

**Plan maestro de modernización de la planta potabilizadora No. 1 "Miravalle",
incluye pretratamiento en "Las pintas", municipio de Guadalajara, Jalisco.
CONTRATO: CEA-PMM-EST-LP-004-25**

INFORME FINAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO	4
2. ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y DE LA PLANTA POTABILIZADORA NO. 1 "MIRAVALLE"	6
3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL PLAN MAESTRO DE MODERNIZACIÓN	8
4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	13
4.2 Objetivos específicos	14
4.2.1 Modernizar la infraestructura de tratamiento	14
4.2.2 Estabilizar y optimizar el proceso químico	16
4.2.3 Restablecer precisión en la medición de caudales	17
4.2.4 Integrar hidráulicamente el tren nuevo	18
4.2.5 Asegurar el cumplimiento normativo	18
4.2.6 Garantizar operación continua durante la modernización	19
5. UBICACIÓN DEL PROYECTO MIRAVALLE-LAS PINTAS	20
5.1 Planta Potabilizadora No. 1 "Miravalle"	21
5.2 Planta de Bombeo No. 2 "Las Pintas"	21
5.3 Zona de Intervención del Ajuste de pH (10 m ³ /s)	22
5.5 Líneas de Interconexión	23
6. ALCANCE GENERAL DEL PROYECTO MAESTRO	23
6.1 Alcance del Sistema de Ajuste de pH	24
6.2 Alcance del Sistema de Telemetría y Medición de Caudales	24
6.3 Alcance del Sistema de Control y Dosificación de Productos Químicos	25
6.4 Alcance de las Líneas de Interconexión de Agua Cruda y Agua Potable	26
6.5 Alcance del Tren Nuevo de Potabilización de 2.0 m ³ /s	27
7. DESCRIPCIÓN INTEGRADA DE LOS SISTEMAS A MODERNIZAR	28
7.1 Sistema de Ajuste de pH (10 m ³ /s): la intervención sobre la química del agua cruda	29

7.2 Sistema de Telemetría y Medición de Caudales: de la planta tradicional a la planta inteligente	34
7.3 Sistema de Control y Dosificación de Productos Químicos: el corazón reactivo del proceso	34
7.4 El Tren Nuevo de Potabilización de 2.0 m ³ /s: la nueva columna vertebral de la planta	36
8. INTEGRACIÓN HIDRÁULICA PB2 →	37
8.1 El corredor hidráulico como un sistema vivo	38
8.2 La energía hidráulica y la estabilidad del proceso	39
8.3 Importancia del caudal real para el control hidráulico	39
8.4 El papel de las interconexiones en la armonización del sistema	47
8.5 Una hidráulica que ahora se gobierna, no se padece	48
9. INGENIERÍA BÁSICA INTEGRADA (Desarrollo extenso, técnico, sistémico)	48
9.1 Ingeniería de Proceso: el ordenamiento científico del tratamiento	49
9.2 Ingeniería Civil y Estructural: las bases físicas de la modernización	49
9.3 Ingeniería Mecánica: donde el agua se mueve y el proceso ocurre	50
9.4 Ingeniería Eléctrica y de Control: la inteligencia operativa	51
9.5 La ingeniería básica como articulación sistémica	51
10. PROGRAMAS DE OBRA (Estrategia Técnica y Operativa de Ejecución)	51
10.1 Principio 1: Construir en paralelo a la operación sin interferencias	52
10.2 Principio 2: Integración progresiva — del sistema más crítico al menos crítico	52
10.3 Principio 3: Ingeniería de transición	53
10.4 Principio 4: Las pruebas son parte del programa de obra	53
11. VIDA ÚTIL Y ROBUSTEZ DEL SISTEMA MODERNIZADO	54
11.1 Vida útil estructural	54
11.2 Vida útil mecánica	55
11.3 Vida útil eléctrica	55
11.4 Vida útil operativa del sistema modernizado	56
12. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO (El núcleo del aseguramiento técnico)	56
12.1 Filosofía general de pruebas	57
12.2 Pruebas individuales (pre-comisionamiento)	57
12.3 Pruebas integradas (comisionamiento hidráulico y químico)	58
12.4 Pruebas finales: integración al sistema de la ZMG	58
13. PROYECTO EJECUTIVO (La Traducción Técnica del Plan Maestro)	58
13.1 El Proyecto Ejecutivo como arquitectura funcional	59

13.2 Desarrollo del Proyecto Ejecutivo para cada subsistema	59
13.2.1 Ajuste de pH	59
13.2.2 Telemetría y medición de caudales	60
13.2.3 Sistema de dosificación química	60
13.2.4 Líneas de interconexión	61
13.2.5 Tren nuevo de 2.0 m ³ /s	61
13.3 El Proyecto Ejecutivo como garante de integración	61
14. CRITERIOS DE DISEÑO (La lógica numérica del proyecto)	62
14.1 Criterios Hidráulicos	62
14.2 Criterios Químicos	63
14.3 Criterios Mecánicos	63
14.4 Criterios Eléctricos	63
14.5 Criterios de Control	64
15. NORMATIVA APLICABLE (El marco que gobierna el proyecto)	64
15.1 Normatividad Nacional	65
15.2 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	65
15.3 Normatividad Internacional y Estándares Técnicos	65
16. SEGURIDAD Y GESTIÓN DEL RIESGO (El Sistema de Protección Integral del Proyecto)	66
16.1 Seguridad durante la construcción: operar dentro de una planta viva	66
16.2 Seguridad en el manejo de sustancias químicas	67
16.3 Seguridad eléctrica y de control	68
16.4 Gestión del riesgo hidráulico y estructural	68
17. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA MODERNIZADO (La Sustentabilidad Técnica del Proyecto)	69
17.1 Transición hacia una operación inteligente	69
17.2 Operación del sistema químico	70
17.3 Operación del tren nuevo de 2.0 m ³ /s	71
17.4 Programa de mantenimiento	71
18. BENEFICIOS TÉCNICOS, OPERATIVOS Y ECONÓMICOS DEL PROYECTO	72
18.1 Beneficios técnicos	72
18.2 Beneficios operativos	73
18.3 Beneficios económicos	74
19. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL (El Nuevo Modelo Ecológico de Miravalle)	75

19.1 Reducción del impacto químico sobre el ambiente	75
19.2 Disminución de lodos residuales	76
19.3 Reducción de subproductos de desinfección (DBPs)	76
19.4 Consumo energético eficiente	77
19.5 Resiliencia climática y variabilidad ambiental	77
20. IMPACTOS A LARGO PLAZO (La Herencia Hidráulica del Proyecto)	78
20.1 Aumento de confiabilidad del sistema metropolitano	78
20.2 Fortalecimiento de la infraestructura existente	78
20.3 Profesionalización técnica de la operación	79
20.4 Capacidad de expansión futura	79
20.5 Impacto socioeconómico	80
21. CONCLUSIONES GENERALES (La Síntesis del Proceso de Modernización)	80
21.1 Una planta que ahora se gobierna a sí misma	80
21.2 El tren nuevo como símbolo de transformación	81
21.3 Un sistema resiliente y adaptable	81
21.4 Un proyecto con impacto estructural en la ZMG	81
21.5 Conclusión final	82

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO

El presente Informe Maestro Integrado forma parte del Plan Maestro de Modernización de la Planta Potabilizadora No. 1 “Miravalle”, que incluye el pretratamiento en la Planta de Bombeo No. 2 “Las Pintas”, en el municipio de Guadalajara, Jalisco. Este documento tiene por objeto articular, en un solo cuerpo técnico, los alcances, criterios de diseño, justificación y lineamientos de ejecución contenidos en los Términos de Referencia relativos al sistema de ajuste de pH para 10 m³/s, al sistema de medición y telemetría de caudales, al control de dosificación de productos químicos, a las líneas de interconexión de agua cruda y agua potable, así como al nuevo tren de potabilización de 2.0 m³/s en la PP1 “Miravalle”.

La necesidad de este documento se enmarca en la obligación de las entidades responsables del servicio —la CEA Jalisco y el SIAPA— de garantizar el derecho

humano al agua en cantidad y calidad suficientes, conforme a lo dispuesto en el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a los criterios establecidos en la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. Adicionalmente, la Ley de Planeación Participativa del Estado de Jalisco y sus Municipios establece que los organismos operadores deben planear y organizar sus recursos mediante instrumentos programáticos formales, entre los cuales se encuentra el Plan Institucional 2018–2024 del SIAPA, citado explícitamente como referencia programática en los TDR que dan origen a este proyecto.

Desde el punto de vista sanitario, la operación y modernización de la PP1 “Miravalle” debe observar estrictamente la NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos de potabilización, que fija parámetros de turbiedad, color, compuestos químicos (incluyendo hierro y manganeso), microorganismos patógenos y subproductos de desinfección. Los sistemas de ajuste de pH, dosificación de coagulantes y polímeros, así como los procesos avanzados de filtración y desinfección por ozono y cloro, se diseñan precisamente para cumplir con dichos límites, bajo condiciones de operación variables y escenarios de caudal que van desde el régimen actual de 5.5 m³/s hasta el régimen futuro total de 7.5 m³/s con el nuevo tren de 2.0 m³/s.

En el ámbito de la infraestructura y la construcción, el proyecto se rige por la Ley de Obra Pública del Estado de Jalisco y sus Municipios, que establece que los contratos se ejecutan bajo modalidades específicas (en este caso, precio alzado) y que los estudios, proyectos y obras deben cumplir con las normas técnicas aplicables. Los Términos de Referencia indican que el desarrollo del proyecto ejecutivo, la construcción, el equipamiento y las pruebas de funcionamiento deberán sujetarse a normas nacionales e internacionales, incluyendo estándares AWWA, ASTM, NFPA, especificaciones eléctricas NOM-001-SEDE, así como manuales de diseño reconocidos (por ejemplo, manuales de CONAGUA y literatura especializada de tratamiento de agua).

Este informe no se limita a reproducir el contenido de los TDR, sino que los integra y amplía desde una perspectiva de ingeniería de sistemas, de manera que el lector pueda entender cómo interactúan entre sí:

El sistema de ajuste de pH que actúa sobre los caudales provenientes del Acueducto Chapala–Guadalajara y de PB2 Las Pintas.

La medición y telemetría que permiten cuantificar con precisión los volúmenes de entrada y salida en PP1.

El control de dosificación de productos químicos que asegura la calidad del agua tratada.

Las líneas de interconexión que vinculan hidráulicamente el tren nuevo con la infraestructura existente.

El nuevo tren de 2.0 m³/s que incrementa la capacidad de potabilización.

La articulación de estos componentes dentro de un marco normativo claro, una justificación técnica robusta y una visión de largo plazo, es precisamente el propósito de este Informe Maestro Integrado.

2. ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y DE LA PLANTA POTABILIZADORA NO. 1 “MIRAVALLE”

La historia de la PP1 “Miravalle” está estrechamente vinculada al desarrollo urbano e industrial de Guadalajara. Desde los años cincuenta, el sistema de abastecimiento que integra el Lago de Chapala, el canal Atequiza, la Planta de Bombeo 1 “La Calera” y la Planta de Bombeo 2 “Las Pintas” (PB2), se concibió como la columna vertebral para dotar de agua potable a la ciudad en crecimiento. En 1956 inicia operaciones la planta potabilizadora Miravalle con una capacidad inicial de 1,000 LPS, la cual fue ampliándose en sucesivas etapas hasta alcanzar una capacidad instalada de 7.5 m³/s a mediados de los años setenta.

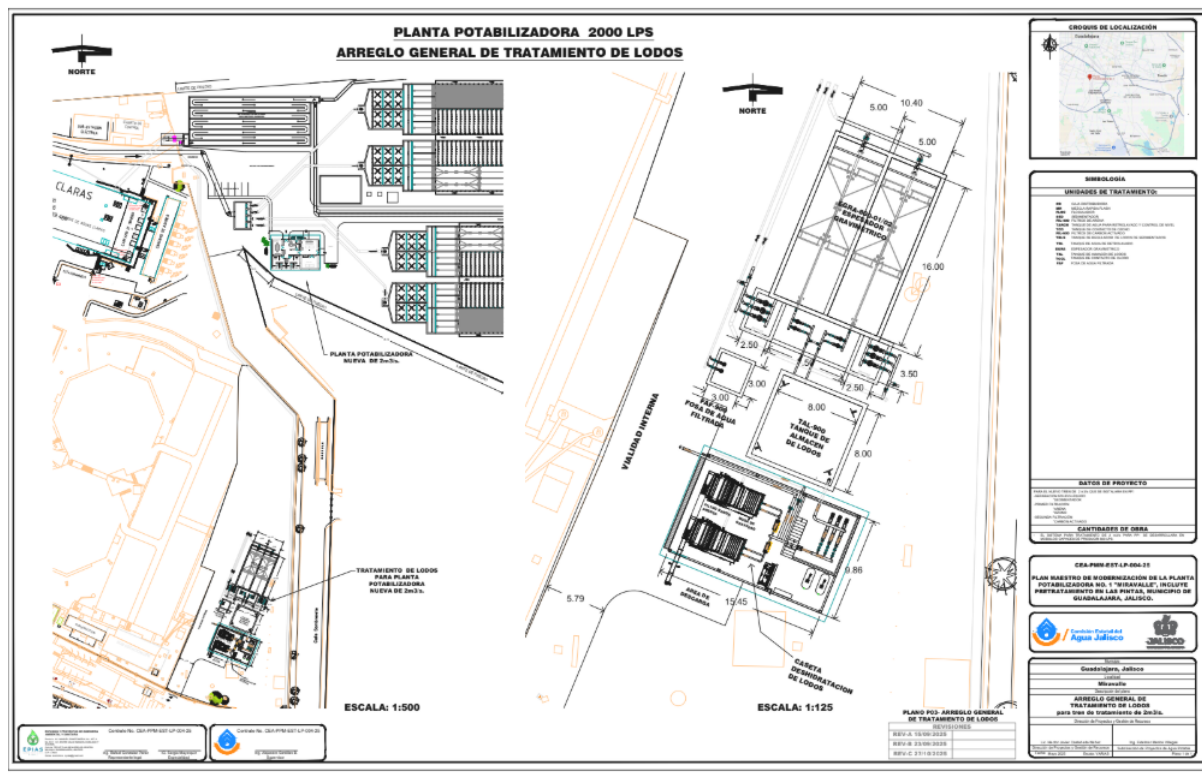


Ilustración 1 PLANO DE ARREGLO GENERAL PP1

Con la construcción del Acueducto Chapala–Guadalajara entre 1984 y 1991, el esquema de abastecimiento adquirió una configuración más robusta: el acueducto de 2.10 m de diámetro y 42.4 km de longitud permitió conducir caudales importantes desde Chapala hasta el tanque Cerro del Cuatro y, de ahí, a la PP1 Miravalle por gravedad. Este esquema se complementó con el denominado Sistema Antiguo Lago de Chapala–Atequiza–Las Pintas, cuya agua cruda, después de ser impulsada y regulada en la presa Las Pintas, llega a PB2 y se deriva también hacia Miravalle. De esta forma, convergen en la PP1 dos grandes ramas de abastecimiento, que se integran hidráulicamente en el reservorio previo al tratamiento.

El crecimiento de la ciudad motivó, a partir de 1991, la incorporación de nuevas fuentes de agua y la construcción de otras plantas potabilizadoras, como PP2 Las Huertas y PP3 San Gaspar, alimentadas por la Presa Calderón y la Presa La Red. Sin embargo, a pesar de esta diversificación, la PP1 Miravalle ha mantenido un papel preponderante: actualmente aporta en promedio 5.0 m³/s, lo que representa alrededor del 60% del agua potable suministrada al Área Metropolitana de Guadalajara. Esta proporción convierte a Miravalle en un punto neurálgico del sistema, donde cualquier falla relevante se traduce en afectaciones masivas a la población.

Desde su puesta en operación, la planta ha trabajado prácticamente de manera ininterrumpida, con paros parciales y locales pero sin posibilidad de detener trenes

completos de tratamiento por periodos prolongados. Esto ha generado, con el paso de las décadas, una brecha entre la infraestructura originalmente instalada y los estándares tecnológicos y normativos actuales. En la práctica, muchos de los ajustes operativos se han basado en la experiencia del personal y en protocolos internos que buscan compensar las limitaciones instrumentales; por ejemplo, en la dosificación de coagulantes, en el ajuste del pH del agua cruda o en el reparto de caudales entre unidades.

Los Términos de Referencia actuales reconocen explícitamente esta situación: por un lado, señalan que los sistemas de medición de caudal, tanto en el influente como en el efluente, presentan obsolescencia y falta de confiabilidad; por otro, subrayan que la planta carece de un sistema integral de telemetría que permita visualizar y registrar en tiempo real los parámetros críticos de proceso. De igual forma, la dosificación de productos químicos —en especial sulfato de aluminio, polímeros y productos para ajuste de pH— se realiza con equipos antiguos y con un nivel de automatización limitado.

A lo anterior se suma un contexto de creciente variabilidad en la calidad del agua cruda proveniente del Lago de Chapala y otras fuentes, asociada a fenómenos como cambios de uso de suelo en la cuenca, descargas urbanas y agrícolas, variaciones en niveles de almacenamiento y procesos de eutrofización. Esta variabilidad se manifiesta en fluctuaciones del pH, turbiedad, contenidos de manganeso y hierro, así como en la carga de materia orgánica natural, lo cual exige procesos de potabilización más robustos y flexibles. El sistema de ajuste de pH para 10 m³/s propuesto en los TDR responde precisamente a esta necesidad, al plantear una plataforma de almacenamiento, trasvase, dilución y dosificación de ácido, con obra civil, eléctrica y mecánica asociada, diseñada para operar de manera segura y controlada.

En paralelo, la visión de largo plazo establecida por la CEA Jalisco define como objetivo incrementar la capacidad efectiva de potabilización de Miravalle mediante la construcción de un nuevo tren de 2.0 m³/s, que complemente y modernice el esquema actual de 5.5 m³/s. Este tren no solo añade capacidad, sino que introduce procesos de tratamiento más avanzados —sedimentación, filtros de arena, ozono, carbón activado, manejo de lodos y cloración— bajo criterios de diseño actualizados. La integración física e hidráulica de este tren se realiza a través de líneas de interconexión de agua cruda y agua potable, las cuales constituyen un elemento clave del proyecto maestro.

Estos antecedentes permiten comprender que el Plan Maestro de Modernización no surge como un proyecto aislado, sino como la evolución natural de un sistema que, habiendo sido exitoso durante décadas, requiere ahora una intervención profunda para

seguir cumpliendo su función bajo condiciones más exigentes de demanda, calidad y confiabilidad.

3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL PLAN MAESTRO DE MODERNIZACIÓN

La justificación técnica del presente plan no se limita a señalar que la infraestructura es antigua; se fundamenta en una serie de razones estructurales que, integradas, muestran la necesidad de intervenir la PP1 “Miravalle” de forma coordinada en varios frentes: hidráulico, químico, mecánico, eléctrico y de control.

En primer lugar, la continuidad del servicio es un condicionante absoluto. Dado que Miravalle aporta la mayor parte del agua potable para la ZMG, la planta no puede ser sacada de operación para realizar una modernización convencional basada en paros totales o prolongados. Cualquier estrategia que implique vulnerar la continuidad significaría exponer a la población a riesgos sanitarios y sociales inaceptables. Por ello, el proyecto plantea soluciones que se construyen y ponen en servicio en paralelo, como el nuevo tren de 2.0 m³/s, las líneas de interconexión y los sistemas de dosificación y medición, permitiendo que la planta existente continúe operando mientras se va integrando gradualmente la nueva infraestructura.

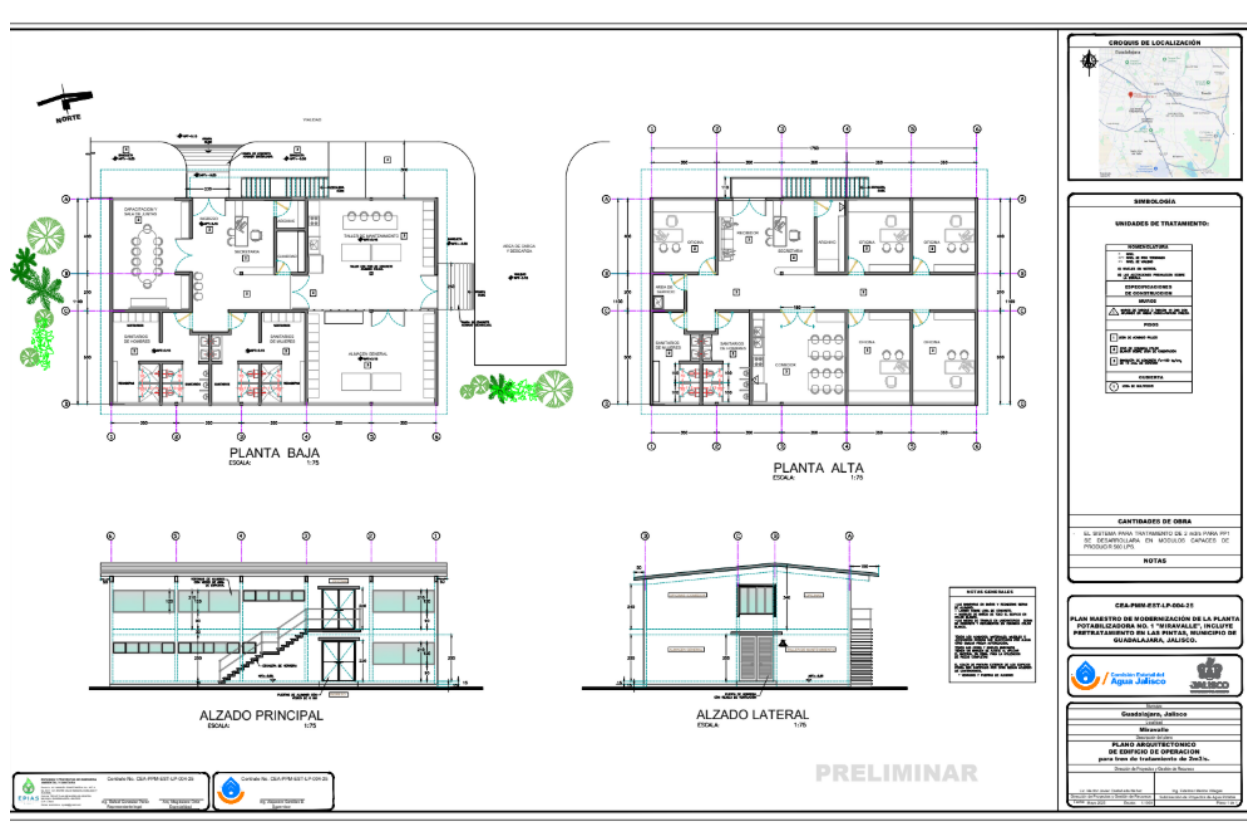


Ilustración 2 PLANO DE NUEVOS EIDIFICIOS PARA OPERACIONES

En segundo término, la planta enfrenta un déficit de información confiable sobre caudales y estados de proceso. Los Términos de Referencia del Sistema de Medición y Telemetría señalan que, en la actualidad, el registro de caudales de entrada y salida se basa en equipos desactualizados, con lecturas sujetas a incertidumbre y, en muchos casos, sin registro continuo ni transmisión hacia un centro de control. Esto obliga a que decisiones críticas —por ejemplo, el ajuste de dosis de coagulante o la derivación de caudales hacia determinados módulos— se tomen con base en estimaciones o mediciones puntuales. La instalación de medidores modernos, integrados a un sistema de telemetría, permite cerrar el ciclo de control, es decir, que las variables medidas retroalimenten directamente a los sistemas de dosificación y operación.

Un tercer elemento de justificación se relaciona con la variabilidad en la calidad del agua cruda. La combinación de fuentes (Chapala, Calderón, La Red, aportes al sistema antiguo, etc.) provoca que el pH, la alcalinidad, la turbiedad, la concentración de manganoso y otros parámetros varíen en escalas diarias e incluso horarias. Bajo este escenario, operar con un esquema fijo de dosificación química implica, o bien sobredosificar —incrementando innecesariamente los costos y generando mayor producción de lodos—, o bien correr el riesgo de subdosificar y no alcanzar los niveles de remoción requeridos. El sistema de ajuste de pH, en conjunto con el control de

dosificación de químicos para el caudal total influente, responde a este reto al plantear una plataforma que puede modificar la dosificación de ácido, coagulantes y polímeros de acuerdo con las condiciones particulares del agua en cada momento.



Ilustración 3 PB2 LAS PINTAS

Además, la NOM-127-SSA1-2021 introduce parámetros más estrictos para ciertos contaminantes y subproductos, lo cual hace evidente que la simple “operación tradicional” ya no es suficiente. La incorporación de procesos como ozonización y filtración en carbón activado en el tren nuevo de 2.0 m³/s no solo incrementa la capacidad de potabilización, sino que también mejora la calidad sensorial y microbiológica del agua, contribuyendo a reducir la formación de subproductos de desinfección y a cumplir con los límites normativos actuales y futuros. De esta manera, el proyecto se adelanta a posibles ajustes regulatorios, dotando al sistema de una mayor resiliencia normativa.

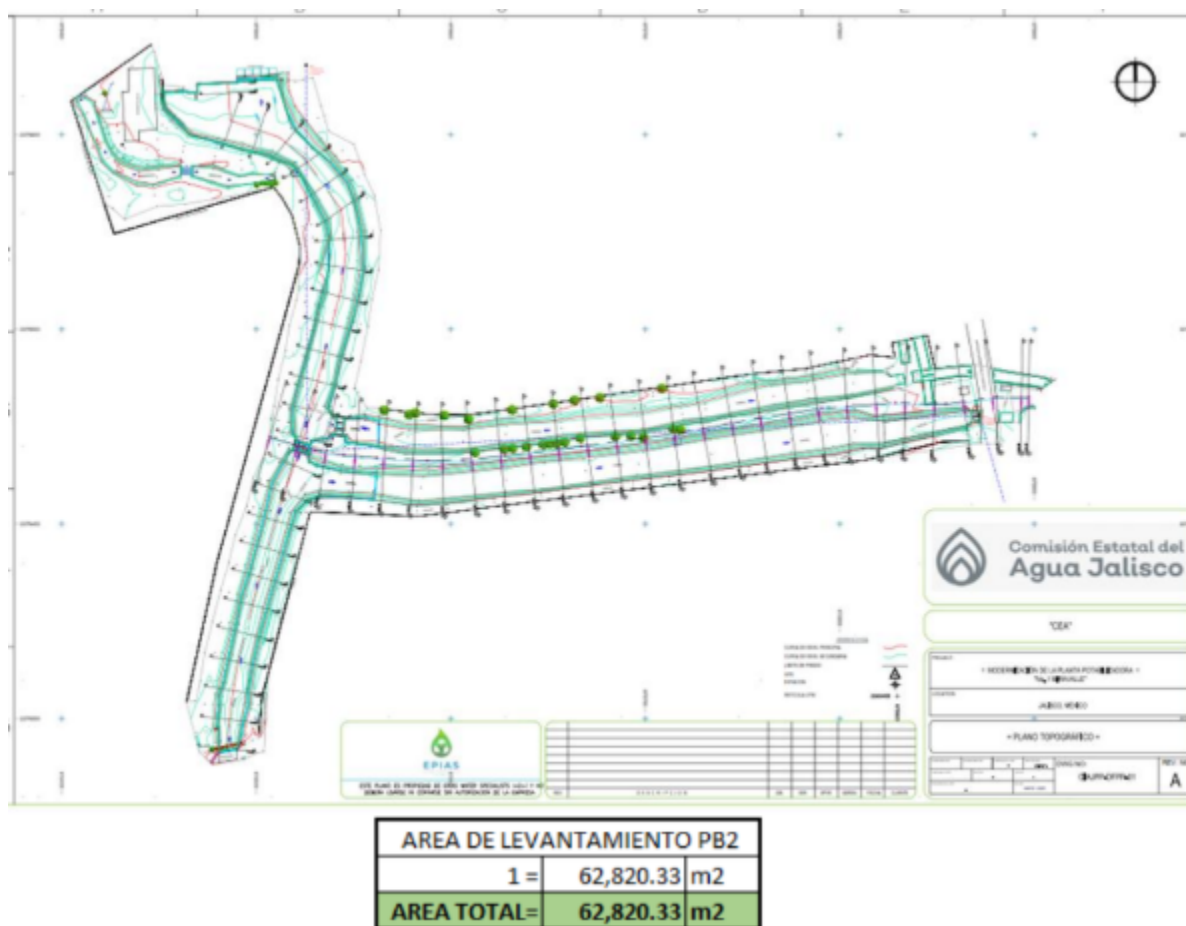


Ilustración 4 AREA DE LEVANTAMIENTO DE PB2 LAS PINTAS

En el ámbito puramente hidráulico, la construcción de líneas de interconexión de agua cruda y agua potable para el tren nuevo de potabilización tiene una justificación doble. Por un lado, permite llevar el caudal de diseño ($2.0 \text{ m}^3/\text{s}$) desde los puntos de entrega definidos (canales y cajas distribuidoras existentes) hasta las nuevas unidades de tratamiento; por otro, posibilita el retorno del agua potabilizada hacia los tanques y líneas de distribución existentes de manera controlada, minimizando pérdidas de carga, evitando puntos de sobrepresión y garantizando la compatibilidad hidráulica con el resto del sistema. El análisis de diámetros, materiales, espesores y recubrimientos anticorrosivos que plantean los TDR se orienta precisamente a asegurar la durabilidad y confiabilidad de estas interconexiones.

GPS 1

N:2276732.770

E:673442.195

Z:1530.551

- Croquis de ubicación de puntos de control:



Ilustración 5 PUNTOS DE CONTROL GPS 1

Finalmente, existe una justificación estratégica: el Plan Maestro de Modernización busca no solo corregir deficiencias puntuales, sino reconfigurar la PP1 Miravalle como una planta moderna, adaptable y controlable, capaz de operar bajo distintos escenarios de caudal y calidad de agua. La incorporación de sistemas de telemetría, dosificación automática, ajuste de pH, nuevos procesos de tratamiento y líneas de interconexión constituye una plataforma sobre la cual, en el futuro, se podrán agregar nuevas mejoras sin poner en riesgo la operación global. En síntesis, la justificación técnica del proyecto se basa en garantizar tres elementos que son inseparables: continuidad del servicio, cumplimiento normativo y eficiencia operativa.

GPS 2
N:2276468.270
E:673443.005
Z:1529.377

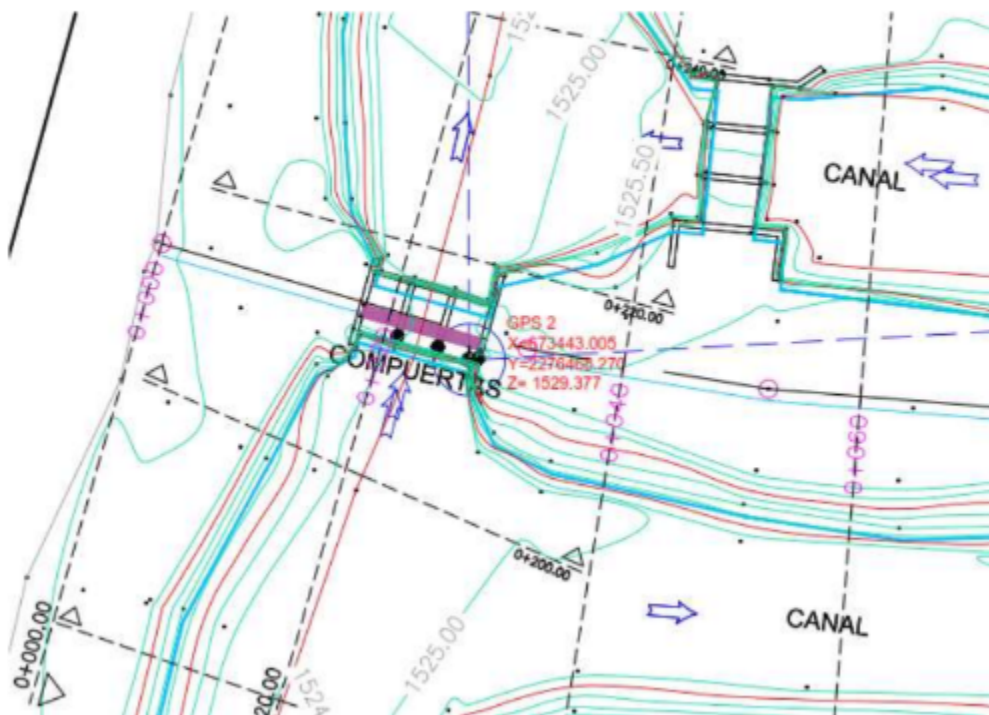


Ilustración 6 PUNTOS DE CONTROL GPS 2

4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

El Plan Maestro de Modernización de la Planta Potabilizadora No. 1 Miravalle responde a una necesidad histórica, técnica y operativa: garantizar la continuidad, calidad y suficiencia del suministro de agua potable en el Área Metropolitana de Guadalajara, en un entorno donde la infraestructura existente ha cumplido más de seis décadas de operación continua.

A diferencia de una ampliación puntual o de una sustitución aislada de equipos, este proyecto constituye una intervención sistémica, en la cual cada componente—pH, dosificación, telemetría, interconexiones y tren nuevo—se concibe como parte de una arquitectura integral de modernización.

4.1 Objetivo general

Transformar la PP1 “Miravalle” en una planta de potabilización moderna, confiable y eficiente, mediante la implementación coordinada de sistemas avanzados de tratamiento, medición, control, dosificación química y ampliación de capacidad, garantizando el cumplimiento normativo y la operación continua del servicio durante todo el proceso de modernización.

Este objetivo sintetiza la misión técnica de los cinco TDR integrados: elevar la calidad del agua producida, mejorar la precisión y control de los procesos, reducir riesgos operativos y dotar al sistema de infraestructura resiliente capaz de responder a cambios en la demanda y en la calidad del agua cruda.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1 Modernizar la infraestructura de tratamiento

Incorporar un tren nuevo de potabilización de 2.0 m³/s que permita alcanzar la capacidad total de diseño (7.5 m³/s), aportando procesos avanzados como ozonización, doble filtración y manejo controlado de lodos. Este tren servirá como infraestructura paralela que permita el mantenimiento de los módulos existentes sin comprometer el suministro a la población.

No.	CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.0	100100	CAJA DERIVADORA CD-25		
2.0	100101	SUMINISTRO DE COMPUERTA DE VERTEDOR DE 1.22 MTS DE ANCHO PARA UN FLUJO DE 667 LPS	PZA	4.00
3.0	100102	INSTALACIÓN DE COMPUERTA DE VERTEDOR DE 1.22 MTS DE ANCHO PARA UN FLUJO DE 667 LPS	LOTE	1.00
4.0	100103	CONFIGURACIÓN DE COMPUERTA DE VERTEDOR DE 1.22 MTS DE ANCHO PARA UN FLUJO DE 667 LPS	LOTE	1.00
5.0	100104	SUMINISTRO DE TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO PARA MONTAJE EN TUBERÍA DE 36" FABRICADA EN ACERO AL CARBÓN, PARA MEDICIÓN DE AGUA CRUDA PROVENIENTE DE LA CAJA DERIVADORA (CD-25 A MEZCLA RÁPIDA (MR-50-01/02/03/04). - PANTALLA RETROILUMINADA CON CONTROL TÁCTIL - PRINCIPIO DE MEDICIÓN: ELECTROMAGNETICO. - ACCESORIO PARA PORTA ELECTRODO INMERSIÓN POR NIVEL PARA MONTAJE EN BARANDAL. - CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½". - COMUNICACIÓN 4-20 MA. - PEDESTALES, HERRAJES, Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. - CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN. - CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	PZA	4.00

6.0	100105	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO PARA MONTAJE ENTUBERÍA DE 36" FABRICADA EN ACERO AL CARBÓN, PARA MEDICIÓN DE AGUA CRUDA PROVENIENTE DE LA CAJA DERIVADORA A MEZCLA RÁPIDA. SE DEBERÁ SELECCIONAR, DIMENSIONAR, ESPECIFICAR Y GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS Y LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE, MANUALES DEL FABRICANTE, ETC. ASÍ MISMO DEBERÁ CONSIDERAR LA CORRECTA INSTALACIÓN, FIJACIÓN Y SUJECIÓN DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN DE FLUJO ACORDE CON LA APLICACIÓN EL PRECIO INCLUYE: INSUMOS, ESTRUCTURAS PROVISIONALES, ILUMINACIÓN ARTIFICIAL, RESGUARDO Y ACARREO DE MATERIALES, PRUEBAS PRELIMINARES DE LA INSTALACIÓN PARA ASEGURAR LA FUNCIONALIDAD DE LA INSTALACIÓN Y QUE ESTO GARANTICE LA INTEGRIDAD DEL RECURSO Y OPERATIVOS A LA PAR.	LOTE	1.00
7.0	100106	CONFIGURACIÓN DE TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO PARA MONTAJE EN TUBERÍA DE 36" FABRICADA EN ACERO AL CARBÓN, PARA MEDICIÓN DE AGUA CRUDA PROVENIENTE DE LA CAJA DERIVADORA A MEZCLA RÁPIDA. SE DEBERÁ CONSIDERAR QUE LA CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS SERÁN EN COMÚN ACUERDO CON LAS DISPOSICIONES Y TENDENCIAS REQUERIDAS PARA LA REPETIBILIDAD, DAMPING, ESCALAMIENTOS, SIMULACIONES, ETC. PARA GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN, BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN NORMAS APLICADAS, MANUALES DEL FABRICANTE, ETC. ASÍ MISMO, SE DEBERÁ CONSIDERAR Y GARANTIZAR QUE LA CONFIGURACIÓN FUE REALIZADA EN BASE A LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA INSTALACIÓN Y PUNTO DE MEDICIÓN DESCRITOS EN EL PROYECTO RESPETANDO UNIDADES DE INGENIERÍA, SIMULACIONES, CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y DEL HÍDRICO, PRESIONES, TEMPERATURAS, ETC. ACORDE CON LA APLICACIÓN.	LOTE	1.00
8.0	100200	EQUIPAMIENTO PARA DOSIFICACIÓN DE CLORO (PRECLORACIÓN) A TREN 1, 2, 3 Y 4		
9.0	100201	SUMINISTRO DE SISTEMA CLORADOR AUTOMÁTICO CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/H, PARA DOSIFICAR HASTA 3000 LIBRAS/DÍA. EQUIPADO CON POSICIONADOR ELÉCTRICO LINEAL CON SEÑAL DE CONTROL DE 4-20 MA Y CONTROLADOR PARA REGULACIÓN AUTOMÁTICA BASADA EN FLUJO Y CLORO LIBRE RESIDUAL, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA PARA AJUSTE FINO DE VACÍO, VÁLVULA DE DRENADO Y VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN. EL POSICIONADOR ELÉCTRICO CUENTA CON RETROALIMENTACIÓN DE POSICIÓN Y FUNCIONAMIENTO LINEAL DE ALTA PRECISIÓN, CONSTRUIDO EN MATERIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN. EL CONTROLADOR PERMITE CONFIGURACIÓN LOCAL O REMOTA, CON MODOS DE CONTROL PROPORCIONAL AL FLUJO, CONTROL DIRECTO POR RESIDUAL Y CONTROL EN LAZO COMPUESTO, CON INTERFAZ DIGITAL Y SALIDAS ANALÓGICAS PARA INTEGRACIÓN A SISTEMAS SCADA. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE, Y CUENTA CON PROTECCIÓN CONTRA BAJAS TEMPERATURAS Y FUGAS DE CLORO LÍQUIDO. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA: 120 V ±10%, 0.3 A O 240 V ±10%, 0.15 A. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" Y VÁLVULA REGULADORA DE VACÍO.	PZA	4.00
10.0	100202	SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA CLORADOR AUTOMÁTICO CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/H, PARA DOSIFICAR HASTA 3000 LIBRAS/DÍA. EQUIPADO CON POSICIONADOR ELÉCTRICO LINEAL CON SEÑAL DE CONTROL DE 4-20 MA Y CONTROLADOR PARA REGULACIÓN AUTOMÁTICA BASADA EN FLUJO Y CLORO LIBRE RESIDUAL, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA PARA AJUSTE FINO DE VACÍO, VÁLVULA DE DRENADO Y VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN. EL POSICIONADOR ELÉCTRICO CUENTA CON RETROALIMENTACIÓN DE POSICIÓN Y FUNCIONAMIENTO LINEAL DE ALTA PRECISIÓN, CONSTRUIDO EN MATERIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN. EL CONTROLADOR PERMITE CONFIGURACIÓN LOCAL O REMOTA, CON MODOS DE CONTROL PROPORCIONAL AL FLUJO, CONTROL DIRECTO POR RESIDUAL Y CONTROL EN LAZO COMPUESTO, CON INTERFAZ DIGITAL Y SALIDAS ANALÓGICAS PARA INTEGRACIÓN A SISTEMAS SCADA. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE, Y CUENTA CON PROTECCIÓN CONTRA BAJAS TEMPERATURAS Y FUGAS DE CLORO LÍQUIDO. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA: 120 V ±10%, 0.3 A O 240 V ±10%, 0.15 A. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" Y VÁLVULA	LOTE	1.00

		REGULADORA DE VACÍO. INCLUYE LOTE DE MATERIAL HIDRÁULICO, LOTE DE MATERIAL ELÉCTRICO, MATERIAL DE FIJACIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN.		
11.0	100203	CONFIGURACIÓN DE SISTEMA CLORADOR AUTOMÁTICO CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/H, PARA DOSIFICAR HASTA 3000 LIBRAS/DÍA. EQUIPADO CON POSICIONADOR ELÉCTRICO LINEAL CON SEÑAL DE CONTROL DE 4-20 MA Y CONTROLADOR PARA REGULACIÓN AUTOMÁTICA BASADA EN FLUJO Y CLORO LIBRE RESIDUAL, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA PARA AJUSTE FINO DE VACÍO, VÁLVULA DE DRENADO Y VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN. EL POSICIONADOR ELÉCTRICO CUENTA CON RETROALIMENTACIÓN DE POSICIÓN Y FUNCIONAMIENTO LINEAL DE ALTA PRECISIÓN, CONSTRUÍDO EN MATERIALES RESISTENTES A LA CORROSIÓN. EL CONTROLADOR PERMITE CONFIGURACIÓN LOCAL O REMOTA, CON MODOS DE CONTROL PROPORCIONAL AL FLUJO, CONTROL DIRECTO POR RESIDUAL Y CONTROL EN LAZO COMPUESTO, CON INTERFAZ DIGITAL Y SALIDAS ANALÓGICAS PARA INTEGRACIÓN A SISTEMAS SCADA. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE, Y CUENTA CON PROTECCIÓN CONTRA BAJAS TEMPERATURAS Y FUGAS DE CLORO LÍQUIDO. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA: 120 V ±10%, 0.3 A O 240 V ±10%, 0.15 A. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" Y VÁLVULA REGULADORA DE VACÍO.	LOTE	1.00
12.0	100204	SUMINISTRO DE CLORADOR MANUAL (UNIDAD DE CONTROL) DE MONTAJE EN PISO, DE OPERACIÓN MANUAL CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/HR PARA DOSIFICAR HASTA 3,000 LB/DÍA, MONTADA EN MÓDULO DE PISO, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA TRIMMER PARA AJUSTE FINO DE VACÍO. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" DE GARGANTA VARIABLE Y VÁLVULA REGULADORA DE VACÍO.	PZA	4.00
13.0	100205	SERVICIO DE INSTALACIÓN DE CLORADOR MANUAL (UNIDAD DE CONTROL) DE MONTAJE EN PISO, DE OPERACIÓN MANUAL CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/HR PARA DOSIFICAR HASTA 3,000 LB/DÍA, MONTADA EN MÓDULO DE PISO, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA TRIMMER PARA AJUSTE FINO DE VACÍO. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" DE GARGANTA VARIABLE Y VÁLVULA REGULADORA DE VACÍO. INCLUYE LOTE DE MATERIAL HIDRÁULICO, LOTE DE MATERIAL ELÉCTRICO, MATERIAL DE FIJACIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACIÓN.	LOTE	1.00
14.0	100206	CONFIGURACIÓN DE CLORADOR MANUAL (UNIDAD DE CONTROL) DE MONTAJE EN PISO, DE OPERACIÓN MANUAL CON ROTÁMETRO DE ALTA VISIBILIDAD DE 10" GRADUADO EN PPD Y KG/HR PARA DOSIFICAR HASTA 3,000 LB/DÍA, MONTADA EN MÓDULO DE PISO, INCLUYE VÁLVULA DIFERENCIAL PARA MANTENER PRESIÓN CONSTANTE EN EL ORIFICIO DE DOSIFICACIÓN, VÁLVULA TRIMMER PARA AJUSTE FINO DE VACÍO. LA UNIDAD OPERA COMPLETAMENTE BAJO VACÍO, CON COMPONENTES INTERNOS EN VITON, HYPALON Y ACERO INOXIDABLE. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE PISO: 1734 MM DE ALTO × 699 MM DE ANCHO × 318 MM DE PROFUNDIDAD. SE INCLUYE: EYECTOR DE 2" DE GARGANTA VARIABLE Y VÁLVULA REGULADORA DE VACÍO.	LOTE	1.00

4.2.2 Estabilizar y optimizar el proceso químico

Implementar sistemas de ajuste de pH, preparación y dosificación de ácido y coagulantes que respondan dinámicamente a la variabilidad del agua cruda. Con ello, se prevé:

mejorar la eficiencia de coagulación-floculación,

estabilizar el proceso de remoción de manganeso y hierro,
disminuir consumos químicos,
reducir la producción de lodos,
y asegurar condiciones óptimas de sedimentación y filtración.

4.2.3 Restablecer precisión en la medición de caudales

La modernización de PP1 requiere datos confiables y continuos. Por ello, es prioritario instalar un sistema de medición y telemetría que proporcione:

caudales exactos de influente y efluente,
monitoreo constante de niveles,
alarmas, tendencias y diagnósticos,
integración con sistemas existentes del SIAPA,
y la capacidad de tomar decisiones operativas automatizadas.

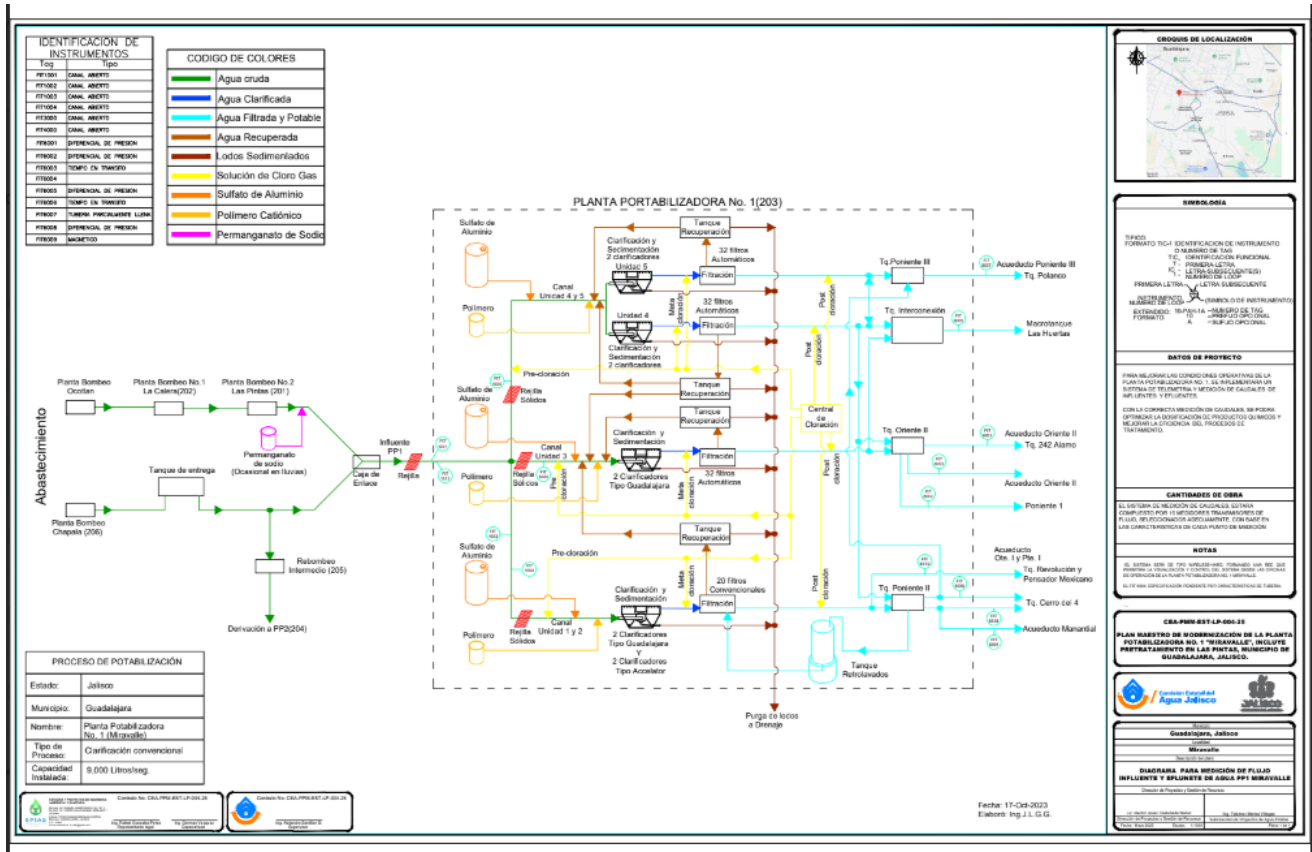


Ilustración 7 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL

- **Dosis de Permanganato de Potasio (KMnO_4):** Se realizaron pruebas de oxidación en sitio para determinar el rango de las dosis óptimas. Los resultados fueron los siguientes:

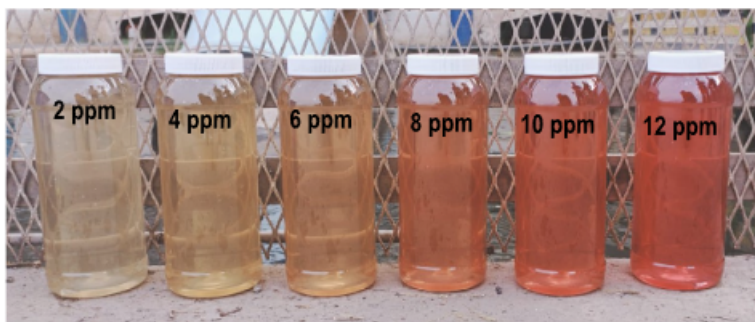


Ilustración 8 PRUEBAS DE TRATABILIDAD PRETRATAMIENTO PB2

La carencia de mediciones precisas ha sido uno de los principales factores de incertidumbre en la operación histórica de PP1.

Número de Muestra	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6
Dosis (mg/L)	1.5	2	4	6	8	10



Ilustración 9 PRUEBAS DE TRATABILIDAD PRETRATAMIENTO LAS PINTAS

4.2.4 Integrar hidráulicamente el tren nuevo

Las líneas de interconexión, tanto de agua cruda como de agua potable, deben garantizar que los volúmenes conducidos hacia y desde el tren nuevo se distribuyan de manera estable, con pérdidas de carga controladas y sin interferir con los módulos actuales en operación.

Esta integración hidráulica es el “puente físico” que permitirá que la nueva infraestructura conviva con la existente.

4.2.5 Asegurar el cumplimiento normativo

Los parámetros de calidad establecidos por la NOM-127-SSA1-2021 exigen condiciones de tratamiento más robustas que las disponibles con la infraestructura actual. Los sistemas integrados buscan:

reducir turbiedad, color y carga orgánica,
controlar manganeso y hierro mediante ajuste de pH,
disminuir subproductos de desinfección,
asegurar la desinfección final con cloro,
y entregar un agua potable estable, segura y uniforme.

4.2.6 Garantizar operación continua durante la modernización

El proyecto se diseña bajo el principio de no interrumpir nunca la potabilización del agua. Por ello, las nuevas instalaciones se desarrollan en paralelo, con:

obras civiles independientes,
sistemas eléctricos nuevos,
acometidas paralelas,
y una estrategia de transición gradual que minimiza riesgos.

Este conjunto de objetivos define el alcance conceptual y técnico del proyecto maestro.

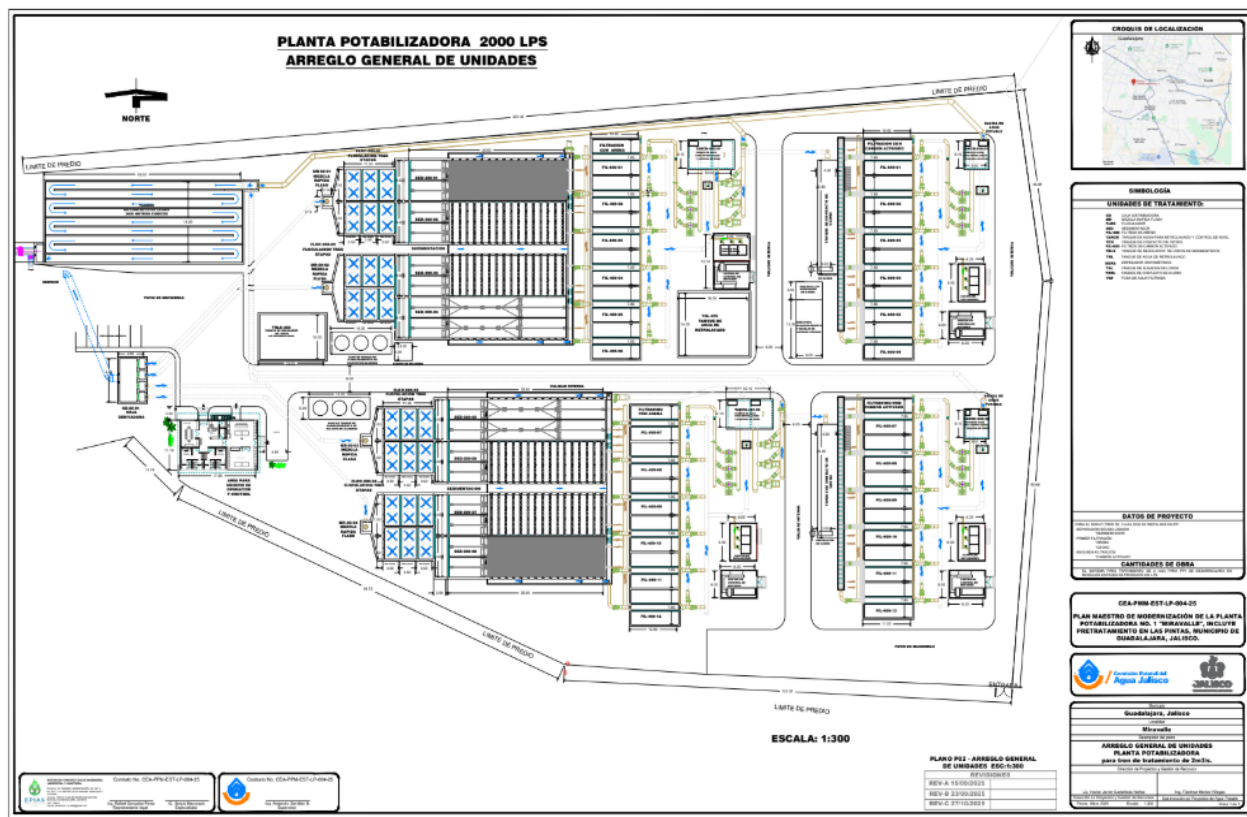


Ilustración 10 ARREGLO GENERAL DE UNIDADES DE POTABILIZACION

5. UBICACIÓN DEL PROYECTO MIRAVALLE-LAS PINTAS

La PP1 “Miravalle” y la PB2 “Las Pintas” conforman un corredor hidráulico que concentra dos de los puntos más críticos del sistema de abastecimiento de la ZMG. La ubicación del proyecto no se limita a un polígono, sino a un sistema territorial y funcional compuesto por infraestructura hidráulica distribuida en dos nodos principales:



Ilustración 11 UBICACION PB2 LAS PINTAS

5.1 Planta Potabilizadora No. 1 “Miravalle”

Localizada en Av. Gobernador Luis G. Curiel 3573, Col. Miravalle, Guadalajara, Jalisco, la PP1 está asentada sobre una plataforma estratégica en términos topográficos: recibe el agua a través del canal proveniente del tanque Cerro del Cuatro, del Acueducto Chapala–Guadalajara y de la PB2 Las Pintas.

El predio de Miravalle contiene:

cinco módulos de tratamiento existentes,
canales de llegada y estructura de control,
almacenes, talleres y casetas eléctricas,
cárcamos de bombeo internos,
tanque de contacto de cloro,
zonas de descarga y distribución.

La ubicación permite el flujo por gravedad en buena parte del proceso, lo cual ha sido históricamente una ventaja operativa.

5.2 Planta de Bombeo No. 2 “Las Pintas”

Ubicada dentro del sistema antiguo Lago de Chapala – Atequiza – Las Pintas, esta planta constituye el segundo gran nodo del proyecto. Las Pintas recibe agua cruda desde la presa derivadora y desde aportaciones pluviales locales.

	Aireación + ClO ₂ + KMnO ₄				Aireación + ClO ₂				ClO ₂ + KMnO ₄			
Número de Muestra	1	20	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aireación (TRH)	30	30	30	30	30	30	30	30				
Dosis ClO ₂ (mg/L)	13	18	22	27	13	18	22	27	13	18	22	27
Dosis KMnO ₄ (mg/L)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ilustración 12 TABLA EVALUACION DE LOS 3 TRENES PARA PRETRATAMIENTO

Es aquí donde se concentra una parte importante del caudal que finalmente llega a Miravalle. El proyecto considera la infraestructura existente como punto de origen para:

- el sistema de medición de caudal,
- la caracterización del agua cruda,
- y la confirmación de capacidad hidráulica para alimentar los sistemas nuevos.

5.3 Zona de Intervención del Ajuste de pH (10 m³/s)

El sistema de ajuste de pH se ubicará en el área donde confluyen los caudales provenientes del Acueducto Chapala y de PB2, en el reservorio previo a los procesos de potabilización.

La elección de este punto no es arbitraria: se fundamenta en criterios de ingeniería de proceso que requieren que el pH sea ajustado antes de que el agua entre en las etapas de coagulación-floculación.

5.4 Ubicación del Tren Nuevo de Potabilización de 2.0 m³/s

El tren nuevo se emplazará dentro del predio de Miravalle, en una zona que permite:

flujo hidráulico continuo,
acceso a líneas eléctricas existentes,
conexión mecánica a tanques, canales y líneas de distribución,
y condiciones topográficas adecuadas para sedimentación y filtración.

El posicionamiento físico debe garantizar que su operación no interfiera con los módulos actuales, especialmente durante las fases constructivas.

5.5 Líneas de Interconexión

Las interconexiones de agua cruda y agua potable se ubican entre los puntos:

CD-25-01 (caja distribuidora existente),
canales de llegada al tren nuevo,
y tanque de contacto y líneas de salida.

Estas interconexiones forman el “sistema circulatorio” que vincula la nueva infraestructura con la planta histórica.

En conjunto, la ubicación del proyecto constituye un sistema hídrico integrado, donde cada componente se sitúa estratégicamente para optimizar trayectorias, minimizar pérdidas de carga y asegurar compatibilidad con la operación existente.

6. ALCANCE GENERAL DEL PROYECTO MAESTRO

El Plan Maestro de Modernización de la PP1 Miravalle no es un proyecto único, sino una constelación de proyectos especializados que se integran para transformar la operación de la planta en su conjunto.

A continuación se presenta una descripción integrada del alcance, no como una lista, sino como una narrativa técnica que muestra cómo las cinco líneas de intervención se articulan para conformar un sistema único.

6.1 Alcance del Sistema de Ajuste de pH

El sistema de ajuste de pH para 10 m³/s incluye:

infraestructura civil para almacenamiento seguro de ácido,
estaciones de trasvase y preparación de soluciones,
mecanismos de dilución controlada,
equipos de dosificación de alta precisión,
instrumentación de pH en tiempo real,
sistemas eléctricos y de control integrados.

Este sistema constituye el “punto de partida” del tratamiento químico. Su finalidad técnica es doble:

modificar la química del agua cruda para favorecer la remoción de manganeso y hierro,
y
optimizar los procesos posteriores de coagulación-floculación.

6.2 Alcance del Sistema de Telemetría y Medición de Caudales

El sistema considera la instalación de:

medidores magnéticos o ultrasónicos en puntos estratégicos,
PLCs dedicados para captura de datos,
un servidor local para almacenamiento,
comunicación SCADA con centros de control del SIAPA,
alarmas, tendencias, registros históricos y diagnósticos.

Más que un simple sistema de medición, se trata de la columna vertebral informativa de la planta, que permitirá a los operadores tomar decisiones basadas en datos precisos.

6.3 Alcance del Sistema de Control y Dosificación de Productos Químicos

Este sistema incorpora:

tanques de preparación,
bombas dosificadoras automatizadas,
mezcladores estáticos y dinámicos,
tableros de control y variadores de frecuencia,
instrumentación de calidad de agua.

Su función es modular la dosificación de productos como:

sulfato de aluminio,
polímero aniónico o catiónico,
auxiliares de coagulación.

El sistema está diseñado para integrarse directamente con la telemetría, logrando un control semi-automatizado del proceso químico.

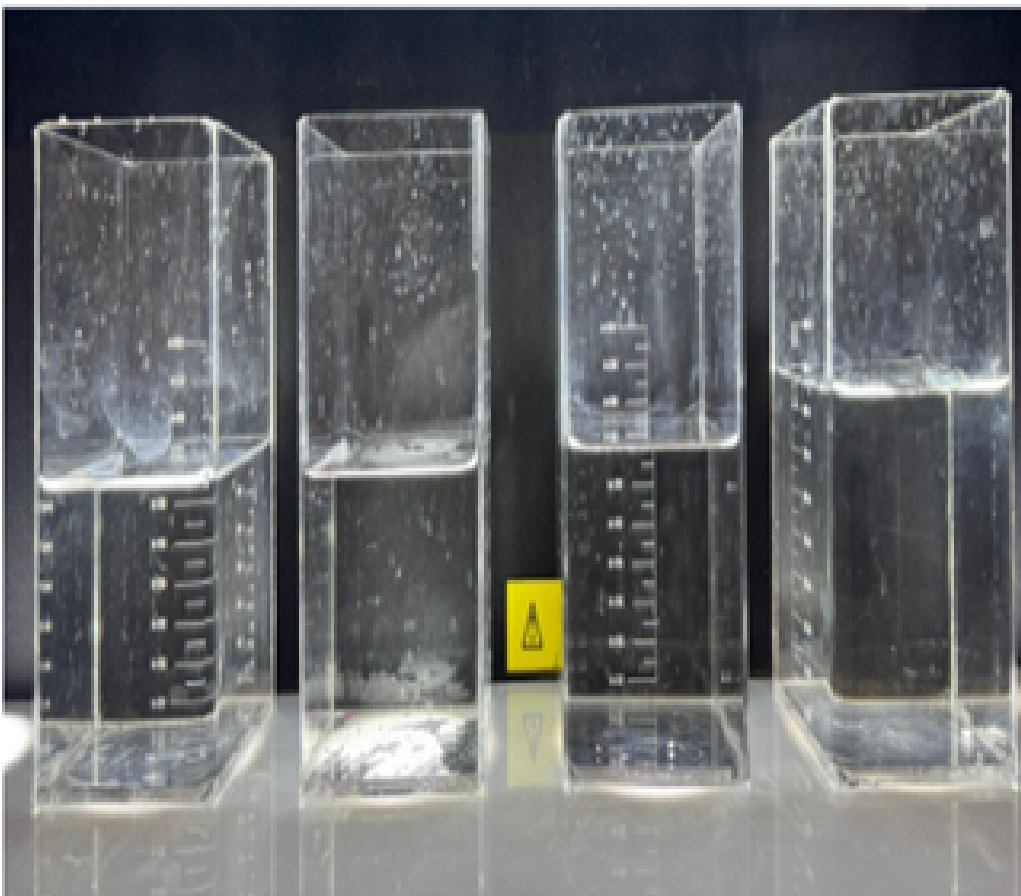


Ilustración 13 AGUA TRATADA CON MICROMEDIA

6.4 Alcance de las Líneas de Interconexión de Agua Cruda y Agua Potable

El alcance incluye:

análisis de diámetros y materiales,
diseño de piezas especiales,
determinación de espesor por corrosión,
recubrimientos anticorrosivos,

pruebas no destructivas en soldadura,
pruebas hidráulicas de presión y estanqueidad.

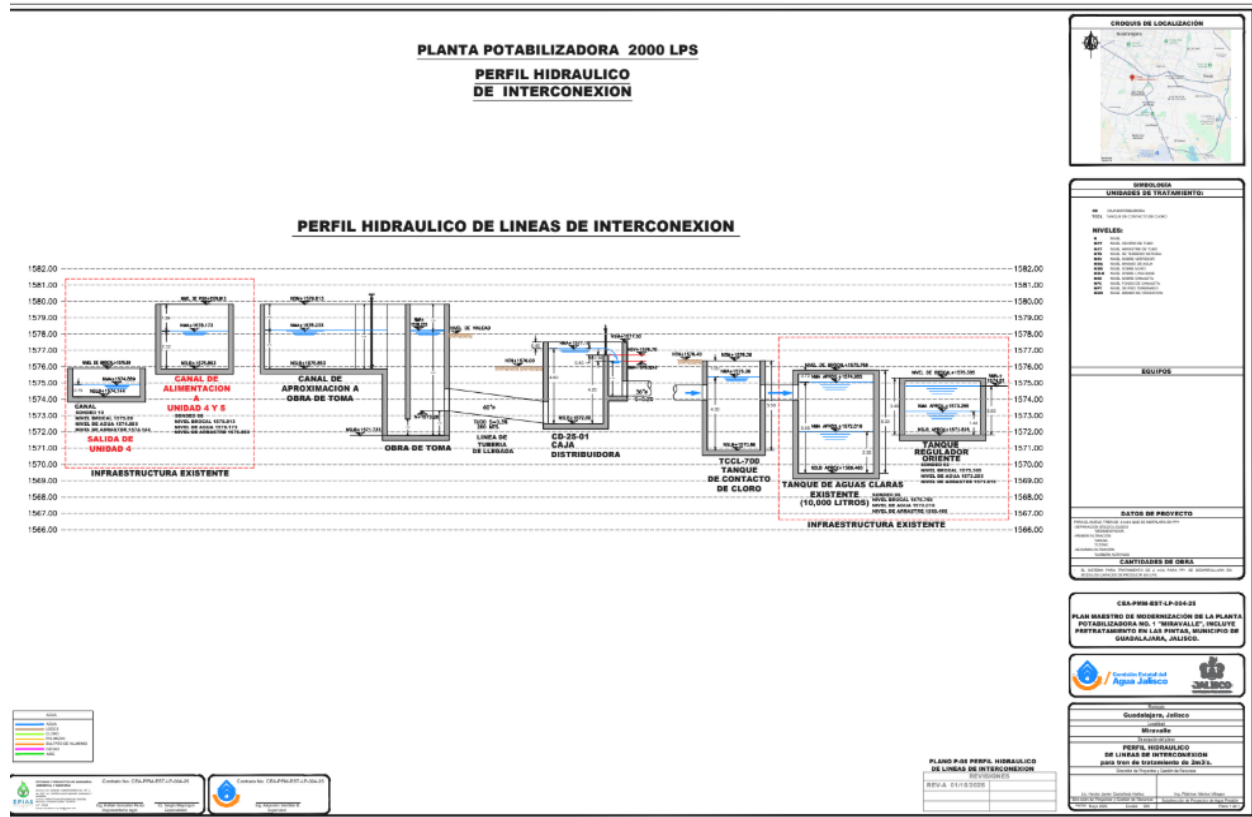


Ilustración 14 PERFIL HIDRAÚLICO

Estas líneas son el “sistema circulatorio” que vincula el tren nuevo con la PP1 existente.

6.5 Alcance del Tren Nuevo de Potabilización de 2.0 m³/s

El tren nuevo incorpora, entre otros elementos:

cámaras de mezcla rápida,
floculadores,
sedimentadores,
filtros de arena,
ozonización,

filtros de carbón activado,
cloración en tanque de contacto,
sistema de manejo de lodos.

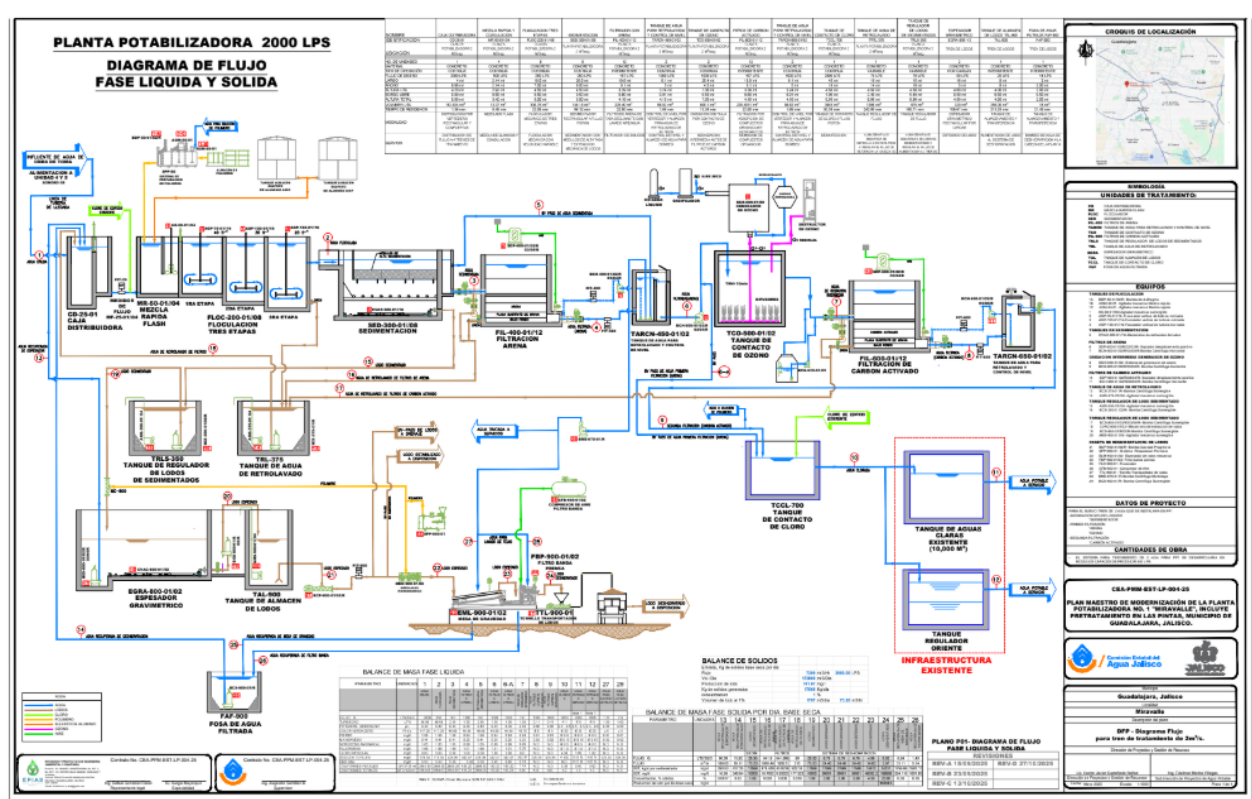


Ilustración 15 DIAGRAMA DE FLUJO PP1

Este tren constituye el salto tecnológico que permitirá a Miravalle operar bajo estándares modernos de potabilización.

7. DESCRIPCIÓN INTEGRADA DE LOS SISTEMAS A MODERNIZAR

La modernización de la Planta Potabilizadora No. 1 "Miravalle" no es un proceso de sustitución de equipos, sino la reconstrucción conceptual de una planta que ha operado durante más de seis décadas con una lógica distinta a la que hoy demanda la ingeniería contemporánea. En este capítulo se describe cómo se transforma la planta desde la raíz: la química, la medición, la supervisión operativa y el flujo hidráulico adquieren nuevas dinámicas que antes simplemente no existían.

Hablar de “sistemas” no implica piezas aisladas. Cada subsistema—ajuste de pH, telemetría, dosificación, interconexiones y tren nuevo—funciona como un órgano en un organismo más grande. Si uno no está calibrado, los demás no operarán con eficiencia. La clave es comprender cómo se relacionan entre sí, cómo influyen en el comportamiento del agua cruda y cómo preparan a la planta para las próximas décadas.

7.1 Sistema de Ajuste de pH (10 m³/s): la intervención sobre la química del agua cruda

El agua que ingresa a Miravalle, proveniente del Lago de Chapala, del sistema Atequiza y de la PB2 “Las Pintas”, presenta un comportamiento químico que ha cambiado sustancialmente en los últimos treinta años. Hoy, la alcalinidad, el pH y la composición iónica reflejan fenómenos de eutrofización, variabilidad pluvial y descargas antrópicas en la cuenca. Esto se traduce en un agua difícil de coagular y con presencia intermitente de manganeso soluble.

El sistema de ajuste de pH se concibe entonces como una intervención directa sobre la química del agua, antes de que entre a cualquier proceso de floculación o sedimentación. No se trata únicamente de “bajar el pH”; se trata de crear las condiciones necesarias para que los coagulantes actúen con su máxima capacidad, garantizando una remoción estable y predecible.

Cuando el pH se corrige a valores entre 6.2 y 6.8, el sulfato de aluminio deja de comportarse como un reactivo parcialmente inhibido y pasa a tener un rendimiento claro: hidrólisis completa, formación de hidróxidos metálicos estables y aglomeración eficiente de partículas coloidales. El resultado no es trivial:

la sedimentación se vuelve más rápida,
la turbiedad residual se reduce,
la remoción de manganeso mejora sustancialmente,
y los filtros posteriores sufren menos fatiga.

No.	CLAV E	DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANTIDA D
1.0	1001 00	MEDICIÓN DE FLUJO INFLUENTE A TANQUE DE ENTREGA		

2.0	1001 01	SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO TECNOLOGÍA POR PRESIÓN DIFERENCIAL, INCLUYE: - TRANSMISOR REMOTO CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68, - ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68, - MATERIALES HÚMEDOS 316L ALLOY C, - VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½", - COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - DISPLAY LCD, - PEDESTALES, HERRAJES, Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN, - CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN, - CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	LOTE	1.00
3.0	1001 02	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO, TECNOLOGÍA POR PRESIÓN DIFERENCIAL, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.	LOTE	1.00
4.0	1001 03	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO DE TECNOLOGÍA POR PRESIÓN DIFERENCIAL, SE DEBERÁ CONSIDERAR Y GARANTIZAR QUE LA CONFIGURACIÓN FUE REALIZADA EN BASE A LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA INSTALACIÓN Y PUNTO DE MEDICIÓN DESCRITOS EN EL PROYECTO RESPETANDO UNIDADES DE INGENIERÍA, SIMULACIONES, CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y DEL HÍDRICO, PRESIONES Y TEMPERATURAS.	LOTE	1.00
5.0	1002 00	MEDICIÓN DE pH INFLUENTE TANQUE DE ENTREGA		
6.0	1002 01	SUMINISTRO DE ANALIZADOR DE PH, RANGO DE MEDICIÓN 0-11, INCLUYE: - SENSOR DE TEMPERATURA PT-100, - TRANSMISOR REMOTO PARA DOS CANALES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68, - ACCESORIO PARA PORTA ELECTRODO INMERSIÓN POR NIVEL PARA MONTAJE EN BARANDAL, - VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½", - COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - DISPLAY LCD, - PEDESTALES, HERRAJES, Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN - CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	LOTE	1.00
7.0	1002 02	INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE PH, RANGO DE MEDICIÓN 0-11, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.	LOTE	1.00
8.0	1002 03	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE ANALIZADOR DE PH, RANGO DE MEDICIÓN 0-11, SE DEBERÁ CONSIDERAR Y GARANTIZAR QUE LA CONFIGURACIÓN FUE REALIZADA EN BASE A LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA INSTALACIÓN Y PUNTO DE MEDICIÓN DESCRITOS EN EL PROYECTO RESPETANDO UNIDADES DE INGENIERÍA, SIMULACIONES, CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y DEL HÍDRICO, PRESIONES Y TEMPERATURAS.	LOTE	1.00
9.0	1003 00	MEDICIÓN DE NIVEL TANQUE DE ENTREGA		
10.0	1003 01	SUMINISTRO DE SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO CON RANGO DE 0-8M, INCLUYE: - TRANSMISOR REMOTO CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68, - ACCESORIO PARA MONTAJE DEL SENSOR EN TANQUE, - VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½", - COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - DISPLAY LCD, - PEDESTALES, HERRAJES, Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN, - CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	LOTE	1.00

11.0	1003 02	INSTALACIÓN DE SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO CON RANGO DE 0-8M, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.	LOTE	1.00
12.0	1003 03	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO CON RANGO DE 0-8M, INCLUYE: - CONFIGURACIÓN DE TRANSMISOR REMOTO PARA EL TIPO DE APLICACIÓN, - RANGOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE SALIDA 4-20MA SEGÚN EL RANGO DE MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO, - VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN, - IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR, - IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD, - VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE LOS PLANOS DE TALLER, - ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN, - ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO Y DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERÁN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
13.0	1004 00	MEDICIÓN DE pH EFLUENTE TANQUE DE ENTREGA		
14.0	1004 01	SUMINISTRO DE ANALIZADOR DE PH, CON RANGO DE MEDICIÓN 0-11, INCLUYE: - SENSOR DE TEMPERATURA PT-100, - TRANSMISOR REMOTO PARA DOS CANALES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68, - ACCESORIO PARA PORTA ELECTRODO INMERSIÓN POR NIVEL PARA MONTAJE EN BARANDAL, - VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½", - COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - DISPLAY LCD, - PEDESTALES, HERRAJES, Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN, - CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	LOTE	1.00
15.0	1004 02	INSTALACIÓN DE ANALIZADOR DE PH, CON RANGO DE MEDICIÓN 0-11, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.	LOTE	1.00
16.0	1004 03	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA ANALIZADOR DE PH, CON RANGO DE MEDICIÓN 0-11, INCLUYE: - CONFIGURACIÓN DE TRANSMISOR REMOTO PARA EL TIPO DE APLICACIÓN, - RANGOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE SALIDA 4-20MA SEGÚN EL RANGO DE MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO, - VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN, - IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR, - IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD, - VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA, - VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD, - VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE LOS PLANOS DE TALLER, - ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN, - ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO Y DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERÁN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
17.0	1005 00	MEDICIÓN DE FLUJO EFLUENTE DE TANQUE DE ENTREGA		

18.0	1005 01	INGENIERÍA PARA DISEÑO DE MEDICIÓN DE FLUJO EFLUENTE DEL TANQUE DE ENTREGA INCLUYE: – ESTUDIOS Y VIABILIDAD. – OBRA CIVIL Y PUNTOS DE ANCLAJES PARA MANTENIMIENTOS. – ADECUACIONES EN TUBERÍA PARA INSTALACIÓN DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.	LOTE	1.00
19.0	1005 02	SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO, EN TUBERÍA DE EFLUENTE CON TECNOLOGÍA ADECUADA PARA LA APLICACIÓN, INCLUYE: – TRANSMISOR REMOTO CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. – ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. – MATERIALES HÚMEDOS 316L ALLOY C. – VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. – CONEXIÓN A ELÉCTRICA ROSCA NPT ½". – COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA. – DISPLAY LCD. – PEDESTALES. – HERRAJES. – PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. – CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN. – CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.	LOTE	1.00
20.0	1005 03	INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO, EN TUBERÍA DE EFLUENTE CON TECNOLOGÍA ADECUADA PARA LA APLICACIÓN, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.	LOTE	1.00
21.0	1005 04	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO, EN TUBERÍA DE EFLUENTE CON TECNOLOGÍA ADECUADA PARA LA APLICACIÓN, INCLUYE: – CONFIGURACIÓN DE TRANSMISOR REMOTO PARA EL TIPO DE APLICACIÓN. – RANGOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE SALIDA 4-20MA SEGÚN EL RANGO DE MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO. – VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN. – IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR. – IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. – VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELESSHART, 4-20 MA. – VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. – VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE LOS PLANOS DE TALLER. – ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. – ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. – DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERÁN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
22.0	1006 00	SKID DE BOMBEO TRASVASE TANQUE ALMACENAMIENTO ACIDO SULFURICO		
23.0	1006 01	SUMINISTRO DE SKID DE BOMBEO PARA TRASVASE DE PIPAS A TANQUES DE ALMACENAMIENTO, INCLUYE: – 2 BOMBAS NEUMÁTICAS PARA BOMBEO DE 400 L/MIN @ 15 MCA CADA BOMBA. – JUEGO DE VÁLVULAS PARA SECCIONAMIENTO. – ACCESORIO PARA MONTAJE. – ADAPTADOR PARA CONEXIÓN DE PIPA. – LÍNEA NEUMÁTICA PARA OPERACIÓN DE BOMBA. – PEDESTALES. – HERRAJES. – PLACAS DE IDENTIFICACIÓN. – CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN. – CURVAS DE OPERACIÓN. – RANGOS DE OPERACIÓN.	LOTE	1.00
24.0	1006 02	INSTALACIÓN DE SKID DE BOMBEO PARA TRASVASE DE PIPAS A TANQUES DE ALMACENAMIENTO, SE DEBERÁ GARANTIZAR EN SU TOTALIDAD LA CORRECTA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN BAJO EL PRINCIPIO ADECUADO CUMPLIENDO CON NORMATIVAS INTERNAS, ASÍ	LOTE	1.00

		COMO LAS DESCRITAS EN ANSI-ISA, NOM-001-SEDE Y MANUALES DEL FABRICANTE.		
25.0	1006 03	CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE SKID DE BOMBEO PARA TRASVASE DE PIPAS A TANQUES DE ALMACENAMIENTO, SE DEBERÁ GARANTIZAR LA INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL PARA OPERACIÓN DE LAS BOMBAS MEDIANTE BOTONERA REMOTA ACCIONAMIENTO MANUAL Y/O AUTOMÁTICO, SEGÚN LÓGICA DE OPERACIÓN.	LOTE	1.00

Desde el punto de vista de diseño, el sistema implica comprender cómo una variación de tan solo 0.3 unidades de pH puede modificar, en varios órdenes de magnitud, la eficiencia del proceso. De ahí que los tanques de almacenamiento, la dilución controlada del ácido, las bombas dosificadoras modulantes y la instrumentación redundante no sean equipamiento accesorio, sino la infraestructura que permite crear un ambiente químico propicio para que Miravalle deje de “luchar contra la calidad del agua” y comience a dominarla.

Además, el sistema de pH deja de ser un procedimiento manual, como históricamente se ejecutaba, para convertirse en un proceso reactivo-inteligente que se ajusta en función del caudal real, de las variaciones en turbiedad y de los cambios en alcalinidad. Esto exige una interacción estrecha con el sistema de telemetría (sección 7.2), porque un sistema que no conoce el caudal que está tratando, simplemente no puede dosificar correctamente.

Bombas de dosificación de ácido sulfúrico

La inyección es realizada mediante las bombas dosificadoras de ácido sulfúrico (según su selección y el tren que este operando). Su esquema operativo será 2+1 (dos operaciones y una en relevo).

Tren	TAG de Tanque de Almacenamiento	TAG de bomba dosificadora
Tren 1	TD-01 A	BD-3011
		BD-3012
		BD-3013
Tren 2	TD-02 A	BD-3021
		BD-3022
		BD-3023
Tren 3	TD-03 A	BD-3031
		BD-3032
		BD-3033
Tren 4	TD-04 A	BD-3041
		BD-3042
		BD-3043

Ilustración 16 FILOSOFIA DE OPERACION pH

En síntesis, el sistema de pH es la “preparación del escenario”; lo que ocurra después depende directamente de la calidad de esta primera intervención.

7.2 Sistema de Telemetría y Medición de Caudales: de la planta tradicional a la planta inteligente

Si el sistema de ajuste de pH representa la intervención química, la telemetría representa la intervención cognitiva: la planta empieza a “saber lo que hace”.

La PP1 ha operado históricamente con un nivel de incertidumbre significativo en cuanto al volumen real que ingresa y el volumen que entrega. Esto no es un asunto menor: cualquier diseño de dosificación, cualquier juicio sobre mezcla rápida, cualquier cálculo de retención hidráulica, y cualquier decisión sobre distribución de caudales en módulos se basa en un solo dato: el caudal.

Cuando el caudal es incierto, todo el proceso lo es.

Cuando el caudal se conoce con precisión, todo el proceso se estabiliza.

La integración de telemetría moderna no se limita a “leer datos”. Cambia la forma en que la planta se opera. Donde antes se tenía una “planta que se mira”, ahora se tendrá una “planta que se interpreta”. La diferencia es crítica:

antes se observaba una turbiedad alta y se ajustaba químico a ojo,
ahora se correlacionarán turbiedad + caudal + pH + absorción UV + demanda química con curvas preestablecidas.

La telemetría convierte la experiencia del operador en un sistema experto, un conjunto de reglas parametrizadas que aprenden del comportamiento de la planta y permiten regular procesos de manera dinámica.

Además, el registro histórico ofrece un insumo que Miravalle nunca ha tenido: información longitudinal, indispensable para evaluar tendencias, patrones de comportamiento estacionales, efectos de la lluvia, y ciclos de arribo del agua del acueducto.

El sistema de telemetría, así, no es un accesorio; es el mecanismo que convierte a la planta en una infraestructura capaz de tomar decisiones, corregirse y anticipar problemas.

7.3 Sistema de Control y Dosificación de Productos Químicos: el corazón reactivo del proceso

El sistema de dosificación química representa la capacidad de la planta para modificar la materia: coagular, flocular, precipitar y generar condiciones de separación sólido-líquido estables. La modernización busca eliminar la dependencia del operador

como “único regulador”, sustituyendo el criterio subjetivo por un sistema que responde a mediciones reales.

Desde una perspectiva de ingeniería de procesos, la dosificación debe entenderse como una ecuación dinámica donde intervienen:

el caudal real,
la calidad del agua cruda,
el pH ajustado,
la alcalinidad,
la distribución granulométrica,
y la carga orgánica natural.

Cada una de estas variables modifica la curva de dosis óptima. Por ello, el sistema se diseña para que la dosificación esté directamente vinculada a los valores que entrega la telemetría, evitando la sobredosificación histórica de Miravalle, que provocaba aumentos innecesarios en producción de lodos y costos operativos.

La modernización implica que los tanques de preparación, las bombas dosificadoras, los mezcladores y los variadores de frecuencia dejen de ser mecanismos aislados para convertirse en un sistema autónomo, donde la planta “entiende” cuántos mg/L necesita para cada condición del agua.

Coagulante y floculante utilizado durante las pruebas: Los reactivos para las pruebas se solicitaron al Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), sus características fueron las siguientes:

Propiedades	Coagulante	Floculante
Nombre	Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	Polímero
Concentración	36.24 % como base seca	100 % (2 mg/L preparado en laboratorio para prueba de jarras)
Densidad	1.28 g/cm ³	1.08 g/cm ³ @ 2 mg/L

Condiciones fijas de operación para prueba de jarras: Las condiciones de operación que a continuación se describen fueron utilizadas para todas las pruebas.

Condiciones	Coagulación	Floculación	Sedimentación
Tiempo (min)	0.7	20 min	10 min
RPM	300	40 s-1 durante 6.66 minutos 30 s-1 durante 6.66 minutos 20 s-1 durante 6.66 minutos	

Volumen de la muestra en prueba de jarras: Se utilizaron jarras de 0.7 L de volumen para todas las pruebas.

Ilustración 17 TABLA DE REACTIVOS

El beneficio real no es solo químico, sino operativo:

con dosificación optimizada, los sedimentadores reciben una carga más uniforme, los filtros profundos retienen menos sólidos y requieren menos retrolavados, el ozono opera de forma más eficiente porque la carga orgánica residual es menor, y el carbón activado alcanza mayor vida útil.

Es decir: un buen sistema de dosificación mejora todos los procesos posteriores.

7.4 El Tren Nuevo de Potabilización de 2.0 m³/s: la nueva columna vertebral de la planta

El tren nuevo debe entenderse como una infraestructura que no sustituye a la planta existente, sino que la expande y la estabiliza. Su diseño no replica los módulos antiguos: incorpora tecnologías que responden a los desafíos actuales del agua en la cuenca de Chapala—especialmente la presencia de compuestos orgánicos, color, olores y variabilidad de turbiedad.

Un proceso concebido como una cadena de eficiencias

Cada unidad del tren nuevo tiene un rol táctico:

La mezcla rápida genera una dispersión homogénea para que la química trabaje en todo el volumen.

La floculación establece gradientes controlados, evitando cizalla excesiva.

La sedimentación moderna permite mayor claridad en tiempos más cortos.

Los filtros de arena funcionan como barreras profundas y no solo superficiales.

El ozono abate compuestos orgánicos complejos, oxidando material que antes llegaba intacto a la distribución.

El carbón activado captura compuestos que influyen en sabor, olor y subproductos de desinfección.

El tren nuevo no solo aumenta capacidad: eleva la calidad del agua tratada más allá de lo que el proceso histórico de Miravalle podía lograr.

Es la primera vez que la PP1 contará con ozonización y doble filtración como parte integral del proceso, lo cual representa una transformación radical en la calidad final del agua.

8. INTEGRACIÓN HIDRÁULICA PB2 →

La relación hidráulica entre la Planta de Bombeo No. 2 “Las Pintas” (PB2) y la Planta Potabilizadora No. 1 “Miravalle” es el eje histórico y funcional del sistema de abastecimiento. Aunque los TDR no incluyen físicamente el plano P-06, sí contienen información suficiente para reconstruir conceptualmente el comportamiento del

corredor hidráulico que alimenta la planta. Este capítulo desarrolla esa integración desde los principios de ingeniería hidráulica moderna aplicados a un sistema que fue diseñado en condiciones completamente distintas a las actuales.

8.1 El corredor hidráulico como un sistema vivo

El flujo que llega a PP1 desde PB2 no es un valor estático, sino un organismo dinámico que responde a múltiples factores:

niveles de la presa Las Pintas,
impulsión variable de PB2,
operación del acueducto Chapala–Guadalajara,
aportaciones pluviales,
condiciones de sedimentación en canales,
pérdidas de carga por rugosidad interna acumulada durante décadas.

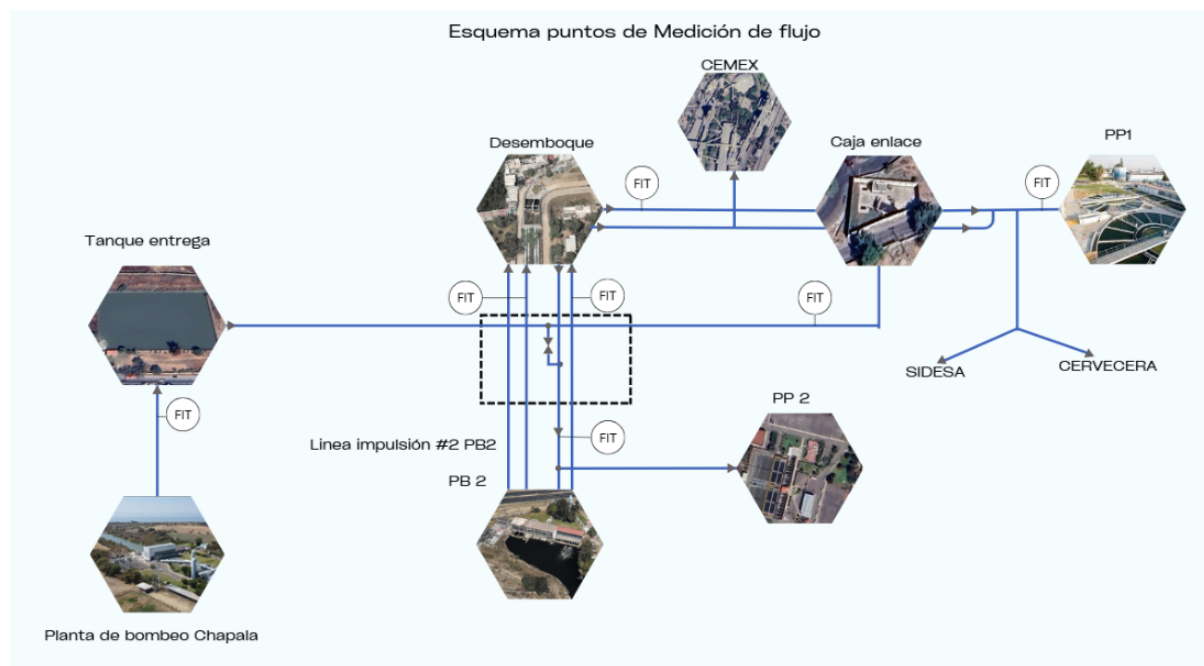


Ilustración 18 ESQUEMA DE PUNTOS DE MEDICION

Este comportamiento variable implica que el agua arriba a Miravalles con oscilaciones tanto de caudal como de energía hidráulica. Durante muchos años, la planta operó bajo la premisa de “lo que llega, se trata”, sin capacidad real para modular o redirigir

flujos. El Plan Maestro cambia esta lógica: ahora Miravalle debe ser capaz de gobernar el agua que recibe, no solo de aceptarla.



Ilustración 19 LINEAS DE IMPULSION

8.2 La energía hidráulica y la estabilidad del proceso

La interacción PB2–PP1 afecta directamente la estabilidad de los procesos de tratamiento. Por ejemplo:

Si PB2 incrementa momentáneamente el caudal de entrega, la turbidez puede llegar más rápida e intensamente a los sedimentadores.

Si el nivel de agua en los canales de llegada oscila, el tiempo de retención hidráulica se altera.

Si el acueducto Chapala entra en régimen de variación por operación del tanque Cerro del Cuatro, el pH y la alcalinidad cambian abruptamente.

Estos efectos deben amortiguarse con infraestructura que pueda absorber estas variaciones sin comprometer el proceso químico o hidráulico. Las líneas de interconexión y el tren nuevo actúan precisamente como cámaras reguladoras distribuidas, donde la hidráulica se estabiliza antes de entrar a procesos sensibles como la floculación y filtración.

8.3 Importancia del caudal real para el control hidráulico

Sin medición precisa de caudal en el influente, cualquier intento de gestionar la integración PB2–PP1 es insuficiente. De hecho, la ausencia histórica de telemetría ha provocado que los operadores “interpreten” el comportamiento del agua basándose en señales indirectas, como:

cambios en niveles,
alarmas por desbordamiento,
comportamiento de sedimentadores,
respuestas tardías en filtros y turbiedad.

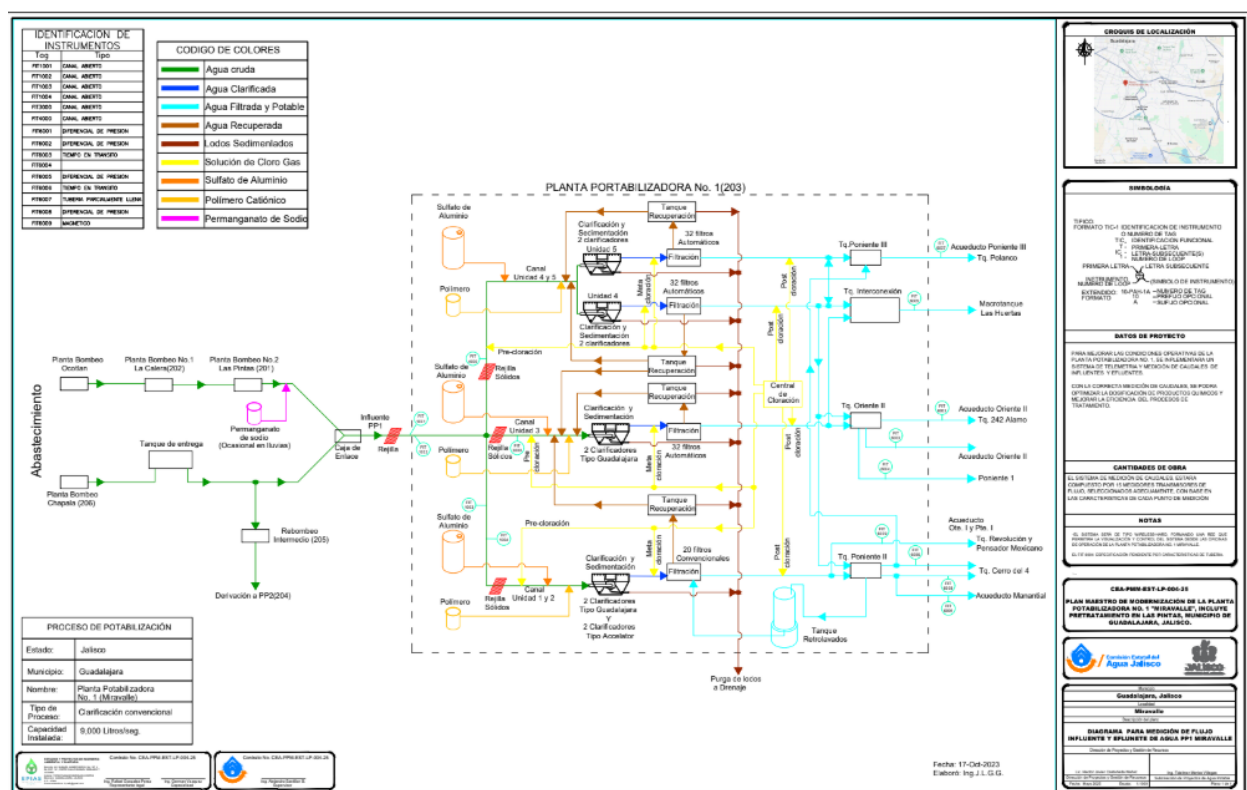


Ilustración 20 DIAGRAMA DE FLUJO TELEMETRÍA

El nuevo sistema de medición permitirá construir un modelo hidráulico operativo en tiempo real, donde cada variación de PB2 será registrada y compensada mediante ajustes en:

dosificación química,
apertura de válvulas,
distribución del caudal al tren nuevo o a los módulos existentes.

La integración pasa entonces de ser reactiva a ser predictiva.

No.	CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.0	1001 00	FITR-01 PARA MEDICIÓN DE FLUJO EN CANAL DE INFLUENTE DERECHO		
2.0	1001 01	1.0.1 SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: MEDIDOR ULTRASÓNICO DE FLUJO DE ALTA PRECISIÓN INTEGRADO POR UN CONTROLADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, UN TRANSDUCTOR ULTRASONIDO Y UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO SERÁ PARA MEDICIÓN CONTINUA Y SIN CONTACTO DE FLUJO EN CANAL ABIERTO, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ MEDIR EL FLUJO VOLUMÉTRICO BASÁNDOSE EN LA ALTURA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER COMPATIBLE CON UNA AMPLIA GAMA DE DISPOSITIVOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN ESTÁNDAR, ASÍ COMO VARIOS TIPOS DE CANALES Y VERTEDEROS, ADEMÁS DE DISPOSITIVOS EXPONENCIALES COMO EL CANAL PARSHALL. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER SUMINISTRADO CON UN TRANSDUCTOR DE NIVEL TIPO ULTRASÓNICO DE CUERPO DE COPOLÍMERO PVDF Y SUPERFICIE EMISORA DE CAUCHO CSM INSENSIBLE A PRODUCTOS QUÍMICOS HABITUALMENTE PRESENTES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DEBERÁ TENER UN RANGO DE NIVEL DE HASTA 8 M Y PROTECCIÓN IP68, CONEXIÓN A PROCESO DE 1" NPT Y CABLE DE CUANDO MENOS 10 METROS DE LARGO, CUMPLIMIENTO CON FM CLASE I, ZONA 1, AEX M IIC, T6. PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ COMPENSAR LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA, ENTRE LA CARA DEL TRANSDUCTOR Y LA ALTURA MÁXIMA ESPERADA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO, A TRAVÉS DE UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO, ESTE SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO DEBERÁ SER DE MEDICIÓN CONTINUA DE NO CONTACTO, CON CONEXIÓN A PROCESO DE 3/4" NPT, Y CABLE DE 10M DE LARGO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ CONTAR CON PANTALLA Y BOTONERA LOCAL, ALIMENTADO EN UN RANGO DE 12 A 30 V DC, 4 ENTRADAS DE CABLES, 4 GLÁNDULAS DE PLÁSTICO M20, SEÑAL DE SALIDA DE 4 A 20 MA + HART, Y 3 SALIDAS DE RELEVADOR, CUMPLIMIENTO CON CSA CLASS I, DIV. 2, GROUP A, B, C AND D. DEBERÁ TENER UNA PRECISIÓN DE 0.1 % DEL RANGO MÁXIMO MEDIDO Y UNA RESOLUCIÓN DE 0.025% DEL RANGO MÁXIMO, PODRÁ SER INSTALADO EN INTERIORES O EXTERIORES TENIENDO UNA PROTECCIÓN IP65/TIPO 4X, TEMPERATURA AMBIENTE ENTRE -20 ... +50 °C. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA SEGÚN IEC/EN 61326-1, EN 55011 (CLASE A). PROGRAMA Y PARÁMETROS ALMACENADOS EN UNA MEMORIA FLASH NO VOLÁTIL. ADEMÁS, DEBERÁ CONTAR CON UNA TARJETA MICROSD INSTALADA PARA EL REGISTRO DE DATOS, LA TRAZABILIDAD (AUDIT TRAIL), LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES (COPIA DE SEGURIDAD, RESTAURACIÓN, COPIA ENTRE DISPOSITIVOS) Y LAS ACTUALIZACIONES DE SOFTWARE (FIRMWARE) DEL MISMO MEDIDOR ULTRASÓNICO.	LOTE	1.00
3.0	1001 02	1.1.1 INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 1.1.1.1-ELECTRONICA REMOTA CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 1.1.1.2 ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 1.1.1.3 CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 1.1.1.4 IDENTIFICACIÓN Y CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VDC. 1.1.1.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELESS-HART, 4-20 MA. 1.1.1.6 VALIDACIÓN DEL	LOTE	1.00

		ENCENDIDO DEL DISPLAY LCD. 1.1.1.7 ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 1.1.1.8 ENTREGA DE PLANOS QUE INDIQUE LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS VISTA PLANTA. 1.1.1.9 ENTREGA DE MANUALES, CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN EN FORMATO IMPRESO/ DIGITAL.		
4.0	1001 03	1.2.1 CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 1.2.1.1-CONFIGURACIÓN DE ELECTRONICA REMOTA BAJO UNIDADES DE INGENIERÍA DESCRITAS EN ALCANCE, MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA Y DTI. 1.2.1.2 VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES CON QUE FUERON DESCRITOS EN EL ALCANCE Y RESTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO. 1.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 1.2.1.4 IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. 1.2.1.4 VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 1.2.1.5 VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. 1.2.1.6 VALIDACIÓN DE ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 1.2.1.7 ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. 1.2.1.8 ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. 1.2.1.9 DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERÁN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
5.0	1002 00	FITR-02 PARA MEDICIÓN DE FLUJO EN CANAL DE INFLUENTE IZQUIERDO		
6.0	1002 01	2.0.1 SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: MEDIDOR ULTRASÓNICO DE FLUJO DE ALTA PRECISIÓN INTEGRADO POR UN CONTROLADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, UN TRANSDUCTOR ULTRASONIDO Y UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO SERÁ PARA MEDICIÓN CONTINUA Y SIN CONTACTO DE FLUJO EN CANAL ABIERTO, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ MEDIR EL FLUJO VOLUMÉTRICO BASÁNDOSE EN LA ALTURA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER COMPATIBLE CON UNA AMPLIA GAMA DE DISPOSITIVOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN ESTÁNDAR, ASÍ COMO VARIOS TIPOS DE CANALES Y VERTEDEROS, ADEMÁS DE DISPOSITIVOS EXPONENCIALES COMO EL CANAL PARSHALL. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER SUMINISTRADO CON UN TRANSDUCTOR DE NIVEL TIPO ULTRASÓNICO DE CUERPO DE COPOLÍMERO PVDF Y SUPERFICIE EMISORA DE CAUCHO CSM INSENSIBLE A PRODUCTOS QUÍMICOS HABITUALMENTE PRESENTES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DEBERÁ TENER UN RANGO DE NIVEL DE HASTA 8 M Y PROTECCIÓN IP68, CONEXIÓN A PROCESO DE 1" NPT Y CABLE DE CUANDO MENOS 10 METROS DE LARGO, CUMPLIMIENTO CON FM CLASE I, ZONA 1, AEX M IIC, T6. PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ COMPENSAR LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA, ENTRE LA CARA DEL TRANSDUCTOR Y LA ALTURA MÁXIMA ESPERADA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO, A TRAVÉS DE UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO, ESTE SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO DEBERÁ SER DE MEDICIÓN CONTINUA DE NO CONTACTO, CON CONEXIÓN A PROCESO DE 3/4" NPT, Y CABLE DE 10M DE LARGO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ CONTAR CON PANTALLA Y BOTONERA LOCAL, ALIMENTADO EN UN RANGO DE 12 A 30 V DC, 4 ENTRADAS DE CABLES, 4 GLÁNDULAS DE PLÁSTICO M20, SEÑAL DE SALIDA DE 4 A 20 MA + HART, Y 3 SALIDAS DE RELEVADOR, CUMPLIMIENTO CON CSA CLASS I, DIV. 2, GROUP A, B, C AND D. DEBERÁ TENER UNA PRECISIÓN DE 0.1 % DEL RANGO MÁXIMO MEDIDO Y UNA RESOLUCIÓN DE 0.025% DEL RANGO MÁXIMO, PODRÁ SER INSTALADO EN INTERIORES O EXTERIORES TENIENDO UNA PROTECCIÓN IP65/TIPO 4X, TEMPERATURA AMBIENTE ENTRE -20 ... +50 °C. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA SEGÚN IEC/EN 61326-1, EN 55011 (CLASE A). PROGRAMA Y PARÁMETROS ALMACENADOS EN UNA MEMORIA FLASH NO VOLÁTIL. ADEMÁS, DEBERÁ CONTAR CON UNA TARJETA MICROSD INSTALADA	LOTE	1.00

		PARA EL REGISTRO DE DATOS, LA TRAZABILIDAD (AUDIT TRAIL), LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES (COPIA DE SEGURIDAD, RESTAURACIÓN, COPIA ENTRE DISPOSITIVOS) Y LAS ACTUALIZACIONES DE SOFTWARE (FIRMWARE) DEL MISMO MEDIDOR ULTRASÓNICO.		
7.0	1002 02	2.1.1 INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA ACAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 2.1.1.1-ELECTRONICA REMOTA CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 2.1.1.2 ELEMETO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICS FISICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 2.1.1.3 CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 2.1.1.4 IDENTIFICACIÓN Y CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE,117VCA/24VCD. 2.1.1.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 2.1.1.6 VALIDCIÓN DEL ENCENDIDO DEL DISPLAY LCD. 2.1.1.7 ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 2.1.1.8 ENTREGA DE REPORTES FOTOGRAFICOS, GESTIONES Y ENTREGA FINAL DE LA INSTALACIÓN AL USUARIO FINAL. 2.1.1.9 ENTREGA DE PLANOS QUE INDIQUE LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS VISTA PLANTA. 2.1.1.10 ENTREGA DE MANUALES, CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN EN FORMATO IMPRESO Y DIGITAL.	LOTE	1.00
8.0	1002 03	2.2.1 CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJOPARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 2.2.1.1-CONFIGUARACIÓN DE ELECTRONICA REMOTA BAJO UNIDADES DE INGENIERÍA DESCRITAS EN ALCANCE, MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA Y DTI. 2.2.1.2 VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAIENTO DEL ELEMETO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICS FISICAS Y MEDIOAMBIENTALES CON QUE FUERON DESCRITOS EN EL ALCANCE Y RESTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO. 2.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 2.2.1.4 IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE,117VCA/24VCD. 2.2.1.4 VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 2.2.1.5 VALIDCIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. 2.2.1.6 VALIDACIÓN DE ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 2.2.1.7 VALIDACIÓN DEL CORRECTO USO DE MATERIALES DESCRITOS Y UTILIZADOS POR EL PROVEEDOR ASIGNADO. 2.2.1.8 ENTREGA DE REPORTES FOTOGRAFICOS, GESTIONES Y ENTREGA FINAL DE LA INSTALACIÓN AL USUARIO FINAL. 2.2.1.9 ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. 2.2.1.13 ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. 2.2.1.14 DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERAN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
9.0	1003 00	FITR-03 PARA MEDICIÓN DE FLUJO EN INGRESO UNIDAD #4		
10.0	1003 01	3.0.1 SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: MEDIDOR ULTRASÓNICO DE FLUJO DE ALTA PRECISIÓN INTEGRADO POR UN CONTROLADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, UN TRANSDUCTOR ULTRASONIDO Y UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO SERÁ PARA MEDICIÓN CONTINUA Y SIN CONTACTO DE FLUJO EN CANAL ABIERTO, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ MEDIR EL FLUJO VOLUMÉTRICO BASÁNDOSE EN LA ALTURA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER COMPATIBLE CON UNA AMPLIA GAMA DE DISPOSITIVOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN ESTÁNDAR, ASÍ COMO VARIOS TIPOS DE CANALES Y VERTEDEROS, ADEMÁS DE DISPOSITIVOS EXPONENCIALES COMO EL CANAL PARSHALL. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER SUMINISTRADO CON UN TRANSDUCTOR DE NIVEL TIPO ULTRASÓNICO DE CUERPO DE COPOLÍMERO PVDF Y SUPERFICIE EMISORA DE CAUCHO CSM INSENSIBLE A PRODUCTOS QUÍMICOS HABITUALMENTE PRESENTES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DEBERÁ TENER UN RANGO DE NIVEL DE HASTA 8 M Y PROTECCIÓN IP68, CONEXIÓN A PROCESO DE 1" NTP Y CABLE DE CUANDO MENOS 10 METROS DE LARGO, CUMPLIMIENTO CON FM CLASE I, ZONA 1, AEX M IIC, T6. PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ COMPENSAR LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA, ENTRE	LOTE	1.00

		LA CARA DEL TRANSDUCTOR Y LA ALTURA MÁXIMA ESPERADA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO, A TRAVÉS DE UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO, ESTE SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO DEBERÁ SER DE MEDICIÓN CONTINUA DE NO CONTACTO, CON CONEXIÓN A PROCESO DE 3/4" NPT, Y CABLE DE 10M DE LARGO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ CONTAR CON PANTALLA Y BOTONERA LOCAL, ALIMENTADO EN UN RANGO DE 12 A 30 V DC, 4 ENTRADAS DE CABLES, 4 GLÁNDULAS DE PLÁSTICO M20, SEÑAL DE SALIDA DE 4 A 20 MA + HART, Y 3 SALIDAS DE RELEVADOR, CUMPLIMIENTO CON CSA CLASS I, DIV. 2, GROUP A, B, C AND D. DEBERÁ TENER UNA PRECISIÓN DE 0.1 % DEL RANGO MÁXIMO MEDIDO Y UNA RESOLUCIÓN DE 0.025% DEL RANGO MÁXIMO, PODRÁ SER INSTALADO EN INTERIORES O EXTERIORES TENIENDO UNA PROTECCIÓN IP65/TIPO 4X, TEMPERATURA AMBIENTE ENTRE -20 ... +50 °C. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA SEGÚN IEC/EN 61326-1, EN 55011 (CLASE A). PROGRAMA Y PARÁMETROS ALMACENADOS EN UNA MEMORIA FLASH NO VOLÁTIL. ADEMÁS, DEBERÁ CONTAR CON UNA TARJETA MICROSD INSTALADA PARA EL REGISTRO DE DATOS, LA TRAZABILIDAD (AUDIT TRAIL), LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES (COPIA DE SEGURIDAD, RESTAURACIÓN, COPIA ENTRE DISPOSITIVOS) Y LAS ACTUALIZACIONES DE SOFTWARE (FIRMWARE) DEL MISMO MEDIDOR ULTRASÓNICO.		
11.0	1003 02	3.1.1 INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 3.1.1.1-ELECTRONICA REMOTA CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 2.1.1.2 ELEMETO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICS FISICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 3.1.1.3 CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 3.1.1.4 IDENTIFICACIÓN Y CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE,117VCA/24VCD. 3.1.1.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 3.1.1.6 VALIDCIÓN DEL ENCENDIDO DEL DISPLAY LCD. 3.1.1.7 ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 3.1.1.8 ENTREGA DE PLANOS QUE INDIQUE LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS VISTA PLANTA. 3.1.1.9 ENTREGA DE MANUALES, CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN EN FORMATO IMPRESO Y DIGITAL.	LOTE	1.00
12.0	1003 03	3.2.1 CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 3.2.1.1-CONFIGUARACIÓN DE ELECTRONICA REMOTA BAJO UNIDADES DE INGENIERÍA DESCRITAS EN ALCANCE, MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA Y DTI. 3.2.1.2 VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMETO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERISTICS FISICAS Y MEDIOAMBIENTALES CON QUE FUERON DESCRITOS EN EL ALCANCE Y RESTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO. 3.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 3.2.1.4 IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE,117VCA/24VCD. 3.2.1.4 VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 3.2.1.5 VALIDCIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. 3.2.1.6 VALIDACIÓN DE ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 3.2.1.7 ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. 3.2.1.8 ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. 3.2.1.9 DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERAN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00

13.0	1004 00	FITR-04 PARA MEDICIÓN DE FLUJO EN INGRESO UNIDAD #3		
14.0	1004 01	4.0.1 SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: MEDIDOR ULTRASÓNICO DE FLUJO DE ALTA PRECISIÓN INTEGRADO POR UN CONTROLADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, UN TRANSDUCTOR ULTRASONIDO Y UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO SERÁ PARA MEDICIÓN CONTINUA Y SIN CONTACTO DE FLUJO EN CANAL ABIERTO, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ MEDIR EL FLUJO VOLUMÉTRICO BASÁNDOSE EN LA ALTURA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER COMPATIBLE CON UNA AMPLIA GAMA DE DISPOSITIVOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN ESTÁNDAR, ASÍ COMO VARIOS TIPOS DE CANALES Y VERTEDEROS, ADEMÁS DE DISPOSITIVOS EXPONENCIALES COMO EL CANAL PARSHALL. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER SUMINISTRADO CON UN TRANSDUCTOR DE NIVEL TIPO ULTRASÓNICO DE CUERPO DE COPOLÍMERO PVDF Y SUPERFICIE EMISORA DE CAUCHO CSM INSENSIBLE A PRODUCTOS QUÍMICOS HABITUALMENTE PRESENTES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DEBERÁ TENER UN RANGO DE NIVEL DE HASTA 8 M Y PROTECCIÓN IP68, CONEXIÓN A PROCESO DE 1" NTP Y CABLE DE CUANDO MENOS 10 METROS DE LARGO, CUMPLIMIENTO CON FM CLASE I, ZONA 1, AEX M IIC, T6. PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ COMPENSAR LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA, ENTRE LA CARA DEL TRANSDUCTOR Y LA ALTURA MÁXIMA ESPERADA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO, A TRAVÉS DE UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO, ESTE SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO DEBERÁ SER DE MEDICIÓN CONTINUA DE NO CONTACTO, CON CONEXIÓN A PROCESO DE 3/4" NPT, Y CABLE DE 10M DE LARGO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ CONTAR CON PANTALLA Y BOTONERA LOCAL, ALIMENTADO EN UN RANGO DE 12 A 30 V DC, 4 ENTRADAS DE CABLES, 4 GLÁNDULAS DE PLÁSTICO M20, SEÑAL DE SALIDA DE 4 A 20 MA + HART, Y 3 SALIDAS DE RELEVADOR, CUMPLIMIENTO CON CSA CLASS I, DIV. 2, GROUP A, B, C AND D. DEBERÁ TENER UNA PRECISIÓN DE 0.1 % DEL RANGO MÁXIMO MEDIDO Y UNA RESOLUCIÓN DE 0.025% DEL RANGO MÁXIMO, PODRÁ SER INSTALADO EN INTERIORES O EXTERIORES TENIENDO UNA PROTECCIÓN IP65/TIPO 4X, TEMPERATURA AMBIENTE ENTRE -20 ... +50 °C. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA SEGÚN IEC/EN 61326-1, EN 55011 (CLASE A). PROGRAMA Y PARÁMETROS ALMACENADOS EN UNA MEMORIA FLASH NO VOLÁTIL. ADEMÁS, DEBERÁ CONTAR CON UNA TARJETA MICROSD INSTALADA PARA EL REGISTRO DE DATOS, LA TRAZABILIDAD (AUDIT TRAIL), LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES (COPIA DE SEGURIDAD, RESTAURACIÓN, COPIA ENTRE DISPOSITIVOS) Y LAS ACTUALIZACIONES DE SOFTWARE (FIRMWARE) DEL MISMO MEDIDOR ULTRASÓNICO.	LOTE	1.00
15.0	1004 02	4.1.1 INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 4.1.1.1-ELECTRONICA REMOTA CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 4.1.1.2 ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 4.1.1.3 CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 4.1.1.4 IDENTIFICACIÓN Y CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. 4.1.1.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 4.1.1.6 VALIDCIÓN DEL ENCENDIDO DEL DISPLAY LCD. 4.1.1.7 ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS,	LOTE	1.00

		ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 4.1.1.8 ENTREGA DE PLANOS QUE INDIQUE LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS VISTA PLANTA. 4.1.1.9 ENTREGA DE MANUALES, CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN EN FORMATO IMPRESO Y DIGITAL.		
16.0	1004 03	4.2.1 CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 4.2.1.1-CONFIGURACIÓN DE ELECTRONICA REMOTA BAJO UNIDADES DE INGENIERÍA DESCRITAS EN ALCANCE, MEMORIA TECNICO DESCRIPTIVA Y DTI. 3.2.1.2 VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES CON QUE FUERON DESCRITOS EN EL ALCANCE Y RESTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO. 4.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 4.2.1.4 IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. 4.2.1.4 VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELESS-HART, 4-20 MA. 4.2.1.5 VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. 4.2.1.6 VALIDACIÓN DE ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECANICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 4.2.1.7 ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. 4.2.1.8 ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. 4.2.1.9 DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERAN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00
17.0	1005 00	FITR-05 PARA MEDICIÓN DE FLUJO EN INGRESO UNIDAD #1		
18.0	1005 01	5.0.1 SUMINISTRO DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: MEDIDOR ULTRASÓNICO DE FLUJO DE ALTA PRECISIÓN INTEGRADO POR UN CONTROLADOR DE NIVEL ULTRASÓNICO, UN TRANSDUCTOR ULTRASONIDO Y UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO SERÁ PARA MEDICIÓN CONTINUA Y SIN CONTACTO DE FLUJO EN CANAL ABIERTO, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ MEDIR EL FLUJO VOLUMÉTRICO BASÁNDOSE EN LA ALTURA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER COMPATIBLE CON UNA AMPLIA GAMA DE DISPOSITIVOS PRIMARIOS DE MEDICIÓN ESTÁNDAR, ASÍ COMO VARIOS TIPOS DE CANALES Y VERTEDEROS, ADEMÁS DE DISPOSITIVOS EXPONENCIALES COMO EL CANAL PARSHALL. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ SER SUMINISTRADO CON UN TRANSDUCTOR DE NIVEL TIPO ULTRASÓNICO DE CUERPO DE COPOLÍMERO PVDF Y SUPERFICIE EMISORA DE CAUCHO CSM INSENSIBLE A PRODUCTOS QUÍMICOS HABITUALMENTE PRESENTES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DEBERÁ TENER UN RANGO DE NIVEL DE HASTA 8 M Y PROTECCIÓN IP68, CONEXIÓN A PROCESO DE 1" NPT Y CABLE DE CUANDO MENOS 10 METROS DE LARGO, CUMPLIMIENTO CON FM CLASE I, ZONA 1, AEX M IIC, T6. PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN, EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ COMPENSAR LA VARIACIÓN DE TEMPERATURA, ENTRE LA CARA DEL TRANSDUCTOR Y LA ALTURA MÁXIMA ESPERADA DEL LÍQUIDO EN EL ELEMENTO PRIMARIO, A TRAVÉS DE UN SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO, ESTE SENSOR DE TEMPERATURA EXTERNO DEBERÁ SER DE MEDICIÓN CONTINUA DE NO CONTACTO, CON CONEXIÓN A PROCESO DE 3/4" NPT, Y CABLE DE 10M DE LARGO. EL MEDIDOR ULTRASÓNICO DEBERÁ CONTAR CON PANTALLA Y BOTONERA LOCAL, ALIMENTADO EN UN RANGO DE 12 A 30 V DC, 4 ENTRADAS DE CABLES, 4 GLÁNDULAS DE PLÁSTICO M20, SEÑAL DE SALIDA DE 4 A 20 MA + HART, Y 3 SALIDAS DE RELEVADOR, CUMPLIMIENTO CON CSA CLASS I, DIV. 2, GROUP A, B, C AND D. DEBERÁ TENER UNA PRECISIÓN DE 0.1 % DEL RANGO MÁXIMO MEDIDO Y UNA RESOLUCIÓN DE 0.025% DEL RANGO MÁXIMO, PODRÁ SER INSTALADO EN INTERIORES O EXTERIORES TENIENDO UNA PROTECCIÓN IP65/TIPO 4X, TEMPERATURA AMBIENTE ENTRE -20 ... +50 °C. COMPATIBILIDAD	LOTE	1.00

		ELECTROMAGNÉTICA SEGÚN IEC/EN 61326-1, EN 55011 (CLASE A). PROGRAMA Y PARÁMETROS ALMACENADOS EN UNA MEMORIA FLASH NO VOLÁTIL. ADEMÁS, DEBERÁ CONTAR CON UNA TARJETA MICROSD INSTALADA PARA EL REGISTRO DE DATOS, LA TRAZABILIDAD (AUDIT TRAIL), LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES (COPIA DE SEGURIDAD, RESTAURACIÓN, COPIA ENTRE DISPOSITIVOS) Y LAS ACTUALIZACIONES DE SOFTWARE (FIRMWARE) DEL MISMO MEDIDOR ULTRASÓNICO.		
19.0	1005 02	5.1.1 INSTALACIÓN DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA MEDICIÓN EN CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 5.1.1.1-ELECTRONICA REMOTA CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 5.1.1.2 ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES PRESENTES CON GRADO DE PROTECCIÓN IP68. 5.1.1.3 CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 5.1.1.4 IDENTIFICACIÓN Y CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. 5.1.1.5 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 5.1.1.6 VALIDACIÓN DEL ENCENDIDO DEL DISPLAY LCD. 5.1.1.7 ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECÁNICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 5.1.1.8 ENTREGA DE PLANOS QUE INDIQUE LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS VISTA PLANTA. 5.1.1.9 ENTREGA DE MANUALES, CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN EN FORMATO IMPRESO Y DIGITAL.	LOTE	1.00
20.0	1005 03	5.2.1 CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE TRANSMISOR DE FLUJO PARA CANAL ABIERTO EL CUAL DEBE CONTENER: 5.2.1.1-CONFIGURACIÓN DE ELECTRONICA REMOTA BAJO UNIDADES DE INGENIERÍA DESCRITAS EN ALCANCE, MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA Y DTI. 5.2.1.2 VALIDACIÓN DE CONEXIÓN Y CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE MEDICIÓN DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES CON QUE FUERON DESCRITOS EN EL ALCANCE Y RESTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO. 5.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO DE CONTROL PARA INTERCOMUNICACIÓN ENTRE ELEMENTO DE MEDICIÓN Y TRANSMISOR 5.2.1.4 IDENTIFICACIÓN, ETIQUETADO Y VALIDACIÓN DE LA CONEXIÓN CORRECTA DEL VOLTAJE DE OPERACIÓN MULTIVOLTAJE, 117VCA/24VCD. 5.2.1.4 VALIDACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMUNICACIÓN WIRELES-HART, 4-20 MA. 5.2.1.5 VALIDACIÓN DEL DESPLIEGUE DE VALORES REQUERIDOS EN DISPLAY LCD. 5.2.1.6 VALIDACIÓN DE ANCLAJES, PINTURA, PLACAS BASE, TORNILLERÍA, GLANDULAS IP68, PARA INSTALACIÓN DE PEDESTALES, HERRAJES, SOPORTERÍA EN PERFILES RESISTENTES A LA CORROSIÓN, IMPACTOS MECÁNICOS, ESFUERZOS, DEFLEXIONES, POSIBLES SINIESTROS Y PLACAS DE IDENTIFICACIÓN EN TRANSMISOR Y ELEMENTO DE MEDICIÓN. 5.2.1.7 ENTREGA DE HOJAS DE CONFIGURACIÓN. 5.2.1.8 ENTREGA DE HOJAS DE ESCALAMIENTOS CON EQUIPO CERTIFICADO. 5.2.1.9 DESPLIEGUE DE LOS VALORES MULTIVARIABLE EN HMI (DEBERÁN DEJARSE HABILITADOS EN LA CONFIGURACIÓN).	LOTE	1.00

8.4 El papel de las interconexiones en la armonización del sistema

Las líneas de interconexión —aunque físicamente son tuberías, válvulas y piezas especiales— cumplen una función conceptual: vinculan dos infraestructuras diseñadas con 50 años de diferencia.

Sin estas interconexiones, el tren nuevo sería un ente aislado que no podría recibir agua cruda ni entregar agua tratada al sistema de Miravalle.

Con ellas, el tren nuevo se vuelve parte orgánica de la planta, integrándose al flujo hidráulico general.

Desde la ingeniería, estas líneas deben:

minimizar pérdidas de carga,
evitar sobrevelocidades que generen erosión,
impedir cavitación en transiciones,
ajustarse a los niveles existentes en canales y tanques,
permitir operación dual: paralela y mezclada.

La integración PB2–Miravalle, combinada con el tren nuevo y las interconexiones, constituye la columna vertebral hidráulica de la modernización.

8.5 Una hidráulica que ahora se gobierna, no se padece

La intervención no busca “domesticar” un sistema antiguo, sino dotarlo de herramientas para que funcione con estabilidad en un ambiente de alta variabilidad.

Por primera vez, PP1 contará con:

medición precisa,
telemetría continua,
control de derivaciones,
y capacidad de modular la energía hidráulica interna.

La integración PB2–Miravalle se convierte así en un sistema gobernable, no en una fuente de incertidumbre operativa como ocurrió durante décadas.

9. INGENIERÍA BÁSICA INTEGRADA (Desarrollo extenso, técnico, sistémico)

La ingeniería básica del Plan Maestro representa el “esqueleto técnico” sobre el cual se construirá la infraestructura. No se limita a definir equipos, unidades o tuberías; establece la lógica operativa del sistema, los criterios que determinan el éxito del proceso y el modo en que las nuevas instalaciones conviven con la planta existente.

En términos profesionales, la ingeniería básica es el punto donde se alinean tres mundos:

La hidráulica, que define cómo se mueve el agua.

La química, que determina cómo reacciona el agua.

La energía y control, que establecen cómo se gobierna la planta.

La modernización de Miravalle exige un equilibrio fino entre estos tres dominios.

9.1 Ingeniería de Proceso: el ordenamiento científico del tratamiento

El proceso de potabilización deja de ser una secuencia lineal y pasa a ser un sistema con retroalimentación permanente. La ingeniería de proceso define:

cómo se comporta el agua cruda,
qué reacciones químicas deben inducirse,
cuánto tiempo debe permanecer en cada unidad,
cómo se distribuyen los gradientes de mezcla,
qué carga hidráulica puede soportar cada etapa,
qué calidad debe tener el efluente de cada proceso.

La interacción entre el ajuste de pH, la dosificación química y la floculación es crítica. Por ejemplo:

Un pH incorrecto puede generar flóculos débiles que se desintegran en los sedimentadores.

Una dosificación insuficiente genera turbiedades residuales elevadas en los filtros.
Una carga hidráulica mal repartida puede saturar un módulo y dejar subutilizado otro.

La ingeniería de proceso busca coordinar todas estas variables para que el agua circule no con “flujo libre”, sino con flujo inteligente.

9.2 Ingeniería Civil y Estructural: las bases físicas de la modernización

El éxito del tratamiento no depende solo de equipos y reactivos. La ingeniería civil garantiza que:

los tanques mantengan su integridad estructural bajo cargas hidrostáticas,
los floculadores distribuyan el gradiente de velocidad sin generar puntos muertos,
los sedimentadores sostengan cargas y vibraciones,
las plataformas de tanques químicos cumplan normas de contención,
los módulos de filtración tengan accesos seguros para mantenimiento,
las líneas de interconexión se asienten sobre cimentaciones adecuadas.

Además, la convivencia entre infraestructura antigua y nueva implica desafíos adicionales:

alineación de cotas, compatibilidad de materiales, rehabilitación de elementos existentes, y corredores de obra sin interrumpir la operación.

9.3 Ingeniería Mecánica: donde el agua se mueve y el proceso ocurre

La ingeniería mecánica define la selección de:

bombas de trasvase,
sistemas de dosificación,
válvulas automáticas,
actuadores,

mezcladores,
aireación de filtros en retrolavado,
sistemas de ozono,
equipos de manejo de lodos.

Cada pieza debe ser compatible con:

el régimen hidráulico,
la corrosión esperada,
las presiones de operación,
los ciclos de operación continua,
y la integración con variadores y control.

Un sobredimensionamiento o subdimensionamiento mecánico puede comprometer seriamente el proceso.

9.4 Ingeniería Eléctrica y de Control: la inteligencia operativa

La transición hacia una planta semi-automatizada exige:

tableros de media y baja tensión con selectividad adecuada,
variadores con protección para operación continua,
alimentación redundante,
canalización segregada según cargas críticas,
integración en un SCADA moderno,
arquitectura de control distribuido con PLCs locales,
comunicación segura entre nodos PB2–Miravalle–tren nuevo.

La planta pasa de depender del ojo humano a depender de un sistema cognitivo, donde cada variable medida tiene un efecto directo en la operación.

9.5 La ingeniería básica como articulación sistémica

La ingeniería básica del proyecto no diseña una obra, sino un sistema de obras que deben operar con sinergia. Su misión es ordenar:

la física del agua,
la química del tratamiento,
la mecánica de los equipos,
la electricidad que los alimenta,
y el control que gobierna todo.

Por primera vez en su historia, Miravalle tendrá una ingeniería que no solo describe qué se construirá, sino cómo debe funcionar el sistema en conjunto.

10. PROGRAMAS DE OBRA (Estrategia Técnica y Operativa de Ejecución)

La modernización de la PP1 “Miravalle” no puede abordarse como un proyecto convencional donde se aísla una zona, se ejecuta obra y posteriormente se realiza el arranque. Aquí, la obra se ejecuta en un entorno vivo, con equipos en operación continua, con caudales fluctuantes y con una dependencia absoluta del suministro hacia millones de usuarios.

Esto obliga a diseñar un programa de obra con lógica operativa, no solo cronológica. La secuencia de construcción debe respetar la hidráulica, las zonas sensibles de la planta y los espacios disponibles, mientras se garantiza que nada interfiera con la continuidad del servicio.

Por ello, el programa se estructura siguiendo cuatro principios rectores de ingeniería de obra:

10.1 Principio 1: Construir en paralelo a la operación sin interferencias

Cada sistema nuevo—pH, dosificación, telemetría, interconexiones y tren nuevo—debe levantarse fuera de la infraestructura actual, en zonas donde la obra civil pueda avanzar sin comprometer la operación.

Este principio reconoce la fragilidad operativa de la PP1:
no existe un margen para redirigir 5.0–5.5 m³/s hacia otro punto si un módulo queda inhabilitado.

Por lo tanto:

Las cimentaciones del tren nuevo se desarrollan en área libre del predio.

El sistema de pH se levanta junto al reservorio, pero con accesos independientes.

Los sistemas eléctricos nuevos se construyen en casetas externas antes de integrarse.

Las líneas de interconexión se preparan en tramos preensamblados para minimizar el tiempo de empalme real.

10.2 Principio 2: Integración progresiva — del sistema más crítico al menos crítico

La secuencia lógica del programa pone primero en operación las instalaciones que mejoran la operación existente sin alterar la hidráulica global, y deja para etapas finales aquellas que requieren empalmes o maniobras en la infraestructura actual.

Primero: Telemetría y medición de caudales

Porque proveen datos y permiten controlar el sistema durante el resto del proyecto.

Después: Sistema de ajuste de pH

Su implementación modifica la química del agua sin interferir con estructuras mayores.

Posteriormente: Sistema de dosificación química

El control químico optimizado reduce el riesgo operativo mientras se construye el tren nuevo.

En paralelo: Construcción del tren nuevo de 2.0 m³/s

Al estar físicamente separado, puede levantarse sin afectar la planta.

Finalmente: Líneas de interconexión y empalmes hidráulicos

Estos empalmes requieren maniobras programadas, respaldadas por datos reales y con módulos alternos listos para compensar caudales.

10.3 Principio 3: Ingeniería de transición

Durante la ejecución, la planta debe operar bajo una “ingeniería de transición”, en la que:

Se monitorea continuamente el caudal y la turbiedad para anticipar riesgos.

Se mantiene redundancia eléctrica.

Se evita intervenir simultáneamente en más de un punto crítico.

Se programan empalmes solo cuando las condiciones hidráulicas sean estables.

Esto exige una coordinación diaria entre obra civil, obra mecánica, operación de planta, dirección de proyectos y supervisión de CEA.

10.4 Principio 4: Las pruebas son parte del programa de obra

El proyecto incorpora un esquema de pruebas por etapas:

Pruebas hidráulicas de tuberías antes de instalar equipos.

Pruebas eléctricas antes de alimentar bombas o tableros.

Pruebas en vacío de floculadores, sedimentadores y filtros.

Pruebas en húmedo del tren nuevo sin integrarlo aún al sistema.

Pruebas de dosificación con agua clara para calibrar bombas.

Pruebas de funcionamiento integradas con el sistema existente.

El programa de obra no culmina cuando “se termina de construir”, sino cuando la planta opera con los sistemas nuevos integrados sin comprometer la calidad del agua.

11. VIDA ÚTIL Y ROBUSTEZ DEL SISTEMA MODERNIZADO

La vida útil del proyecto no debe entenderse como una cifra aislada. En ingeniería, la vida útil expresa la convergencia entre:

durabilidad física,
resiliencia operativa,
capacidad de adaptación a condiciones cambiantes,
mantenimiento programado,
flexibilidad ante fallas.

En Miravalle, esto significa diseñar una planta capaz de funcionar bajo condiciones que van más allá de la simple “longevidad”.

11.1 Vida útil estructural

Las estructuras del tren nuevo—sedimentadores, floculadores, filtros, casetas, plataformas de tanques químicos—se diseñan con una vida útil mínima de 30 a 50 años, considerando:

refuerzos de acero en zonas donde la corrosión es probable;
recubrimientos epóxicos en zonas de contacto permanente con agua;
concreto con baja permeabilidad;
juntas de control con sellos apropiados;
diseño sísmico conforme a la normativa del estado de Jalisco.

La vida útil se amplía cuando la estructura se prevé para cargas hidroestáticas fluctuantes, asentamientos diferenciales mínimos y ciclos operativos diarios.

11.2 Vida útil mecánica

Las bombas, sopladores, válvulas y actuadores del sistema químico y del tren nuevo se diseñan para un ciclo continuo, con mantenimiento preventivo anual y predictivo semestral.

La vida útil mecánica se concentra en tres factores:

Calidad del fluido manejado

El agua tratada en Miravalle es químicamente compleja; el pH y la alcalinidad pueden afectar componentes metálicos.

Por ello, se seleccionan materiales resistentes (aceros inoxidable, bridas epóxicas, válvulas comisionadas para agua de alta variabilidad).

Condiciones de operación

Las bombas de dosificación operan bajo condiciones pulsantes; los floculadores bajo cargas dinámicas constantes.

Esta mecánica obliga a considerar factores de servicio amplios.

Redundancia

Por primera vez, la planta contará con redundancias mecánicas reales, lo que evita el colapso operativo ante la falla de un equipo crítico.

11.3 Vida útil eléctrica

Los TDR del tren nuevo y los sistemas de telemetría mencionan explícitamente la necesidad de tableros de media y baja tensión con estándares modernos de protección.

Esto implica:

interruptores con curvas de disparo selectivas,
variadores con protección térmica y armónica,
barras de conexión certificadas,
acometidas separadas para cargas críticas y no críticas,
canales de cableado con separación física para evitar interferencias.

Con estos elementos, la vida útil eléctrica de la planta se estabiliza por encima de los 20 años, siempre que se implemente un programa estricto de mantenimiento.

11.4 Vida útil operativa del sistema modernizado

La vida útil operativa es la más compleja de definir, porque abarca no solo la durabilidad física, sino la capacidad del sistema para seguir siendo útil aunque las condiciones externas cambien.

La modernización garantiza una vida operativa mínima de 20 años, basada en:

telemetría adaptable a nuevas tecnologías,
líneas de interconexión con diámetros suficientes para futuras expansiones,
tren nuevo modular y replicable,
sistemas químicos escalables,
integración eléctrica con capacidad de ampliación.

Miravalle deja de ser una planta rígida para convertirse en una planta adaptable.

12. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO (El núcleo del aseguramiento técnico)

Las pruebas de funcionamiento representan el momento crítico en el que la infraestructura nueva deja de ser obra y se convierte en planta. En este punto, la ingeniería se enfrenta a la realidad: cada unidad debe operar como fue concebida, y la interacción entre sistemas debe demostrar que el proyecto no solo se construyó, sino que funciona con precisión.

12.1 Filosofía general de pruebas

Las pruebas no deben ejecutarse como ceremonias formales para “validar una obra”, sino como procesos de verificación científica, donde cada componente se somete a condiciones reales, controladas y extremas.

El enfoque incluye:

reproducir distintos escenarios de caudal,
simular variaciones abruptas del pH,
probar dosificación desde valores mínimos a máximos,
validar el retrolavado de filtros sin afectar módulos en operación,
operar ozono con distintas cargas orgánicas,
observar la reacción de los controles ante eventos no programados.

Las pruebas deben confirmar que cada subsistema opera de manera autónoma y también que el sistema completo se comporta de manera coherente.

12.2 Pruebas individuales (pre-comisionamiento)

Antes de conectar cualquier unidad al sistema existente, se debe validar:

estanqueidad de tanques y cámaras,
funcionamiento de agitadores y floculadores,
patrones de distribución en sedimentadores,
velocidades reales en filtros,
respuesta de válvulas automáticas,
funcionamiento silencioso de bombas químicas,
exactitud de medidores de caudal,
comunicación PLC–SCADA en tiempo real.

Estas pruebas se realizan sin riesgo para la planta existente, con agua clara o con agua tratada.

12.3 Pruebas integradas (comisionamiento hidráulico y químico)

Una vez validados los subsistemas, se prueba el tren completo:

- Se alimenta con agua cruda real.
- Se ajusta el pH dinámicamente según variaciones naturales.
- Se calibra la curva química en función del caudal real.
- Se observa la formación de flóculos y la velocidad de sedimentación.
- Se mide turbiedad en filtros y efluente.
- Se evalúa la eficiencia de ozono ante distintas cargas orgánicas.
- Se valida el carbón activado como pulido final.

En esta fase, Miravalle opera con doble tecnología: su planta histórica y el tren nuevo. Esto permite comparar desempeño y ajustar parámetros de diseño.

12.4 Pruebas finales: integración al sistema de la ZMG

El último nivel de pruebas consiste en:

- Integrar la telemetría del tren nuevo con el sistema de control del SIAPA,
- Validar la continuidad del suministro de 7.5 m³/s combinados,
- Monitorear la calidad del agua enviada a la red,
- Asegurar que no existan desviaciones en cloro residual, turbiedad o pH,
- Establecer protocolos de operación para transiciones entre módulos.

Solo cuando estas pruebas se superan sin inconsistencias, el sistema se considera “en estado operativo estable”.

13. PROYECTO EJECUTIVO (La Traducción Técnica del Plan Maestro)

El Proyecto Ejecutivo constituye la síntesis operativa de todo el proceso de modernización. Es el punto donde las ideas, los criterios técnicos y los fundamentos de ingeniería se transforman en planos, memorias, especificaciones y presupuestos que permiten construir una planta real, funcional y segura.

En el caso de la PP1 “Miravalle”, el Proyecto Ejecutivo no es un simple conjunto de documentos; es la materialización del nuevo modelo de operación que regulará la potabilización durante las próximas décadas.

13.1 El Proyecto Ejecutivo como arquitectura funcional

La elaboración del Proyecto Ejecutivo para Miravalle requiere integrar cinco grandes líneas de diseño:

La química del agua (pH, alcalinidad, oxidación, dosificación).

La hidráulica y su variabilidad natural.

Los procesos de tratamiento y su secuencia.

Las estructuras que deben sostener y encauzar el proceso.

El sistema eléctrico y de control como cerebro del funcionamiento.

Cada uno de estos componentes no se desarrolla de forma independiente; la ingeniería del proyecto los entrelaza para formar un sistema. Por ejemplo, la geometría de los floculadores no se define únicamente con base en caudales, sino también considerando gradiente de mezcla, tiempos de retención, cambios de pH, turbiedades estacionales y resiliencia ante interrupciones.

El Proyecto Ejecutivo se convierte así en el documento que ordena la complejidad.

13.2 Desarrollo del Proyecto Ejecutivo para cada subsistema

13.2.1 Ajuste de pH

El Proyecto Ejecutivo del sistema de ajuste de pH debe construir las condiciones necesarias para que el agua cruda pueda ser tratada con alta eficiencia. Esto implica:

definir la ubicación estratégica de tanques,
considerar rutas seguras de abastecimiento químico,
diseñar sistemas de dilución controlada,
proteger la estructura mediante materiales resistentes a corrosión,
y garantizar que la instrumentación esté alojada en condiciones que eviten deriva en mediciones.

Pero, sobre todo, debe prever las condiciones de seguridad operativa, ya que el manejo de ácido en volúmenes industriales requiere un protocolo de diseño riguroso: contención secundaria, sensores de derrame, ventilación forzada, sistemas de lavado de emergencia y enclavamientos eléctricos.

13.2.2 Telemetría y medición de caudales

El Proyecto Ejecutivo del sistema de medición integra la variable crítica del diseño operativo: el caudal.

Se deben incorporar:

cámaras de medición adecuadas,
infraestructura para alojar medidores electromagnéticos,
registros que permitan mantenimiento,
rutas de cableado ordenadas,
gabinets de control con ventilación adecuada,
enlaces seguros hacia el SCADA maestro.

Aquí, la precisión depende tanto del instrumento como de cómo se instale. Un medidor mal alineado puede generar errores sistemáticos irreversibles.

13.2.3 Sistema de dosificación química

El Proyecto Ejecutivo debe garantizar:

homogeneidad en la preparación de soluciones,
seguridad en el manejo de reactivos,
continuidad operacional aunque falle un equipo,
distribución uniforme del reactivo en la línea hidráulica,
acceso seguro para operadores.

Se diseñan plataformas de servicio, rutas de acceso, líneas de impulsión resistentes a químicos, y soportes mecánicos que eviten vibración y fatiga.

13.2.4 Líneas de interconexión

El Proyecto Ejecutivo define:

diámetros adecuados,
pérdidas de carga tolerables,
piezas especiales capaces de operar bajo presiones variables,
uniones mecánicas controladas,
válvulas que permitan aislamiento, despresurización y derivación.

Se deben considerar restricciones del predio, pendientes, interferencias con infraestructura antigua, zonas de seguridad y accesos de mantenimiento.

13.2.5 Tren nuevo de 2.0 m³/s

El Proyecto Ejecutivo del tren nuevo se convierte en la obra más compleja del conjunto:

fundamento estructural y geotécnico,

cálculo hidráulico interno de floculadores,
diseño de placas de recolección en sedimentación,
selección de medios filtrantes,
cálculo de retrolavado,
selección de ozonizadores y difusores,
diseño de tanques de contacto y carbón activado,
diseño del cuarto eléctrico,
integración SCADA.

Su propósito es construir un proceso tecnológico de última generación dentro de un sistema que nació en 1956.

13.3 El Proyecto Ejecutivo como garante de integración

El Proyecto Ejecutivo garantiza que cada subsistema se comunique y funcione con los demás.

Esto significa que:

el ajuste de pH no cause sobrecarga en sedimentadores,
la dosificación responda al caudal real,
el tren nuevo reciba una hidráulica estable,
el control permita gobernar el sistema completo,
y el efluente cumpla la NOM-127 consistentemente.

14. CRITERIOS DE DISEÑO (La lógica numérica del proyecto)

Los criterios de diseño son las reglas numéricas que permiten traducir el comportamiento real del agua en dimensiones, equipos y estructuras. No definen solamente “qué se debe construir”, sino cómo debe operar y bajo qué condiciones.

En la modernización de Miravalle, los criterios de diseño responden a tres grandes dominios: hidráulico, químico y de control.

14.1 Criterios Hidráulicos

Los criterios hidráulicos se derivan de las características del agua cruda y de la necesidad de operar sin interrupciones.

Los principales son:

Variabilidad de caudal: el flujo puede variar entre 5.0 y 7.5 m³/s en la planta completa; el diseño debe absorber estos cambios sin inestabilidad.

Velocidades controladas: evitar zonas de alta turbulencia en canales que deshagan flóculos.

Transiciones suaves: piezas especiales diseñadas para prevenir cavitación.

Distribución uniforme: evitar que un módulo reciba más caudal que otro.

Tiempo de retención hidráulica suficiente: cada unidad debe cumplir con TRH establecidos para su función.

La hidráulica se convierte en la base sobre la cual descansa toda la calidad final del agua.

14.2 Criterios Químicos

Los criterios químicos responden al comportamiento del agua cruda que llega desde PB2 y el acueducto Chapala:

pH óptimo para coagulación: 6.2–6.8

Alcalinidad necesaria para reacciones controladas

Gradiente de mezcla G en cámara rápida: 700–900 s⁻¹

Gradiente en floculación: 25–40 s⁻¹

Dosis de aluminio ajustada según turbiedad: modulación continua.

Criterios de ozonización: CT, transferencia de masa, concentración residual.

Los criterios químicos no solo buscan remover sólidos, sino también controlar reacciones colaterales que pueden afectar sabor, olor y subproductos.

14.3 Criterios Mecánicos

Los criterios mecánicos definen la selección de equipos:

Bombas químicas: rango dinámico amplio, materiales resistentes.

Válvulas: soportar operaciones continuas y transiciones frecuentes.

Floculadores: rotación constante, torque adecuado.

Filtros: capacidad de retrolavado sin afectar producción.

Ozonizadores: redundancia, eficiencia energética, seguridad.

14.4 Criterios Eléctricos

La planta exige una arquitectura eléctrica moderna:

tableros con factor de protección contra armónicos,
variadores de frecuencia seleccionados para cargas fluctuantes,
sistemas de puesta a tierra unificados,
interruptores con curva de disparo coordinada,
alimentación redundante,
protección contra sobrecargas químicas.

14.5 Criterios de Control

Los criterios de control representan el nuevo modelo operativo:

Integración SCADA con PB2 y tanque Cerro del Cuatro.
Curvas de dosificación automáticas según caudal real.
Alarmas racionalizadas según criticidad.
Adquisición de datos con registro histórico.
Protocolos de enclavamiento para prevenir errores humanos.

Estos criterios garantizan un sistema que no solo funciona, sino que se anticipa a fallas.

15. NORMATIVA APLICABLE (El marco que gobierna el proyecto)

La modernización de Miravalle se desarrolla en un marco normativo amplio que regula:

la calidad del agua,
la ejecución de la obra,
la seguridad operativa,
la protección ambiental,
y la integridad estructural.

Este capítulo unifica las normas más relevantes para el proyecto.

15.1 Normatividad Nacional

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos – Derecho humano al agua.
Ley de Aguas Nacionales – Dominio público, uso, control.
Ley de Obra Pública del Estado de Jalisco – Ejecución y supervisión.
Ley de Responsabilidades Administrativas del Estado – Integridad en obra.

Ley de Planeación Participativa del Estado de Jalisco – Marco rector.
Ley de Equilibrio Ecológico – Protección ambiental.

15.2 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

NOM-127-SSA1-2021 – Calidad del agua potable.
NOM-001-SEDE – Instalaciones eléctricas.
NOM-002-STPS – Seguridad contra incendios.
NOM-018-STPS – Identificación de sustancias peligrosas.
NOM-004-CONAGUA – Descargas.
NOM-026-STPS – Señalización.
NOM-083-SEMARNAT – Lodos.

15.3 Normatividad Internacional y Estándares Técnicos

AWWA – Tratamiento, filtración, ozono, medidores.
ASTM – Materiales para obra hidráulica.
NFPA – Seguridad eléctrica.
Manual JICA – Sistemas de potabilización.
Metcalf & Eddy – Principios de proceso.
ISO 5667 – Toma de muestras.
ISO 9001/14001 – Gestión y ambiente.

16. SEGURIDAD Y GESTIÓN DEL RIESGO (El Sistema de Protección Integral del Proyecto)

La modernización de la planta Miravalle implica introducir nueva infraestructura, sustancias químicas, sistemas eléctricos de media tensión, equipos mecánicos en

operación continua y procesos que combinan presiones hidráulicas, reacciones químicas y sistemas automatizados. Esta convergencia técnica hace indispensable diseñar un sistema de seguridad y gestión del riesgo capaz de anticipar, mitigar y controlar eventos no deseados, tanto durante la construcción como durante la operación.

Aquí, la seguridad deja de ser un requisito administrativo y se convierte en un componente técnico del proceso, porque sin seguridad no hay continuidad operativa, y sin continuidad operativa la planta no puede cumplir su función esencial: garantizar agua potable para el Área Metropolitana de Guadalajara.

16.1 Seguridad durante la construcción: operar dentro de una planta viva

Construir dentro de la PP1 implica convivir con:

canales en operación continua,
caudales elevados,
reactivos químicos activos,
infraestructura eléctrica energizada,
equipos mecánicos en movimiento,
espacios confinados,
y operadores trabajando en turnos permanentes.

La obra no puede detener la operación, por lo que la seguridad no solo protege a los trabajadores: protege a la ciudad entera, porque un error en obra puede comprometer el suministro.

La gestión del riesgo en esta fase exige:

zonas estrictamente delimitadas,
rutas segregadas para tránsito de maquinaria,
coordinaciones diarias entre operación y construcción,
suspensión de maniobras en condiciones de riesgo hidráulico,
monitoreo constante de canales activos,
prohibición de intervención simultánea en dos puntos críticos,
y resguardo de líneas eléctricas activas.

La prioridad es mantener la integridad del sistema existente mientras se construye el nuevo.

16.2 Seguridad en el manejo de sustancias químicas

Con la incorporación del sistema de ajuste de pH, dosificación de coagulantes, polímeros y sistemas avanzados, el manejo de sustancias químicas adquiere un peso crucial dentro de la gestión del riesgo.

Aquí, la seguridad se basa en tres pilares:

a) Diseño seguro

- Contención secundaria.
- Diques perimetrales.
- Sensores de fuga.
- Ventilación forzada.
- Duchas de emergencia.
- Compatibilidad química de materiales.
- Accesos restringidos.

b) Operación segura

- Recetas automáticas para preparación de soluciones.
- Rutas internas sin puntos de obstrucción.
- Manipulación solo por personal certificado.
- Enclavamientos entre bombas químicas y líneas hidráulicas.

c) Respuesta a emergencias

- Procedimientos de neutralización.
- Control de vapores ácidos.
- Equipos autónomos de respiración.
- Sistemas de contención pasiva.

El objetivo es simple: ninguna falla química debe convertirse en un evento mayor.

16.3 Seguridad eléctrica y de control

El tren nuevo y la modernización incorporan tableros de media y baja tensión, variadores, PLCs y SCADA. Las fallas eléctricas aquí pueden tener consecuencias graves:

interrupción del suministro,
sobrecargas en bombas,
fallas en ozonizadores,
liberación no controlada de reactivos,
pérdida de registro histórico de datos,
y riesgos para la integridad física del personal.

Por ello, la seguridad eléctrica se basa en:

sistemas de puesta a tierra unificados,
tableros con protección selectiva,
redundancia en circuitos críticos,
canalización segregada,
monitoreo térmico continuo,
PLCs con protección contra sobretensiones,
protocolo de bloqueo y etiquetado (LOTO).

16.4 Gestión del riesgo hidráulico y estructural

Las fallas hidráulicas tienen un impacto inmediato:

desbordamientos de canales,
pérdida de control en sedimentación,
daño en filtros,
interrupción de la producción.

Por ello, la gestión del riesgo hidráulico incluye:

compuertas con enclavamiento,
válvulas de cierre rápido,
sistemas de drenaje de emergencia,
control preciso de niveles,
alarmas anticipadas por telemetría.

En cuanto a riesgos estructurales:

el concreto debe resistir esfuerzos repetidos,
los floculadores deben soportar cargas dinámicas,
los tanques químicos requieren independencia estructural,
las casetas deben resistir vibraciones.

Miravalle deja de operar en modo “reactivo” y adopta una cultura de riesgo plenamente integrada a la ingeniería.

17. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA MODERNIZADO (La Sustentabilidad Técnica del Proyecto)

La operación de la PP1 modernizada exige un nuevo modelo operativo. El personal ya no solo abrirá válvulas y dosificará reactivos manualmente; ahora deberá interpretar

datos, gestionar curvas, ajustar parámetros y monitorear sistemas automatizados que interactúan entre sí.

Este capítulo define cómo debe operar y mantenerse la planta para conservar su rendimiento óptimo durante décadas.

17.1 Transición hacia una operación inteligente

La planta evoluciona de un modelo empírico a un modelo basado en datos.
La telemetría proporciona:

caudales precisos,
pH en tiempo real,
turbiedad,
niveles,
estados de válvulas,
consumo químico,
absorción UV,
curvas de funcionamiento.

El operador deja de trabajar “a ciegas”. Ahora puede:

anticipar déficits de coagulante,
observar tendencias de entrada,
correlacionar fenómenos pluviales con turbiedades,
ajustar el pH en tiempo real,
equilibrar módulos con precisión.

La operación se vuelve una actividad estratégica, no solo rutinaria.

17.2 Operación del sistema químico

La modernización exige dos tipos de decisiones simultáneas:

Decisiones automáticas – ejecutadas por PLCs basados en caudal, pH y turbiedad.

Decisiones humanas – ajustes finos basados en experiencia, análisis de tendencias y condiciones externas.

Las bombas deben calibrarse periódicamente; los tanques deben limpiarse bajo protocolos; las líneas químicas deben inspeccionarse regularmente para evitar cristalización o corrosión.

Además, con el sistema de ajuste de pH, las operaciones deben monitorear:

consumo de ácido,
patrones de variabilidad en pH natural,
correlación con turbiedad,
tiempos de reacción en mezcla rápida.

17.3 Operación del tren nuevo de 2.0 m³/s

El tren nuevo implica un proceso de mayor complejidad técnica:

Los floculadores requieren ajustes de velocidad según temporada.

Los sedimentadores deben monitorear flóculo, interface y velocidad ascensional.

Los filtros deben seguir ciclos de retrolavado basados en pérdida de carga.

El ozono exige monitoreo de CT, transferencia y seguridad.

El carbón activado requiere reinterpretación periódica de su capacidad adsorbtiva.

Para operar el tren nuevo, el personal necesita capacitación especializada en:

oxidación avanzada,
mecánica de floculación,
fenomenología de transferencia de masa,
bioadsorción superficial en filtros,

dinámica del carbón activado.

17.4 Programa de mantenimiento

El mantenimiento se divide en tres niveles:

a) Mantenimiento preventivo

Se realiza con calendario fijo:

engrase,
calibración de bombas,
revisión de dosificadores,
limpieza de placas de sedimentación,
inspección de válvulas,
prueba de motores.

b) Mantenimiento predictivo

Depende de datos de telemetría:

vibraciones,
consumo eléctrico,
ciclos de operación,
tendencias de desgaste.

c) Mantenimiento correctivo

Actúa ante fallas emergentes, pero ahora con respaldo de redundancias.

La planta deja de sufrir “paros imprevistos” porque se anticipa a ellos.

18. BENEFICIOS TÉCNICOS, OPERATIVOS Y ECONÓMICOS DEL PROYECTO

La modernización de la PP1 no es solo una renovación: es una transformación completa del modelo de potabilización del Área Metropolitana de Guadalajara.

Sus beneficios pueden agruparse en tres niveles: técnicos, operativos y económicos.

18.1 Beneficios técnicos

a) Aumento de la eficiencia del tratamiento

El pH óptimo, la dosificación inteligente y el tren nuevo garantizan una remoción más eficiente de:

turbiedad,
manganeso,
color,
materia orgánica,
compuestos de olor y sabor.

b) Reducción de subproductos de desinfección

La ozonización previa disminuye la necesidad de cloro y reduce THMs.

c) Estabilidad del proceso

La telemetría, al registrar y anticipar tendencias, convierte la operación en un proceso estable.

18.2 Beneficios operativos

a) Reducción del consumo químico

Gracias a la dosificación basada en datos reales.

b) Menor desgaste de filtros

El flóculo mejor formado reduce carga sobre filtración.

c) Tiempos de retrolavado más eficientes

La hidráulica del tren nuevo distribuye mejor los caudales.

d) Menos fallas operativas

La redundancia eléctrica y mecánica disminuye interrupciones.

e) Mejor calidad final del agua

El agua cumple más holgadamente la NOM-127, incluso en condiciones adversas.

18.3 Beneficios económicos

a) Disminución del costo por m³ tratado

Menor consumo de químico, menor desgaste, menor energía.

b) Extensión de vida útil de equipos

Procesos más suaves reducen fatiga mecánica.

c) Reducción de pérdidas en red

Gracias a la medición precisa y la integración con SIAPA.

d) Mayor confiabilidad del suministro

Reduce costos sociales asociados a interrupciones.

19. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL (El Nuevo Modelo Ecológico de Miravalle)

La sostenibilidad ambiental del proyecto no es un componente auxiliar ni una sección añadida para cumplir normativas; es el corazón filosófico y técnico que define cómo la

planta Miravalle participará en la conservación de los recursos hídricos de la región durante las próximas décadas.

Con la modernización, PP1 deja de ser un eslabón aislado entre captación y distribución para convertirse en un agente activo dentro del equilibrio ecológico del lago, la cuenca y el sistema urbano.

19.1 Reducción del impacto químico sobre el ambiente

Uno de los mayores impactos ambientales de una planta potabilizadora proviene del uso excesivo de coagulantes y reactivos. La actual operación de Miravalle, basada parcialmente en dosificación manual o empírica, ha conducido durante décadas a períodos de sobredosificación que aumentan:

la generación de lodos,
el consumo energético,
el impacto en descargas controladas,
la huella ambiental indirecta.

La modernización cambia este paradigma a través de:

control fino de pH,
dosificación basada en caudal real,
sistemas de medición con precisión industrial,
mezcla hidráulica optimizada.

Estos elementos permiten alcanzar el objetivo técnico de reducir entre 15% y 30% el consumo de sulfato de aluminio de forma sostenida, lo que disminuye significativamente la huella ecológica de la planta.

19.2 Disminución de lodos residuales

Los lodos generados en potabilización no son meros subproductos; son una carga ambiental que debe manejarse, espesarse y disponer adecuadamente.

Cuando el proceso químico es ineficiente, los lodos crecen; cuando es óptimo, los lodos disminuyen.

Gracias al ajuste de pH, la dosificación inteligente y la floculación adecuada, el sistema reducirá la generación de lodos hasta un nivel en que:

disminuye el volumen de transporte,
se reduce la necesidad de polímeros auxiliares,
la traza química del lodo baja,
mejora la estabilidad del lodo para su disposición final.

Esto convierte la planta en un centro de tratamiento más limpio, eficiente y sostenible.

19.3 Reducción de subproductos de desinfección (DBPs)

El uso intensivo de cloro en la planta histórica ha generado retos constantes en:

THMs,
HAA5,
compuestos orgánicos volátiles,
y subproductos no regulados.

La integración del ozono como proceso intermedio cambia radicalmente la química del agua tratada: oxida compuestos precursores y reduce la carga orgánica que reacciona con el cloro.

Esto no solo mejora el perfil sensorial del agua —olor, sabor, color—, sino que reduce la exposición de la población a subproductos potencialmente dañinos.

La sostenibilidad aquí se expresa como salud pública.

19.4 Consumo energético eficiente

La planta actual opera con equipos sin variadores de frecuencia, con motores susceptibles a sobrecarga y con procesos que requieren más energía de la necesaria.

El nuevo diseño introduce:

variadores de velocidad,
bombas de última generación,
retrolavados más eficientes,
ozonizadores con eficiencia energética,
control de aireación optimizado.

La telemetría permite identificar patrones de consumo energético y ajustarlos, reduciendo el costo por m³ tratado y disminuyendo la huella de carbono asociada a la operación.

19.5 Resiliencia climática y variabilidad ambiental

El lago de Chapala ha experimentado fluctuaciones extremas en las últimas décadas. La modernización dota a Miravalle de resiliencia técnica, permitiéndole operar bajo:

variaciones extremas de turbiedad,
cambios abruptos de pH natural,
aumentos de materia orgánica por lluvias,
disminución de calidad por arrastre de sedimentos.

La resiliencia climática no se logra con equipos modernos; se consigue mediante procesos capaces de adaptarse químicamente, hidráulicamente y eléctricamente a lo inesperado.

Miravalle queda preparada para el clima del futuro.

20. IMPACTOS A LARGO PLAZO (La Herencia Hidráulica del Proyecto)

La modernización de la PP1 Miravalle no debe evaluarse únicamente por la obra que se construye, sino por los impactos que produce en el sistema hidráulico metropolitano durante las próximas décadas.

Aquí no se trata de producir agua; se trata de producir seguridad hidráulica.

20.1 Aumento de confiabilidad del sistema metropolitano

Con el tren nuevo y las interconexiones, Miravalle recupera capacidad operativa:

- Se incrementa su margen de producción.
- Se reducen riesgos de fallas masivas.
- Puede absorber la variabilidad estacional.
- El sistema completo obtiene redundancia parcial.

Este aumento de confiabilidad se traduce directamente en seguridad hídrica para millones de habitantes.

20.2 Fortalecimiento de la infraestructura existente

El proyecto no sustituye a la planta histórica; la rescata, la estabiliza y la integra a un sistema más robusto.

Infraestructura concebida en los años cincuenta recibe:

nuevas mediciones,
control moderno,
procesos optimizados,
capacidad para adaptarse.

La planta deja de ser “vieja” y se convierte en “actualizable”.

20.3 Profesionalización técnica de la operación

La telemetría, los procesos avanzados y los sistemas de control elevan el perfil técnico del personal de operación.

El impacto a largo plazo es un cuerpo operativo más especializado, con capacidad para:

diagnosticar fallas,
interpretar datos,
modular procesos,
tomar decisiones con base científica,
gestionar escenarios complejos.

Esto profesionaliza no solo a la planta, sino al sistema de agua potable de la ZMG.

20.4 Capacidad de expansión futura

Las líneas de interconexión y el tren nuevo no solo atienden la necesidad actual; dejan bases para:

expandir módulos de filtración,

agregar nuevos trenes,
incorporar tecnologías emergentes (UV, nanofiltración),
integrar nuevos sistemas de monitoreo,
modernizar más infraestructura existente.

La longevidad del proyecto está asegurada porque su diseño admite crecimiento.

20.5 Impacto socioeconómico

Un sistema confiable reduce:

fallas en suministro,
costos de reparación,
impacto económico de interrupciones,
presión social sobre organismos operadores.

El impacto del proyecto se extiende mucho más allá de la planta:
contribuye a la estabilidad urbana y al desarrollo económico regional.

21. CONCLUSIONES GENERALES (La Síntesis del Proceso de Modernización)

La modernización de la Planta Potabilizadora No. 1 Miravalle representa uno de los proyectos de ingeniería hidráulica más relevantes de la historia reciente de Jalisco. No se trata de renovar equipos obsoletos, sino de construir una planta del siglo XXI dentro de un sistema construido en el siglo XX.

21.1 Una planta que ahora se gobierna a sí misma

Con la incorporación de telemetría, medición, control químico y automatización parcial, Miravalle deja de operar bajo intuición y pasa a operar bajo ciencia, datos y modelación.

Por primera vez:

el caudal se conoce en tiempo real,
la dosificación se ajusta sola,
el pH se controla con precisión,
el sistema prevé fallas,
el operador interpreta procesos, no síntomas.

Miravalle se convierte en una planta inteligente.

21.2 El tren nuevo como símbolo de transformación

El tren de 2.0 m³/s no es una ampliación; es una reconfiguración conceptual del proceso.

Con floculación moderna, sedimentación optimizada, filtración profunda, ozono y carbón activado, la planta obtiene una calidad de agua que nunca había podido lograr.

Este tren sienta el estándar de potabilización para las próximas décadas.

21.3 Un sistema resiliente y adaptable

La modernización prepara a la planta para:

variabilidad climática extrema,
picos de turbiedad,

oscilaciones de caudal,
cambios en calidad del agua natural,
nuevas exigencias normativas.

La resiliencia deja de ser un deseo y se convierte en una propiedad del diseño.

21.4 Un proyecto con impacto estructural en la ZMG

La modernización no solo transforma Miravalle, sino que:

estabiliza la red del SIAPA,
fortalece la operación del acueducto Chapala–Guadalajara,
incrementa el margen de seguridad hidráulica,
garantiza agua para millones de habitantes.

Es un proyecto que determina la seguridad hídrica de la metrópoli.

21.5 Conclusión final

Miravalle deja, finalmente, de ser una planta que opera por inercia histórica y se convierte en una infraestructura moderna, robusta, inteligente, sostenible y preparada para el futuro.

La modernización no es una obra:
es una nueva era para el sistema de agua potable de Jalisco.