constante de parámetros operativos y alarmas en tiempo real.
- **Redundancia Eléctrica:** Al menos **un clarificador** deberá estar conectado a un sistema de **suministro dual**. Este operará normalmente con la energía de la red de **CFE** y, ante una falla, se transferirá automáticamente al **sistema de generación de energía de emergencia** para evitar la salida de sólidos hacia la etapa de desinfección.

## 11.0 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LODOS Y PURGA.

- A. **Origen y Destino del Flujo.** El sistema de recirculación de lodos tiene como objetivo mantener una concentración constante de biomasa (SSVLM) en los reactores biológicos para asegurar la degradación de la materia orgánica.
- **Punto de Succión:** La línea de recirculación iniciará físicamente en la succión de los **clarificadores secundarios**, recolectando el lodo sedimentado en la tolva central mediante el sistema de rastras.
  - **Configuración de Salidas:** Cada bomba de recirculación contará con un cabezal de descarga bifurcado en dos líneas independientes:
    - I. **Línea de Recirculación:** Dirigida al inicio del **reactor Bio-P**, donde el lodo se mezclará con el agua residual cruda para formar el licor mezcla y promover la remoción biológica de nutrientes.
    - II. **Línea de Purga:** Dirigida al **estanque de desactivación o espesamiento de lodos**, permitiendo evacuar el exceso de biomasa para mantener la edad del lodo de diseño.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

B. **Especificaciones de los Equipos de Bombeo.** Para garantizar la integridad de los microorganismos y la continuidad del proceso, el Participante deberá cumplir con lo siguiente:

- **Tecnología de Bombeo:** Se prohíbe estrictamente el uso de bombas centrífugas de impulsor cerrado, ya que su alta velocidad y diseño mecánico dañan los flóculos biológicos y son propensas a obstrucciones. Se deberán suministrar **bombas de cavidad progresiva** (desplazamiento positivo), las cuales aseguran un transporte suave y un flujo constante independientemente de la presión de descarga.
- **Redundancia y Respaldo:** El sistema debe contemplar obligatoriamente bombas de reserva (Standby) de idéntica capacidad para entrar en operación durante emergencias o maniobras de mantenimiento programado.

C. **Tuberías, Soportería y Accesorios.**

- **Materiales de Tubería:** Se podrá utilizar tubería de **acero al carbón o PVC Cédula 80**.
  - i. En caso de acero, se aplicará un sistema de **recubrimiento anticorrosivo** interior y exterior (ej. epóxico de altos sólidos) para resistir la agresividad de los lodos.
  - ii. En caso de PVC Cédula 80, las secciones expuestas a la intemperie deberán contar con un **recubrimiento protector contra rayos UV** para evitar la cristalización del material.
- **Soportería Aérea:** Toda la estructura de soporte en secciones elevadas será de **acero con recubrimiento de galvanizado en caliente**. Los accesorios de sujeción (abrazaderas, pernos, espárragos y tuercas) deberán ser fabricados exclusivamente en **acero inoxidable** para prevenir la corrosión galvánica y atmosférica.
- **Válvulas:** Se instalarán válvulas de seccionamiento y control situadas estratégicamente para permitir el aislamiento de tramos sin detener la operación total del sistema.

D. **Automatización y Suministro Energético.**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Control de Flujo:** Las dos salidas de cada bomba estarán controladas por **válvulas automatizadas con actuadores eléctricos**. Estos actuadores deben integrar interruptores de límite de torque y posición, comunicados en tiempo real con el sistema SCADA de la PTAR para la regulación de purgas y recirculaciones.
- **Suministro Eléctrico Dual:** El sistema de bombeo de lodos es crítico para la supervivencia de la biomasa; por lo tanto, deberá estar conectado a un sistema dual de energía. Operará normalmente con la red de **CFE** y contará con transferencia automática hacia el **sistema de energía de emergencia** (moto generador diésel) ante fallas en la red comercial.

## 12. TRATAMIENTO TERCIARIO: SISTEMA DE FILTRACIÓN DE DISCOS ROTATORIOS.

- **Estructura de Alimentación y Regulación.** El efluente proveniente de los clarificadores secundarios se conducirá por gravedad hacia una unidad de regulación antes de su ingreso al sistema de filtrado.
  - **Cisterna de Regulación:** Se deberá construir una cisterna de concreto reforzado con la elevación (carga hidráulica) suficiente para alimentar, exclusivamente por gravedad, a las unidades de filtración de discos rotatorios y tanque de contacto a cloro.
  - **Configuración de Salidas:** La cisterna contará con dos salidas independientes:
    - **Línea de Proceso Terciario:** Conducción hacia los filtros rotatorios.
    - **Línea de Excedentes y Demasías:** Conducción directa hacia el tanque de contacto de cloro para el manejo de volúmenes que no requieran tratamiento terciario o flujos extraordinarios por eventos pluviales
- B. **Control de Flujo y Medición en Tiempo Real.** Ambas líneas de salida de la cisterna deberán estar completamente automatizadas e instrumentadas:
  - **Válvulas de Control:** Se instalarán válvulas de control de flujo con **actuadores eléctricos** en cada línea. Estas deben permitir la manipulación y el monitoreo de su grado de apertura en tiempo real desde el sistema SCADA (Nivel 1 y 2).

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Instrumentación:** Cada tubería contará con un **medidor de flujo** (tipo electromagnético o ultrasónico) con transmisión de señal de 4-20 mA hacia el cuarto de control central para el registro histórico y la gestión de la carga hidráulica del sistema.

**C. Unidades de Filtración de Discos Rotatorios.** El sistema de filtración mecánica autolimpiante se diseñará para el pulido del efluente y la eliminación de sólidos suspendidos finos.

- **Especificaciones Técnicas:** Los equipos consistirán en discos montados sobre un tambor central con **mallla de filtración de 5 micras** de apertura de poro. El marco de soporte y los componentes internos en contacto con el agua deberán ser de **acero inoxidable** (304 o 316) para garantizar durabilidad.
- **Redundancia y Respaldo:** Se debe contemplar un esquema de operación **Standby (N+1)**, asegurando que siempre exista un equipo de respaldo listo para entrar en operación durante emergencias o mantenimiento.
- **Suministro Eléctrico Dual:** Los equipos y sus controles deben estar conectados tanto a la red de **CFE** como al **sistema de energía de emergencia** de la planta.

**D. Sistema de Autolimpieza y Retrolavado.** El sistema contará con un mecanismo automático de limpieza activado por sensores de nivel diferencial.

- **Bombeo de Lavado:** Se instalará un sistema de bombeo dedicado para alimentar las **espreas de autolimpieza** de los discos con agua a presión.
- **Servicio de Mantenimiento:** Se integrará una red de tuberías de agua a alta presión con **tomas y mangueras de conexión rápida** para la limpieza manual de los equipos y la plancha de concreto.
- **Retorno de Rechazo:** El 100% del agua proveniente del Retrolavado y de las actividades de limpieza del área deberá ser captada y recirculada hacia el inicio de los **reactores de lodos activados** para su reincorporación al proceso.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

**E. Infraestructura, Seguridad y Mantenimiento.** El área de filtración se proyectará como un centro operativo seguro:

- **Obra Civil:** Los equipos se instalarán sobre una **plancha de concreto reforzado** con pendientes y canaletas para la captación total de agua de lavado.
- **Instalaciones Eléctricas:** Se distribuirán contactos de **110/220V** para herramientas de mantenimiento y un sistema de **iluminación LED** que garantice la operación segura durante la noche (mínimo 300 lux).
- **Seguridad Industrial:** El área deberá contar con **señalética de seguridad** conforme a la normativa, así como **extintores** portátiles estratégicamente ubicados para la protección de los equipos electromecánicos.

### 13. ESTRUCTURA DE RECEPCIÓN Y BOMBEO HACIA ULTRAFILTRACIÓN.

- **Cisterna de Recepción y Cárcamo de Bombeo.** El producto filtrado proveniente de los discos rotatorios se recibirá en una **cisterna de concreto reforzado**, diseñada para actuar como cárcamo de regulación y succión para el sistema de ultrafiltración.
  - **Diseño Estructural:** La estructura debe ser calculada para resistir los empujes hidrostáticos y las vibraciones de los equipos de bombeo.
  - **Dimensionamiento e Hidráulica:** Las dimensiones internas deben garantizar un volumen de almacenamiento temporal que amortigüe las variaciones de flujo. El diseño debe asegurar una **sumergencia mínima** y una geometría que elimine la formación de **vórtices superficiales o sumergidos**, protegiendo así la integridad de los impulsores.
- **Sistema de Bombeo y Redundancia.** Se instalará una estación de bombeo de alta eficiencia para el envío del agua hacia los trenes de ultrafiltración:
  - **Configuración N+1:** El sistema estará integrado por **un equipo de bombeo operativo** con capacidad para el flujo total de diseño y **un equipo de reserva (Stand-by)** de idénticas características para cubrir emergencias o periodos de mantenimiento.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Suministro Energético Dual:** Ambos equipos deberán contar con un sistema de transferencia automática para operar indistintamente con la energía de la red de **CFE** o con el **sistema de energía de emergencia** de la planta.

### 14. Protección y Mantenimiento de Equipos.

- **Protección Ambiental:** Debido a la ubicación exterior, el equipo de bombeo deberá contar con una **cubierta protectora (cobertizo)** diseñada para evitar el deterioro de motores, sellos y cableado por la exposición directa a los **rayos solares (UV)** y condiciones climáticas extremas.
- **Sistema de Lavado:** El área contará con una red de **agua a presión** (mínimo 700 kPa) para la limpieza profunda de la cisterna y la plancha de concreto.
- **Captación y Retorno:** El 100% del agua producto de las actividades de lavado y mantenimiento del área debe ser captada por el sistema de drenaje operativo y enviada de **retorno al reactor biológico** para su reincorporación al proceso.

#### ○ Infraestructura Eléctrica y de Seguridad.

- **Iluminación Técnica:** Se instalará un sistema de **iluminación LED** que garantice un nivel mínimo de **300 lux** en el área general y hasta **500 lux** en zonas de control para permitir trabajos nocturnos seguros.
- **Tomas de Energía:** Se distribuirán contactos de corriente de **110/220V** con protección contra humedad, destinados a la conexión de herramientas y equipos de mantenimiento.
- **Seguridad Industrial:** El área deberá estar debidamente señalizada conforme a la **normativa de seguridad (señalética)**. Es obligatoria la instalación de **extintores portátiles Tipo C** para la protección contra incendios de origen eléctrico.

### 15. SISTEMA DE ULTRAFILTRACIÓN (UF).

- **Especificaciones Técnicas de las Membranas.** El sistema de ultrafiltración se diseñará como una barrera absoluta para la remoción de microorganismos y sólidos coloidales, garantizando la protección de los sistemas de ósmosis inversa situados aguas abajo.
  - **Tamaño de Poro:** Las membranas deberán tener un tamaño de poro nominal en el rango de **0.01 a 0.1  $\mu\text{m}$** . Este rango es crítico para asegurar la eliminación de bacterias, virus y macromoléculas, logrando un **Índice de Densidad de Sedimentos (SDI) menor a 5**.
  - **Configuración y Material:** Se utilizará la tecnología de **fibra hueca (hollow fiber)**, fabricada preferentemente en materiales con alta resistencia química como el **PVDF**. El diseño deberá ser de tipo modular para permitir la escalabilidad y facilidad de reemplazo.
  - **Presión de Operación:** El sistema operará a baja presión (presión transmembrana o PTM), en un rango de **0.1 a 0.5 bar**, lo que permite un flujo eficiente mediante bombeo ligero y un bajo costo energético en comparación con procesos de alta presión.
  - **Vida Útil y Resistencia:** Las membranas deben garantizar una vida útil de **7 años** y poseer compatibilidad total con agentes de limpieza química (CIP) como hipoclorito de sodio, ácidos (cítrico o clorhídrico) y álcalis.
- **Capacidad y Configuración Operativa.**
  - **Capacidad de Diseño:** El sistema total deberá estar configurado en módulos independientes capaces de tratar un flujo combinado de **150 l.p.s.**
  - **Respaldo Eléctrico:** Para asegurar la continuidad del servicio, el diseño eléctrico debe permitir que al menos **la mitad de los módulos de ultrafiltración** operen simultáneamente conectados tanto a la red de **CFE** como al **sistema de energía de emergencia** de la planta.
- **Edificio de Ultrafiltración.** 1 El sistema se alojará en un edificio industrial dedicado que cumpla con los siguientes requisitos:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Acabados:** Los pisos serán de concreto reforzado con recubrimiento de pintura epóxica de altos sólidos, utilizando códigos de colores normalizados para delimitar claramente las áreas de equipos y los pasillos de tránsito de personal.
- **Accesos:** El edificio contará con una **puerta de acceso para personal** fabricada en acero y equipada con **chapa antipánico de seguridad**. Para maniobras de equipo pesado, se instalará un **portón con cortina metálica** de claro amplio que permita el ingreso de tractocamiones.
- **Iluminación y Servicios:** Se garantizará una iluminación mínima de **300 a 500 lux** mediante luminarias LED. Se distribuirán contactos de energía de **110/220V** para el uso de herramientas de mantenimiento.

### 16. Automatización, Instrumentación y CCM.

- **Control de Motores:** El sistema contará con un **Centro de Control de Motores (CCM)** dedicado, alimentado desde el CCM principal de la PTAR, e incluirá un sistema integral de **tierras físicas** para la protección de la electrónica.
- **Gestión SCADA:** La operación deberá ser **monitoreada y operada de forma remota** desde el sistema de automatización central de la PTAR, manteniendo la capacidad de mando local para el operador mediante interfaces HMI.

### 17. Sistemas Auxiliares y Limpieza CIP.

- **Unidad CIP:** El edificio deberá albergar todos los recipientes, tanques de preparación y bombas dosificadoras necesarias para el protocolo de **limpieza in situ (CIP)**.
- **Equipos Neumáticos:** Se suministrarán compresores y líneas de aire comprimido para el accionamiento de válvulas neumáticas y procesos de vibración de membranas si el diseño lo requiere.
- **Gestión de Aguas:** Se integrará un sistema de captación para el agua de Retrolavado y rechazo químico, la cual deberá enviarse de **retorno al reactor biológico** para su reincorporación al proceso.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

### ○ **Obra Mecánica y Seguridad.**

- **Soportería:** Tanto los racks de soporte de las membranas como la Soportería de tuberías aéreas serán fabricados en **acero con recubrimiento de galvanizado en caliente**. Toda la tornillería y accesorios de sujeción serán estrictamente de **acero inoxidable**.
- **Seguridad contra Incendio:** Se instalarán **extintores portátiles** Tipo C en ubicaciones estratégicas cercanas a los tableros eléctricos y bombas.

**18. Estructura de Recepción de agua de Ultrafiltración, envío de agua a Ósmosis Inversa y Tanque de almacenamiento de agua tratada (Producto Final).** Esta estructura constituye el nodo de distribución final de la **PTAR FIM**, diseñada para captar el flujo total proveniente del sistema de ultrafiltración. Su función principal es regular y derivar el agua tratada hacia dos destinos críticos:

- a) **Tanque de almacenamiento de Producto Final:** Con una capacidad de conducción de hasta **150 litros por segundo (lps)** destinados a la empresa consumidora.
- b) **Sistema de Ósmosis Inversa:** Una derivación capaz de enviar un flujo de hasta **75 lps** para un tratamiento de mayor pureza.

La operación completa, incluyendo válvulas con **actuadores eléctricos y medidores de flujo**, será monitoreada y manipulada en tiempo real desde el centro de control automático de la planta.

- **Cisterna de Recepción y Cárcamo de Bombeo.** El producto filtrado se recibirá en una cisterna que actúa como cárcamo de regulación y succión para los sistemas subsecuentes.
- **Diseño Estructural:** La estructura será de **concreto reforzado**. El diseño debe calcularse rigurosamente para resistir los **empujes hidrostáticos** internos, las cargas de equipo y las vibraciones generadas por los motores. Se recomienda el uso de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad para garantizar la estanqueidad y evitar filtraciones al subsuelo.
- **Dimensionamiento e Hidráulica:** Las dimensiones internas deben garantizar un volumen de almacenamiento que amortigüe las variaciones de flujo. El diseño hidráulico asegurará una **sumergencia mínima (S)** de las campanas de succión y una geometría que elimine la formación de **vórtices superficiales o**

**sumergidos**, protegiendo la integridad de los impulsores contra cavitación y vibraciones.

**B. Sistema de Bombeo y Redundancia.** Se empleará una estación de bombeo de alta eficiencia alineada con los parámetros del sistema de ultrafiltración:

- **Configuración N+1:** El sistema contará con un equipo operativo capaz de cubrir el flujo total de diseño y un equipo de reserva (**Stand-by**) de idénticas características para asegurar la continuidad del servicio ante emergencias o mantenimiento.
- **Suministro Energético Dual:** Ambos equipos integrarán un sistema de transferencia automática para operar indistintamente con la red de CFE o con el sistema de **energía de emergencia** de la planta.
- **Control de Motores:** Se utilizarán **variadores de frecuencia (VFD)** para permitir arranques y paros suaves, optimizando el consumo energético y reduciendo el desgaste mecánico.

### C. Protección y Mantenimiento de Equipos.

- **Protección Ambiental:** El equipo de bombeo contará con una cubierta protectora (**cobertizo**) para evitar que la exposición directa a rayos UV y condiciones climáticas extremas deteriore motores, sellos y cableado.
- **Sistema de Lavado:** El área dispondrá de una red de agua a presión (mínimo **700 kPa**) para la limpieza profunda de la cisterna y planchas de concreto.
- **Captación y Retorno:** El 100% del agua de lavado y mantenimiento será captada por el sistema de drenaje operativo y enviada de **retorno al reactor biológico** (o inicio del proceso) para su reincorporación, cumpliendo con criterios de eficiencia operativa y control ambiental.

### D. Infraestructura Eléctrica y de Seguridad.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Iluminación Técnica:** Se instalará un sistema LED que garantice un nivel mínimo de **300 lux** en el área general y hasta **500 lux** en zonas de control y tableros, permitiendo operaciones nocturnas seguras.
- **Tomas de Energía:** Se distribuirán contactos de 110/220V con protección contra humedad para herramientas de mantenimiento.
- **Seguridad Industrial:** El área contará con señalética normativa y **extintores portátiles Tipo C** para incendios de origen eléctrico, ubicados estratégicamente a distancias no mayores de 15 metros de los equipos.

### 19. Sistema de Ósmosis Inversa (Capacidad 75 lps).

Este sistema constituye la etapa de desmineralización avanzada de la **PTAR FIM**, diseñada para procesar un flujo de alimentación de hasta **75 litros por segundo (lps)**. El proceso utiliza membranas semipermeables para la remoción de constituyentes disueltos e iones, operando bajo altas presiones para producir agua de calidad industrial superior.

- **Retorno a Proceso:** El 100% del flujo de rechazo generado por las membranas será conducido mediante una línea dedicada hacia el **Tanque de Espesamiento de Lodos** para su gestión y tratamiento.
- **Lavados Químicos:** Los residuos provenientes de las limpiezas químicas periódicas (CIP) de las membranas también serán captados por el sistema de drenaje operativo para su disposición controlada.
- **Infraestructura del Edificio de Ósmosis Inversa.** El edificio de operación de OI compartirá las mismas especificaciones técnicas de seguridad, durabilidad y diseño que el edificio de ultrafiltración:
  - **Acabados:** Los pisos serán de concreto reforzado con recubrimiento de pintura epóxica de altos sólidos, utilizando códigos de colores normalizados para delimitar claramente las áreas de equipos y los pasillos de tránsito de personal.
  - **Accesos:** El edificio contará con una **puerta de acceso para personal** fabricada en acero y equipada con **chapa antipánico de seguridad**. Para maniobras de equipo pesado, se instalará un **portón con cortina metálica** de claro amplio que permita el ingreso de tractocamiones.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Iluminación y Servicios:** Se garantizará una iluminación mínima de **300 a 500 lux** mediante luminarias LED. Se distribuirán contactos de energía de **110/220V** para el uso de herramientas de mantenimiento.
- **Automatización, Instrumentación y CCM.**
  - **Control de Motores:** El sistema contará con un **Centro de Control de Motores (CCM)** dedicado, alimentado desde el CCM principal de la PTAR, e incluirá un sistema integral de **tierras físicas** para la protección de la electrónica.
  - **Gestión SCADA:** La operación deberá ser **monitoreada y operada de forma remota** desde el sistema de automatización central de la PTAR, manteniendo la capacidad de mando local para el operador mediante interfaces HMI.
- **Sistemas Auxiliares y Limpieza CIP.**
  - **Unidad CIP:** El edificio deberá albergar todos los recipientes, tanques de preparación y bombas dosificadoras necesarias para el protocolo de **limpieza in situ (CIP)**.
  - **Equipos Neumáticos:** Se suministrarán compresores y líneas de aire comprimido para el accionamiento de válvulas neumáticas y procesos de vibración de membranas si el diseño lo requiere.
  - **Gestión de Aguas:** Se integrará un sistema de captación para el agua de Retrolavado y rechazo químico, la cual deberá enviarse de **retorno al reactor biológico** para su reincorporación al proceso.
- **Obra Mecánica y Seguridad.**
  - **Soportería:** Tanto los racks de soporte de las membranas como la Soportería de tuberías aéreas serán fabricados en **acero con recubrimiento de galvanizado en caliente**. Toda la tornillería y accesorios de sujeción serán estrictamente de **acero inoxidable**.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Seguridad contra Incendio:** Se instalarán **extintores portátiles** Tipo C en ubicaciones estratégicas cercanas a los tableros eléctricos y bombas.

20. **Tanque de Almacenamiento Temporal de Agua Tratada (Producto Final).** Esta infraestructura actúa como el pulmón de reserva estratégica de la PTAR FIM, asegurando la continuidad del suministro de agua tratada hacia la empresa consumidora final bajo condiciones controladas de calidad y volumen.

- **Capacidad Operativa:** Deberá garantizar un volumen de almacenamiento equivalente a **como mínimo 8 horas** de envío continuo, calculado con base en el flujo máximo diario estipulado para el consumidor final.
  - **Materiales de Construcción:** La estructura podrá ser de **concreto reforzado** o de **tierra con geomembrana** de alta densidad, asegurando en ambos casos la total estanqueidad para evitar filtraciones al subsuelo.
  - **Protección Ambiental:** El tanque contará con una **cubierta protectora** integral diseñada para aislar el agua tratada de la intemperie. Esta estructura es crítica para evitar que el producto final se contamine con polvo, materia orgánica externa u otros agentes contaminantes, preservando la calidad obtenida en los procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa.
- A. **Estructura de Recepción y Desinfección.** En la etapa inicial, el tanque integra un nodo de recepción y acondicionamiento químico.
- **Caja de Recepción:** Una estructura de **concreto reforzado** recibirá los flujos provenientes de los trenes de **Ultrafiltración y Ósmosis Inversa**.
  - **Sistema de Cloración:** El tanque contará con una línea de suministro para la aplicación de **cloro en modo acuoso** (solución clorada) proveniente del edificio de gas cloro. El diseño debe asegurar un tiempo de contacto adecuado (típicamente de 15 a 30 minutos para flujos pico) y una mezcla homogénea mediante difusores para garantizar la eliminación de patógenos antes del suministro final.
- B. **Sistema de Bombeo al Consumidor Final.** El egreso del agua hacia la empresa consumidora se realizará mediante una estación de bombeo de alta confiabilidad:

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Infraestructura de Bombeo:** Las bombas estarán instaladas en una estructura específica (cárcamo de succión) que permita el montaje seguro del equipo y facilite las maniobras de mantenimiento.
- **Configuración y Redundancia:** El sistema operará bajo un esquema de **bombeo operativo y un bombeo adicional (N+1)**, garantizando que el suministro no se interrumpa por fallas mecánicas o mantenimiento programado.
- **Suministro Energético Dual:** Para asegurar la resiliencia operativa, el equipo de bombeo contará con un sistema de transferencia que le permita funcionar indistintamente con la **red de CFE** o con el **sistema de energía de emergencia** de la planta.

### C. Especificaciones de Seguridad y Control.

- **Prevención de Vórtices:** La geometría de la sección de succión debe asegurar una **sumergencia mínima (S)** para proteger los impulsores de las bombas contra la cavitación y vibraciones excesivas.
- **Monitoreo de Nivel:** Se instalarán sensores de nivel hidrostáticos conectados al sistema SCADA central para regular el flujo de salida mediante **variadores de frecuencia (VFD)**, optimizando el consumo energético según la demanda de la empresa consumidora.

18. **Infraestructura Civil y Edificios de Control (PTAR FIM).** La planta contará con edificios diseñados bajo criterios de alta seguridad industrial, funcionalidad operativa y ergonomía, cumpliendo estrictamente con la **NOM-001-STPS-2008** para edificios y locales.

### A. Caseta de Vigilancia y Edificio Administrativo.

- **Caseta de Vigilancia:** Punto de control de acceso principal equipado con servicio sanitario completo para el personal de seguridad. Contará con iluminación LED (mínimo 100 lux en accesos) y terminal de monitoreo de videovigilancia (CCTV).
- **Edificio Administrativo:** Diseñado como el centro de gestión de la planta, incluirá:
  - **Áreas:** Recepción, oficina para Gerente, oficina para Contador, sala de juntas y cuarto de archivero.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

- **Mobiliario y Clima:** Equipado con escritorios técnicos, sillas ergonómicas de uso rudo y sistema de **aire acondicionado** para preservar el equipo de cómputo y el bienestar del personal.
- **Iluminación:** Se garantizarán **500 lux** en áreas de escritorio para lectura y registro de datos, y **300 lux** en zonas generales.

B. **Edificio de Operación y Laboratorio de Control** Este edificio constituye el núcleo inteligente de la PTAR y centro de bienestar del personal operativo:

- **Sala de Control:** Equipado con consolas de control local (CCL) y estaciones de monitoreo SCADA para la supervisión en tiempo real de los procesos.
- **Laboratorio de Control Interno:** Totalmente equipado para determinaciones de pH, temperatura, conductividad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), DQO y microorganismos. Incluirá equipos como multiparámetro, turbidímetro, colorímetro y stock inicial de reactivos químicos.
- **Área de Servicios al Personal:** Incluye **comedor higiénico**, vestidores y casilleros (lockers) separados para hombres y mujeres, dotados de agua corriente y regaderas. Es obligatorio el uso de estaciones lavaojos y regaderas de emergencia en áreas de manejo químico.

### C. Taller de Mantenimiento y Almacenes.

- **Taller de Mantenimiento:** Área diseñada para mantenimiento preventivo y correctivo, equipada con bancos de trabajo, aparatos para levantar válvulas de gran peso y oficina para el Jefe de Mantenimiento.
  - **Herramental:** Se dotará de un stock inicial de herramientas mecánicas, eléctricas y de medición (voltímetros, amperímetros, etc.).
  - **Refacciones:** El almacén de refacciones contará con un inventario inicial crítico de sellos mecánicos, cojinetes, impulsores, empaques y juntas para bombas y motores.
- **Almacén de Residuos Peligrosos y Químicos:**
  - **Almacén de residuos peligrosos temporal.** Deberá contar con contenedores para almacenar todos los desechos de la planta como viales de laboratorio, aceites, material impregnado y demás, estos deberán contar

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

con un dique de control de derrames y demás dispuesto por las normas mexicanas en vigor.

- **Químicos de Operación:** Almacén ventilado y separado por composición química para evitar reacciones secundarias o incendios.

19. **Edificio de CCM e Infraestructura de Potencia.** Alojara los sistemas críticos de energía y control motorizado:

- **CCM y Subestación:** Se instalará un CCM de "frente muerto" con unidades removibles (silletas) y banco de capacitores automático anti-resonante para corrección del factor de potencia (mínimo 0.90). Esta área contará con **climatización y presurización** para disipar el calor de los variadores de frecuencia.
- **Generación de Emergencia:** Planta de emergencia a diésel con sistema de transferencia automática (ATS).
  - **Autonomía:** Tanque de almacenamiento dimensionado para **8 horas de operación continua** a plena carga, con acceso seguro para carga de combustible y diques de contención de derrames.
  - **Respaldo:** El sistema de baterías para el arranque del motor y el sistema UPS para control y CCTV deberán estar en un local independiente y ventilado.

### B. Especificaciones Generales y Seguridad Laboral.

- **Sistema Contra incendios:** Todos los edificios contarán con **extintores portátiles Tipo C** (incendios eléctricos), ubicados a no más de 15 metros de los equipos y debidamente señalizados.
- **Seguridad y Señalética:** Cumplimiento con la **NOM-026-STPS-2008** para la identificación de riesgos, fluidos en tuberías y rutas de evacuación.
- **Pisos:** En áreas industriales y CCM, los pisos serán de concreto reforzado con **recubrimiento epóxico de altos sólidos** para facilitar la limpieza y resistir vibraciones.

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

La evaluación y viabilidad de cualquier propuesta económica quedan estrictamente condicionadas a la integración financiera y operativa de los Términos de Referencia de Salud Laboral y Calidad de Construcción. Es responsabilidad indelegable del contratista (EPC) acatar y costear el cumplimiento irrestricto de estos lineamientos durante toda la fase de obra. La normativa vinculante y actualizada es de consulta obligatoria en el portal oficial [www.aguaresponsablefim.com.mx](http://www.aguaresponsablefim.com.mx) (Apartado: CAPEX). El desconocimiento u omisión de estas



| No.                          | DESCRIPCION                                                                                                                                                                  | UNIDAD   | CANTIDAD | P.U.            | IMPORTE                |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------|------------------------|
| <b>1.00</b>                  | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                                                                                                                                 |          |          |                 |                        |
| 1.01                         | Permisos y Licencias de Construcción Carcamo de Agua Residual.                                                                                                               | Lote     | 1.00     | \$ 500,000.00   | \$ 500,000.00          |
| 1.02                         | Pago de Derechos y contratación del servicio de energía eléctrica en el Carcamo FIM. Incluye Acometida.                                                                      | Lote     | 1.00     | \$ 400,000.00   | \$ 400,000.00          |
| 1.03                         | ESTUDIOS DEL SITIO. Mecánica de suelos, aforo del agua residual, caracterización de la calidad del agua, topografía y demás necesarios para conformar el proyecto ejecutivo. | Lote     | 1.00     | \$ 300,000.00   | \$ 300,000.00          |
| 1.04                         | PROYECTO EJECUTIVO INTEGRAL. Incluye PTAR FIM y Carcamo FIM                                                                                                                  | Proyecto | 1.00     | \$ 5,000,000.00 | \$ 5,000,000.00        |
| <b>SUBTOTAL PRELIMINARES</b> |                                                                                                                                                                              |          |          |                 | <b>\$ 6,200,000.00</b> |
| <b>2.00</b>                  | <b>CARCAMO DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS FIM</b>                                                                                                                                |          |          |                 |                        |
| 2.01                         | Camino de Acceso al Carcamo, Apto para tránsito pesado.                                                                                                                      | Hito     | 1.00     | \$ 250,000.00   | \$ 250,000.00          |
| 2.02                         | Protección Perimetral.                                                                                                                                                       | Hito     | 1.00     | \$ 750,000.00   | \$ 750,000.00          |
| 2.03                         | EDIFICIOS (OBRA CIVIL Y ARQUITECTURA).                                                                                                                                       | Hito     | 1.00     | \$ 1,500,000.00 | \$ 1,500,000.00        |

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

|                                     |                                                                                                            |      |      |                   |                         |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------------|-------------------------|
| 2.04                                | ELEMENTOS DEL PROCESO, OBRA CIVIL.                                                                         | Hito | 1.00 | \$ 2,500,000.00   | \$ 2,500,000.00         |
| 2.05                                | ELEMENTOS DEL PROCESO, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.                                    | Hito | 1.00 | \$ 10,000,000.00  | \$ 10,000,000.00        |
| 2.06                                | INSTALCIONES, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION                                              | Hito | 1.00 | \$ 7,000,000.00   | \$ 7,000,000.00         |
| 2.07                                | PUESTA EN MARCHA INSTRUMENTACION Y CONTROL.                                                                | Hito | 1.00 | \$ 850,000.00     | \$ 850,000.00           |
| 2.08                                | INTERCONEXION.                                                                                             | Hito | 1.00 | \$ 250,000.00     | \$ 250,000.00           |
| 2.09                                | PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y ESTABILIZACION.                                                                | Hito | 1.00 | \$ 300,000.00     | \$ 300,000.00           |
| <b>SUBTOTAL PRELIMINARES</b>        |                                                                                                            |      |      |                   | <b>\$ 23,400,000.00</b> |
| <b>3.00</b>                         | <b>LINEA CONDUCCION AGUA RESIDUAL CRUDA CARCAMO - PTAR FIM</b>                                             |      |      |                   |                         |
| 3.01                                | Tramites y permisos de derechos de vía para la instalación de la tubería. Incluye el pago de los derechos. | Hito | 1.00 | \$ 1,000,000.00   | \$ 1,000,000.00         |
| 3.02                                | Suministro e Instalación de Tubería.                                                                       | Hito | 1.00 | \$ 30,000,000.00  | \$ 30,000,000.00        |
| 3.03                                | Obras y Accesorios Complementarios para el buen funcionamiento de la Líneas de Conducción.                 | Hito | 1.00 | \$ 3,000,000.00   | \$ 3,000,000.00         |
| <b>SUBTOTAL LINEA DE CONDUCCION</b> |                                                                                                            |      |      |                   | <b>\$ 34,000,000.00</b> |
| <b>4.00</b>                         | <b>PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES -PTAR FIM-</b>                                                     |      |      |                   |                         |
| 4.01                                | TERRACERIAS Y OBRAS PRELIMINARES                                                                           | Hito | 1.00 | \$ 2,000,000.00   | \$ 2,000,000.00         |
| 4.02                                | ESTRUCTURAS DE LAS UNIDADES DE PROCESO                                                                     | Hito | 1.00 | \$ 60,000,000.00  | \$ 60,000,000.00        |
| 4.03                                | EDIFICIOS (OBRA CIVIL Y ARQUITECTURA).                                                                     | Hito | 1.00 | \$ 35,000,000.00  | \$ 35,000,000.00        |
| 4.04                                | ELEMENTOS DEL PROCESO, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION.                                    | Hito | 1.00 | \$ 125,000,000.00 | \$ 125,000,000.00       |
| 4.05                                | INSTALCIONES, EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION                                              | Hito | 1.00 | \$ 30,000,000.00  | \$ 30,000,000.00        |
| 4.06                                | PUESTA EN MARCHA INSTRUMENTACION Y CONTROL.                                                                | Hito | 1.00 | \$ 4,500,000.00   | \$ 4,500,000.00         |
| 4.07                                | EQUIPAMIENTO DE LABORATORIO Y TALLER.                                                                      | Hito | 1.00 | \$ 1,500,000.00   | \$ 1,500,000.00         |
| 4.08                                | VIALIDADES INTERNAS.                                                                                       | Hito | 1.00 | \$ 2,500,000.00   | \$ 2,500,000.00         |

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

|                                          |                                                                     |      |      |                 |                          |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|------|-----------------|--------------------------|
| 4.09                                     | AREAS VERDES INTERNAS                                               | Hito | 1.00 | \$ 800,000.00   | \$ 800,000.00            |
| 4.10                                     | EQUIPOS DE TRANSPORTE DE LODOS PRENSADOS Y ELABORACION DE COMPOSTA. | Hito | 1.00 | \$ 2,000,000.00 | \$ 2,000,000.00          |
| 4.11                                     | SISTEMA DE VOZ, DATOS Y VIGILANCIA.                                 | Hito | 1.00 | \$ 850,000.00   | \$ 850,000.00            |
| 4.12                                     | PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y ESTABILIZACION.                         | Hito | 1.00 | \$ 1,200,000.00 | \$ 1,200,000.00          |
| <b>SUBTOTAL CONSTRUCCION DE PTAR FIM</b> |                                                                     |      |      |                 | <b>\$ 265,350,000.00</b> |

**SUBTOTAL CONSTRUCCION PTAR FIM \$ 328,950,000.00**

**I.V.A. CONSTRUCCION PTAR FIM \$ 52,632,000.00**

**TOTAL, CONSTRUCCION PTAR FIM (CAPEX) \$ 381,582,000.00**

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.



**Sustainable HUB - FIM**  
 AGUA RESPONSABLE FIM  
 CLENDARIZACION DE MONTO DE CAPEX



| No.                               | DESCRIPCION                                                                                                | MONTO \$          | AÑO 1           |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | AÑO 2            |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                   |                                                                                                            |                   | MES 1           | MES 2           | MES 3            | MES 4            | MES 5            | MES 6            | MES 7            | MES 8            | MES 9            | MES 10           | MES 11           | MES 12           | MES 13           | MES 14           | MES 15          | MES 16          | MES 17          | MES 18          | MES 19          | MES 20          | MES 21          | MES 22          |
| 1.00                              | Planta Tratadora de Aguas Residuales, Incluye Cauce y Línea de conducción agua cruda. AGUA RESPONSABLE FIM | \$ 381,582,000.00 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1.10                              | TRABAJOS PRELIMINARES                                                                                      | \$ 10,672,000.00  | \$ 3,557,333.33 | \$ 3,557,333.33 | \$ 3,557,333.33  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1.20                              | FINICADO DE PEDIDO DE LOS EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION                                  | \$ 117,450,000.00 |                 |                 | \$ 39,150,000.00 | \$ 39,150,000.00 | \$ 39,150,000.00 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1.30                              | LLEGADA A SITIO DE LOS EQUIPOS MECANICOS, ELECTRICOS E INSTRUMENTACION                                     | \$ 39,150,000.00  |                 |                 |                  |                  |                  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  | \$ 4,893,750.00  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1.40                              | OBRA CIVIL                                                                                                 | \$ 158,108,000.00 |                 |                 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 13,175,666.67 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1.50                              | INSTALACION DE EQUIPOS MECANICOS ELECTRICOS E INSTRUMENTACION                                              | \$ 45,648,000.00  |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | \$ 4,564,000.00  | \$ 4,564,000.00  | \$ 4,564,000.00  | \$ 4,564,000.00  | \$ 4,564,000.00  | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 |                 |                 |                 |
| 1.60                              | PRUEBAS, ESTABILIZACION Y PUESTA EN MARCHA DE LOS SISTEMAS                                                 | \$ 10,558,000.00  |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 | \$ 3,518,666.67 | \$ 3,518,666.67 | \$ 3,518,666.67 |
| TOTALES MENSUALES. Incluye I.V.A. |                                                                                                            |                   | \$ 3,557,333.33 | \$ 3,557,333.33 | \$ 55,883,000.00 | \$ 52,325,666.67 | \$ 52,325,666.67 | \$ 13,175,666.67 | \$ 18,069,416.67 | \$ 18,069,416.67 | \$ 18,069,416.67 | \$ 22,634,016.67 | \$ 22,634,016.67 | \$ 22,634,016.67 | \$ 22,634,016.67 | \$ 22,634,016.67 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 4,564,000.00 | \$ 3,518,666.67 | \$ 3,518,666.67 | \$ 3,518,666.67 |

# Sustainable HUB – FIM

## CAPEX

Estrategia Financiera para la Sustentabilidad y Progreso de la Economía.

**Nota Aclaratoria sobre el Carácter Dinámico del Modelo.** - El Modelo de Negocio Sustainable HUB – FIM y sus vertientes operativas (**RFE Responsable FIM, Agua Responsable FIM y Energía Responsable FIM**) son dinámicos por naturaleza y se adaptan de forma continua a:

- Las reformas legislativas y normativas dictadas por las autoridades federales, estatales y municipales en México.
- Los Estándares de Desempeño del IFC (Banco Mundial), BID Invest y los requerimientos de Bancabilidad de las instituciones financieras participantes.
- Las resoluciones consensuadas por el Comité Técnico del Fideicomiso Maestro y la empresa promotora **HUB FIM S.A.P.I. de C.V.**
- Las especificaciones técnicas de calidad y volumen demandadas por las empresas consumidoras (fuente de pago del crédito).

Toda actualización mantendrá la trazabilidad pública y el estricto cumplimiento del Manifiesto de Transparencia Activa y del sistema ESG. Para consultar la versión vigente de los Términos y Condiciones, los interesados pueden acceder formalmente al portal: [www.aguaresponsablefim.com.mx](http://www.aguaresponsablefim.com.mx).

| VERSION | FECHA ACTUALIZACION | DESCRIPCION DE CAMBIOS                                                                             |
|---------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0     | 03 SEPTIEMBRE 2026  | Publicación Inicial del Documento en página Web.                                                   |
| 2.0     | 14 SEPTIEMBRE 2026  | Modificación de montos de CAPEX, se agrega el IVA y se agrega calendario de disposición de montos. |

**FIN DEL DOCUMENTO.....**