



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

**EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA
POTABILIZADORA DE AGUA.**

TESIS

Que para obtener el título

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A

Edgar Ramírez Campos

DIRECTOR DE TESIS

I.Q. José Antonio Zamora Plata



Ciudad de México, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/104/17

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno: **Ramírez Campos Edgar**

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. ARTURO ENRIQUE MENDEZ GUTIÉRREZ
VOCAL	I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA
SECRETARIO	I.Q. MARÍA ALEJANDRA VALENTÁN GONZÁLEZ
SUPLENTE	DR. EDTSON EMILIO HERRERA VALENCIA
SUPLENTE	M. EN I. ELISA BLANCA VIÑAS REYES

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
MÉXICO, CDMX, a 10 de mayo de 2017

JEFA DE CARRERA

Dominga Ortiz Bautista
I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA



AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, a mis Padres Cándido † Ramírez Jiménez y Flora Ángela Campos Feria que me apoyaron con lo que estuvo a su alcance, para que yo pudiera terminar la carrera.

A mis Hermanas Beatriz, Angélica y Mónica, por su apoyo incondicional y por nunca haber dudado en que terminaría la carrera.

A mis amigos que me acompañaron apoyaron incondicionalmente y me ayudaron a corregir mis dudas tanto académicas como de vida, Fabián Pucheta, Sr. Juan Contreras, Edgardo López, Víctor Pichardo, Gabriel Espinosa, Roberto Flores, Isaac Assiain, José Luis Cárdenas, Luis Aguilar, Iván López, Maurilio Pedro, etc.

DEDICATORIAS.

A mi padre que me educó con mano fuerte y a su manera particular me apoyo en lo que el considero me serviría como lección de vida.

A mi madre que me educó como consideró mejor y buscaba que yo creciera tanto académicamente como personalmente.

A mis hermanas que me apoyaron incondicionalmente, siempre con palabras de aliento y comprensión.

A todos les agradezco su apoyo y comprensión.

A mis sobrinos Andrea, Paola, Eduardo, Angie, María, Guadalupe y Sabrina, para que fijen sus metas y las concluyan, para que tengan un mejor futuro.

Contenido

1.- Introducción	v
2.- Antecedentes.....	2
2.1.-Infraestructura Hidráulica	2
2.2.- Problemática del Suministro de Agua Potable.....	3
3.- Objetivo	7
4.- Justificación.....	7
5.- Bases de licitación	7
5.1.- Contenido de bases de licitación.....	7
5.2.- Formalidades	9
5.3.- Efectos.....	10
5.4.- Bases.....	10
5.5.- Anexos.....	11
5.6.- Visita de obra	11
5.7.- Junta de aclaraciones	12
5.7.1.- Introducción	12
5.7.2.- Definición y objetivo	13
5.7.3.- Participantes.....	13
5.7.4.- Aclaraciones	13
5.7.5.- Tipos de aclaración.....	14
5.7.6.- Oportunidad para realizar aclaraciones	14
5.7.7.- Formalidades	14
5.7.8.- Preguntas	14
5.7.9.- Respuestas.....	15
5.7.10.- Errores dentro de la junta de aclaraciones	16
6.- Integración de propuestas	18
6.1.- Introducción	18
6.2.- Definiciones	18
7.-Presentación de propuestas	20
7.1.- Definición	20
7.2.- Formas de presentación.....	21
7.3.- Tácticas de presentación	21
7.3.1.- Precio completo	21
7.3.2.- Menor precio posible.....	22
7.3.3.- Propuestas múltiples de precios	22
8.- Evaluación cualitativa de proposiciones.....	23
8.1.- Definición	23
8.2.- Solvencia	23
8.3.- Solvencia técnica	23
8.4.- solvencia económica.....	23
9.- Criterios de evaluación	23
9.1.- Dictamen.....	23
9.2.- Criterios de desechamiento.....	23
9.3.- Criterios o sistemas de evaluación	24
9.4.- Criterio de evaluación binario (cumple, no cumple)	24
9.5.- Criterio de evaluación por puntos y porcentajes	25
10.- Dictamen o Fallo.....	25
10.1.- Definición	25
10.2.- Tipos de dictamen.....	26
10.3.- Dictamen técnico.....	26

10.4.- Dictamen económico.....	27
11.- Proyecto Ejecutivo	27
11.1.- Concurso.....	27
11.2.- Licitación.....	27
11.3.- Memoria técnica del proyecto.....	28
11.3.1.- Señalizaciones.....	28
11.3.2.- Coordinación con las autoridades.....	28
11.3.3.- Se informarán a la delegación Tláhuac y a la población residente.....	28
11.3.4.- Se liberarán las zonas de trabajo de todo tipo de obstáculos materiales.....	29
11.3.5.- Renta de sanitarios portátiles.....	29
11.3.6.- Colocación de bodega.....	29
12.- Procedimiento constructivo para la planta potabilizadora de proyecto.....	29
12.1.-Trazo y Nivelación.....	29
12.2.- Demolición de concreto.....	29
12.3.-Remoción de pasto.....	29
12.4.- Limpieza general del predio.....	29
12.5.- Excavación para desplante para alojar las estructuras de la potabilizadora.....	30
12.6.- Excavación de la sección I.....	30
12.7.- Excavación de la sección II.....	30
12.8.-Cimentación Profunda.....	31
12.9.- Suministro, fabricación, colado, vibrado y curado de concreto.....	31
12.10.- Para la fabricación del concreto.....	31
12.11.- Relleno de excavaciones en estructuras.....	32
12.12.- Previamente a la ejecución de cualquier relleno, se deberán cumplir las siguientes disposiciones.....	32
12.13.- Los rellenos en estructuras en general.....	32
12.14.-Restitución de superficie.....	33
12.15.- Obra civil del centro de control de motores (CCM), área de operadores, baño y la barda perimetral.....	33
12.16.- Equipamiento electromecánico.....	33
12.17- Obra hidrosanitaria.....	33
12.18.- Introducción de la tubería del influente y efluente.....	33
12.19.- Limpieza de la obra.....	34
13.- Propuesta técnica del proceso.....	35
13.1.- Memorias de cálculo dimensionamiento.....	41
13.1.1.- Memoria de cálculo de las torres de desorción.....	41
13.1.2.- Memoria de cálculo hipoclorito para oxidación.....	50
13.1.3.- Memoria de cálculo de filtración. (Cisneros, 1995) (Eddy, 2003) (Valencia, 2000).....	53
13.1.4.- Memoria de cálculo de dechloración.....	71
13.1.5.- Memoria de cálculo para torres de adsorción en agua potable.....	73
13.1.6.- Desinfección.....	82
14.- Conclusiones.....	85
15.- Códigos, normas y reglamentos para el proyecto.....	86
16.- Anexos.....	88
17.- Planos.....	89

Índice de Tablas

Tabla 1: Resumen de infraestructura de agua potable	3
Tabla 2: Ejemplo de licitación pública nacional	9
Tabla 3: Cuestionamientos que pueden modificar la licitación	15
Tabla 4: Tips para la elaboración de aclaraciones	16
Tabla 5: Un ejemplo de la hoja de administración	20
Tabla 6: Criterios de desechamiento de la propuesta	24
Tabla 7: Formato de fallo	26
Tabla 8: Resumen de calidad del agua para la planta R-11	35
Tabla 9: Inundación y caída de presión en torres con empaques al azar (coordenadas de Ecken, Chemical Process Division, Norton Co.) para unidades SI (kg, m, s), $gc= 1$, Cf , $J= 1$. Para $G' = \text{lbm/ft}^2 \cdot \text{h}$, $e = \text{lbm/ft}^3$, $\mu L = \text{centp.}$, $gc = 4.18 (108)$	45
Tabla 10. Granulometría de Arena Tamiz	57
Tabla 11 Granulometría de Zeolita.....	59
Tabla 12: Valores recomendados de Cargas Hidráulicas operación	88
Tabla 13: Tamaños normales para tamices	88

Índice de Figuras

Figura 1: Publicación de la licitación LO-909004999-N70-2012	1
Figura 2: Criterio de evaluación binario (cumple no cumple).....	24
<i>Figura 3: Diagrama de bloques del tren de proceso.....</i>	<i>37</i>
Figura 4: Diagrama de esquemático, procesos unitarios de tratamientos de agua para uso y consumo humano	40

1.- Introducción

El presente reporte contiene información sobre el desempeño profesional del ingeniero químico que participa en la elaboración de la parte técnica de un concurso de licitación para la construcción de una planta potabilizadora de agua. La licitación se publica el 15 de mayo de 2012. La empresa en la cual laboro participa en el concurso y se me encarga la tarea de colaborar en el diseño y construcción de algunos equipos de la planta de tratamiento, a partir de los parámetros de calidad de agua del pozo R-11 ubicado en la delegación Tlahuac. Las bases de la licitación son proporcionadas por el Sistema de Aguas de Ciudad de México (SACMEX) y publicadas en el diario oficial y en el sistema electrónico CompraNET. La figura siguiente muestra la publicación.

No de licitación	LO-909004999-NT0-2012.
Descripción de la licitación	Construcción de la planta potabilizadora “R-11”, con la modalidad de contrato Precio Alzado, ubicada en el Distrito Federal
Volumen a adquirir	Los detalles se determinan en la propia convocatoria
Fecha de publicación en CompraNet	15/05/2012.
Junta de aclaraciones	24/05/2012, 10:00 horas.
Visita a instalaciones	22/05/2012, 9:00 horas.

Figura 1: Publicación de la licitación LO-909004999-N70-2012

Fuente: <https://compranet.funcionpublica.gob.mx/web/login.html>

Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos históricos, de pH, color, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno proteico, coliformes totales y coliformes fecales, efectuados al agua del pozo indican que el agua no es apta para el uso y consumo humano, por lo cual debe ser tratada (en la **Tabla 8** se muestran dichos resultados de los análisis, pág. 37). La propuesta del tren de potabilización se elaboró con base a los siguientes criterios.

Se elaboró la propuesta del tren de potabilización en base a los siguientes criterios: el pozo R-11 cuenta con una capacidad de extracción de 40 litros por segundo. No se considera el uso de productos químicos, denominados enmascarantes, cualquiera que sea la naturaleza del principio activo del que estén constituidos. Tampoco se utilizarán procesos de patente, es decir tecnologías cuyo proceso y/o fundamento técnico no pudiera ser conocido o revelado, ni tampoco aquellas tecnologías que en el balance de masa y flujo, presenten remociones sin fundamento. Todos los procesos deberán tener una base técnica

razonable, y demostrable que no estén en contraposición de las leyes y/o teorías de la física de la química y de la biología.

El objetivo primordial es garantizar agua de calidad apta para uso y consumo humano a partir del agua proveniente del pozo R-11

2.- Antecedentes

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) es el responsable de suministrar los servicios de agua potable, saneamiento y reuso en la Ciudad de México. En lo que se refiere al suministro de agua potable, las fuentes que abastecen de agua a la Ciudad aportan un caudal promedio de 35 m³ por segundo, de los cuales el 69% proviene de pozos profundos que extraen agua del acuífero que subyace en la cuenca del Valle de México. La importancia de las aguas subterráneas en el abastecimiento de agua con la calidad adecuada para uso y consumo humano es indiscutible pues gracias a ellas muchas regiones del mundo han podido ser habitadas, este es el caso de la Ciudad de México.

La Delegación Tláhuac está ubicada al sur oriente de la Ciudad de México y es de las demarcaciones que presenta deficiencias en la calidad del agua debido a que, en el trayecto que recorre el agua, desde el acuífero, hasta las llaves de los usuarios, está sujeta a sufrir cambios en sus componentes físicos, químicos y biológicos, producidos por sales, compuestos orgánicos, nutrientes, diversos tóxicos y otros elementos que la hacen no apta para su consumo directo.

2.1.-Infraestructura Hidráulica

La Delegación Tláhuac tiene una cobertura del 98% de agua potable, que abarca prácticamente la mayoría del suelo urbano Delegacional, de este el 96.5% se realiza a través de toma domiciliaria y 1.5% se abastece por medio de pipas que llevan a los asentamientos y colonias de los poblados rurales. Para cubrir las necesidades de esta población se recurre al reparto de agua en tanques móviles y carros cisterna que permiten atender a 3,880 habitantes.

Sí se consideran las deficiencias en el servicio y el tandeo necesario para dosificar el líquido, el servicio decae hasta en un 30 %, lo que significa que el servicio regular se da al 70 % de la población. Este abastecimiento proviene de pozos profundos, los cuales forman parte de los ramales Tecómitl y Tulyehualco. El primero se localiza al norte de la Delegación Milpa Alta y sur de Tláhuac, el segundo se ubica al oriente de la Delegación Xochimilco y sur de la Delegación Tláhuac, los cuales aportan un caudal que es inyectado a los acueductos denominados Chalco-Xochimilco, Tláhuac y Nezahualcóyotl.

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Pozos operados por el SACM	16	Pozo
Acueductos	36,340	m.
Tanques de almacenamiento	6	Tanque
Planta de bombeo	7	Planta
Planta potabilizadora	1	Planta
Red primaria de agua potable (diámetro de 50 a 183 cm)	59.3	Km
Red secundaria de agua potable (diámetro de 5 a 45 cm)	478.8	Km
Tomas domiciliarias domestica	57,975	Toma
Tomas domiciliarias de gran consumo	21	Toma
Garzas de agua potable	2	Toma
Estación medidora de presión	1	Estación

Tabla 1: Resumen de infraestructura de agua potable

Fuente: Plan de Acciones Hidráulicas 2001-2005 Delegación Tláhuac (2001)

2.2.- Problemática del Suministro de Agua Potable

La Delegación presenta en particular características de dos zonas geohidrológicas II-B y III. La zona geohidrológica II-B comprende la región central y sur de la Delegación, los pozos de estas zonas tienen una profundidad de 200 m aproximadamente y aportan gastos variables de 40 a 120 lps; además tienen una capacidad específica variable de 10 a 40 lps de abatimiento y niveles estáticos de 30 a 40 m.

Sin embargo la sobreexplotación de los mantos acuíferos tiende a agotar este recurso ya que no se recargan naturalmente dichos mantos por ejemplo, la cantidad de lluvia que cae en el Distrito Federal supera en dos terceras partes a la que se consume.

La zona geohidrológica III abarca la región sur de la Sierra de Santa Catarina, la franja sur de la Avenida Tláhuac y el Pueblo de San Nicolás Tetelco, los pozos perforados en esta zona tienen profundidades proporcionales a las cotas de perforación y aportan gastos variables entre 80 y 160 lps teniendo capacidad específica entre 10 y 80 litros por segundo de abatimiento y niveles estáticos de 30 a 40 m.

Por sus características físicas y de urbanización, la Delegación Tláhuac, cuenta para su abastecimiento de agua potable con pozos, tanques de regulación, rebombes, redes de distribución, garzas y una planta potabilizadora. La población asentada dentro de la Delegación es abastecida mediante agua proveniente de la explotación de pozos profundos. Los pozos existentes dentro de la Demarcación forman parte de los acueductos: Chalco-Xochimilco y Nezahualcóyotl. El primero es operado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX antes DGCOH) y el segundo por la Gerencia de Aguas del Valle de México (GAVM).

Actualmente el Sistema de Aguas de la Ciudad de México cuenta con 16 equipamientos de pozos que son operados directamente por ellos dentro de la demarcación de Tláhuac los cuales aportan un gasto máximo de 51 lps y 20 lps como mínimo, ubicados en los poblados de San Juan Ixtayopan, San Nicolás Tetelco, San Francisco Tlaltenco, Santiago Zapotitlán, Olivos y Villa Centroamericana.

El acueducto Chalco-Xochimilco atraviesa la Delegación de sur a norte, en la parte sur de la misma le aportan los pozos de Tulyehualco 2 (46 lps), Tulyehualco 3 (48 lps) y Tulyehualco 4 (39 lps). Antes de abandonar la Delegación, le inyecta el pozo Santa Catarina 7 (37 lps), a su paso por la Delegación entrega agua a las redes de las colonias y a los rebombes localizados a lo largo de él. El diámetro del acueducto varía, en sus primeros 6,590 m entre 0.51 m (20") y 1.37 m (54"), los restantes 15,750 m del acueducto instalados tienen un diámetro de 1.83 m (72").

El acueducto Tláhuac Nezahualcóyotl cuenta con 10 pozos dentro de la Delegación, ubicados algunos en la colonia Del Mar y a lo largo del Canal de Chalco, los cuales descargan a una línea de conducción de 1.22 m (48") y una longitud dentro de la demarcación, de 14.7 km. Este acueducto atraviesa la Delegación de poniente a oriente, saliendo de ella por Santa Catarina. Como la operación de los pozos está a cargo de la GAVM, el acueducto no entrega nada en la Delegación, el total de pozos operados por SACMEX funcionando en la Delegación es de 5, con un caudal de aportación de 210 l/s y 17 pozos se encuentran fuera de operación.

Actualmente se cuenta con 6 tanques de almacenamiento cuya capacidad total es de 2,490 m³; de ellos el Tanque Zapotitlán tiene una capacidad de 350 m³, era abastecido por el bombeo Zapotitlán y abastecía al pueblo del mismo nombre, actualmente está fuera de servicio, de igual manera el tanque La Estación tiene una capacidad de 500 m³ y también está fuera de servicio, mientras que el Tanque López Portillo con capacidad de 200 m³, es abastecido por el acueducto Chalco-Xochimilco y abastece a la colonia López Portillo; el tanque Peña Alta tiene una capacidad de 1,000 m³, es abastecido por el bombeo San Juan Ixtayopan y abastece a la Colonia Peña Alta y los tanques Tetelco I y II tienen una capacidad de 220 m³ cada uno, son abastecidos por el bombeo Tetelco y abastecen a los pueblos San Nicolás Tetelco y Mixquic.

Para abastecer a las zonas altas y los tanques, se cuenta con 7 rebombes siendo estos: el bombeo Quetzalcóatl ubicado en la colonia Zapotitla, con capacidad para bombear 1,200 lps, pero solo se abastece con 600 lps al tanque Xaltepec, localizado en la Delegación Iztapalapa, el bombeo Zapotitla ubicado en la colonia del mismo nombre, con

capacidad para bombear hasta 100 lps, abastece a las colonias del Mar y Zapotitla, el rebombeo Zapotitlán ubicado en el Pueblo del mismo nombre, con capacidad para bombear hasta 120 lps, abastece al tanque y poblado de Zapotitlán, el rebombeo San Francisco Tlaltenco ubicado en la colonia Selene, tiene capacidad para bombear hasta 240 lps, abastece a las colonias Selene y Santa Catarina, el rebombeo Tláhuac ubicado en la colonia del mismo nombre, tiene capacidad para bombear hasta 200 lps, abastece a la cabecera delegacional, el rebombeo San Juan Ixtayopan ubicado en el pueblo del mismo nombre, con capacidad para bombear hasta 210 lps, solamente abastece al poblado del mismo nombre y al Tanque Peña Alta, por último el rebombeo Tetelco ubicado en la colonia La Conchita, tiene capacidad para bombear hasta 250 lps, abastece a los pueblos San Nicolás Tetelco y San Andrés Mixquic y los tanques Tetelco I y II, con todos ellos se tiene una capacidad instalada máxima de 1,720lps, de estos solo 600 lps son aprovechados en la Delegación ya que los restantes son enviados a la Delegación Iztapalapa.

La planta potabilizadora Santa Catarina (Ing. Francisco de Garay) se encuentra ubicada en calle Independencia esquina Camino Real a Zapotitlán, Pueblo de Zapotitlán, recibe agua de los pozos Santa Catarina y una vez potabilizada, la inyecta al acueducto Chalco-Xochimilco, tiene una capacidad instalada de 120 lps estando en operación a 80 lps, la potabilización se realiza mediante procesos de recepción de agua cruda, desgasificación, pre-ozonación, filtración rápida, post-ozonación y desinfección.

La distribución del agua se realiza mediante las redes primaria y secundaria; la primaria considerada como tuberías de más de 0.50 m de diámetro. En la Delegación existen 59.30 Km y 889 cajas de válvulas y la secundaria con diámetros menor es de 0.50m con una longitud total de 478.80 Km teniendo como función captar el agua que le suministra la red primaria y alimentar las tomas domiciliarias, las zonas que no cuentan con red de distribución, son abastecidas por medio de carros tanque, además se cuenta con dos garzas para el llenado de los carros tanque y se localizan junto a los rebombes de Tlaltenco y San Juan Ixtayopan.

La Delegación Tláhuac en poco tiempo ha tenido un crecimiento poblacional acelerado, provocándose la insuficiencia de la infraestructura hidráulica de agua potable, abasteciéndose a través de pipas en las colonias que no cuentan con infraestructura primaria ni secundaria, se ubican principalmente en las zonas de reciente creación y presentan problemas de tenencia de la tierra y se ubican en la zona alta de la Sierra de Santa Catarina, el volcán Teuhtli y la zona sureste de Mixquic, siendo altamente vulnerables a falta de líquido.

En lo que respecta a la calidad del agua, ésta es deficiente hacia la zona noroeste de la Delegación, por la sobre explotación de los mantos acuíferos lo que origina la presencia de mayores concentraciones de sales disueltas y de agua de origen magmático y meteórico con presencia de boro, mientras que en la zona sur es de mejor calidad, ello aunado a la falta de mantenimiento en las cisternas y tinacos de los usuarios y el manipuleo de las válvulas, ocasiona la calidad variable del agua en la Delegación; así mismo la falta de concientización del usuario para utilizar eficientemente el agua, así como la complejidad de la operación del sistema hidráulico, algunos de sus componentes son antiguos y su vida útil ya ha sido rebasada, la mayor parte del sistema opera en forma continua durante las 24 horas de los 365 días del año. La mala calidad del agua en los pozos de la zona oriente del Distrito Federal, y en especial en la delegación Tláhuac, es causada por tres aspectos clave: I) la actividad agrícola que antiguamente se llevaba a cabo; II) la sobrepoblación urbana carente de servicios sanitarios adecuados, y III) la presencia de lixiviados derivados de los tiraderos de basura que se encuentran en la zona.

Los principales problemas para la dotación se presentan en las partes altas de la Delegación. La principal problemática en el suministro del agua se encuentra en la sobre explotación del manto acuífero existente en la Delegación. Este elemento es de vital importancia para el equilibrio micro regional. Estudios realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, indican que el nivel estático de los pozos de Tláhuac-Xochimilco sufre un abatimiento de 1.2 m/año, según los datos piezométricos recabados en 1998.

Existe una fuerte incidencia de fugas de agua de las redes primaria y secundaria, lo que origina escasez y falta de presión en las tuberías, por las dislocaciones y rupturas que se presentan en la red.

Colonias sin fuente de abastecimiento: Campestre Potrero, La Cañada, La Mesa, Llano de las Cruces, San Francisco, Axolocalco y Teozoma.

Con baja presión: Barrio Santa Cruz, Conchita A y Conchita B, Del Mar, Los Olivos y Miguel Hidalgo.

Con servicio intermitente o tandeo: San Juan Ixtayopan, Emiliano Zapata, Zapotitla, San Andrés Mixquic, San Nicolás Tetelco, López Portillo, Ampliación López Portillo, Olivar Santa María (zona del proyecto). Sin embargo la sobreexplotación de los mantos acuíferos tiende a agotar este recurso ya que no se recargan naturalmente dichos mantos, por ejemplo, la cantidad de lluvia que cae en el Distrito Federal supera en dos terceras partes a la que se consume.

3.- Objetivo

Describir la participación del ingeniero químico en la elaboración de la propuesta de un proyecto de licitación integral para la construcción de una planta potabilizadora de agua para uso y consumo humano, en base a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127SSA1-1994, modificada en el 2000.

4.- Justificación

El agua potable que se distribuye a través del Acueducto Tláhuac-La Caldera de acuerdo a la información proporcionada por la CONAGUA no cumple con la Norma Oficial Mexicana 0127-SSA1-1994 publicada en 1994 y modificada en el 2000, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Los resultados de los estudios geohidrológicos de la tabla 7 que se muestra en la sección 11.5 más adelante, determinaron que el agua del Acueducto Tláhuac–La Caldera no cumple con las especificaciones de calidad de los parámetros establecidos.

Como consecuencia de los sólidos disueltos que se infiltran al subsuelo, el agua potable de la demarcación presenta deficiencias en su calidad en los parámetros de pH, color, nitrógeno amoniacal, nitrógeno proteico, coliformes totales y coliformes fecales, los cuales rebasan los límites máximos permisibles establecidos en la norma antes referida, (datos proporcionados por el Sistema De Aguas De La Ciudad De México tabla 7).

5.- Bases de licitación

Es el aviso público que realiza la dependencia SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO (SACMEX), anunciando el inicio del procedimiento de contratación objeto: Construcción de la Planta Potabilizadora R-11, con la modalidad de contrato a Precio Alzado, ubicada en el Distrito Federal, en el que se especifican los datos más esenciales para permitir la libre participación de los interesados, así como, el plazo o la fecha para adquirir las bases e inscribirse en el concurso.

El SACMEX, en este caso el convocante elabora las bases y después se hace el anuncio público (convocatoria). La publicación se realiza el 15 de mayo de 2012.

5.1.- Contenido de bases de licitación

Cada convocatoria contiene un número que la identifica, mismo que se divide y ejemplifica de la siguiente forma:

Licitación pública: **LO**

Clave de la dependencia (SACMEX): **909004999**

Número de licitación del año en curso: **N70**

Año en curso. **2012**

Ejemplo: **LO-909004999-N70-2012**

Descripción de la licitación: Breve explicación de la obra que se concursa, por lo general los detalles se encuentran en las bases y términos de referencia.

Volumen de la licitación: Se indica la cantidad y las unidades en las que se comprarán los productos o servicios, igualmente los detalles contenidos en las bases de la convocatoria.

Publicación electrónica: Se detalla la fecha a partir de la cual la convocatoria y sus bases se encuentran disponibles de forma electrónica en el sistema informático COMPRANET.

Junta de aclaraciones: Se detalla el día, hora y lugar en que se llevará a cabo esta etapa.

Carácter de la licitación: Se informa si la convocatoria acepta propuestas electrónicas, si es de carácter nacional o internacional.

En cuanto a los medios por los que se puede llevar a cabo los procedimientos pueden ser electrónicos, presenciales y mixtos; en cuanto a los bienes o productos y carácter de los proveedores pueden ser nacionales e internacionales.

Presentación y apertura de las propuestas: Señala el lugar, día y hora en la que se recibirán los sobres cerrados con las propuestas

Lugar de los eventos: Cada convocatoria debe señalar el lugar en específico donde se llevarán a cabo todas las etapas del procedimiento, junta de aclaraciones, presentación y apertura de propuestas.

Presentación y apertura de las propuestas: Señala el lugar, día y hora en la que se recibirán los sobres cerrados con las propuestas.

Lugar de los eventos: Cada convocatoria debe señalar el lugar en específico donde se llevarán a cabo todas las etapas del procedimiento, junta de aclaraciones, presentación y apertura de propuestas.

En algunas ocasiones el convocante (SACMEX) podrá solicitar visitas a las instalaciones de los participantes.

Expediente: 183717 - Construcción de la Planta Potabilizadora R-11	
Procedimiento: 153744 – Construcción de la Planta Potabilizadora R-11	
Estado Procedimiento: Por Adjudicar	
Última Proposición Enviada: Pendiente de Publicar	
Estado de la Proposición	
Estado de la Proposición	No hay Proposiciones
Datos Generales	
Código del Procedimiento	153744
Nombre o descripción corta del Procedimiento	Construcción de la Planta Potabilizadora R-11
Descripción Detallada	Construcción de la Planta Potabilizadora R-11 con la modalidad de contrato a Precio Alzado, ubicada en el Distrito Federal.
Tipo de Participación	Procedimiento Abierto a Cualquier Interesado
Plazo del Procedimiento	Nacional – normal
Tipo de Procedimiento de Contratación	Licitación Pública
Moneda de la Respuesta	MXN
Procedimiento de Prueba	No
Unidad Compradora	DF – Secretaría del Medio Ambiente – Sistema de Aguas de la Ciudad de México 2
Operador UC	Jarero Cabrera Eduardo
División	División
Departamento	
Solicitar Firma Digital en las Propuestas de proveedores/contratistas	No
CODIFICACIÓN	
Número del Procedimiento	Este número se generará al momento de publicar el procedimiento: LO-909004999-N70-2012
CONTRATO PLURIANUAL	
¿Es Plurianual?	Capture si el contrato es plurianual.
No. de meses involucrados	Capture el No. de meses involucrados en el contrato plurianual
FECHA DE ACLARACIONES Y APERTURA DE PROPOSICIONES	
Criterio de Apertura	Apertura Secuencial
Límite para solicitar aclaraciones en CompraNet - Fecha	25/05/2012
Límite para solicitar aclaraciones en CompraNet – Hora	10:00:00
Finalización - Fecha	04/06/2012
Finalización – Hora	14:00:00
Finalizar “Mostrar Interés” N horas antes de la fecha de cierre	0
ESTRATEGIA DEL ORDEN DE LAS PROPOSICIONES	
Estrategia de Orden de las Proposiciones	Ningún Orden de Proposiciones
Multi-Adjudicación	No

Tabla 2: Ejemplo de licitación pública nacional

Fuente: <https://compranet.funcionpublica.gob.mx/web/login.html>

5.2.- Formalidades

La convocatoria contiene los siguientes datos: la fecha, lugar y el funcionario que la firma, aparece firmada autógrafamente por el funcionario. La convocatoria es publicada con las formalidades que establece la ley y por regla general en un órgano de difusión

oficial, tal es el caso del DOF (Diario Oficial de la Federación), con independencia de que también se publique en periódicos de circulación local o nacional.

5.3.- Efectos

Marca el inicio del procedimiento de licitación, señala el plazo para adquirir las bases de la convocatoria, obliga a la unidad compradora a realizar el procedimiento de licitación, salvo las causas de suspensión o cancelación que se señalen en las bases y en la normatividad, el contenido las bases debe ajustarse al de la convocatoria.

5.4.- Bases

Es el documento que contiene los requisitos detallados de participación a una licitación. Son las instrucciones a seguir en un concurso.

El documento contiene la siguiente información:

1. Datos de la unidad convocante: quien convoca (SACMEX) y su fundamento legal.
2. Calendario del procedimiento señalando los días, horas y lugares para que se efectúe cada etapa de la licitación.
3. Objeto de la licitación: descripción de la obra a contratar (los detalles de los bienes y servicios u obras vienen en los anexos y cada base contiene un anexo técnico).
4. Especificaciones técnicas.
5. Formas de entrega de productos y prestación de servicios.
6. Garantías
7. Requisitos legales, administrativos y contables, tales como:
 - Permisos, licencias y registros.
 - Cartas de apoyo
 - Certificados de calidad
 - Contratos y cartas de experiencia
 - Documentación fiscal y contable (estados financieros, declaraciones de impuestos, etc.)
8. Propuestas: forma de integrar y presentar propuestas, contenido de sobres.
9. Sistemas o formas para la calificación de propuestas
10. Procedimiento para el fallo definitivo
11. Causas de descalificación de proponentes
12. Tipo de contrato o formato de contrato
13. Reglas en caso de controversias, por incumplimiento e interpretación del contrato.
14. Suspensión y cancelación de concurso
15. Por contrato

16. Inconformidades

17. Anexos: técnicos, económicos, formatos de acreditación y personalidad, de integridad, pago de contribuciones y prácticas anticompetitivas.

5.5.- Anexos

Serie de formatos que se incluyen en las bases de cada convocatoria para facilitar a nuestra licitante la integración de sus propuestas con los requisitos establecidos por la convocante.

En cada concurso varía el tipo y número de anexos, por regla general, todos deben de ir firmados por el representante legal de la empresa licitante, así como, señalar el número de la licitación. Debe contener las leyendas solemnes establecidas en las bases de la convocante. Se debe de revisar perfectamente los anexos para que estén completos.

Ejemplo: Anexos que contengan la frase “bajo protesta de decir verdad”, membretes y sellos de la empresa, datos de escritura pública en caso de acreditación de personalidad.

5.6.- Visita de obra

En términos del Artículo 38 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las misma, La visita al sitio donde se realizarán los trabajos será optativa para los interesados y tendrá como objeto que los licitantes conozcan las condiciones ambientales, así como las características referentes al grado de dificultad de los trabajos a desarrollar y sus implicaciones de carácter técnico.

Al sitio de realización de los trabajos podrán asistir los interesados y sus auxiliares, así como aquéllos que autorice el Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Con posterioridad a la realización de la visita podrá permitírseles el acceso al lugar en que se llevarán a cabo los trabajos a quienes lo soliciten con anticipación de por lo menos veinticuatro horas a la recepción y apertura de proposiciones, aunque no será obligatorio para la dependencia o entidad designar a un técnico que guíe la visita.

La visita de obra es fundamental para los participantes ya que esto les permite saber a los participantes las condiciones físicas del sitio en que se va a realizar la obra, para poder realizar las preguntas necesarias en lo que se refiere a topografía, mecánica de suelos, requisitos eléctricos, condiciones legales (permisos y licencias), impacto ambiental, etc., esto con el fin de presentar una propuesta viable tanto técnica como económica.

5.7.- Junta de aclaraciones

Introducción

Definición y objetivo

Participantes

Aclaraciones

Tipos de aclaraciones

Oportunidad para realizar aclaraciones

Formalidades

Tips para la elaboración de aclaraciones

Errores en la Junta de Aclaraciones

5.7.1.- Introducción

La junta de aclaraciones se llevará a cabo bajo los términos del artículo 35 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados y, 39 y 40 de su Reglamento, por lo que las solicitudes de aclaración que, en su caso, deseen formular los licitantes deberán plantearse de manera concisa y estar directamente relacionadas con los puntos contenidos en la convocatoria a la licitación pública.

La junta de aclaraciones es el centro de gravedad de la licitación, ya que todo el proceso de compra gira en torno a ella. Saber qué preguntas y especificaciones hacer en el momento adecuado puede definir toda la evolución del proceso licitatorio.

Desafortunadamente, esta etapa es manejada de manera deficiente tanto por la entidad compradora como por los participantes en la licitación, lo que suele provocar cierta aversión hacia este periodo por el tiempo considerable que se le invierte y los resultados tan pobres que se obtienen.

La mayoría de las empresas pasan por alto el impacto de esta reunión porque consideran que no es trascendental asistir a la misma, ya que se puede tener un fácil acceso a las actas correspondientes vía internet, pero ignoran los alcances que tiene si se logra un buen desempeño en el desarrollo de dicha junta.

5.7.2.- Definición y objetivo

Es la etapa en la que nuestra empresa licitante, funcionarios del área requirente y de la convocante tienen la oportunidad de aclarar, modificar, precisar o suprimir los requisitos de las bases del concurso en sus aspectos técnico, administrativo, legal y financiero, así como, el clausulado del contrato que se estipula. Puede haber tantas juntas sean necesarias hasta en tanto queden esclarecidos los cuestionamientos y dudas de los licitantes.

5.7.3.- Participantes

Son las personas que intervienen en este acto administrativo, y que se describen a continuación:

LICITANTE: Es la persona que asiste en representación de la empresa. Éste hace preguntas relacionadas con las bases o la convocatoria, pueden ser de carácter técnico, legal, de procedimiento, contrato, administrativo o financiero.

ENTIDAD CONVOCANTE: Es la persona encargada de llevar a cabo la junta de aclaraciones, contesta y aclara todas las preguntas y dudas que se susciten referentes al esclarecimiento de las bases, puede aclarar las dudas con o sin preguntas expresas.

El licitante puede solicitar se le aclaren las respuestas, en el caso de que no queden claras.

Hecho lo anterior, se levanta un acta que debe ser publicada en **compranet** con las respuestas y aclaraciones hechas a las bases de la convocatoria.

CONVOCANTE: área o unidad administrativa en este caso (SACMEX), encargada de realizar el proceso de compra en base a los requerimientos técnicos del área requirente.

REQUIRENTE O USUARIO: unidad administrativa u operacional dentro del (SACMEX) que tiene la necesidad de adquirir un producto o servicio para satisfacer sus necesidades.

5.7.4.- Aclaraciones

La aclaración se puede entender como la aseveración o pregunta que realiza el licitante para desentrañar el sentido del texto de las bases, así como también lo es la respuesta que la convocante da a los cuestionamientos o dudas de los licitantes o por mutuo propio que tiene como finalidad aclarar, precisar o modificar las bases.

Definición de aclaración: Precisión que efectúa la convocante respecto del texto de las bases de un concurso (licitación) señalando el alcance de los aspectos técnicos, administrativos, legales, financieros, de procedimiento y del formato del contrato.

5.7.5.- Tipos de aclaración

En cuanto a la forma de su presentación:

- 1) Electrónicas: Son las preguntas que se envían a determinada dirección electrónica utilizando el sistema de Compranet.
- 2) Físicas: Son aquellas que se presentan por escrito ante la unidad convocante y con la anticipación que señala la convocatoria.
- 3) Presenciales: Son aquellas que se hacen en el acto mismo de la junta de aclaraciones.

En cuanto a su origen:

- a) Como respuestas a preguntas o aseveraciones de nuestra licitante.
- b) Aclaración propia de la convocante
- c) Aclaraciones del área requirente o usuario.

Importante: todas las estipulaciones que se deriven de la junta de aclaraciones siempre deben de constar en el acta que se levante

5.7.6.- Oportunidad para realizar aclaraciones

Una regla general es que las aclaraciones se efectúen antes de la fecha indicada en la convocatoria y de las bases. Según la normatividad la oportunidad para realizar aclaraciones puede estar sujeta a ciertas formalidades como presentar una carta de intención antes de la junta anunciando que nuestra empresa realizará preguntas para aclarar la convocatoria y las bases, así como presentar las aclaraciones escritas con determinadas horas o días de anticipación. En caso de que las respuestas de la convocante no queden del todo claras, se pueden reformular aclaraciones sobre dichas respuestas.

5.7.7.- Formalidades

Es indispensable que todo se documente por escrito y quede registro en papel o en formato electrónico; así como no descartar las reuniones presenciales.

5.7.8.- Preguntas

Con la oportunidad señalada en las bases, deben ser claras y referirse únicamente a las bases del concurso. Tanto al tipo de pregunta como a la respuesta el área especializada es quién debe participar. La tabla 3 ejemplifica las áreas involucradas.

Técnico	1. Calidad (NOMS) 2. Capacidad del participante para entregar el producto o prestar el servicio.
Legal	3. Carácter de la licitación (Nacional o Internacional) 4. Documentos de personalidad 5. Permisos, registros o requisitos necesarios para la venta del producto o prestación del servicio.
Procedimiento	6. Plazos y formalidades 7. Fechas (términos)
Contrato	8. Cláusulas del contrato 9. Plazos 10. Fecha de firma o formalización.
Administrativo	11. Requisitos que rebasen la capacidad administrativa del participante para vender el producto o prestar el servicio, tales como: - Contratos de apoyo del fabricante - Contratos de asociación en participación.
Financiero	12. Capital de los concursantes 13. Documentación que acredite su capacidad del cumplimiento del contrato.

Tabla 3: Cuestionamientos que pueden modificar la licitación

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

5.7.9.- Respuestas

Estas pueden modificar, precisar, alterar o suprimir aspectos y requisitos de las bases. Constar por escrito en el acta siempre, deben ser congruentes contestando todos los puntos y dudas planteadas en las aclaraciones o preguntas de nuestra licitante, entiéndase por incongruente cualquier respuesta que evada responder de forma clara y precisa la cuestión planteada, sin que esto implique necesariamente dar la razón o acceder a lo que se solicita.

Las respuestas y aclaraciones dadas en la junta de aclaraciones pasarán a ser parte del texto de las convocatorias y bases del concurso, por lo que es obligatorio su cumplimiento para todos los participantes y necesarios para la solvencia de las propuestas.

TIPS		EJEMPLO: LICITACION PARA LA ADQUISICION DE PATRULLAS ESPECIFICACIONES: MODELO SEDAN CON 150 CABALLOS DE FUERZA
1. 1. Preguntas inductivas y sencillas	¿Qué son? Las que solo admiten una respuesta binaria (SI/NO) y llevan implícita la respuesta que se busca, además de ser breves y concisas.	<p>✓ Ejemplo correcto</p> <p>- ¿Se acepta variación de +/- 5% en caballos de fuerza? (SI/NO)</p> <p>- ¿Será solvente la propuesta si varían los caballos de fuerza +/- 5%? (SI/NO)</p> <p>✗ Ejemplo incorrecto</p> <p>¿Se <u>puede</u> aceptar los caballos de fuerza de los automóviles con rango de +/- 5%?</p> <p>NOTA: La palabra <u>puede</u> le confiere poder para dar explicaciones a la convocante</p>
2. Abrir las bases, no tratar de cambiarlas.	¿Qué es? No pretender cambiar los requisitos de las bases, siempre buscar que sus aclaraciones propongan alternativas que permitan que sus propuestas sean solventes.	<p>✓ Ejemplo correcto</p> <p>- ¿Se tendrá los 150 C.F. como potencia mínima? (SI/NO)</p> <p>✗ Ejemplo incorrecto</p> <p>Solicito se cambie la potencia mínima a 157 C.F.</p> <p>Aquí se puede notar que no se está intentando cambiar las bases ni cerrando el camino a algún competidor sino al contrario se está abriendo la competencia a más participantes.</p>
3. Entregar las respuestas al funcionario antes de la junta de aclaraciones	¿Para qué? Ahorrar trabajo y tiempo.	¿Es legal? Sí, antes de la presentación de las propuestas o junto con éstas.
4. En cuestiones técnicas: aportar pruebas, documentos, razonamientos.	¿Para qué? Facilitar a la convocante la respuesta requerida.	Ejemplo Análisis de cómo repercutirán los C.F. presentados en la productividad de las patrullas o el desgaste del automóvil, el gasto de combustible, etc.

Tabla 4: Tips para la elaboración de aclaraciones

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

5.7.10.- Errores dentro de la junta de aclaraciones

La junta de aclaraciones es la única oportunidad para lograr que los requisitos de las bases favorezcan la integración de las propuestas. Asimismo, es la etapa en que la empresa incurre en más errores, conocerlos permite a nuestra empresa manejar adecuadamente este acto y rectificar las deficiencias en las que están incidiendo.

Algunos de los más recurrentes son:

- Considerar que esta etapa no es tan importante o creer que no tiene sentido realizar aclaraciones en atención a las respuestas tan pobres por parte de la convocante.
- No asistir a la junta de las convocatorias más importantes para la empresa.

- Asistir a la junta sin analizar detalladamente las bases de la licitación.
- Entregar las preguntas o aclaraciones en el momento de la junta, ya que impide que la convocante disponga de tiempo para analizar detalladamente el planteamiento legal, administrativo y técnico para emitir una respuesta.
- Que las aclaraciones sean realizadas por la persona equivocada que carezca de técnica de redacción para elaborarlas de manera precisa ya que cuestiones débilmente planteadas o extensas solo reciben evasivas y respuestas preestablecidas.
- Creer que cualquier persona es apta para acudir a la junta o delegar esa tarea a alguien que no domine el tema, ya que no podrá objetar ni reformular nuevas preguntas con base en las respuestas que de la convocante.
- Creer que únicamente las bases son objeto de esta etapa y no solicitar la aclaración de las respuestas que se lleguen a dar, permitiendo que se introduzcan requisitos que impliquen desventaja para la empresa y favoritismo hacia sus competidores.
- Realizar aclaraciones cuyo argumento carezca de sustento o evidencia que demuestren lo correcto de la petición.
- Adoptar conductas jactanciosas, agresivas o insidiosas que puedan acarrear enemistad con los funcionarios o revelar que se es un competidor fuerte, inseguro o inexperto.

Los mejores vendedores a gobierno nunca pasan por alto las juntas de aclaraciones, ya que con su asistencia pueden obtenerse conclusiones muy valiosas sin incluso expresar pregunta alguna. Atender a este acto implica conocer detalladamente las bases de la licitación, lo cual, es requisito indispensable para que el tiempo invertido sea productivo, independientemente de las preguntas o aclaraciones que vayan a realizarse.

Contar con una estrategia de comportamiento en la junta de aclaraciones es básico para entablar empatía con los compradores gubernamentales, además que proyecta una imagen de preparación y madurez de la empresa que se representa para el manejo de conflictos.

Las actividades que se realizan en la junta implican un arduo trabajo y conocimientos específicos de procedimiento, redacción y estrategia. Detectar y asumir los errores que se están cometiendo en los procedimientos de compra conducirá a nuestra empresa licitante a emprender una intensa tarea de capacitación que le permitirá aumentar considerablemente las expectativas para la obtención de atractivos negocios con el gobierno.

6.- Integración de propuestas

6.1.- Introducción

La integración de propuestas en procesos de licitación; es la acción de completar todos los requisitos que son solicitados en la convocatoria (bases), se deben de cuidar todos los aspectos requeridos y formalidades solicitadas.

Es necesario establecer lineamientos para la correcta integración de los documentos que solicita el área convocante (SACMEX), para evitar que se descalifique a la empresa licitación en la etapa de la revisión de propuestas técnicas y así asegurar la participación en la etapa económica.

6.2.- Definiciones

De integración: es la correcta recolección de todos los documentos y requisitos contenidos en las bases y sus anexos para armar un paquete físico o electrónico (según sea el caso) con la totalidad de las formas y detalles que se indiquen en el texto.

De propuesta: declaración de valor que pretende satisfacer una determinada necesidad.

Las convocatorias contienen la necesidad y señalan el satisfactor en cuanto a cantidad y calidad. En licitaciones, por lo general, la propuesta se limita a comprobar de forma documental que se está en actitud de satisfacer la necesidad de determinada convocatoria revelando que se tiene la solvencia necesaria para celebrar y cumplir un contrato más una cotización. En casos excepcionales, además se necesita enunciar en un documento la forma ventaja-beneficio en los que el proponente pretender solventar la necesidad de la Administración Pública.

La lectura de las bases concursales debe hacerse a profundidad discerniendo todos los puntos que son requeridos por el área convocante.

Las observaciones deben ser formuladas por personas que conocen el negocio en mayor medida, ya que por lo general pueden surgir dudas técnicas, económicas o administrativas, al llegar a este punto se crea la tabla de aclaraciones a las bases, herramienta que nos sirve para el planteamiento de las preguntas en la junta de aclaraciones.

Una vez que se ha realizado la matriz de requisitos se ha completado un estimado de 20% del proceso de integración de propuestas, el tiempo es un factor preponderante en esta etapa por lo que todas las matrices deben realizarse a la mayor brevedad posible, para estar puntualmente preparados al presentar propuestas.

Es necesaria la conformación de un equipo de integración de propuestas, este grupo debe ser liderado por un administrador que tenga pleno conocimiento del proceso licitatorio para que las propuestas a ser presentadas sean exitosas en todo momento.

La administración profesional de proyectos, es básica en un proceso de licitación ya que los conocimientos de un gerente de proyecto hacen que las propuestas sean integradas en tiempo y forma, asimismo, cubre todos los aspectos, analiza todos los procesos involucrados y genera planes de contingencia en caso de riesgos.

Existe una herramienta básica que puede ser de gran ayuda al momento de delegar responsabilidades y llevar un estricto control del proyecto, a ésta la llamamos administración de licitaciones, la cual nos ayuda a establecer las prioridades, requisitos, tiempos, fechas, gastos etc. que por concepto de integración pudieran ser producidos y tener un dominio de los presupuestos del proyecto.

Los datos mínimos que debe contener la hoja de administración del proyecto son:

- Datos propios del proceso licitatorio.
- Objetivos
- Prioridades
- Fechas límite.
- Fechas de la licitación.
- Estimados
- Responsables
- Tareas aprendidas

- Descripción de la tarea a integrar
- Punto de las bases en donde se solicita para fácil ubicación.
- Y cualquier otro dato que ayude a la integración y administración adecuada del proyecto.

Líder del proyecto		Licitación N°:		Fecha de inicio	
Convocante		Licitación: LPL LN LI LIA		Fecha fin:	
Fecha de presentación:			Días Estimados.		
Puntos Bases	Descripción de la tarea	Fecha límite			Responsable/prioridad
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
5.-					
6.-					
7.-				01-01-11	
8.-				04-01-11	
9.-				15-01-11	
10.-				30-01-11	
A Prioridad 1					
B Prioridad 2					
C Prioridad 3					
D Prioridad 4	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
					-Fecha límite ene 2011
					-Junta de aclaraciones
					-Presentación de propuestas
					-Acto de fallo
					-Firma de contrato
					Sergio
					Roberto
					Pablo
					Leonardo
					Oscar

Tabla 5: Un ejemplo de la hoja de administración

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

Una vez que se hayan realizado estas tareas, nos encontramos en condiciones de decidir si se va a participar o no en la licitación, ya que las dos herramientas mencionadas anteriormente, nos proporcionan los datos necesarios para tomar esa medida o en su defecto, controlar todos los aspectos que hacen falta para integrar correctamente las propuestas y participar exitosamente en las compras gubernamentales.

7.-Presentación de propuestas

7.1.- Definición

Acto mediante el cual se hace entrega de los requisitos solicitados dentro de la convocatoria y con las formalidades especificadas en la misma.

Puede ser de tres formas, Física y Electrónica o Mixta.

7.2.- Formas de presentación

Física: Nuestra empresa licitante hacemos entrega las propuestas técnica y económica en un sobre cerrado de forma tal que se garantice su inviolabilidad hasta el momento de su apertura pública, una vez recibidas las proposiciones en sobre cerrado se procederá a su apertura haciéndose constar la documentación presentada sin que ello implique la evaluación de su contenido.

Electrónica: es la presentación en forma electrónica de las propuestas técnicas y económicas. Para tal efecto se han establecido mecanismos de identificación electrónica equivalentes a los tradicionales (física), esto será presentado a través de Compranet que fue el que estableció la normatividad a la que está sujeto el procedimiento de licitación y que permite dar plena validez jurídica a los documentos que se transmiten por el sistema, así como proporcionar confianza y seguridad tanto a las convocantes como a las licitantes.

Mixta: es la presentación de las propuestas técnicas y económicas cuando ellas sean solicitadas de manera impresa y electrónica, en caso de existir diferencias entre la propuesta impresa y la electrónica, se tomará como válido lo propuesto en la forma impresa.

7.3.- Tácticas de presentación

7.3.1.- Precio completo

La táctica de precio completo radica principalmente en dar el mayor precio conveniente para la empresa, se debe tener cuidado con los criterios que expide la convocante en referencia a los precios, estos criterios son:

- Techo presupuestal.
- Precio de mercado.
- Precios de referencia.

Para poder utilizar esta táctica es necesario contar con conocimiento pleno de los competidores y del proceso de compra que se va a realizar.

En proceso de compra, nos referimos a los requisitos que se van a solicitar en la convocatoria y de los que estamos seguros que faltarán por parte de los competidores, en esta táctica se apuesta y al mismo tiempo se debe estar seguro del incumplimiento de los requisitos por parte de los demás licitantes en la parte legal (poderes, documentos

mutilados) parte administrativa (permisos, normatividad) técnica (incumplimiento de características técnicas de los productos).

Todo se encuentra basado en la investigación previa y en la estrategia creada en el proceso de integración de propuestas.

7.3.2.- Menor precio posible

Esta táctica es utilizada bajo la premisa de ofertar el menor precio posible por la empresa, en este caso específico se opta por este método a partir de una investigación de convocatorias pasadas y los precios ofertados en licitaciones similares.

En estos casos se opta por dar el menor precio posible, debido a que de la investigación previa y del análisis realizado a la convocatoria se arriba a la conclusión de que existe cumplimiento por parte de los diversos participantes en los requisitos solicitados y no se ha detectado algún documento o requisito que pudiera derivar en incumplimiento por parte de los diversos competidores.

Se deben tomar en cuenta los siguientes puntos en el momento de realizar una oferta con el menor precio posible:

- Precios de referencia (licitaciones pasadas)

- Reglas para fijar los precios aceptables o convenientes (precios ofertados por las propuestas solventes).

- Investigación de mercado (investigación de los precios que rigen en el mercado nacional, por parte de la entidad o dependencia convocante).

7.3.3.- Propuestas múltiples de precios

Este método es utilizado cuando conoces los descuentos que ofertan las empresas en ciertos tipos de licitaciones y no se sabe a ciencia cierta si van a participar o no en el proceso de licitación que interesa.

En este caso, se integran distintas propuestas económicas con la finalidad de decidir cuál presentar tomando en consideración a los participantes y sus posibles descuentos,

precios u ofertas de los que si se presenten en el acto.

8.- Evaluación cualitativa de proposiciones

8.1.- Definición

La evaluación cualitativa es el análisis técnico y económico de cada proposición conforme a los criterios de evaluación que se encuentran dentro de la convocatoria o bases de la Licitación Pública.

8.2.- Solvencia

A partir del análisis técnico y económico, es la característica que guardan las proposiciones que cumplen con todos y cada uno de los requisitos solicitados en la convocatoria o bases.

8.3.- Solvencia técnica

Es el cumplimiento de los requisitos solicitados, intervienen cuestiones técnicas (producto) legales (empresa) y administrativas (permisos, licencias, etc.)

8.4.- Solvencia económica

Es el cumplimiento de los precios ofertados, que se encuentren dentro del mercado, para esto la convocante realiza los estudios pertinentes y establece los precios convenientes para el producto o servicio licitado.

9.- Criterios de evaluación

9.1.- Dictamen

Una vez realizado el análisis técnico y económico en el resultado (dictamen) se indican las proposiciones que deban desecharse por incumplimientos que afecten la solvencia, conforme a las causales establecidas en la convocatoria a la Licitación Pública.

9.2.- Criterios de desechamiento

Los criterios para desechar las propuestas, se encuentran establecidos en la convocatoria o bases, la mayoría de las veces radican en el cumplimiento de los requisitos solicitados.

CRITERIOS DE DESECHAMIENTO	
<p>Los criterios de desechamiento se encuentran establecidos en la convocatoria o bases.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La falta de algún requisito. Escritos sin la leyenda "<i>bajo protesta de decir verdad</i>" Cuando se comprueben acuerdos entre los licitantes para aumentar los precios. Violaciones a las disposiciones de la ley Licitantes impedidos por la Función Pública.

Tabla 6: Criterios de desechamiento de la propuesta

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

9.3.- Criterios o sistemas de evaluación

Los criterios o sistemas de evaluación se encuentran dentro de la convocatoria o bases a la licitación y existen dos tipos, mismos que son los siguientes:

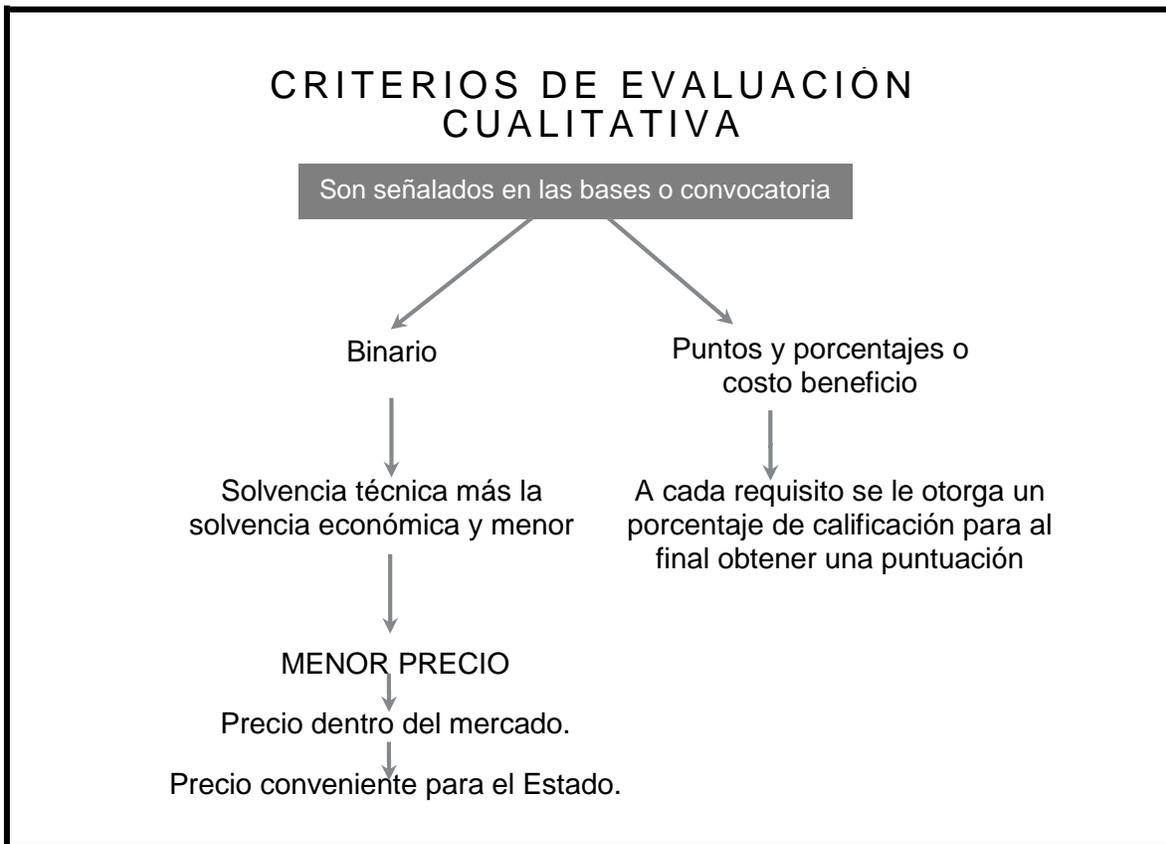


Figura 2: Criterio de evaluación binario (cumple no cumple)

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

9.4.- Criterio de evaluación binario (cumple, no cumple)

Este criterio es por medio del cual sólo se adjudica a quien cumpla los requisitos establecidos por la convocante y oferte el precio más bajo, en este esquema, solo se

evalúan al menos dos proposiciones cuyo precio resulte el más bajo; en caso de que estas no sean solventes se evaluarán las que sigan en precio.

Los precios ofertados deben estar dentro de mercado y deben ser convenientes para el Estado.

9.5.- Criterio de evaluación por puntos y porcentajes

Este criterio tiene como finalidad evaluar requisitos propios de los licitantes y consta de dos fases, la evaluación técnica y la evaluación económica.

A) Evaluación Técnica: La puntuación o unidades porcentuales en la propuesta técnica serán de cuando menos el 37.5 por ciento del 50 máximo.

Los rubros que deben ser considerados son los siguientes:

- Características del bien o bienes objeto de la propuesta técnica.
- Capacidad del licitante.
- Experiencia y especialidad del licitante.
- Cumplimiento de contratos.

B) Evaluación económica: El total de la puntuación obtenida en la evaluación económica deberá tener como valor numérico un máximo de 50, por lo que la propuesta económica que resulte ser la más baja de las técnicamente aceptadas, deberá asignársele la puntuación o las unidades porcentuales máximas.

10.- Dictamen o Fallo

10.1.- Definición

Una vez que se realizó la evaluación de las propuestas, el contrato se adjudica al licitante cuya oferta haya resultado solvente, porque cumple con los requisitos legales, técnicos y económicos establecidos en la convocatoria o bases a licitación y por lo tanto garantiza el cumplimiento de las obligaciones respectivas.

El fallo es el documento que contiene al licitante adjudicado o adjudicado en los procesos de compra que realiza el Gobierno en sus tres distintas instancias.

Dicho documento debe contener el dictamen técnico y económico que fue realizado en base a la revisión cualitativa de las propuestas que fueron evaluadas.

El fallo debe contener como mínimo lo siguiente:

- La relación de los licitantes cuyas propuestas fueron desechadas, expresando todas las razones legales, técnicas o económicas que sustentan esa determinación.
- La relación de licitantes cuyas propuestas resultaron solventes.
- Nombre de los licitantes a quien se adjudica el contrato, mencionando las razones que motivan la adjudicación.
- Fecha, hora y lugar para la firma del contrato.
- Fecha, hora y lugar para la presentación de garantías.
- Nombre, cargo y firma del servidor público que lo emite.

FALLO	Fecha de presentación de garantías
	Nombre y firma funcionario
	Fecha y firma del contrato
	Fecha de presentación de garantías
	Licitantes cuyas propuestas fueron
	Relación de licitante(s) adjudicados
	Relación de licitantes cuyas propuestas son
	Dictamen técnico
	Dictamen económico.

Tabla 7: Formato de fallo

Fuente: www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html

10.2.- Tipos de dictamen

En caso de que sea declarado desierto el proceso de compra, se señalan las razones que motivan dicha determinación.

En el fallo no se puede incluir información reservada o confidencial.

Con la notificación del fallo por el que se adjudica el contrato, las obligaciones derivadas de éste serán exigibles.

10.3.- Dictamen técnico

Es la relación de licitantes cuyas propuestas resultaron solventes por el cumplimiento de los requisitos solicitados en la convocatoria o bases a la licitación.

10.4.- Dictamen económico

Es la relación de precios ofertados por los licitantes cuyas propuestas resultaron solventes económicamente.

11.- Proyecto Ejecutivo

Descripción de la planeación integral del licitante para realizar los trabajos, incluyendo el procedimiento constructivo de ejecución de los trabajos, considerando las restricciones técnicas que procedan conforme al proyecto ejecutivo que establezca el SACMEX.

11.1.- Concurso

CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA R-11.

11.2.- Licitación

No. Licitación: **LO-909004999-N70-2012.**

La planeación integral de la Ingeniería tiene como premisa que toda obra que realiza da inicio con la planeación estratégica de la obra y actividades correlacionadas e inherentes a cada disciplina de ingeniería. Dicha Planeación Estratégica nos permite asegurar el buen término de la obra, cumpliendo con los niveles de calidad solicitados por el Gobierno del Distrito Federal a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México; sin conflictos laborales, accidentes, etc.

La metodología seguida por el departamento de Ingeniería, inicia con la aplicación del plan, en el cual se establecen las responsabilidades de todas las áreas que laboran en la empresa. A continuación, se analizan los documentos y alcances solicitados por el cliente, en este caso, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, ha entregado dentro de las bases de concurso el documento titulado "Términos de Referencia", en el cual se especifican los alcances, objetivo y las limitantes de proceso que se deben considerar para el diseño de las unidades de proceso y de toda la infraestructura relacionada.

De manera general, las etapas a seguir serán en primera instancia, la elaboración del proyecto de la planta de potabilizadora construcción de la planta potabilizadora R-11,

en seguida la aprobación del proyecto, el inicio de las obras correspondientes, posteriormente el equipamiento, la instrumentación y control, la capacitación al personal operador, puesta en marcha y estabilización de la planta y finalmente, la operación transitoria, después de la cual se realizara la entrega recepción de las instalaciones, así como de documentación y garantías.

Para llevar a cabo el proyecto el departamento de Ingeniería planea lo siguiente:

11.3.- Memoria técnica del proyecto

Para la preparación del área donde se ejecutará el proyecto en estudio, se deberán de llevar a cabo acciones preliminares, como las que se describen a continuación:

11.3.1.- Señalizaciones

Antes del inicio de los trabajos, deberán tomarse todas la precauciones necesarias para dar la máxima seguridad a peatones y trabajadores en la zona donde se llevara a cabo la obra, para la cual, es necesario la instalación de señales preventivas e informativas colocadas en vialidades cercanas a la zona de trabajo, en número y separación suficiente para informar y alertar a los transeúntes y automovilistas sobre la construcción de la obra, evitando con esto posibles accidentes; las señales preventivas e informativas serán a base de lámina calibre 14 de 1.20 x 0.80 m, poste tubular de 1 1/2" x 1/32", con letrero con pintura de esmalte reflejante "escotchlite" de un color (dos manos por dos caras herrajes y accesorios. Se seccionará el área de trabajo mediante la instalación de banda de plástico de 10 cm de ancho con letrero de peligro, sobre barrotes de madera de 4" x 2" x 1.50 m.

11.3.2.- Coordinación con las autoridades.

Se requerirá coordinación con la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal y las autoridades de la delegación Tláhuac, para que proporcionen el apoyo en las zonas donde existan conflictos de tipo vial, social y de inseguridad; en cuanto a interferencias con infraestructura urbana se tendrán que conciliar y obtener las autorizaciones correspondientes de TELMEX, PEMEX, etc., si se diera el caso.

11.3.3.- Se informarán a la delegación Tláhuac y a la población residente

Sobre el inicio y término de la obra por ejecutar, su objetivo, los desvíos de tránsitos propuestos y las vialidades alternas, si los hubiese, etc.

11.3.4.- Se liberarán las zonas de trabajo de todo tipo de obstáculos materiales

Tales como vehículos estacionados, materiales de construcción, basura u otros.

11.3.5.- Renta de sanitarios portátiles

Se colocarán sanitarios portátiles para satisfacer las necesidades de los trabajadores que laboran en la obra de proyecto (1 por cada 25 trabajadores).

11.3.6.- Colocación de bodega

Se instalarán bodegas para almacenamiento de material y equipo, necesarias, así como la oficina del residente.

12.- Procedimiento constructivo para la planta potabilizadora de proyecto

A continuación, se describe el procedimiento constructivo a utilizar en la ejecución de la obra:

Una vez restringidos los pasos peatonales, y delimitada la zona de obra, así como la colocación de las señalizaciones para el arranque de los trabajos, se procederá a realizar las siguientes actividades:

12.1.-Trazo y Nivelación

Se trazará y/o marcará en el terreno la ubicación de cada estructura que conforma la planta en estudio y se tomarán niveles para determinar el desplante de dichas estructuras.

12.2.- Demolición de concreto

Debido a que la planta se desplantará en un predio que ya estaba construido el piso de concreto, una vez trazado el proyecto se procederá a demoler el concreto de localizado en la zona de trabajo y el producto extraído se dispondrá a un sitio de tiro oficial avalado por el SACMEX.

12.3.-Remoción de pasto

Se procederá a realizar el retiro del pasto y deshierbe de la zona,

12.4.- Limpieza general del predio

Se realizará la limpieza del predio, así como el desmantelamiento y retiro estructuras existentes, que ya no serán ocupadas.

12.5.- Excavación para desplante para alojar las estructuras de la potabilizadora

Una vez realizadas las actividades preliminares se procede a realizar la excavación, como a continuación se describe:

12.6.- Excavación de la sección I

Excavación de las secciones extremas de la planta. Se deberá iniciar la excavación únicamente de la sección I del área de proyecto, en etapas, colocando marcos para el troquelamiento de cada etapa de excavación hasta alcanzar los niveles de proyecto. La contratista será responsable exclusiva del diseño de las etapas de excavación y de los marcos de troquelamiento de la tablestaca, hasta alcanzar el nivel de excavación máxima. Al alcanzar dicho nivel se deberá proceder de inmediato al colado de la losa de fondo. La losa de fondo se deberá realizar y concluir el mismo día; el inicio del colado deberá ser realizado no más de 2 hr. después de haber alcanzado el nivel de máxima excavación de la tablestaca. Una vez colada la losa de fondo se procederá a ejecutar el colado de los muros cabeceros y los segmentos de los muros laterales de la **sección I** ya excavada.

Dado que las etapas de excavación deberán ser seguidas de inmediato por el colado de la losa de fondo será necesario tener el acero de refuerzo previamente habilitado y haberse realizado las armaduras de refuerzo, a fin de que al alcanzar los niveles de proyecto se proceda de inmediato a su colocación en el fondo y el colado correspondiente. La tablestaca se deberá considerar como cimbra perdida para este proyecto. Una vez que se haya concluido el colado, se procederá a colocar un lastre cuya finalidad será evitar el proceso de emersión de la estructura; el material de lastre será mediante 70 cm de espesor de tezontle colocado a volteo en el interior de la sección I. Como lastre opcional se propone colocar 100 cm de lodo fraguante con resistencia a la compresión no confinada de entre 0.50 y 0.80 kg/cm² (dicha resistencia se obtiene 77% de agua, 8% de cemento y 15% de bentonita; dicha mezcla deberá ser previamente ensayada en laboratorio para verificar la resistencia antes indicada).

12.7.- Excavación de la sección II

A continuación, se procederá a excavar el suelo alojado en la sección II de la planta, hasta alcanzar el nivel de proyecto, sin retirar la tablestaca metálica que limita la sección I (dicha tablestaca deberá ser cortada y retirada hasta que se retire el material de lastre en caso de que dicho lastre sea mediante tezontle, o bien, podrá ser cortada y retirada al

alcanzar el nivel de excavación si se usa lodo fraguante). De inmediato se deberá realizar el colado de la losa de fondo de esta sección. Finalmente se procederá a colar los muros laterales de la sección II. Al concluir el colado de los muros se deberá colocar lastre en la sección II, similar al colocado en la sección I. Al concluir la obra civil de construcción de las estructuras adosadas se procederá a retirar el material de lastre alojado en las secciones I y III de la planta.

12.8.-Cimentación Profunda

Debido al peso de la estructura, se aplicará a la cimentación mayor peso del que el suelo acepta con solo cimentación superficial. Por esta razón se adoptó una cimentación constituida a base de compensada de concreto reforzado, hasta la profundidad proyectada.

12.9.- Suministro, fabricación, colado, vibrado y curado de concreto

Instalada la cimbra se procede al colado del concreto, el cual, para el caso específico de la planta, se hará en tres pasos:

- a. Colado de losa de fondo y colado de parte baja de muros a la altura del chaflán, con colocación de banda de P.V.C. ojilladas para unir juntas frías, colocada en todo el contorno de los muros.
- b. Colado de muros
- c. Colado de losa superior

En caso de realizar el colado de la losa de fondo y los muros en más pasos, es necesario instalar en cada junta fría una banda de P.V.C. ojilladas, para unir las juntas frías y evitar fugas.

12.10.- Para la fabricación del concreto

- a. El concreto cuyo volumen a colocar en un día o jornada exceda a 15 m³ deberá ser elaborado en planta (premezclado) y el que sea igual o menor podrá ser hecho en obra, siempre que se cuente con el equipo apropiado.
- b. El concreto cuya f'c de proyecto sea mayor o igual a 350 Kg/cm² deberá ser elaborado en planta (premezclado) y el que sea inferior podrá ser hecho en obra siempre que se cuente con el equipo apropiado.
- c. Las operaciones de transporte, colocación, compactación, acabado y curado deberán ser ejecutadas con los equipos mecánicos necesarios y adecuados

en función del volumen y del elemento estructural por colar.

12.11.- Relleno de excavaciones en estructuras

Se procede al relleno de los huecos ocasionados por las excavaciones hechas para el desplante de la estructura, con materiales de banco.

Los rellenos podrán ser formados con material de deben ser de material pétreo graduado de banco compactado o material grueso confinado tratándose de drenes, filtros o lloraderos.

No se permitirá el uso de cascajo o padecería de materiales de construcción como material de relleno en excavaciones para cimentaciones.

12.12.- Previamente a la ejecución de cualquier relleno, se deberán cumplir las siguientes disposiciones

- a) No se deberá efectuar algún relleno, sin autorización previa del Residente, en caso contrario éste podrá ordenar con cargo al Constructor, la total extracción del material utilizado en los rellenos autorizados.
- b) Todo el material para el relleno y el lugar que se va a rellenar deberá estar libre de materia orgánica y materiales sueltos, tales como los terrones, rocas, piedras y otros que en opinión del Residente deban retirarse.
- c) Los rellenos en las excavaciones donde estén alojadas las estructuras, deberán efectuarse con los materiales y a los grados de compactación indicados en el proyecto y/o ordenado por el Residente.
- d) Si la estructura se ha tratado con impermeabilizantes o tiene una cubierta especial para drenarla o protegerla, el relleno se hará de tal manera de no causarle daño alguno a dicha protección o terminado.
- e) Al rellenar la excavación que sirvió para alojar una estructura o dueto, no se permitirá el paso de equipo pesados sobre ella en tanto no se haya alcanzado el colchón mínimo fijado en el proyecto y/o ordenado por el Residente.

12.13.- Los rellenos en estructuras en general

- a) Los rellenos deberán hacerse por capas de espesores no mayores de 20 cm
- b) El material deberá tener la humedad óptima para obtener el 90% de compactación de acuerdo a la prueba proctor estándar, fijada en el proyecto y/o señalado por el Residente.

- c) Los rellenos a volteo sin compactar, solamente se ejecutarán cuando lo indique el proyecto y/o los apruebe el Residente en los lugares que se señalen.

12.14.-Restitución de superficie

Se complementará el relleno para alcanzar la rasante del pavimento y/o superficie para realizar la sustitución de la misma. Para este propósito se verificarán los espesores de proyecto de cada capa a restituir. Previamente a la reposición del pavimento asfáltico, se colocará un material de banco con calidad de base, con un espesor de 0.25 cm como mínimo. Para la reposición del pavimento se podrán fabricar mezclas asfálticas de materiales pétreos y productos asfálticos en el mismo lugar de la obra, empleando conformadoras o mezcladoras ambulantes. Las mezclas asfálticas formarán una carpeta compactada con el mínimo de vacíos, ya que los materiales usados deberán ser graduados para que sea uniforme a las deformaciones producidas por las cargas y sea prácticamente impermeable.

12.15.- Obra civil del centro de control de motores (CCM), área de operadores, baño y la barda perimetral

Comprende a la construcción de la obra negra y acabados de estas instalaciones, su cimentación será a base de cimientos de piedra braza, con estructura a base de marcos rígidos de concreto reforzado y muros de tabique rojo recocido con acabado fino, los baños contarán con las instalaciones hidrosanitarias necesaria.

12.16.- Equipamiento electromecánico

Se instalará el equipamiento necesario para el funcionamiento de la planta. El suministro e instalación del equipo electromecánico comprende la instalación del sistema eléctrico, subestación y centro de control, además del equipo de bombeo. Así mismo se incluye la construcción de las vialidades internas y otros acabados finales.

12.17- Obra hidrosanitaria

Se requerirá de la instalación hidráulica y de drenaje dentro de la planta en construcción.

12.18.- Introducción de la tubería del influente y efluente

- a) Se demolerá el pavimento de la vialidad, en un espesor de 0.20 m.

- b) Si se detecta el nivel de aguas freáticas se deberá de tomar en cuenta algún sistema de bombeo para abatir el nivel freático, para desplantar las tuberías.
- c) Considerando que se requieran excavaciones de profundidad de 1.70 m, el material A es el blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado
- d) Al llegar al nivel de proyecto, se deberá construir una plantilla con material producto de la excavación de 10.00 cm de espesor y compactarlo al 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) en relación con el ensayo de compactación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) Estándar.

Es preciso detallar que el influente se tomará de una línea que distribuye a las colonias aledañas y que su gasto proviene del pozo R-11 y el efluente se contactará a la misma línea de distribución, pero dicha interconexión se realizará antes de la llegada a la caja de medición automatizada existente que se ubica al frente del predio en estudio. Para esta interconexión se adecuará una caja de válvulas existente.

12.19.- Limpieza de la obra

En toda obra el constructor se compromete a mantener ordenada la zona de influencia de construcción de la obra y efectuar una limpieza general. En toda obra cuando se termine un concepto de construcción (por ejemplo: excavación, colados, montajes de estructuras, etc., debe efectuarse una limpieza y retirar todo el material que no se vaya a ocupar posteriormente. Para el tipo de limpieza que deba ejecutarse, se empleará el equipo y herramienta adecuados y necesarios, previamente autorizados por el supervisor. Al concluir los trabajos de la obra, es responsabilidad del Constructor el dejar totalmente limpia y libre de escombros y basura el área de la obra, siendo el Residente quien se encargará de supervisar y dar visto bueno a esta actividad.

Integración de dossier de aseguramiento de calidad

- Documentación del área eléctrica de la planta potabilizadora de agua
- Documentación del área civil de la planta potabilizadora de agua
- Documentación del área de procesos unitarios de la planta potabilizadora de agua
- Documentación del área de metal mecánica de la planta potabilizadora de agua
- Documentación del área de control y automatización de la planta potabilizadora de agua

- Superintendencia de Obra
- Organizando y coordinando el trabajo de los empleados de la planta potabilizadora en el proyecto de construcción.
- Mantenimiento de los registros de costos sobre el trabajo realizado.
- Responsable del control de los costes de materiales y salarios.
- Inspecciona los trabajos de construcción para reforzar la conformidad con las especificaciones del proyecto y normatividades del cliente en este caso particular, del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)
- Gestión de cobro generación de estimaciones y generación de reportes soporte fotográfico de seguimiento de obra

13.- Propuesta técnica del proceso

Para poder realizar la propuesta técnica del tren de procesos unitarios de tratamientos de agua, el SACMEX proporciona tabla de calidad de resultados histórica, que muestra los parámetros de los componentes que salen fuera de norma para consumo humano, estas muestras son recabados por el SACMEX, durante las épocas de estiaje (aguas bajas) y épocas de aumento de caudal (aguas altas), en nuestro caso de estudio tomamos las condiciones críticas de operación que son las épocas de estiaje debido a que es cuando los parámetros de calidad de agua salen fuera de norma así aseguramos que en cualquier período del año se tenga agua con calidad para uso y consumo humano, a continuación se muestran solamente los parámetros que se encuentran fuera de límite permisible de la norma oficial mexicana NOM-127-SSA-1994 MODIFICADA EN 2000.

.PARÁMETRO	UNIDAD	INFLUENTE ESPERADO	EFLUENTE REQUERIDO
pH	Adim.	8.3-8.8	6.5 a 8.5
Color	U Pt/Co	5-35	Menor o igual a 10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.4-4.9	Menor que 0.5
Nitrógeno proteico	mg/l	0.1-0.5	Menor que 0.1
Coliformes totales	Col/100ml	10	Ausencia o no detectables.
Coliformes fecales	Col/100ml	Positivo	Ausencia o no detectables.

Tabla 8: Resumen de calidad del agua para la planta R-11

Fuente: Laboratorio Central del Sistema de Aguas de la Ciudad de México

En el caso del pozo R-11 los parámetros que exceden los máximos permisibles son el pH, color, nitrógeno amoniacal, nitrógeno proteico y coliformes fecales; razón por la que se hace necesario la construcción y equipamiento de la planta potabilizadora a pie de pozo

"R-11", con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de entrega de agua a los habitantes de la delegación Tláhuac.

Para esta planta se propone un proceso que removerá principalmente estos compuestos. El sistema de tratamiento se compone de los siguientes procesos

- Desorción Catalítica
- Filtración
- Carbón Activado
- Desinfección

Como se muestra en diagrama de bloques Figura 3 a continuación:

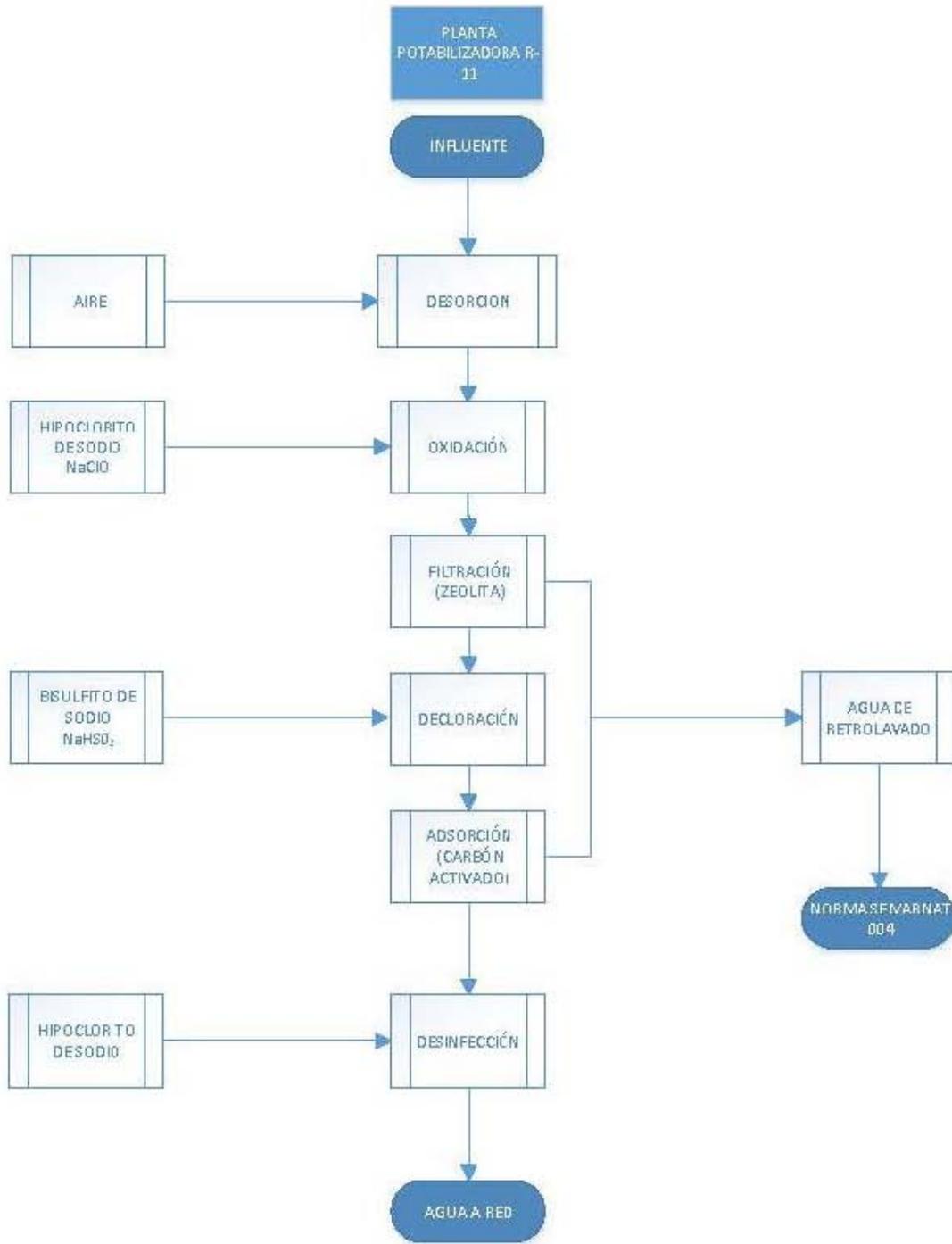


Figura 3: Diagrama de bloques del tren de proceso
 Fuente: Elaboración propia

Se inicia la potabilización por medio de una desorción catalítica en el cual se pretende remover nitrógeno amoniacal mediante una corriente de aire pasado a contracorriente en el cual arrastrará el gas, así removiendo un 50% aproximadamente del contaminante, este proceso unitario estará empacado con un lecho de material inerte (anillo Pall) para aumentar el tiempo de contacto.

El segundo proceso es una oxidación con hipoclorito de sodio (NaOCl) con la adición de este compuesto reaccionara el nitrógeno amoniacal teniendo una remoción de hasta un 30% del contaminante que aun lleva el líquido y removiendo 80% de nitrógeno proteico, 80% de coliformes totales y 80% fecales.

El tercer proceso está compuesto por una filtración a presión en el cual hay una remoción de parte nitrógeno amoniacal llegando así a la norma requerida y los sólidos suspendidos contenidos en el líquido y generados en los procesos anteriores, estando conformado por un lecho de zeolita clinoptilolita (material filtrante), este compuesto es elegido debido a su afinidad por la remoción de nitrógeno amoniacal entre otros componentes que por lo regular se presentan como contaminantes en el agua, siendo un material que tiene propiedades de intercambio iónico y adsorbentes. Este proceso será de auto lavado así garantizamos una limpieza del lecho filtrante según se requiera ya sea por tiempo de filtrado (carrera de filtrado) o por diferencial de presión (saturación de lecho filtrado)

Se adicionará un declorador (bisulfito de sodio), ya que se debe eliminar el cloro sin reaccionar con el nitrógeno amoniacal, esto con la finalidad de eliminar remanentes de cloro pues este tiende a reaccionar con uno de los materiales contenidos en el próximo proceso, generando así compuestos cancerígenos.

Se le da un pulimiento al agua con una torre de adsorción empacada con carbón activado (este compuesto tiende a reaccionar con el cloro libre, por lo que se debe de eliminar todo remanente de este antes de pasar por el proceso), aquí se remueve principalmente, turbiedad que haya quedado en el líquido después del proceso de filtración y color esto con el fin de darle un pulimiento al agua.

Por último, se pasa por el proceso de desinfección, en este proceso se le adiciona nuevamente hipoclorito de sodio con la finalidad de que el líquido lleve un cloro libre para el recorrido que hará hasta la toma de consumo de usuario final. El cloro libre sirve como bactericida de compuestos o algas que se generan en la tubería durante el recorrido por eso es importante de adicionar este elemento y así asegurar un agua conforme a la norma requerida.

Se estima que con este proceso se obtendrán porcentajes de remoción de 85% para nitrógeno amoniacal, la ausencia de Coliformes totales y fecales siendo suficiente para alcanzar la calidad requerida de acuerdo a Norma. Todos los demás parámetros reportados por en los términos de referencia se encuentran dentro del rango aceptado por la norma mexicana NOM-127-SSA-1994 MODIFICADA EN 2000 no siendo necesario un tratamiento especial para esos parámetros, con esto se cumpliría con la calidad de agua requerida para suministro a la población.

El trabajo realizado contempla la rehabilitación y mantenimiento del sistema eléctrico actual y cumplirá los requerimientos de alumbrado y suministro de energía a equipos para operar la planta.

La planta potabilizadora es controlada automáticamente mediante una pantalla táctil, en el arranque y paro de la bomba de pozo, apertura y cierre de válvulas con actuadores eléctricos, en el sistema de retrolavado de los filtros a presión, en el sistema de dosificación de hipoclorito de sodio del proceso de desinfección.

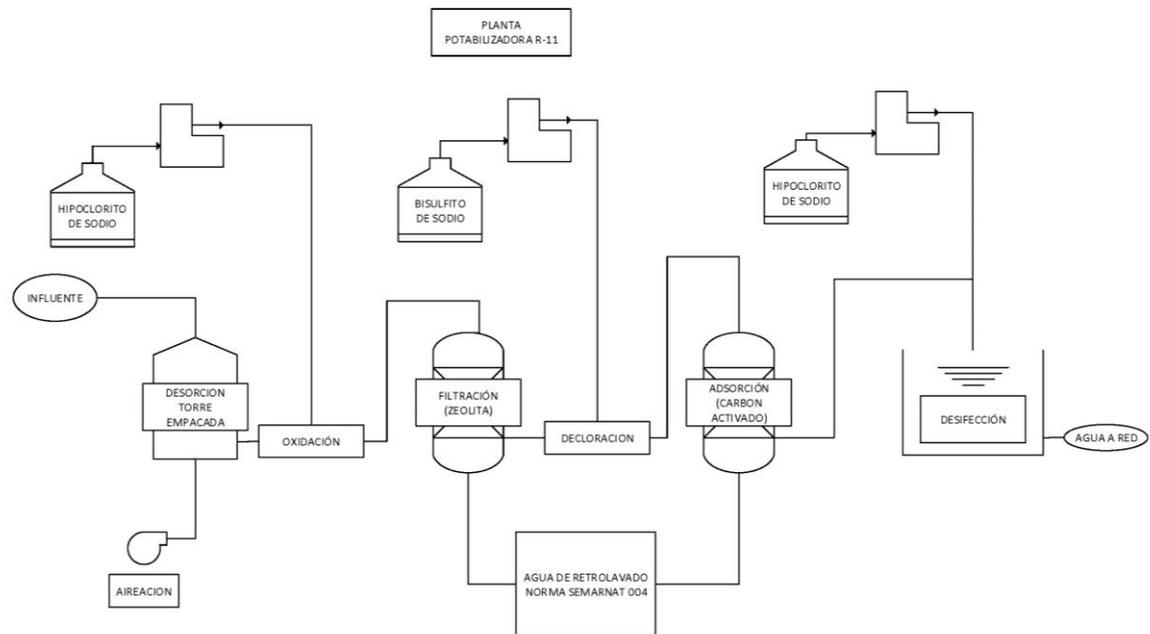


Figura 4: Diagrama de esquemático, procesos unitarios de tratamientos de agua para uso y consumo humano
Fuente: Elaboración propia

13.1.- Memorias de cálculo dimensionamiento

13.1.1.- Memoria de cálculo de las torres de desorción

Como se muestra en el Plano 3 y el Plano 4 (equipo TD-200 A/B, plano DFP-R11-DFP-02 y DFP-R11-DTI-04) y de acuerdo con los cálculos presentados a continuación, se observa que esta operación se llevará a cabo con dos columnas de desorción empacadas (anillos pall), una de las cuales estará en operación y la otra se dejará en reserva, cada columna contará con su respectiva línea para alimentación de aire y alimentación de líquido, en la línea de alimentación de líquido se contará con válvula de mariposa accionada por motor para cierre y apertura del flujo.

Datos de Diseño

Símbolo	Datos de Diseño	Valor	Unidades
n	No de tanques	1	
Q	Caudal	0.04	m ³ /s
T	Temperatura	20	°C
P	Presión	585	mmHg
g	Constante de gravedad	9.81	m/s ²
F	Factor de diseño	10%	
η	% de remoción	90.00%	

Propiedades del líquido		Agua	H ₂ O
L	Flujo del líquido		0.044 m ³ /s
ρ _L	Densidad del líquido		997.49 kg/m ³
μ _L	Viscosidad del líquido		0.001 kg/ms
PM _L	Peso molecular del líquido		18.016 kg/kmol
σ _L	Tensión superficial del líquido		0.079 kg/s ²

Propiedades del gas		Aire
ρ _G	Densidad del Gas	0.93 kg/m ³

μ_G	Viscosidad del gas	1.71×10^{-5}	kg/ms
PM_G	Peso molecular del gas	29	kg/kmol
T_c	Temperatura crítica del gas	132.43	K
V_c	Volumen crítico del gas	93.404	cm ³ /mol

Propiedades del contaminante		Nitrógeno Amoniacal	NH₃
PM_C	Peso molecular del contaminante	17.03	kg/kmol
H	Constante de Henry del contaminante	0.75	atm
c_i	Concentración de contaminante en el líquido a la entrada	5.00	ppm
c_f	Concentración de contaminante en el líquido a la salida	0.10	ppm
y_i	Concentración de contaminante en el gas a la entrada	0.00	ppm
D_C	Difusividad del contaminante	6.25×10^{-1} 6.25×10^{-5}	cm ² /s m ² /s
T_c	Temperatura crítica del contaminante	405.06	K
V_c	Volumen crítico del contaminante	72.50	cm ³ /mol
ρ_C	Densidad del contaminante	0.545	kg/m ³
η	Porcentaje de remoción	98.00%	

Propiedades del empaque (anillos Pall)

D_p	Diámetro del empaque	0.0254	
a_t	Área húmeda del empaque	206	m ² /m ³
c_f	Constante de empaque	52	
Δp	Caída de presión del empaque	1200	(N/m ²)/m
σ_e	Tensión superficial del empaque	0.9	Kg/s ²

Cálculo de las condiciones de entrada y salida

Moles de líquido (H₂O)

$$x_L = \rho_L / PM_L$$

Donde:

x_L Moles del líquido (H₂O)

ρ_L Densidad del líquido (H₂O)

PM_L Peso molecular del líquido (H_2O)
 $x_L = 997.49 \text{ kg/m}^3 / 18.016 \text{ kg/mol} = 55.37 \text{ kmoles del líquido } (H_2O)$

Concentraciones del gas (NH_3) a la entrada y a la salida

$$x_{ci} = (C_i \times 0.001 / PM_c) / [x_L + (C_i \times 0.001 / PM_c)] =$$

Donde:

x_{ci} Moles del contaminante a la entrada
 C_i Concentración del contaminante a la entrada
 x_L Moles del líquido
 PM_c Peso molecular del contaminante

$$x_{ci} = (5 \text{ ppm} \times 0.001 / 17.03 \text{ kg/kmol}) / [55.37 \text{ kmoles del líquido} + (5 \text{ ppm} \times 0.001 / 17.03 \text{ kg/kmol})] = 5.3 \times 10^{-6} \text{ kmol}_c / \text{kmol}_L$$

$$x_{cf} = (C_f \times 0.001 / PM_c) / [x_L + (C_f \times 0.001 / PM_c)]$$

Donde:

x_{cf} Moles del contaminante en la salida
 C_f Concentración del contaminante a la salida
 x_L Moles del líquido
 PM_c peso molecular del contaminante

$$x_{cf} = (0.10 \text{ ppm} \times 0.001 / 17.03 \text{ kg/kmol}) / [55.37 \text{ kmoles del líquido} + (0.10 \text{ ppm} \times 0.001 / 17.03 \text{ kg/kmol})] = 1.06 \times 10^{-7} \text{ kmol}_c / \text{kmol}_L$$

Cálculo de los moles del contaminante en el gas (aire) con la Ley de Henry

$$y_e = (H/P) x_{ci}$$

Donde:

y_e kmoles del contaminante en el gas de salida
 H Constante de solubilidad de Henry para el contaminante
 P Presión barométrica
 x_{ci} kmoles del contaminante en el líquido de entrada

$$y_e = (0.75 \text{ atm} / (585 \text{ mmHg})) (1.316 \times 10^{-3} \text{ atm/mmHg}) \times 5.30 \times 10^{-6} \text{ kmol}_c / \text{kmol}_L = 5.17 \times 10^{-6} \text{ kmol}_c / \text{kmol}_G$$

Cálculo de la razón molar $(G/L)_m$

$$(G/L)_m = (x_{ci} - x_{cf}) / (y_e - y_0); \text{ como } y_0 = 0 \quad (G/L) = (x_{ci} - x_{cf}) / y_e, \text{ donde:}$$

$(G/L)_m$ Razón molar Gas – Líquido
 x_{ci} Moles de contaminante en la entrada del líquido
 x_{cf} Moles del contaminante en la salida del líquido
 y_e Moles del contaminante en la entrada del gas

y_0 Moles del contaminante en la salida del gas

$$(G/L)_m = (5.30 \times 10^{-6} - 1.06 \times 10^{-7}) / 5.17 \times 10^{-6} = 1.01 \text{ kmol}_G / \text{kmol}_L$$

Cálculo de la razón volumétrica $(G/L)_v$

Cálculo de la razón volumétrica del gas a 20°C y $n=1$ mol

$v_G = (G/L)_m (PM_G / \rho_G)$, donde:

v_G Razón volumétrica del gas

PM_L peso molecular del líquido

ρ_L Densidad del líquido

$(G/L)_v$ Razón volumétrica

$$(G/L)_v = 31.43 \text{ m}^3_G / \text{kmol}_L (997.49 \text{ kg/m}^3 / 18.016 \text{ kg/kmol}_L) = 1740.20 \text{ m}^3_G / \text{m}^3_L$$

Cálculo del flujo de gas

$G = (G/L)_v * L$, donde:

G Flujo del gas

$(G/L)_v$ Razón volumétrica

L Flujo del líquido

$$G = 1740.20 \times 0.044 \text{ m}^3/\text{s} = 76.5689 \text{ m}^3/\text{s}; \quad 162240.22 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Cálculo de las dimensiones de la torre y altura del empaque

Según Metcalfe, en la práctica los valores del factor de desorción varían entre 1.5 y 5.0, por lo tanto, para este caso tomaremos la media:

$$S = 3.25$$

Cálculo de la x_{axial} y la y_{axial}

De la fórmula

$$S = (G/L)(H/P)$$

Obtenemos la razón de carga Líquido-Gas (L'/G')

$(G'/L') = (H/P)/S$, donde:

(G'/L') Razón de cargas Líquido-Gas

H Constante de Henry

P Presión barométrica

S Factor de desorción

$$(L'/G') = (0.75 \text{ atm} / 0.77 \text{ atm}) / 3.25 = 0.30$$

$$x_{\text{axial}} = (L'/G') (\rho_G / \rho_L)^{0.5}$$

$$x_{\text{axial}} = (0.30) (0.93 / 997.49)^{0.5} = 0.01$$

Con la $\Delta P = 1200 \text{ N/m}^2/\text{m}$ y la x_{axial} en la gráfica de Ecker (1975) obtenemos el valor de y_{AXIAL} .

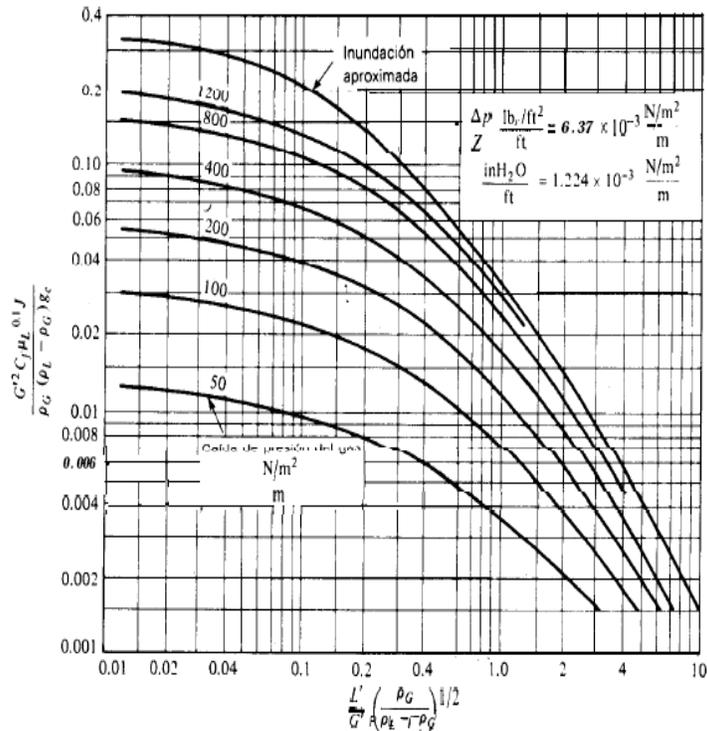


Tabla 9: Inundación y caída de presión en torres con empaques al azar (coordenadas de Ecken, Chemical Process Division, Norton Co.) para unidades SI (kg, m, s), $g_c = 1$, $C_f = 1$, $J = 1$. Para $G' = \text{lbm/ft}^2 \cdot \text{h}$, $e = \text{lbm/ft}^3$, $\mu_L = \text{centp.}$, $g_c = 4.18 (108)$

Fuente: Operaciones de transferencia de masa, Robert E. Treybal.

$$y_{\text{axial}} = 0.35$$

Determinación de las cargas

Carga de la fase gaseosa

$$G' = (y_{\text{axial}} \cdot \rho_G (\rho_L - \rho_G) / (C_f \mu_L^{0.1}))^{0.5}, \text{ donde:}$$

G' Carga de la fase gaseosa

ρ_G Densidad del gas

ρ_L Densidad del líquido

C_F	constante del empaque
μ_L	Viscosidad del líquido

$$G' = (0.35 \cdot 0.93 \text{ kg/m}^3 (997.49 \text{ kg/m}^3 - 0.93 \text{ kg/m}^3) / (52 \cdot (0.001 \text{ kg/m s})^{0.1}))^{0.5} = 3.52 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Carga de la fase líquida

$L' = G' / (G'/L')$, donde:

L'	Carga en la fase gaseosa
(G'/L')	Razón de carga Líquido-Gas

$$L' = 3.52 \text{ kg/m}^2 \text{ s} / 0.30 = 11.75 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Determinación del área con los datos obtenidos

$A = (L \times \rho_L) / L'$, en donde:

A	Área de la torre
L	Flujo del líquido
ρ_L	Densidad del líquido
L'	Carga de la fase líquida

$$A = (0.044 \text{ m}^3/\text{s} \times 997.49 \text{ kg/m}^3) / 11.75 \text{ kg/m}^2 \text{ s} = 3.73 \text{ m}^2$$

De la fórmula del área de la circunferencia:

$A = (\pi D^2) / 4$, obtenemos el diámetro:

$D = (4A/\pi)^{0.5}$, en donde:

D	Diámetro de la torre
A	Área de la torre
Π	Constante pi

$$D = ((4 \cdot 3.73 \text{ m}^2) / 3.1416)^{0.5} = 2.18 \text{ m}$$

Determinación de la altura del empaque

Determinación del número de unidades de transferencia (NTU)

$NTU = (S / (S-1)) \ln(((c_i/c_f)(S-1)+1)/S)$, en donde:

NTU	Número de unidades de transferencia
S	Factor de desorción
c_i	Concentración del contaminante en la entrada
c_f	Concentración del contaminante en la salida

$$NTU = (3.25 / (3.25-1)) \ln(((5/0.10)(3.25-1)+1)/3.25) = 5.13$$

Cálculo de coeficientes de transferencia de película

Coeficiente de transferencia de película en la zona gaseosa

$$D_G = (0.01498 T^{1.81} ((1/PM_C) + (1/PM_G))^{0.5} / (P(T_{CG} T_{CC})^{0.1405} (V_{CG}^{0.4} + V_{CC}^{0.4})^2))$$

En donde:

D_G	Difusividad del gas
T	Temperatura
PM_C	Peso molecular del contaminante
PM_G	Peso molecular del gas
P	Presión
T_{CG}	Temperatura crítica del gas
T_{CC}	Temperatura crítica del contaminante
V_{CG}	Volumen crítico del gas
V_{CC}	Volumen crítico del contaminante

$$D_G = (0.01498 (293.150 \text{ K})^{1.81} ((1/17.03 \text{ kg/kmol}) + (1/29 \text{ kg/kmol}))^{0.5} / (0.77 \text{ atm} * (132.43 \text{ K} * 405.6 \text{ K})^{0.1405} ((93.404 \text{ cm}^3/\text{mol})^{0.4} + (72.5 \text{ cm}^3/\text{mol})^{0.4})^2) = 0.275 \text{ cm}^2/\text{s}; 2.75 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Coeficiente de transferencia en la fase gaseosa

$$K_G = K_O (G' / (a_t \mu_G))^{0.7} (\mu_G / (\rho_G D_G))^{(1/3)} (a_t D_p) (a_t D_G), \text{ en donde:}$$

K_G	Coeficiente de transferencia en la fase gaseosa
K_O	Constante de Onda
G'	Carga de la fase gaseosa
a_t	Área húmeda
μ_G	Viscosidad del gas
ρ_G	Densidad del gas
D_G	Difusividad del gas
D_p	Diámetro del empaque

$$K_G = 5.23 * (3.52 \text{ kg/m}^2\text{s} / (206 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 1.71 \times 10^{-5} \text{ kg/m s}))^{0.7} [1.71 \times 10^{-5} \text{ kg/m s} / (0.93 \text{ kg/m}^3 * 2.75 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})]^{(1/3)} (206 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 0.0254 \text{ m}) (206 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 2.75 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}) = 17.09 \text{ m/s}$$

Coeficiente de transferencia de película en la zona líquida

Área húmeda por el modelo de Onda

$$a_w / a_t = 1 - \exp\{-1.45 (\sigma_e / \sigma_L)^{0.75} (L' / a_t \mu_L)^{0.1} (L'^2 a_t / \rho_L^2 g)^{-0.05} (L'^2 / \rho_L \sigma_L a_t)^{0.2}\}$$

$$a_w = [1 - \exp\{-1.45 (\sigma_e / \sigma_L)^{0.75} (L' / a_t \mu_L)^{0.1} (L'^2 a_t / \rho_L^2 g)^{-0.05} (L'^2 / \rho_L \sigma_L a_t)^{0.2}\}] a_t$$

Donde:

a_w	Área húmeda modelo de Onda
σ_e	Tensión superficial del empaque
σ_L	Tensión superficial del líquido

L'	Carga en la fase líquida
a _t	Área húmeda
μ _L	Viscosidad del líquido
ρ _L	Densidad del líquido
g	Constante de gravedad

$$a_w = [1 - \exp\{-1.45(0.9 \text{ kg/s}^2 / 0.079 \text{ kg/s}^2)^{0.75}(11.75 \text{ kg/m}^2\text{s} / 206 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 0.001 \text{ kg/m s})^{0.1}((11.75 \text{ kg/m}^2\text{s})^2 * 206 \text{ m}^2/\text{m}^3 / (997.49 \text{ kg/m}^3)^2 * 9.81 \text{ m/s}^2)^{-0.05}((11.75 \text{ kg/m}^2\text{s})^2 / 997.5 \text{ kg/m}^3 * 0.079 \text{ kg/s}^2 * 206 \text{ m}^2/\text{m}^3)^{0.2}\} * 206 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 205.80 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Coefficiente de transferencia líquida

$k_L = 5.1 \times 10^{-3} (L' / a_w \mu_L)^{(2/3)} (\mu_L / \rho_L D_c)^{-0.5} (\rho_L / \mu_L g)^{-(1/3)}$, en donde:

k _L	Coefficiente de transferencia en la fase líquida
L'	Carga de la fase líquida
a _w	Área húmeda modelo de Onda
μ _L	Viscosidad del líquido
ρ _L	Densidad del líquido
g	Constante de gravedad
D _c	Difusividad del contaminante

$$k_L = 5.1 \times 10^{-3} (11.75 \text{ kg/m}^2\text{s} / (205.80 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 0.001 \text{ kg/m s}))^{(2/3)} (0.001 \text{ kg/m s} / (997.5 \text{ kg/m}^3 * 6.25 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}))^{-0.5} (997.49 \text{ kg/m}^3 / (0.001 \text{ kg/m s} * 9.81 \text{ m/s}^2))^{-(1/3)} = 1.27 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

Coefficiente de transferencia total

$K_{LT} = 1 / [(1/k_L) + (1/Hk_G)]$, en donde

K _{LT}	Coefficiente de transferencia total
k _L	Coefficiente de transferencia en la fase líquida
k _G	Coefficiente de transferencia en la fase gaseosa
H	Constante de Henry para contaminante

$$K_{LT} = 1 / [(1/1.27 \times 10^{-2} \text{ m/s}) + (1/0.75 \text{ atm} * 17.09 \text{ m/s})] = 1.27 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

Altura de las unidades de transferencia

$HTU = L / [K_{LT} a_w A]$, en donde

HTU	Altura de las unidades de transferencia
L	Flujo de líquido
K_{LT}	Coefficiente de transferencia total
A	Área de la Torre
a_w	Área húmeda por el modelo de Onda

$$HTU = 0.044 \text{ m}^3/\text{s} / [1.27 \times 10^{-2} \text{ m/s} * 205.80 \text{ m}^2/\text{m}^3 * 3.73 \text{ m}^2] = 0.0045 \text{ m}$$

Altura del empaque

$Z = NTU \times HTU$, donde:

Z	Altura del empaque
NTU	Número de unidades de transferencia
HTU	Altura de unidades de transferencia
$Z = 0.0045 \times 5.13 \text{ m} = 0.02 \text{ m}$	

Resumen

Símbolo	Datos de Diseño	Valor	Unidad
Condiciones de entrada y salida			
x_{ci}	Moles de contaminante a la entrada en el líquido	5.3×10^{-6}	mol NH ₃ /mol H ₂ O
x_{cf}	Moles de contaminante a la salida en el líquido	1.1×10^{-7}	mol NH ₃ /mol H ₂ O
y_e	Moles de contaminante a la salida en el gas	5.2×10^{-6}	mol NH ₃ /mol AIRE
$(G/L)_v$	Relación Líquido Gas volumétrica	1740.20	
G	Flujo del gas	76.57	m ³ /s

Dimensiones del tanque

L'	Carga en la fase líquida	11.75	kg/m ² s
G'	Carga en la fase gaseosa	3.52	kg/m ² s
A	Área de la torre	3.73	m ²
D	Diámetro de la torre	2.18	m

Coefficientes de transferencia

a_w	Área húmeda modelo de Onda	205.80	m ² /m ³
S	Factor de desorción	3.25	

K_L	Coeficiente de transferencia en la fase líquida	1.3×10^{-2}	m/s
K_G	Coeficiente de transferencia en la fase gaseosa	17.0	m/s
K_{LT}	Coeficiente de transferencia total	1.3×10^{-2}	m/s

Altura del empaque

NTU	Número de unidades de transferencia	5	
HTU	Altura de unidades de transferencia	4.50×10^{-3}	m
Z	Altura del empaque	0.02	m

Referencias

(Barderas, 1990) (Eddy, 2003) (M. Anis Al-Layla, 1978) (Treybal, 1980) (U S Army Corps of Engineers, 2001) (S, 1996)

13.1.2.- Memoria de cálculo hipoclorito para oxidación.

En el DFP (Plano 3, PR-R11-DFP-03) y el DTI (Plano 4, PP-R11-DTI-04) se observa que para esta operación se contará con un tanque (TQ-400) para la dosificación de hipoclorito. Se contará además con un tanque de balance (TB-500) para lograr el tiempo de retención adecuado de la solución de hipoclorito en esta etapa. LA dosificación de la solución de hipoclorito se realizará de acuerdo con los siguientes cálculos.

Símbolo	Datos de diseño	Valor	Unidad
Q_o	Gasto de operación	40.00	lps
F_s	Factor de seguridad	1.10	adim
Q_d	Gasto de diseño	44.00	L/s
dh:	Densidad de solución de hipoclorito de sodio al 13.0%	1210	kg/m ³
NAME	Concentración máxima de nitrógeno amoniacal de entrada	5.00	mg/L
NAme	Concentración mínima de nitrógeno amoniacal de entrada	0.50	mg/L
NAMs	Concentración máxima de nitrógeno amoniacal de salida	0.40	mg/L
HNA	Hipoclorito requerido estequiométricamente por N-NH ₃	7.60	mg/L
HNApNH ₃	Hipoclorito requerido para proyecto N-NH ₃	8.36	mg/L
CMe	Unidades de color máximas a la entrada	35.00	UPtCo
Cme	Unidades de color mínimas a la entrada	5.00	UPtCo
CMs	Unidades de color máxima a la salida	9.00	UPtCo
HC	Hipoclorito requerido por color	0.25	mg/L

HNApC: Hipoclorito requerido para proyecto por color
 3.60E+04 Factor de conversión segundos por hora
 1.00E+06 Factor de conversión miligramos por kilogramo

$$DMC = 44 \cdot (35-9) \cdot 0.275 \cdot (3600/1000000) = 1.03 \text{ kg/h}$$

Demanda mínima de hipoclorito para color

$$DMC = Qd \cdot (Cme - CMs) \cdot HNApC \cdot (3600/1000000)$$

DmC: Demanda mínima de hipoclorito para remover Color
 Qd: Gasto de diseño
 CMe: cantidad mínima de color a la entrada
 CMs: cantidad mínima de color a la salida
 HNApC: Hipoclorito requerido para proyecto por color
 3.60E+04 factor de conversión segundos por hora
 1.00E+06 factor de conversión miligramos por kilogramo

$$DmC = 44 \cdot (5-36) \cdot 0.275 \cdot (3600/1000000) = 0.00 \text{ kg/h}$$

NO SE REQUIERE

Hipoclorito total =

$$DTT = DMNA + DMC$$

DTT Demanda total de hipoclorito de sodio
 DMNA: Demanda máxima de hipoclorito para oxidar N-NH₃
 DMC: Demanda máxima de hipoclorito para remover Color

$$DTT = 5.54 + 1.03 = 6.57 \text{ kg/h}$$

Consumo de hipoclorito de sodio al 13.0%

$$DHs = DTT / (0.13 \cdot dh) \cdot 1000 \cdot 24$$

DHs: Volumen total de hipoclorito de sodio al 13.0 %
 DTT: Demanda total de hipoclorito de sodio

dh: Densidad de solución de hipoclorito de sodio al 13.0%
 1.00x10³ Factor de conversión de metros cúbicos por litro

$$DHs = 1.35 / (0.130 * 1210) * 1000 * 24 \qquad 1002.00 \text{ L/d}$$

Referencias

(Eddy, 2003) (M. Anis Al-Layla, 1978) (Valencia, 2000)

13.1.3.- Memoria de cálculo de filtración.

En el presente tren de proceso para potabilización se contempla una etapa de filtración a presión empacados con zeolita. Como se muestra en el Plano 3 (PP-R11-DFP-03) y el Plano 5 (PP-R11-DTI-05), para esta operación se contarán con cuatro filtros a presión (FP-700A, B, C, D) cada uno de los cuales manejará un caudal de 11 LPS para satisfacer la demanda del proceso. las dimensiones de cada uno de estos filtros se dan en base a los siguientes cálculos.

Datos de Diseño

n	Número de Filtros	4	
D	Diámetro de filtro	3	m (propuesto)

Agua

Q _o	Flujo de operación	40	lps
Q _D	Flujo de diseño	44	lps
Q _{ou}	Flujo de operación por filtro	11	lps
t	Temperatura	20	°C
f	Factor de diseño	1.1	
ρ	Densidad	997.49	kg/m ³
μ	Viscosidad	1.005	cP
g	Constante de gravedad	9.81	m/s ²
CHSL	Carga hidráulica de lavado	30	m ³ /m ² h

Filtración

Calculo del área de filtrado por unidad de filtración

$$A_{FU} = (D^2 \cdot \pi) / 4,$$

en donde:

A_{FU}	Área de filtrado por unidad de filtración
D	Diámetro
π	constante pi

$$A_{FU} = ((3 \text{ m})^2 \cdot \pi) / 4 = 7.07 \text{ m}^2$$

Cálculo del área total de filtración

$$A_F = A_{FU} \cdot n,$$

en donde:

A_F	Área total de filtración
A_{FU}	Área de filtrado por unidad de filtración
n	Número de filtros

$$A_F = 7.07 \text{ m}^2 \cdot 4 = 28.3 \text{ m}^2$$

Cálculo de la Carga hidráulica superficial

$$CHS = Q_D / A_F,$$

en donde:

CHS	Carga hidráulica superficial
Q_D	Flujo de Diseño
A_F	Área de Filtrado

$$CHS = (44 \text{ L/s})(0.001 \text{ m}^3/\text{L})(3600 \text{ s/h}) / 28.3 \text{ m}^2 =$$

5.60	$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$
134.454	$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$

Cálculo del flujo de lavado

Cálculo de área de lavado

$$A_L = A_{FU} \cdot n_L,$$

en donde:

A_L	Área de Lavado
A_{FU}	Área de filtrado por unidad
n_L	Número de unidades lavadas al mismo tiempo

$$A_L = 7.07 \text{ m}^2 \cdot 1 = 7.07 \text{ m}^2$$

Cálculo de flujo de lavado

$$Q_R = A_L \cdot CHS_L,$$

en donde

Q_R	Flujo de lavado
A_L	Área de lavado
CHS_L	Carga hidráulica superficial de lavado

$$Q_R = 7.07 \text{ m}^2 \cdot 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h} = \begin{matrix} 212.06 & \text{m}^3/\text{h} \\ 0.059 & \text{m}^3/\text{s} \end{matrix}$$

Cálculo de las pérdidas de carga en el lecho filtrante ecuación de Rose

Arena

L	Profundidad en el lecho	Arena	0.150	m
ϕ	Esfericidad	Arena	0.79	
g	gravedad		9.81	m/s ²
ϵ	porosidad	Arena	0.43	

La fórmula general para el cálculo de la pérdida de carga en el lecho filtrante es la siguiente

$$h_L = [1.067(v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4) \sum [(C_D * f) / d]$$

Cálculo de Velocidad de aproximación

$$v_a = (Q_D / n) / A_{FU},$$

en donde:

v_a	Velocidad de aproximación
Q_d	Flujo de diseño
n	Número de unidades de operación
A_{FU}	Área de filtrado por unidad

$$v_a = ((44 \text{ L/s}) * (0.001 \text{ m}^3/\text{L}) / 4) / 7.07 \text{ m}^2 = 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Viscosidad cinemática

$$\nu = \mu / \rho,$$

Donde:

ν	viscosidad cinemática
ρ	Densidad del agua
μ	Viscosidad dinámica del agua

$$\nu = (0.01 \text{ g/cm}\cdot\text{s}) (100 \text{ cm/m}) (0.001 \text{ kg/g}) / 997.49 \text{ kg / m}^3 = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Número de Reynolds

$$N_R = (d * v_a) / \nu, \text{ en}$$

donde:

N_R	Número de Reynolds
d	diámetro de esfera
v_a	Velocidad de aproximación
ν	Viscosidad cinemática

$$NR = (0.00092 \text{ m} * 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}) / 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1.4158$$

Coefficiente de fricción

$$C_D = 18.5 / NR^{0.6},$$

en donde:

C_D Coeficiente de fricción

N_R Número de Reynolds

$$C_D = 18.5 / 2.1236^{0.6} = 15.0$$

Tabla 10. Granulometría de Arena Tamiz

mallá #		d [mm]	d [m]	NR	C_D	f	$C_D * f / d$
18	1						
20	0.833	0.917	0.00092	1.4158	15.0	0.25	4096.23
24	0.701	0.767	0.00077	1.1848	16.7	0.25	5446.58
28	0.589	0.645	0.00065	0.9964	18.5	0.25	7186.22
*32	0.495	0.542	0.00054	0.8373	20.6	0.25	9492.87
						$\Sigma[(C_D * f) / d]$	26221.90

$$h_{L1} = [1.067 (v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4)] \Sigma[(C_D * f) / d],$$

en donde:

h_{L1} Perdida de carga en el lecho de distribución

v_a Velocidad de

aproximación

L Altura de lecho de distribución

ϕ Esfericidad de la arena

g Constante de Gravedad

ϵ Porosidad de la arena

C_D Coeficiente de fricción

f Fracción de masa retenida

d Diámetro de esfera

$$h_{L1} = \left[\frac{1.067(1.56 \times 10^{-3})^2 \cdot 0.15 \text{ m}}{(0.79 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot (0.43)^4)} \right] \cdot 26221.90 = 0.04 \text{ m.c.a.}$$

Zeolita

L	Profundidad en el lecho	Zeolita	0.50	m
ϕ	Esfericidad	Zeolita	0.80	
g	gravedad		9.81	m/s ²
ϵ	porosidad	Zeolita		0.40

La fórmula general para el cálculo de la pérdida de carga en el lecho filtrante es la siguiente

$$h_L = \left[\frac{1.067(v_a)^2 L}{(\phi \cdot g \cdot (\epsilon)^4)} \right] \sum [(C_b \cdot f) / d]$$

Cálculo de Velocidad de aproximación

$$v_a = (Q_D / n) / A_{FU},$$

en donde

v_a	Velocidad de aproximación
Q_d	Flujo de diseño
n	Número de unidades de operación
A_{FU}	Área de filtrado por unidad

$$v_a = (44 \text{ L/s}) / (0.001 \text{ m}^3/\text{L}) / 4 / 7.07 \text{ m}^2 = 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Viscosidad cinemática

$$v = \mu / \rho, \text{ en}$$

Donde:

v	viscosidad cinemática
ρ	Densidad del agua
μ	Viscosidad dinámica del agua

$$\nu = 0.001 \text{ kg/m s} / 997.49 \text{ kg / m}^3 = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Número de Reynolds

$$N_R = (d \cdot v_a) / \nu,$$

en donde:

N_R	Número de Reynolds
d	diámetro de esfera
v_a	Velocidad de aproximación
ν	Viscosidad cinemática

$$N_R = (0.00092 \text{ m} \cdot 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}) / 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1.4158$$

Coefficiente de fricción

$$C_D = 18.5 / N_R^{0.6},$$

en donde:

C_D	Coefficiente de fricción
N_R	Número de Reynolds

$$C_D = 18.5 / 2.1236^{0.6} = 15.0$$

Tabla 11 Granulometría de Zeolita

mall	#	C_D	d [mm]	d			
[m]	NR		f	$C_D \cdot f / d$			
18	1						
20	0.833	0.917	0.00092	1.4158	15.0	0.25	4096.23
24	0.701	0.767	0.00077	1.1848	16.7	0.25	5446.58
28	0.589	0.645	0.00065	0.9964	18.5	0.25	7186.22
*32	0.495	0.542	0.00054	0.8373	20.6	0.25	9492.87

$$\Sigma[(C_D \cdot f) / d] 26221.90$$

$$h_{L2} = [1.067(v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4)] \Sigma [(C_D * f) / d],$$

en donde:

h_{L2}	Perdida de carga en el lecho de distribución
v_a	Velocidad de aproximación
L	Altura de lecho de distribución
ϕ	Esfericidad de la zeolita
g	Constante de Gravedad
ϵ	Porosidad de la zeolita
C_D	Coefficiente de fricción
f	Fracción de masa retenida
d	Diámetro de esfera

$$h_{L1} = \{ [1.067(1.56 \times 10^{-3})^2 * 0.50 \text{ m}] / \{ (0.80 * 9.81 \text{ m/s}^2 * (0.40)^4 \} \} * 26221.90 = 0.17 \text{ m.c.a.}$$

Gravilla

$$h_{L2} = [1.067(v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4)] * [(C_D * f) / d],$$

en donde:

L	Profundidad en el lecho	Gravilla	0.15	m
ϕ	Esfericidad	Gravilla	0.75	
g	gravedad		9.81	m/s^2
ϵ	porosidad	Gravilla	0.35	

La fórmula general para el cálculo de la pérdida de carga en el lecho filtrante es la siguiente

$$h_L = [1.067(v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4)] \Sigma [(C_D * f) / d]$$

Velocidad de aproximación

$$v_a = (Q_D / n) / A_{FU},$$

en donde:

v_a	Velocidad de aproximación
Q_d	Flujo de diseño
n	Número de unidades de operación
A_{FU}	Área de filtrado por unidad

$$v_a = (0.066 \text{ m}^3/\text{s} / 4) / 7.07 \text{ m}^2 = 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Viscosidad cinemática

$$v = \mu / \rho,$$

en donde:

v	viscosidad cinemática
ρ	Densidad del agua
μ	Viscosidad dinámica del agua

$$v = 0.001 \text{ kg/m s} / 997.49 \text{ kg / m}^3 = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Número de Reynolds

$$N_R = (d \cdot v_a) / v,$$

en donde

N_R	Número de Reynolds
d	diámetro de esfera
v_a	Velocidad de aproximación
v	Viscosidad cinemática

$$N_R = (0.00635 \text{ m} * 1.56 \times 10^{-3} \text{ m/s}) / 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 9.81$$

Coefficiente de fricción

$$C_D = 18.5 / N_R^{0.6}$$

C_D	Coefficiente de fricción
N_R	Número de Reynolds

$$C_D = 18.5 / 9.81^{0.6} = 4.7$$

$$h_{L3} = [1.067(v_a)^2 L / (\phi * g * (\epsilon)^4)] * [(C_D * f) / d]$$

h_{L3}	Perdida por fricción en el lecho de soporte
v_a	Velocidad de aproximación
L	Altura del lecho de soporte
C_D	Coefficiente de fricción
d	Diámetro de partícula
g	Constante de gravedad
v	Viscosidad cinemática

$$h_{L3} = [1.067(1.5 \times 10^{-3} \text{ m/s})^2 * 0.15 \text{ m} / (0.75 * 9.81 \text{ m/s}^2 * (0.35)^4)] * [(4.7) / 0.00635 \text{ m}]$$

$$h_{L3} = 0.003 \text{ m.c.a.}$$

Perdida de carga en Arena	0.04	m.c.a.
Perdida de carga en Zeolita	0.17	m.c.a.
Perdida de carga en Grava	0.003	m.c.a.
H_{Ls}	Perdida de carga	0.21 m.c.a.

Perdidas por fricción y expansión en el retrolavado Modelo de Amirtharajah - Cleasby (Cleasby, 1993) (Eddy, 2003) (O, 2006) (Valencia, 2000)

1993) (Eddy, 2003) (O, 2006) (Valencia, 2000)

Arena

Propiedades

v	Viscosidad cinemática	1.01×10^{-6}	m^2/s
g	Constante de gravedad	9.82	m/s^2
ϕ	Esfericidad	0.7	
ϵ	Porosidad	0.43	
D_{60}	Diámetro percentil 60	0.01	mm
ρ_s	Densidad de arena	2500	kg/m^3

Cálculo de la expansión del lecho filtrante (Arena)

Velocidad mínima de fluidización

$$V_{mf}=0.00381*(D_{60})^{1.82}[\rho(\rho_s-\rho)]^{0.94}/\mu^{0.88},$$

en donde:

V_{mf} Velocidad mínima de fluidización

ρ Densidad del agua

ρ_s Densidad de arena

D_{60} Diámetro percentil 60

μ Viscosidad dinámica

$$V_{mf}=0.6198*(0.01 \text{ mm})^{1.82}[0.99749 \text{ g/cm}^3(2.5 \text{ g/cm}^3-0.99749 \text{ g/cm}^3)]^{0.94}/1 \text{ cP}=2.07 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

Reynolds de Fluidización

$Re_{mf}=(V_{mf}D_{60})/\nu$, en donde:

Re_{mf} Reynolds de Fluidización

V_{mf} Velocidad mínima de fluidización

D_{60} Diámetro percentil 60

ν viscosidad cinemática

$$Re_{mf}=(2.07 \times 10^{-4} \text{ cm/s} * 0.001 \text{ cm}) / 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s} = 2.05 \times 10^{-5}$$

Factor de corrección de Reynolds se aplica si $Re_{mf} > 10$ de lo contrario $K_R = 1$

En este caso tomar $K_R = 1$

$$V_{mfcorr} = V_{mf} K_R$$

en donde

V_{mfcorr} Velocidad mínima de fluidización corregida

V_{mf} Velocidad mínima de fluidización

K_R Factor de corrección de Reynolds

$$V_{mfcorr} = 2.07 \times 10^{-4} \text{ cm/s} * 1 = 2.07 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

Velocidad de sedimentación

$$V_s = 8.45 V_{mfcorr},$$

en donde:

V_s	Velocidad de sedimentación
V_{mfcorr}	Velocidad mínima de fluidización corregida

$$v_s = 8.45 * 2.07 \times 10^{-4} \text{ cm/s} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

Reynolds de sedimentación

$$Re_s = v_s D_{60} \rho / \mu,$$

donde:

Re_s	Reynolds de sedimentación
v_s	Velocidad de sedimentación
D_{60}	Diámetro percentil 60
ρ	Densidad del líquido
μ	Viscosidad dinámica

$$Re_s = (1.75 \times 10^{-3} \text{ cm/s} * 0.01 \text{ mm} * ((997.49 \text{ kg/m}^3)(1000 \text{ g/kg})(1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{cm}^3)) / 1.005 \text{ cP} = 1.73 \times 10^{-5}$$

Coefficiente de expansión

$$n = 4.45 Re_s^{-0.1},$$

en donde:

n	Coefficiente de expansión
Re_s	Reynolds de sedimentación

$$n = 4.45 * (1.73 \times 10^{-5})^{-0.1} = 13.3$$

Constante de expansión

$$K = v_{mf} / \epsilon^n,$$

en donde:

K	Constante de expansión
v_{mf}	Velocidad mínima de fluidización
ϵ	Porosidad de la arena
n	Coefficiente de expansión

$$K=2.07 \times 10^{-4} \text{ m/s} / 0.40^{13.3} = 41.24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s} \qquad 148467.44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

Altura de lecho expandido

$$L_e = L * \left\{ \frac{(1-\epsilon)}{[1-(CHS_R/K)^{(1/n)}]} \right\},$$

en donde:

L_e	Altura del lecho expandido
L	Altura del lecho
ϵ	Porosidad de la arena
CHS_R	Carga Hidráulica Superficial de Lavado
K	Constante de expansión
n	Coefficiente de expansión

$$L_e = 0.15 \text{ m} * \left\{ \frac{(1-0.43)}{[1-(30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}/56666.87 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h})^{(1/13.3)}]} \right\} = 0.18 \text{ m}$$

Porcentaje de expansión

$$E = [(L_e - L)/L] * 100, \text{ en donde:}$$

E	Porcentaje de expansión
L_e	Altura de lecho expandido
L	Altura de lecho

$$E = [(0.20 \text{ m} - 0.15 \text{ m})/0.15 \text{ m}] * 100 = 20.75\%$$

Pérdidas de Carga en el Retrolavado

$$h_{LR} = [(\rho_s - \rho)/\rho] * (1 - \epsilon) * L_e,$$

en donde:

h_{LR}	Pérdida de Carga en el Retrolavado
----------	------------------------------------

ρ_s	Densidad de arena
ρ	Densidad de agua
ε	Porosidad de arena
L_e	Lecho expandido

$$h_{LR1} = [(2.5 \text{ g/cm}^3 - 0.99749 \text{ g/cm}^3) / 0.99749 \text{ g/cm}^3] * (1 - 0.43) * 0.20 \text{ m} = 0.156$$

Zeolita

Propiedades

ν	Viscosidad cinemática	1.01×10^{-6}	m^2/s
g	Constante de gravedad	9.82	m/s^2
ϕ	Esfericidad	0.85	
ε	Porosidad	0.38	
D_{60}	Diámetro percentil 60	0.09	mm
ρ_s	Densidad de arena	1250	kg/m^3

Cálculo de la expansión del lecho filtrante (Zeolita)

Velocidad mínima de fluidización

$$V_{mf} = 0.00381 * (D_{60})^{1.82} [\rho(\rho_s - \rho)]^{0.94} / \mu^{0.88},$$

en donde:

V_{mf}	Velocidad mínima de fluidización
ρ	Densidad del agua
ρ_s	Densidad de zeolita
D_{60}	Diámetro percentil 60
μ	Viscosidad dinámica

$$V_{mf} = 0.6198 * (0.09 \text{ mm})^{1.82} [0.99749 \text{ g/cm}^3 (1.25 \text{ g/cm}^3 - 0.99749 \text{ g/cm}^3)]^{0.94} / 1 \text{ cP}^{0.88} =$$

$$V_{mf} = 2.11 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$Re_{mf} = (V_{mf} D_{60}) / \nu,$$

en donde:

Re_{mf}	Reynolds de Fluidización
V_{mf}	Velocidad mínima de fluidización
D_{60}	Diámetro percentil 60
ν	viscosidad cinemática

$$Re_{mf} = (2.11 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \cdot 0.02 \text{ cm}) / 1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s} = 1.88 \times 10^{-3}$$

Factor de corrección de Reynolds se aplica si $Re_{mf} > 10$

En este caso no aplica tomar $K_R = 1$

$V_{mfcorr} = V_{mf} K_R$, en donde:

V_{mfcorr}	Velocidad mínima de fluidización corregida
V_{mf}	Velocidad mínima de fluidización
K_R	Factor de corrección de Reynolds

$$V_{mfcorr} = 2.11 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \cdot 1.0 = 2.11 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$$

Velocidad de sedimentación

$$v_s = 8.45 V_{mfcorr}$$

en donde:

v_s	Velocidad de sedimentación
V_{mfcorr}	Velocidad mínima de fluidización corregida

$$v_s = 8.45 \cdot 2.11 \times 10^{-3} \text{ cm/s} = 0.02 \text{ cm/s}$$

Reynolds de sedimentación

$$Re_s = v_s D_{60} \rho / \mu,$$

en donde:

Re_s	Reynolds de sedimentación
v_s	Velocidad de sedimentación
D_{60}	Diámetro percentil 60
ρ	Densidad del líquido
μ	Viscosidad dinámica

$$Re_s = (0.02 \text{ cm/s} * 0.09 \text{ mm} * 0.99749 \text{ g/cm}^3) / 1.005 \text{ cP} = 1.59 \times 10^{-3}$$

Coefficiente de expansión

$$n = 4.45 Re_s^{-0.1},$$

en donde:

n Coeficiente de expansión
 Res Reynolds de sedimentación

$$n = 4.45 * (1.59 \times 10^{-3})^{-0.1} = 8.475$$

Constante de expansión

$$K = v_{mf} / \epsilon^n,$$

en donde:

K Constante de expansión
 v_{mf} Velocidad mínima de fluidización
 ε Porosidad de la arena
 n Coeficiente de expansión

$$K = 2.11 \times 10^{-3} \text{ m/s} / 0.40^{8.475} = 7.68 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ s} \qquad 27664.17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

Altura de lecho expandido

$$L_e = L * \{ (1 - \epsilon) / [1 - (CHS_R / K)^{(1/n)}] \}$$

L_e Altura del lecho expandido
 L Altura del lecho
 ε Porosidad de la arena
 CHS_R Carga Hidráulica Superficial de Lavado
 K Constante de expansión
 n Coeficiente de expansión

$$L_e = 0.50 \text{ m} * \{ (1 - 0.40) / [1 - (30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h} / 27664.17 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h})^{(1/8.475)}] \} = 0.56$$

Porcentaje de expansión

$$E = [(L_e - L) / L] * 100,$$

en donde:

E	Porcentaje de expansión
L_e	Altura de lecho expandido
L	Altura de lecho

$$E = [(0.56 \text{ m} - 0.50 \text{ m}) / 0.50 \text{ m}] * 100 = 12.09\%$$

Pérdidas de Carga en el Retrolavado

$$h_{LR} = [(\rho_s - \rho) / \rho] * (1 - \epsilon) * L_e,$$

en donde:

h_{LR}	Pérdida de Carga en el Retrolavado
ρ_s	Densidad de arena
ρ	Densidad de agua
ϵ	Porosidad de arena
L_e	Lecho expandido

$$h_{LR2} = [(1.25 \text{ g/cm}^3 - 0.99749 \text{ g/cm}^3) / 0.99749 \text{ g/cm}^3] * (1 - 0.40) * 0.56 \text{ m} = 0.088$$

Pérdidas de carga totales en el retrolavado

$$h_{LRT} = h_{LR1} + h_{LR2},$$

en donde:

h_{LRT}	Pérdidas de carga totales en el retrolavado
h_{LR1}	Pérdidas de carga del retrolavado en la arena
h_{LR2}	Pérdidas de carga del retrolavado en la zeolita

$$h_{LRT} = 0.170 \text{ m.c.a.} + 0.088 \text{ m.c.a.} = 0.243 \text{ m.c.a.}$$

Determinación de la altura del lecho

h_0	Altura de lecho de soporte	0.150		m
h_1	Altura de falso fondo		0.230	m
h_{LD}	Altura de distribución	Arena	0.150	m
h_{LF}	Altura de medio filtrante	Zeolita	0.500	m
h_3	Altura lecho expandido		0.845	m
H_T	Altura Total del lecho		1.225	m
H_{LS}	Perdida de carga		0.210	m
H_{TR}	Altura Total requerida de filtro	1.435		m

Resumen

Símbolo	Datos de	Valor	Unidad
Diseño			
Q	Flujo de Operación	40	lps
f	Factor de diseño	1.1	
Q_D	Flujo de Diseño	44	lps
Q_{DU}	Flujo de diseño por filtro	11	lps
D	Diámetro de Filtro	3	m
n	Número de filtros	4	
A_{FU}	Área de filtro	7.07	m ²
A_F	Área Total de filtrado	28.3	m ²
CHS	Carga Hidráulica Superficial	134.45	m ³ /m ²
día			
L_{SS}	Altura del lecho de soporte	0.150	m
L_{SD}	Altura del lecho de distribución	0.150	m
L_{SF}	Altura del lecho filtrado	0.500	m
E	Total de expansión máxima permitida	30	%
L_{LT}	Altura del lecho expandido	0.845	m
h_{LFF}	Perdida de carga durante el filtrado	0.210	m.c.a.
h_{LRT}	Perdida de carga durante el retrolavado	0.243	m.c.a.

Referencias

(Cisneros, 1995) (Eddy, 2003) (Valencia, 2000)

13.1.4.- Memoria de cálculo de dechloración.

Enseguida de la operación de filtrado se contempla la adición de bisulfito de sodio para obtener la dechloración del agua ya que la presencia de cloro residual de las etapas previas podría tener efectos adversos para el carbón activado utilizado en la etapa de absorción. Como se indica en el Plano 3 (PP-PR11-DFP-03) y el Plano 6 (PP-PR11-DTI-06). Para llevar a cabo la dosificación de la solución de bisulfito de sodio se contará con el tanque indicado señalado con la clave TQ-800 en los planos referenciados. La dosificación del bisulfito de sodio se realizará de acuerdo con los siguientes cálculos.

Dechloración con bisulfito de sodio

Símbolo	Datos de proyecto:	Valor	Unidad
QD:	Gasto de operación	40	L s ⁻¹
FS	Factor de seguridad	1.1	adim
QD:	Gasto de diseño	44	lps
CM:	Concentración máxima de cloro libre a la entrada	2	mg L ⁻¹
Cm:	Concentración mínima de cloro libre a la entrada	0.5	mg L ⁻¹
CMS:	Concentración máxima de cloro libre a la salida	0.001	mgL ⁻¹
R	Porcentaje de remoción	99.80	%
F	Factor de seguridad	1.1	adim
Be:	Bisulfito requerido estequiométricamente	1.6	mg L ⁻¹
Br	Bisulfito requerido	1.76	mg L ⁻¹

Demanda máxima de bisulfito de sodio

$$DMB=Qd*(CME-CMS)*Br*(3.6 \times 10^3 / 1.0 \times 10^6)$$

DMBS:	Demanda máxima de bisulfito de sodio
Qd:	Gasto de diseño
CME:	Concentración máxima de hipoclorito a la entrada
CMS:	Concentración máxima de hipoclorito a la salida
DHBS:	Bisulfito requerido para proyecto
3.60E+04	Factor de conversión segundos por hora
1.00E+06	Factor de conversión miligramos por kilogramo

$$DMFe= 44.0 *(2.0-0.001)*1.76*24*(3.6 \times 10^3 / 1.0 \times 10^6) / 0.17 = 78.68 \text{ kg/d}$$

Demanda mínima de bisulfito de sodio

$$DmFe= Qd*(Cme-CMS)*Br*(3.6x10^3/1.0x10^6)$$

DmBS:	Demanda mínima de bisulfito de sodio
Qd:	Gasto de diseño
Cme:	Concentración mínima de Fe(II) a la entrada
CMS:	Concentración máxima de Fe(II) a la salida
DHFe:	bisulfito requerido para proyecto por Fe(II)
3.60x10 ³	factor de conversión segundos por hora
1.00x10 ⁶	factor de conversión miligramos por kilogramo

$$DmFe= 44.0 *(0.5-0.001)*1.76*24+(3.6x10^3/1.0x10^6)/0.17 = 22.32kg/d$$

Referencias

(M. Anis Al-Layla, 1978) (O, 2006) (Valencia, 2000)

13.1.5.- Memoria de cálculo para torres de adsorción en agua potable

Enseguida de la etapa de decoloración con bisulfito de sodio se llevará a cabo una operación de adsorción con las torres de adsorción TA-900A y TA-900B mostradas en el Plano 3 (PP-R11-DFP-03) y el Plano 6 (PP-R11-DTI-06). Con esta etapa se logra la eliminación de la turbidez remanente del proceso de filtración, con el fin de darle un mayor pulimento al agua. Las dimensiones de estas torres se obtienen a través de los siguientes cálculos.

Símbolo	Criterios de	valor	Unidad
diseño			
V	Flujo volumétrico	50-400	m ³ h ⁻¹
V _b	Volumen del lecho	10.0-50.0	m ³
A _i	Área sección transversal	5.0-30.0	m ²
L	Longitud	1.8-5.0	m
€	Fracción de huecos	0.38-0.42	m ³ m ⁻³
d	Densidad del CAG	350-550	kg m ³
V _f	Velocidad	5.0-15.0	m h ⁻¹
t	Tiempo efectivo de contacto	2.0-15.0	min
TCLV	Tiempo de contacto lecho vacío	5.0-30.0	min
t _o	Tiempo de operación	100-600	d
V _L	Volúmenes de lecho	2,000-20,000	m ³ m ⁻³

Memoria de cálculo para torres de adsorción en agua potable

Símbolo	Datos de diseño	Valor	Unidad
Q _o	Caudal de operación	40.0	L s ⁻¹
Q _d	Caudal de diseño	44.0	Ls ⁻¹
COD _i	Concentración de DQO a la entrada	50.0	mg L ⁻¹
COD _e	Concentración de DQO a la salida	3	mg L ⁻¹
CC _i	Unidades de color a la entrada	35	mg/L
CC _e	Unidades de color a la salida	10	mg/L
T	Temperatura	20	°C
CHS	Carga hidráulica superficial	400.0	m ³ m ² d ⁻¹
K _{fDQO}	Constante de Freundlich DQO	66.1	mg L g ⁻¹ mg ⁻¹
n _{DQO}	Exponente de Freundlich DQO	0.61	adim

K_{fcolor}	Constante de Freundlich color	5.3	$mg\ L\ g^{-1}\ mg^{-1}$
n_{color}	Exponente de Freundlich color	0.61	adim
T_{cl}	Tiempo de contacto en lecho	15.0	min
d	Densidad del carbón activado granular	450	$g\ L^{-1}$
D_c	Diámetro de la torre propuesto	3	m
h_{ff}	Altura de falso fondo	0.25	m
B_L	Bordo libre	0.3	m
P_{ag}	Peso específico del agua	0.997	$gr\ cm^{-3}$
P_{CAG}	Peso específico del CAG húmedo	1.25	$gr\ cm^{-3}$
P_o	Porosidad del lecho	0.4	adim
μ	Viscosidad del agua	0.93	cps
μ	Viscosidad del agua	0.009	$gcm^{-1}s^{-1}$
d_{60}	Abertura del tamiz que deja pasar el 60% de la arena	0.145	cm

Dosis requerida de CAG

$m_{CAG}/Q_d = (C_i - C_e) / K_f^{(1/n)} * C_i^{(1/n)}$, en donde:

m_{CAG}/Q_d	Dosis requerida de CAG
C_i :	Concentración de entrada
C_e :	Concentración de salida
K_f :	Constante de Freundlich
n	Exponente de Freundlich

$$m_{CAG}/Q_d = (35-10) / (5.3^{(1/1.61)} * 35^{(1/1.61)}) = 0.407g\ CAG\ L^{-1}$$

Masa requerida de carbón

$M_{cr} = T_{cl} * Q_d * 60 * d$, en donde:

M_{cr} :	Masa de carbón requerida
T_{cl} :	Tiempo de contacto en el lecho
Q_d :	Caudal de diseño
d :	Densidad del carbón activado granular

$$M_{cr} = 15 * 44 * 60 * 450 = 1.78 \times 10^7 g; \quad 17.82 \text{ ton}$$

Volumen de agua tratada

$V_a = M_{cr} / (m_{CAG} / Q_d)$, en donde:

V_a : Volumen de agua tratada
 m_{CAG} / Q_d : Dosis requerida de CAG
 M_{cr} : Masa de carbón requerida

$$V_a = 1.78 \times 10^7 / 0.407 = 4.38 \times 10^7 \text{L}; 4.38 \times 10^4 \text{m}^3$$

Periodo de vida del lecho

$PV = V_a / Q_d$, en donde:

PV : Periodo de vida
 V_a : Volumen de agua tratada
 Q_d : Caudal de diseño

$$PV = 4.38 \times 10^7 / (44 \times 86400) = 11.525 \text{ de}$$

Volumen requerido

$V_r \text{ CAG} = M_{cr} \times 1000 / d$, en donde

$V_r \text{ CAG}$: Volumen requerido de CAG
 M_{cr} : Masa de CAG requerida
 d : Densidad de CAG
1000: Factor de conversión kg/ton

$$V_r \text{ CAG} = 17.82 \times 1000 / 450 = 39.6 \text{m}^3$$

Área requerida

$A_t = Q_d / CHS$, en donde:

t : Área total
 Q_d : Caudal de diseño
 CHS : Carga hidráulica superficial

$$A_t = (44 \text{ L/s}) / ((0.001 \text{ m}^3/\text{L})(86400 \text{ s/d})) / (400 \text{ m}^3 \text{m}^2/\text{d}) = 9.50 \text{m}^2$$

Número unidades

$Nu = At / (3.1416 * (Dc^2) / 4)$, en donde:

Nu : Número de unidades
 At : Área total
 Dc : Diámetro de la torre

$$Nu = 9.50 \text{ m}^2 / (3.1416 * (3^2) / 4) = 1.34$$

Redondeando 2.00 Unidades

Área real

$At = 3.1416 * (d^2) / 4 * Nu$, en donde:

At : Área total
 Qd : Caudal de diseño
 CHS : Carga hidráulica superficial

$$At = (3.1416 * (d^2) / 4) * 2 = 14.14 \text{ m}^2$$

Carga hidráulica de operación

$CHSo = Qo / At$, en donde:

$CHSo$: Carga hidráulica superficial de operación
 Qo : Caudal de operación
 At : Área total

$$CHSo = (44 \text{ L/s}) (0.001 \text{ m}^3/\text{L}) (85400 \text{ s/d}) / 14.14 \text{ m}^2 = 268.91 \text{ m}^3 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$$

Tiempo de contacto lecho vacío

$TCLV = Vr_{CAG} / ((Qd/1000) * 60)$, en donde:

$TCLV$: Tiempo de contacto lecho vacío
 Vr_{CAG} : Volumen requerido de CAG
 Qd : Caudal de diseño

$$TCLV = 39.6 / ((44/1000) * 60) = 15 \text{ min}$$

Profundidad del lecho

$L = V_r \text{ CAG} / (A_t * N_u)$, en donde:

L:	Profundidad del lecho
$V_r \text{ CAG}$:	Volumen requerido de CAG
A_t :	Área total
N_u :	Número de unidades

$$L = 39.6 / (9.50 * 2) = 2.08 \text{ m}$$

Altura de la torre

$HT = F_f + L + L * 0.35$, en donde:

HT:	altura total de la torre
F_f :	Altura de falso fondo
L:	Profundidad de lecho
BL:	Bordo libre

$$HT = 0.25 + 2.08 + 2.08 * 0.35 + 0.3 = 3.36 \text{ m}$$

Cálculo del caudal requerido para retrolavado (Mott, 1996) (Cleasby, 1993)

Caída de Presión en lecho fluidizado

$\Delta P = L(1 - P_o)(P_m - P_{ag})$, en donde:

ΔP :	Caída de presión en lecho fluidizado
L:	Altura del lecho no expandido
P_m :	Peso específico del medio
P_{ag} :	Peso específico del agua
P_o :	Porosidad del lecho no expandido

$$\Delta P = 2.08(1 - 0.4)(1.25 - 0.997) = 0.32 \text{ mca}$$

Velocidad mínima de fluidización (V_{mf}):

De acuerdo a Amirtharajah:

$$V_f = (0.6198 (d_{60})^{1.82} (P_{ag}(P_{CAG} - P_{ag})^{0.94}) / \mu^{0.88})$$

en donde

V _f :	Velocidad mínima de fluidización
d ₆₀ :	Abertura del tamiz que deja pasar el 60% de partículas
P _{ag}	Peso específico del agua
P _{CAG}	Peso específico del CAG húmedo
μ	Viscosidad del
agua	

$$V_f = (0.6198 (0.145 \text{ cm})^{1.82} (0.997 \text{ gr/cm}^3 (1.25 \text{ g/cm}^3 - 0.997 \text{ g/cm}^3))^{0.94}) / 0.009^{0.88} = 21.078 \text{ cm s}^{-1}$$

No. de Reynolds a la V_{mf}

$$R_{ef} = P_{ag} \cdot V_f \cdot d_{60} / \mu$$

en donde:

R _{ef} :	Número de Reynolds a la velocidad mínima de fluidización
P _{ag} :	Densidad del líquido
V _f :	Velocidad mínima de fluidización
d ₆₀ :	Abertura del tamiz que deja pasar el 60% de la arena
μ:	Viscosidad del agua

$$R_{ef} = (0.997 \text{ g/cm}^3 \cdot 21.078 \text{ cm/s} \cdot 0.145 \text{ cm}) / 0.009 \text{ g/cm s} = 338.58$$

Velocidad de decantación

$$V_s = 8.45 V_f$$

en donde:

V _s :	Velocidad de decantación no frenada
V _f :	Velocidad mínima de fluidización

$$V_s = 8.45 \cdot 21.078 = 178.11 \text{ cm s}^{-1}$$

No. De Reynolds para decantación no frenada (R_{eo})

$$R_{eo} = P_{ag} \cdot V_s \cdot d_{60} / \mu$$

en donde:

R_{eo} :	No. de Reynolds para decantación no frenada
P_{ag}	Densidad del líquido
d_{60}	Abertura del tamiz que deja pasar el 60% de la arena
μ	Viscosidad del agua
V_s :	Velocidad de decantación no-frenada

$$R_{eo} = 0.997 \text{ g/cm}^3 * 178.11 \text{ cm} \cdot \text{s} * 0.145 \text{ cm} / 0.009 \text{ g/cm} \cdot \text{s} = 2860.973$$

Expansión del lecho

$$n_e = 4.45 R_{eo}^{-0.1}$$

en donde:

n_e :	coeficiente de expansión
R_{eo} :	No. De Reynolds para decantación no frenada

$$n_e = 4.45 * 2860.973^{-0.1} = 2.01$$

Constante K_e :

$$K_e = v_f / (P_o)^{n_e}$$

en donde:

K_e	Constante
V_f :	Velocidad mínima de fluidización
n_e :	coeficiente de expansión
P_o :	Porosidad inicial

$$K_e = 21.078 / (0.4)^{2.01} = 132.68$$

Porosidad para una expansión del 20%:

$$P_{20} = - ((L * (1 - P_o) / L_e) - 1)$$

en donde:

P_{20} :	Porosidad para una expansión del 20%
P_o :	Porosidad inicial

L*1.2 Altura del lecho expandido

L: Altura inicial del lecho

$$P_{20} = - ((2.08 * (1 - 0.4) / 2.08 * 1.2) - 1) = 0.50$$

Velocidad de lavado (VL):

$$VL = K_e (P_{20})^{n_e}$$

en donde:

VL: Velocidad de lavado

K_e Constante

P_{20} : Porosidad para una expansión del 20%

$$VL = 132.68 (0.50)^{2.01} = 32.99 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Caudal de agua para lavado (Qr):

$$Q_r = (A_t / N_u) * VL$$

en donde:

Q_r : Caudal de agua para lavado

A_t : Área Total

VL: Velocidad de lavado

N_u : Número de unidades

$$Q_r = (9.5/2) * 1187.71 = 5643.99 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}; 1567.77 \text{ L s}^{-1}$$

Resumen de resultados

Q_d	Caudal de diseño	44.00	L s^{-1}
m_{CAG}/Q_d	Dosis requerida de CAG	0.407	g CAG L^{-1}
M_{cr} :	Masa de carbón requerida	17.82	ton
V_a :	Volumen de agua tratada	43812.01	m^3
PV:	Periodo de vida	11.52	d
$V_{\text{r CAG}}$:	Volumen requerido de CAG	39.60	m^3

A _t :	Área mínima requerida	9.50	m ²
N _u :	Número de unidades	1.34	adim
A _t :	Área total	14.14	m ²
CHSo :	Carga hidráulica superficial de operación	268.91	m ³ m ⁻² d ⁻¹
TCLV	Tiempo de contacto lecho vacío	15.00	min
L:	Profundidad del lecho	2.08	m
HT:	altura total de la torre	3.36	m
DP:	Caída de presión en lecho fluidizado	0.32	mca
V _f :	Velocidad mínima de fluidización	21.08	cm s ⁻¹
R _{ef} :	Núm. de Reynolds a la velocidad mín. de fluidización	338.58	adim
V _s :	Velocidad de decantación no frenada	178.11	cm s ⁻¹
R _{eo} :	No. De Reynolds para decantación no frenada	2860.97	adim
ne:	coeficiente de expansión	2.01	adim
K _e	Constante Ke	132.68	adim
P ₂₀ :	Porosidad para una expansión del 20%	0.50	adim
VL:	Velocidad de lavado	1187.71	m ³ m ⁻² h ⁻¹
Q _r :	Caudal de agua para lavado	1567.77	L s ⁻¹

Referencias

(G, 1997) (Valencia, 2000) (Eddy, 2003)

13.1.6.- Desinfección.

Por último, el tren de tratamiento contempla una etapa de desinfección mediante una nueva adición de hipoclorito de sodio, la finalidad de esta etapa es permitir que el agua transporte una cierta cantidad de cloro libre que permita la eliminación de los microorganismos que se encuentran presentes en las tuberías de distribución, protegiéndola así contra estos hasta que llega a los sitios de consumo. Como se muestra en el Plano 3 (PP-R11-DFP-03) y el Plano 6 (PP-R11DT!-06), para esta operación se contará con el tanque de almacenamiento de hipoclorito (TQ-1100). La dosificación del hipoclorito de sodio se realizará de acuerdo con los siguientes cálculos.

Datos del Proyecto

Q_o	gasto de operación	40	lps
F	Factor de diseño	1.1	lps
Q_D	Gasto de diseño	44	lps
C_{HCS}	Concentración del hipoclorito de sodio	12.5	%
D_{HCS}	Dosis de hipoclorito de sodio	2.5	mg/L
t_R	Tiempo de almacenamiento máx.	15	días
ρ_{HCS}	Densidad del Hipoclorito de Sodio	1210	g/L

Dosificación de Hipoclorito de Sodio

Requerimiento diario de Hipoclorito de Sodio NaClO

$P_D = Q_D * D_{HCS}$, en donde:

P_D	Requerimiento diario de Hipoclorito de Sodio NaClO
Q_D	Gasto de Diseño
D_{HCS}	Dosis de hipoclorito de sodio

$$P_D = 44 \text{ L/s} * 2.5 \text{ mg/L} * 86400 \text{ L/d} * 1 \times 10^{-6} \text{ kg/mg} = 9.5 \text{ kg/d}$$

Hipoclorito al 12.5% requerido por día

$P_{D12.5\%} = (P_D * 100) / C_{HCS}$, en donde:

$P_{D12.5\%}$	Hipoclorito al 12.5% requerido por día
P_D	Requerimiento diario de Hipoclorito de Sodio NaClO
C_{HCS}	Concentración del hipoclorito de sodio

$$P_{D12.5\%} = ((9.50 \text{ kg/d}) * 100) / 12.5 = 76.03 \text{ kg/d}$$

Solución de hipoclorito de sodio al 12.5%

$$S_{HCS} = (P_{D12.5\%} * 1000) / \rho_{HCS}, \text{ en donde:}$$

S_{HC} Solución de hipoclorito de sodio al 12.5%

$P_{D12.5\%}$ Hipoclorito al 12.5% requerido por día

ρ_{HCS} Densidad del Hipoclorito de Sodio

$$S_{HS} = (76.03 \text{ kg/d} * 1000) / 1210 \text{ g/L} = 62.84 \text{ L/d}$$

Tanque de almacenamiento

cTq capacidad de tanque de almacenamiento comercial 1100 L

Duración de almacenamiento por tanque

$$tTq = cTq / S_{HCS},$$

en donde:

q Duración de almacenamiento por tanque

cTq capacidad de tanque de almacenamiento comercial

S_{HCS} Solución de hipoclorito de sodio al 12.5%

$$tTq = 1100 \text{ L} / (62.84 \text{ L/d}) = 17.51 \text{ d}$$

Número tanques requeridos

$$nTqs = \text{Entero}(t_R / (ctq / S_{HCS})),$$

en donde:

$nTqs$ Número tanques requeridos

t_R Tiempo de almacenamiento máx.

ctq capacidad de tanque de almacenamiento comercial

S_{HCS} Solución de hipoclorito de sodio al 12.5%

$$nTxs = \text{Entero}(15 \text{ d} / (1100 \text{ L} / 62.84 \text{ L/d})) = 1 \text{ unidad}$$

Tiempo de almacenamiento total

$$T_{atx} = t_{Tx} * n_{TXs},$$

en donde

T_{atq}	Tiempo de almacenamiento total
t_{Tq}	Duración de almacenamiento por tanque
n_{Tqs}	Número tanques requeridos

$$T_{atq} = 17.51 \text{ d} * 1 = 17.51 \text{ d}$$

Referencias

(M. Anis Al-Layla, 1978) (Valencia, 2000)

14.- Conclusiones.

En este reporte de experiencia se trabajó con la información y documentación para la elaboración del proyecto de licitación de una planta potabilizadora para el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, organismo encargado del manejo y distribución del sistema hidráulico.

Se explicaron las diferentes etapas que integran una licitación para un concurso a precio alzado o (llave en mano) que van desde la convocatoria, hasta la entrega del anteproyecto integrado en la propuesta que se entrega al organismo convocante. Dando una breve explicación de los pasos a seguir en todo el procedimiento.

Se muestra como ejemplo el de una planta potabilizadora a pie de pozo obteniendo los elementos necesarios para la elaboración del proceso de potabilización ya que de ahí se parte para tener la propuesta adecuada y obtener los elementos económicos para realizar la propuesta e ingresarla al concurso como propuesta final.

En su conjunto el trabajo, muestra la experiencia profesional adquirida en estos primeros años donde se ha desarrollado funciones que van desde el diseño de diferentes operaciones unitarias de los procesos de potabilización, así como la integración y generación de documentos técnicos, económicos y legales que se requieren para la elaboración de una propuesta técnico económica de licitación.

En los planos finales se plasma el tren de proceso que se presenta en la propuesta inicial, este se propone tomando como base la calidad del agua presentada en la Tabla 8. Se generan y presentan el Diagrama de Flujo de Proceso, el cual muestra las operaciones unitarias que componen el tren de potabilización; el Diagrama de Instrumentación y Control muestra la filosofía de operación que tendrá la planta y los lazos de control que tendrá para su correcto funcionamiento de automatización y control; el Perfil Hidráulico que sirve para verificar como tener un buen control del proceso y también una optimización de la energía que se requerirá para operar la planta. Por último el Arreglo General de Proceso, este último plano sirve para realizar el sembrado del proceso y los diferentes edificios y construcciones operativas que contendrá la planta.

15.- Códigos, normas y reglamentos para el proyecto

- [1] LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS.
- [2] REGLAMENTO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS.
- [3] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, modificada en el 2000.
- [4] NMX-J-285 Normas Oficiales Mexicanas (ANCE).

- [5] NEMA National Electrical Manufactures Association.

- [6] ANSI American National Standards Engineers.

- [7] IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers.

- [8] ASTM American Society For Testing And Materials.

- [9] NOM - J – 116 Transformadores De Distribución (ance).

- [10] CFE D8500-01 Guía para la Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
- [11] AISC Specification for the Design Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings
- [12] PFI Pipe Fabrication Institute

- [13] ANSI/ASMEB31.1 Power Piping

- [14] ASME SEC I Power Boiler

- [15] ASME SEC II Ferrous Materials

- [16] ASME SEC V Nondestructive Examination

- [17] ASME SEC VIII Pressure Vessels

- [18] ASME SEC IX Qualifications with Welding and Brazing
- [19] AWS American Welding Society
- [20] MSS-SP-58 Pipe Hanger and Supports Materials Design and Manufacture
- [21] ASTM American Society for Testing and Materials

16.- Anexos.

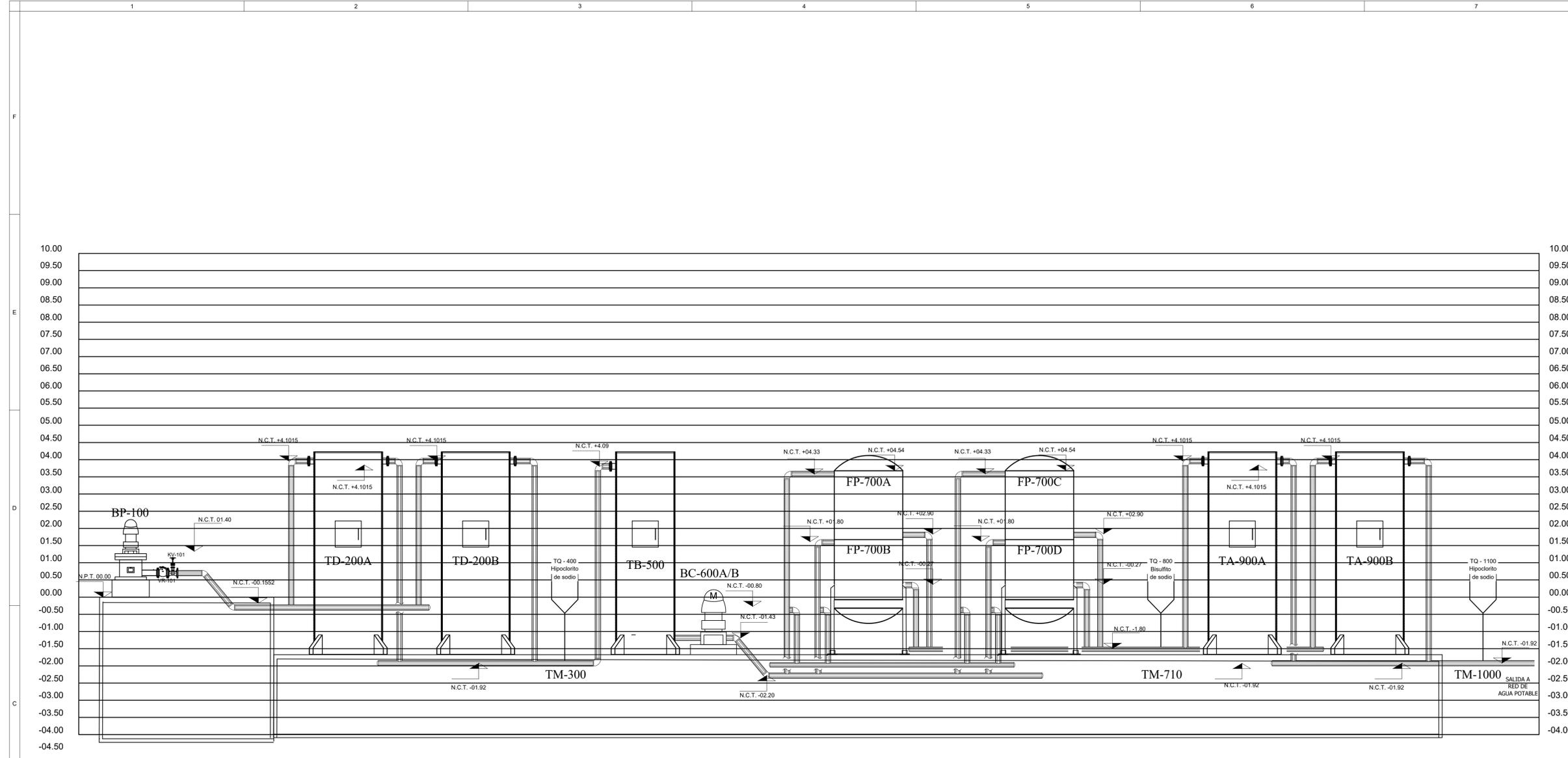
	8x16	8x30	12x40	20x50
lpm/m ²	80	100	200	300
gpm/ft ²	2	2.5	5	7.5
m ³ /m ² d	115.2	144	288	432

Tabla 12: Valores recomendados de Cargas Hidráulicas operación

abertura (mm)	no. Malla	
7.925	2.5	
6.68	3	
5.613	3.5	
4.699	4	
3.962	5	
3.327	6	
2.794	7	
2.362	8	
1.981	9	
1.651	10	
1.397	12	
1.168	14	
0.991	16	
0.833	20	
0.701	24	
0.589	28	
0.495	32	
0.417	35	
0.351	42	
0.295	48	
0.248	60	

Tabla 13: Tamaños normales para tamices

17.- Planos



SIMBOLOGÍA	
	INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
	INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
	INDICA CAMBIO DE NIVEL
	SUBE
	BAJA
	INDICA CORTE
N.P.T	NIVEL DE PISO TERMINADO
N.T.P	NIVEL DE TUBO DE POZO
N.T.R	NIVEL DE TUBO DE RED
N.C.T	NIVEL DE CENTRO DE TUBO
N.C.	NIVEL DE CÁRCAMO
N.F.P	NIVEL DE FILTRO A PRESIÓN
N.B.B	NIVEL DE BASE DE BOMBA

NOMENCLATURA	
BP-100	BOMBA DE POZO
TD-200A/B	TORRE DE DESORCIÓN
TM-300	TEE DE MEZCLADO
TQ-400	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
TB-500	TANQUE DE BALANCE
BC-600A/B	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL
FP-700A/B	FILTRO A PRESIÓN
FP-700C/D	FILTRO A PRESIÓN
TM-710	TEE DE MEZCLADO
TQ-800	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BISULFITO DE SODIO
TA-900A/B	TORRE DE ADSORCIÓN
TM-1000	TEE DE MEZCLADO
TQ-1100	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO

- NOTAS
1. LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS.
 2. EL MURO RELLENO ES EL MURO DE CARGA.
 3. EL NIVEL CERO SERÁ EL DE PISO TERMINADO

P E R F I L H I D R Á U L I C O

	<p>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>		<p>PROYECTO PP-R11-PH-01 TESIS PROFESIONAL</p>
DIBUJOS DE REFERENCIA	EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA. PERFIL HIDRÁULICO.	PERFIL HIDRÁULICO	FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PP-R11-PH-01
REV. DESCRIPCIÓN	DIB. SPVR. ING. DIS. ING. ESP. J. DEPTO. J. DIV. FECHA J. PROY. FECHA CLIENTE FECHA	ESCALA: SIN ACOT.: SIN	REV.	REV.
2 REVISIÓN	I.A.M. E.R.C.	B EDICIÓN	APROBADO	FECHA
1 REVISIÓN GENERAL	18-04-08 J.A.Z.P.	INICIADO EL: 13-04-08	Aprobado	Fecha
0 APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN				

TD-200A/B
TORRE DE DESORCIÓN
S = DESORCIÓN
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 2.18 m
L = 2.0 m
Empaque = Anillo Pall

TM-300
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox.

TQ-400
TANQUE
S = DOSIFICAR HIPOCLORITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

BD-410A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Qop = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1+1N
Hz = 60

TB-500
TANQUE DE BALANCE
S = ALMACENAMIENTO
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 2.0 m
L = 6.0 m

BC-600A/B
BOMBA
S = ALIMENTACIÓN A FILTROS
Qop = 22 LPS
CDT = 45.0 m.c.a.
Pot = 40 Hp
η = 80%
Nu = 8

SIMBOLOGÍA

	PRESIÓN
	FLUJO
	TEMPERATURA
	VÁLVULA EN ESTADO CERRADO
	VÁLVULA EN ESTADO ABIERTO
	NÚMERO DE LÍNEA DE PROCESO
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE CORRIENTE PRINCIPAL
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE SERVICIO AUXILIAR
	CONECTOR DE CORRIENTE DE PROCESO

LISTA DE EQUIPO

CLAVE	EQUIPO
BP-100	BOMBA DE POZO
TD-200A	TORRE DE DESORCIÓN
TD-200B	TORRE DE DESORCIÓN
SO-201/202	SOPLADOR
TM-300	TEE DE MEZCLADO
TQ-400	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
BD-410A/B	BOMBA DOSIFICADORA
TB-500	TANQUE DE BALANCE
BC-600A/B	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL

DATOS DE PROYECTO

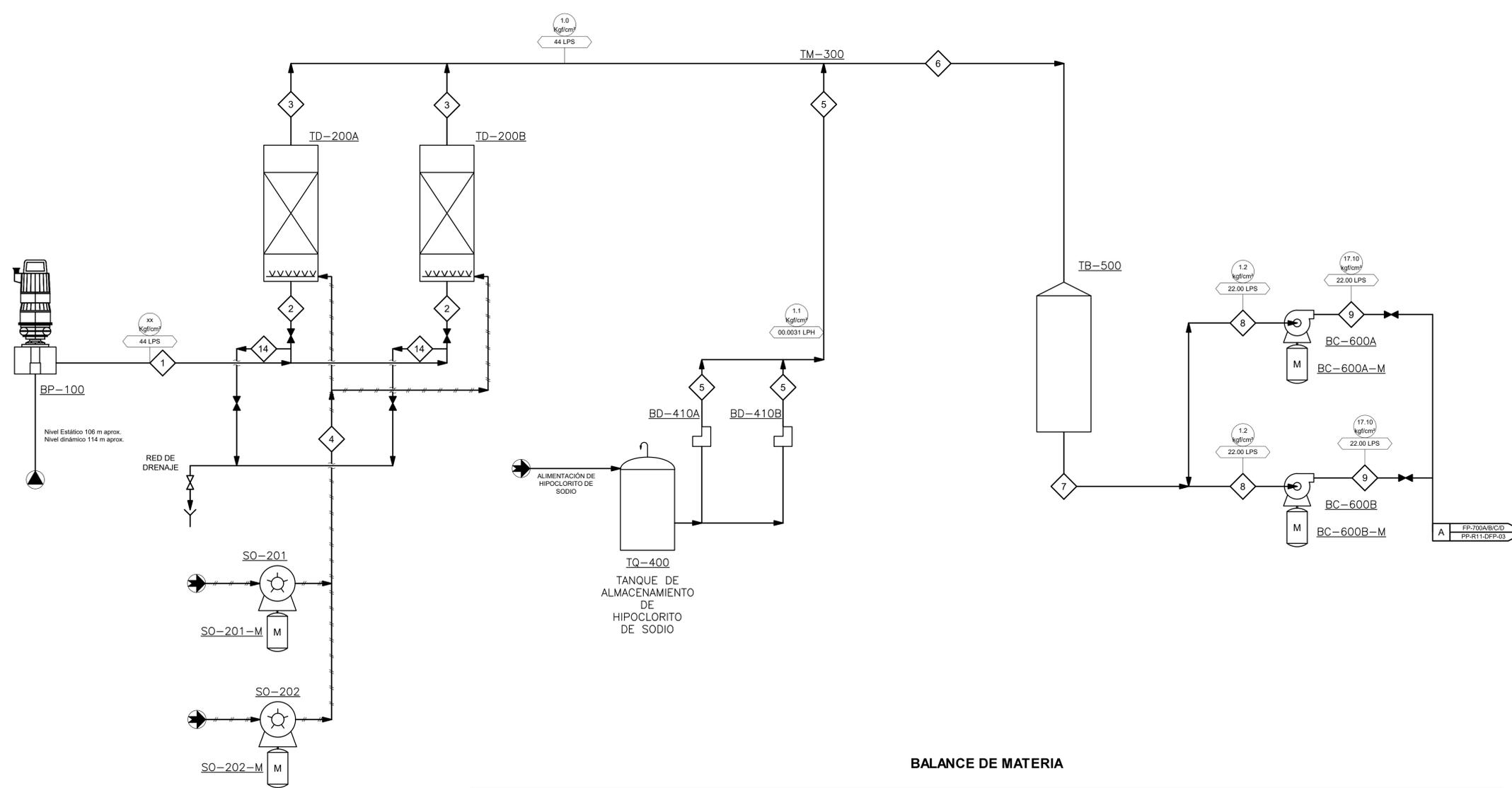
Qop	CAUDAL DE OPERACIÓN
T	TEMPERATURA DE OPERACIÓN
P	PRESIÓN DE OPERACIÓN
Ø	DIÁMETRO
H	ALTURA
A	ANCHO
L	LARGO
Pot	POTENCIA
G	GRADIENTE DE VELOCIDAD
Mat	MATERIAL
C	CAPACIDAD
CDT	CARGA DINÁMICA TOTAL
η	EFICIENCIA
Ti	TIEMPO DE RESIDENCIA
pH	pH
op	OPERACIÓN
máx	MÁXIMA
mín	MÍNIMA
CHS	CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL
ΔP	PRESIÓN DIFERENCIAL
Nu	NÚMERO DE UNIDADES
Hrop	HORAS EN OPERACIÓN
Arreglo	ETAPA (INCLUIDO X No. DE MEMBRANAS)
Palim	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN
FLUIDO:	AGUA DE POZO
ORIGEN:	POZO R11
TIPO DE CAPTACIÓN:	BOMBO DE POZO
ALIMENTACIÓN A LA PLANTA:	44 LPS
GASTO DE AGUA POTABLE:	44 LPS
DESTINO DEL EFLUENTE:	RED DE AGUA POTABLE
NIVEL DE TRATAMIENTO:	POTABILIZACIÓN
PROCESO:	DESORCIÓN
PROCESO DE REFUERZO:	FILTRACIÓN
CRITERIO DE CALIDAD:	NOM-127-1994
CONDUCCIÓN DEL EFLUENTE:	A PRESIÓN/A GRAVEDAD
ENTREGA EN BLOQUE:	CÁRCAMO CB-500
SUPERFICIE TERRENO:	1505 m²

NOTAS

- ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS A NIVEL DEL MAR.
- EL EQUIPO Y MATERIALES QUE SE UTILIZARAN EN ESTA OBRA DEBERÁN DE ESTAR AUTORIZADOS POR G.D.F./SACMEX PARA EL MONTAJE E INSTALACIONES DE ESTA OBRA DEBERÁN CONSULTARSE LOS PLANOS DEL FABRICANTE.
- LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ESTA OBRA DEBERÁN ESTAR APEGADAS A LAS NORMAS DEL G.D.F./SACMEX VIGENTES PARA ESTE TIPO DE OBRA.
- LA BOMBA DE POZO BP-100 SERÁ SUMINISTRADA POR EL SACMEX.

BALANCE DE MATERIA

INFLUENTE	UNIDADES	INFLUENTE	DESORCIÓN CATALÍTICA	OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO (NaClO)	FILTRACIÓN A PRESIÓN CON ZEOLITA	DECLORACIÓN CON BISULFITO DE SODIO (NaHSO ₃)	ADSORCIÓN	DESINFECCIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO (NaClO)	CRITERIO
pH.	Adim.	8.80	7.92	6.73	6.73	7.41	7.03	6.68	6.5 a 8.5
Turbiedad.	NTU	0.00	0.00	0.00	4.00	0.20	0.01	0.01	< o igual a 1.0
Color.	U Pt/Co	35.00	35.00	40.25	4.03	0.20	0.01	0.01	< o igual a 10
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	4.49	0.45	0.22	0.22	0.22	0.01	0.01	< o igual a 0.5
Nitrogeno Proteico	mg/L	0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	< o igual a 0.1
Coliformes totales.	Col/100 ml	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	Ausencia o no detectables	Ausencia o no detectables
Coliformes fecales.	Col/100 ml	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	Ausencia o no detectables	Ausencia o no detectables



DIBUJOS DE REFERENCIA

DESCRIPCIÓN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MOSTRANDO LOS LAZOS DE CONTROL, BÁSICO DEL PROCESO.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EDICIÓN

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO: FECHA

ESCALA: SIN ACOT: SIN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

PROYECTO PP-R11-DFF-02

TESIS PROFESIONAL

PP-R11-DFF-02

REV.

TM-710
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox.

TQ-800
TANQUE
S = DOSIFICAR BISULFITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

BD-810A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Qop = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1+1N
Hz = 60

TA-900A/B
TORRE DE ADSORCIÓN
S = DESORCIÓN
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 3.0 m
L = 3.36 m
Empaque = Anillo Pall

TM-1000
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox.

TQ-1100
TANQUE
S = DOSIFICAR HIPOCLORITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

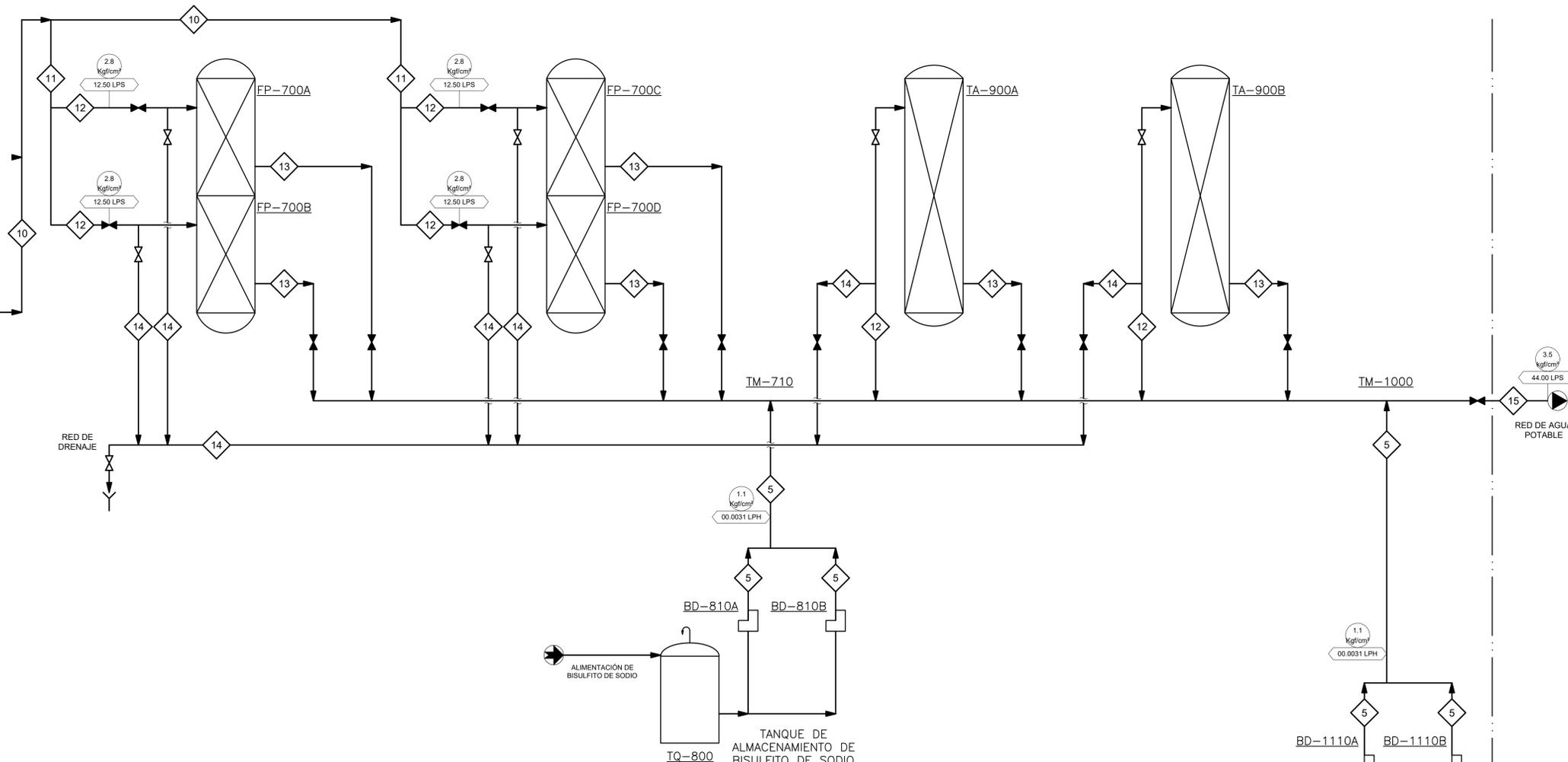
BD-1110A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Qop = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1+1N
Hz = 60

SIMBOLOGÍA	
	PRESIÓN
	FLUJO
	TEMPERATURA
	VÁLVULA EN ESTADO CERRADO
	VÁLVULA EN ESTADO ABIERTO
	NÚMERO DE LÍNEA DE PROCESO
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE CORRIENTE PRINCIPAL
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE SERVICIO AUXILIAR
	CONECTOR DE CORRIENTE DE PROCESO

LISTA DE EQUIPO	
CLAVE	EQUIPO
FP-700A/B	FILTRO A PRESIÓN
FP-700C/D	FILTRO A PRESIÓN
TM-710	TEE DE MEZCLADO
TQ-1100	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BISULFITO DE SODIO
BD-810A/B	BOMBA DOSIFICADORA
TA-900A/B	TORRE DE ADSORCIÓN
TM-1000	TEE DE MEZCLADO
TQ-800	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
BD-1110A/B	BOMBA DOSIFICADORA

DATOS DE PROYECTO	
Qop	CAUDAL DE OPERACIÓN
T	TEMPERATURA DE OPERACIÓN
P	PRESIÓN DE OPERACIÓN
Ø	DIÁMETRO
H	ALTURA
A	ANCHO
L	LARGO
Pot	POTENCIA
G	GRADIENTE DE VELOCIDAD
Mat	MATERIAL
C	CAPACIDAD
CDT	CARGA DINÁMICA TOTAL
η	EFICIENCIA
Ti	TIEMPO DE RESIDENCIA
pH	pH
op	OPERACIÓN
máx	MÁXIMA
mín	MÍNIMA
CHS	CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL
ΔP	PRESIÓN DIFERENCIAL
Nu	NÚMERO DE UNIDADES
Hrop	HORAS EN OPERACIÓN
Arreglo	ETAPA (INDICANDO X No. DE MEMBRANAS)
Palim	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN
FLUIDO:	AGUA DE POZO
ORIGEN:	POZO R11
TIPO DE CAPTACIÓN:	BOMBEO DE POZO
ALIMENTACIÓN A LA PLANTA:	44 LPS
GASTO DE AGUA POTABLE:	44 LPS
DESTINO DEL EFLENTE:	RED DE AGUA POTABLE
NIVEL DE TRATAMIENTO:	POTABILIZACIÓN
PROCESO:	DESORCIÓN
PROCESO DE REFUERZO:	FILTRACIÓN
CRITERIO DE CALIDAD:	NOM-127-1994
CONDUCCIÓN DEL EFLENTE:	A PRESIÓN/A GRAVEDAD
ENTREGA EN BLOQUE:	CÁRCAMO CB-500
SUPERFICIE TERRENO:	1505 m²

- NOTAS**
- ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS A NIVEL DEL MAR.
 - EL EQUIPO Y MATERIALES QUE SE UTILIZARÁN EN ESTA OBRA DEBERÁN DE ESTAR AUTORIZADOS POR G.D.F./SACMEX PARA EL MONTAJE E INSTALACIONES DE ESTA OBRA DEBERÁN CONSULTARSE LOS PLANOS DEL FABRICANTE.
 - LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ESTA OBRA DEBERÁN ESTAR APEGADAS A LAS NORMAS DEL G.D.F./SACMEX VIGENTES PARA ESTE TIPO DE OBRA.
 - LA BOMBA DE POZO BP-100 SERÁ SUMINISTRADA POR EL SACMEX.



BALANCE DE MATERIA

INFLUENTE	UNIDADES	INFLUENTE	DESORCIÓN CATALÍTICA	OXIDACIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO (NaClO)	FILTRACIÓN A PRESIÓN CON ZEOLITA	DECLORACIÓN CON BISULFITO DE SODIO (NaHSO ₂)	ADSORCIÓN	DESINFECCIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO (NaClO)	CRITERIO
pH.	Adim.	8.80	7.92	6.73	6.73	7.41	7.03	6.68	6.5 a 8.5
Turbiedad.	NTU	0.00	0.00	0.00	4.00	0.20	0.01	0.01	< o igual a 1.0
Color.	U Pt/Co	35.00	35.00	40.25	4.03	0.20	0.01	0.01	< o igual a 10
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	4.49	0.45	0.22	0.22	0.22	0.01	0.01	< o igual a 0.5
Nitrogeno Proteico	mg/L	0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	< o igual a 0.1
Coliformes totales.	Col/100 ml	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	Ausencia o no detectables	Ausencia o no detectables
Coliformes fecales.	Col/100 ml	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	Ausencia o no detectables	Ausencia o no detectables

REV.	DESCRIPCIÓN	DIB.	SPVR.	ING. DIS.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	FECHA	J. PROY.	FECHA	CLIENTE	FECHA
2	REVISIÓN							18-04-08	J.A.Z.P.			
1	REVISIÓN GENERAL											
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN											

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MOSTRANDO LOS LAZOS DE CONTROL BÁSICO DEL PROCESO.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

B EDICIÓN

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO: FECHA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

PROYECTO PP-R11-DFF-03
TESIS PROFESIONAL

PP-R11-DFF-03

ESCALA: SIN ACOT: SIN

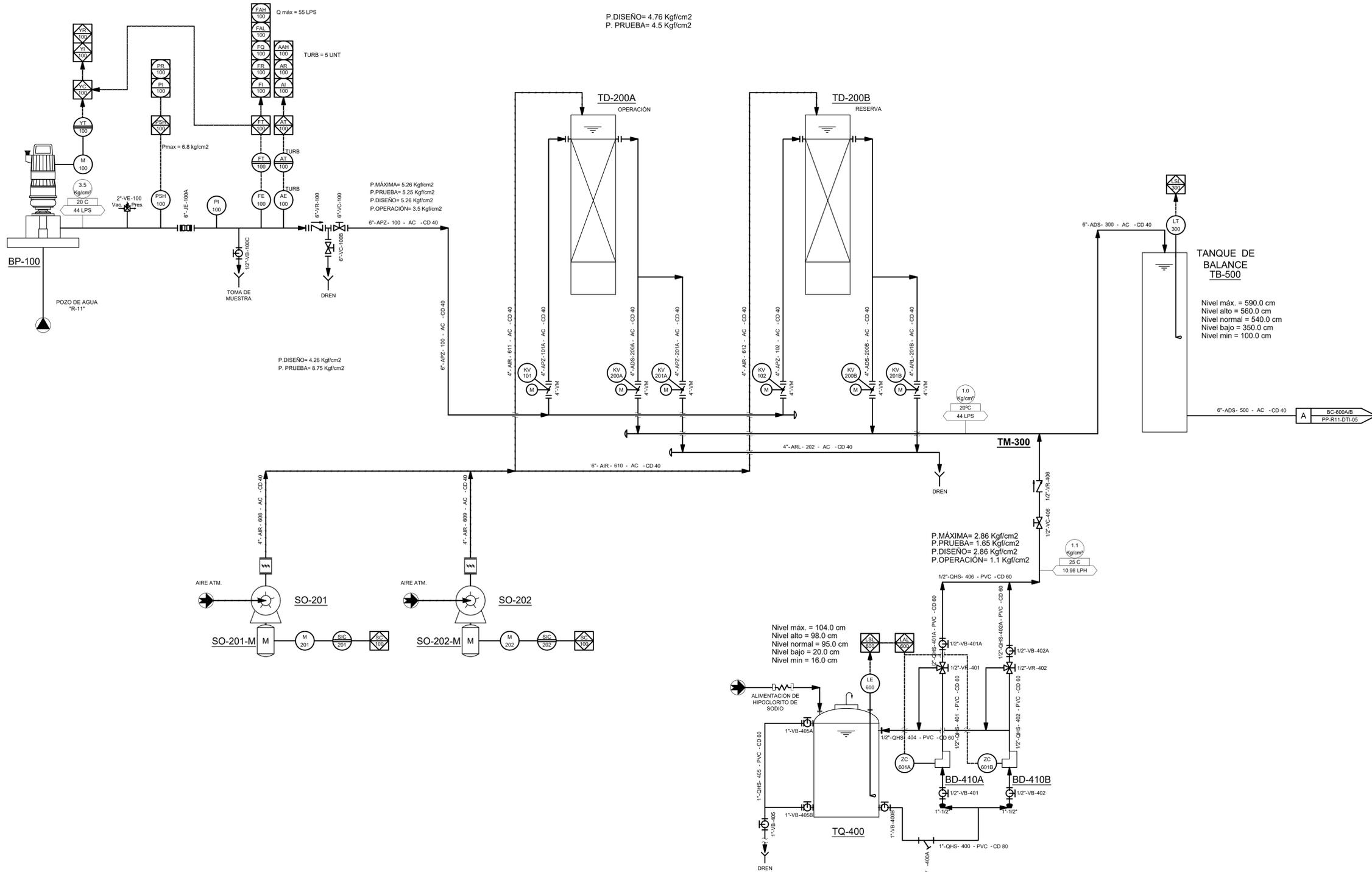
TD-200A/B
TORRE DE DESORCIÓN
S = DESORCIÓN
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 2.18 m
L = 2.0 m
Mat = Acero Inox
Empaque = Anillo Pall

TM-300
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox

TQ-400
TANQUE
S = DOSIFICAR HIPOCLORITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

BD-410A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Qop = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1+1N
Hz = 60

TB-500
TANQUE DE BALANCE
S = ALMACENAMIENTO
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 2.0 m
L = 6.0 m



SIMBOLOGÍA	
	PRESIÓN
	FLUJO
	TEMPERATURA
	VÁLVULA EN ESTADO CERRADO
	VÁLVULA EN ESTADO ABIERTO
	NÚMERO DE LÍNEA DE PROCESO
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE CORRIENTE PRINCIPAL
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE SERVICIO AUXILIAR
	CONECTOR DE CORRIENTE DE PROCESO

LISTA DE EQUIPO	
CLAVE	EQUIPO
BP-100	BOMBA DE POZO
TD-200A	TORRE DE DESORCIÓN
TD-200B	TORRE DE DESORCIÓN
SO-201/202	SOPLADOR
TM-300	TEE DE MEZCLADO
TQ-400	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
BD-410A/B	BOMBA DOSIFICADORA
TB-500	TANQUE DE BALANCE

DATOS DE PROYECTO	
Qop	CAUDAL DE OPERACIÓN
T	TEMPERATURA DE OPERACIÓN
P	PRESIÓN DE OPERACIÓN
Ø	DIÁMETRO
H	ALTURA
A	ANCHO
L	LARGO
Pot	POTENCIA
G	GRADIENTE DE VELOCIDAD
Mat	MATERIAL
C	CAPACIDAD
CDT	CARGA DINÁMICA TOTAL
η	EFICIENCIA
Tr	TIEMPO DE RESIDENCIA
pH	pH
op	OPERACIÓN
máx	MÁXIMA
min	MÍNIMA
CHS	CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL
ΔP	PRESIÓN DIFERENCIAL
Nu	NÚMERO DE UNIDADES
Hrop	HORAS EN OPERACIÓN
Arreglo	ETAPA (NÚMERO X No. DE MEMBRANAS)
Palm	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN
FLUIDO:	AGUA DE POZO
ORIGEN:	POZO R11
TIPO DE CAPTACIÓN:	BOMBEO DE POZO
ALIMENTACIÓN A LA PLANTA:	44 LPS
GASTO DE AGUA POTABLE:	44 LPS
DESTINO DEL EFLENTE:	RED DE AGUA POTABLE
NIVEL DE TRATAMIENTO:	POTABILIZACIÓN
PROCESO:	DESORCIÓN
PROCESO DE REFUERZO:	FILTRACIÓN
CRITERIO DE CALIDAD:	NOM-127-1994
CONDUCCIÓN DEL EFLENTE:	A PRESIÓN GRAVEDAD
ENTREGA EN BLOQUE:	CÁRCAMO CB-500
SUPERFICIE TERRENO:	1505 m²

NOTAS	
1.	LA SIMBOLOGÍA SE DEFINE EN EL PLANO DE SIMBOLOGÍA PARA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PP-R11-DT-07 DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA PARA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN
2.	ESTE PLANO DEBERÁ TRABAJARSE EN CONJUNTO CON EL DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA PP-R11-DT-07.

DIBUJOS DE REFERENCIA		DESCRIPCIÓN		DIB.	SPVR	ING. DIS.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	FECHA	J. PROY.	FECHA	CLIENTE	FECHA
2	REVISIÓN			I.A.M.	E.R.C.					18-04-08	J.A.Z.P.			
1	REVISIÓN GENERAL													
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN													

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN MOSTRANDO LOS LAZOS DE CONTROL BÁSICO DEL PROCESO.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

B EDICIÓN

EDICIÓN

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO: FECHA

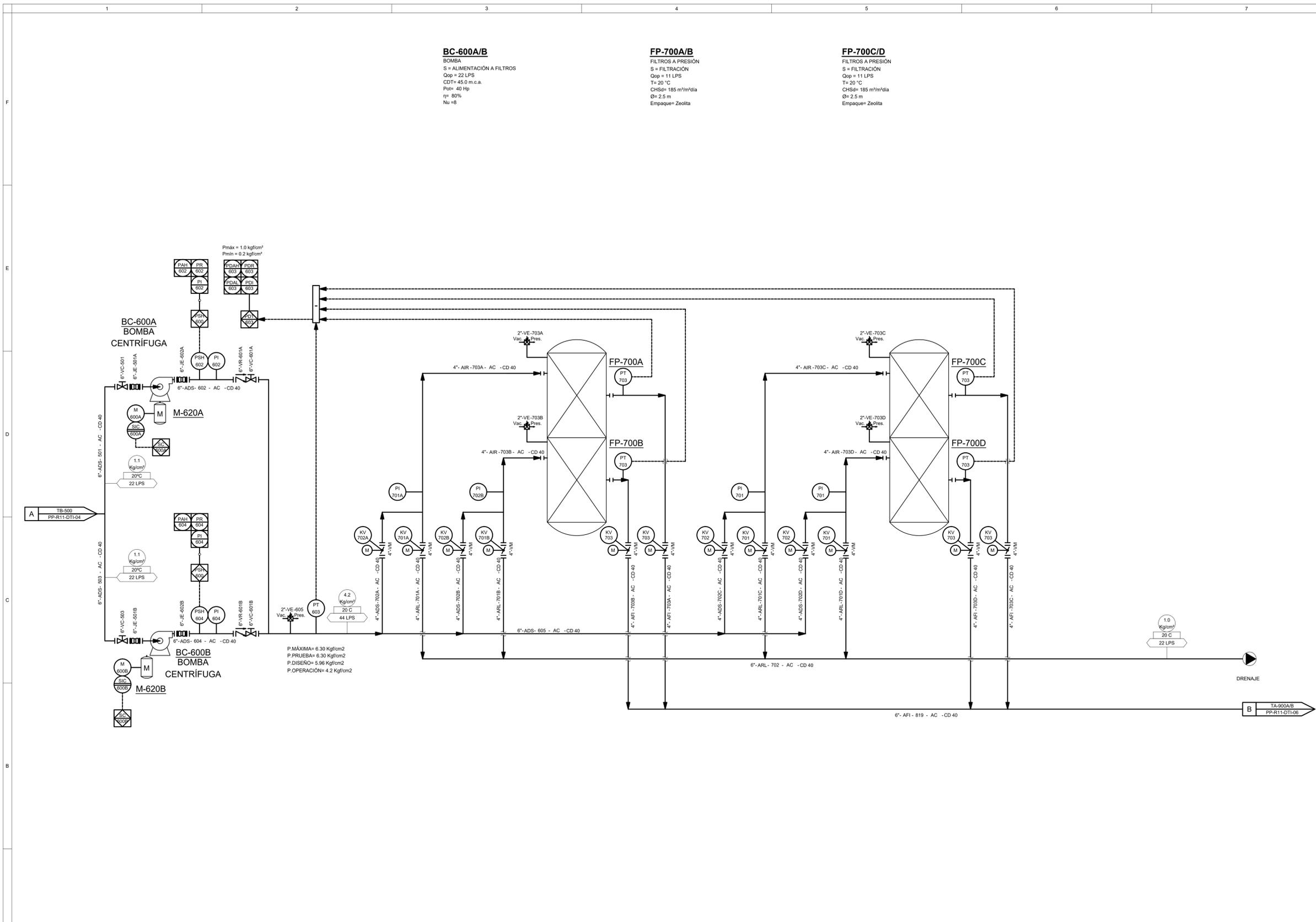
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

PROYECTO PP-R11-DT-04

TESIS PROFESIONAL

PP-R11-DT-04



BC-600A/B
 BOMBA
 S = ALIMENTACIÓN A FILTROS
 Qop = 22 LPS
 CDT = 45.0 m.c.a.
 Pot = 40 Hp
 η = 80%
 Nu = 8

FP-700A/B
 FILTROS A PRESIÓN
 S = FILTRACIÓN
 Qop = 11 LPS
 T = 20 °C
 CHSD = 185 m³/m²/día
 Ø = 2.5 m
 Empaque = Zeolita

FP-700C/D
 FILTROS A PRESIÓN
 S = FILTRACIÓN
 Qop = 11 LPS
 T = 20 °C
 CHSD = 185 m³/m²/día
 Ø = 2.5 m
 Empaque = Zeolita

P.MÁXIMA = 6.30 Kg/cm²
 P.PRUEBA = 6.30 Kg/cm²
 P.DISEÑO = 5.96 Kg/cm²
 P.OPERACIÓN = 4.2 Kg/cm²

SIMBOLOGÍA	
	PRESIÓN
	FLUJO
	TEMPERATURA
	VÁLVULA EN ESTADO CERRADO
	VÁLVULA EN ESTADO ABIERTO
	NÚMERO DE LÍNEA DE PROCESO
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE CORRIENTE PRINCIPAL
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE SERVICIO AUXILIAR
	CONECTOR DE CORRIENTE DE PROCESO

LISTA DE EQUIPO	
CLAVE	EQUIPO
BC-600A/B	BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL
FP-700A/B	FILTRO A PRESIÓN
FP-700C/D	FILTRO A PRESIÓN

DATOS DE PROYECTO	
Qop	CAUDAL DE OPERACIÓN
T	TEMPERATURA DE OPERACIÓN
P	PRESIÓN DE OPERACIÓN
Ø	DIÁMETRO
H	ALTURA
A	ANCHO
L	LARGO
Pot	POTENCIA
G	GRADIENTE DE VELOCIDAD
Mat	MATERIAL
C	CAPACIDAD
CDT	CARGA DINÁMICA TOTAL
η	EFICIENCIA
Tr	TIEMPO DE RESIDENCIA
pH	pH
op	OPERACIÓN
máx	MÁXIMA
mín	MÍNIMA
CHS	CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL
ΔP	PRESIÓN DIFERENCIAL
Nu	NÚMERO DE UNIDADES
Hrop	HORAS EN OPERACIÓN
Arreglo	ETAPA (NÚMERO X No. DE MEMBRANAS)
Palim	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN
FLUIDO:	AGUA DE POZO
ORIGEN:	POZO R11
TIPO DE CAPTACIÓN:	BOMBEO DE POZO
ALIMENTACIÓN A LA PLANTA:	44 LPS
GASTO DE AGUA POTABLE:	44 LPS
DESTINO DEL EFLUENTE:	RED DE AGUA POTABLE
NIVEL DE TRATAMIENTO:	POTABILIZACIÓN
PROCESO:	DESORCIÓN
PROCESO DE REFUERZO:	FILTRACIÓN
CRITERIO DE CALIDAD:	NOM-127-1994
CONDUCCIÓN DEL EFLUENTE:	A PRESIÓN GRAVEDAD
ENTREGA EN BLOQUE:	CÁRCAMO CB-500
SUPERFICIE TERRENO:	1505 m²

NOTAS	
1.	LA SIMBOLOGÍA SE DEFINE EN EL PLANO DE SIMBOLOGÍA PARA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PP-R11-DT1-07 DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA PARA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN
2.	ESTE PLANO DEBERÁ TRABAJARSE EN CONJUNTO CON EL DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA PP-R11-DT1-07.

REV.	DESCRIPCIÓN	DIB.	SPVR.	ING. DIS.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	FECHA	J. PROY.	FECHA	CLIENTE	FECHA
2	REVISIÓN							18-04-08	J.A.Z.P.			
1	REVISIÓN GENERAL											
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN											

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN MOSTRANDO LOS LAZOS DE CONTROL BÁSICO DEL PROCESO.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

B EDICIÓN

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO: FECHA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

PROYECTO PP-R11-DT-05

TESIS PROFESIONAL

PP-R11-DT-05

REVISIONES

TM-710
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox.

TQ-800
TANQUE
S = DOSIFICAR BISULFITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

BD-810A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Cap = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1-1N
Hz = 60

TA-900A/B
TORRE DE ADSORCIÓN
S = DESORCIÓN
Qop = 44 LPS
T = 20 °C
Ø = 3.0 m
L = 3.38 m
Empaque = Anillo Pall

TM-1000
TEE DE MEZCLADO
S = MEZCLA QUÍMICO
Top = 20 °C
Ø = 208.2 mm
L = 1.5 m
G = 2000-8000 s-1
Mat = Acero Inox.

TQ-1100
TANQUE
S = DOSIFICAR HIPOCLORITO DE SODIO
C = 1.1 m³
P = ATM
T = 20 °C
Ø = 1.10 m
H = 1.40 m

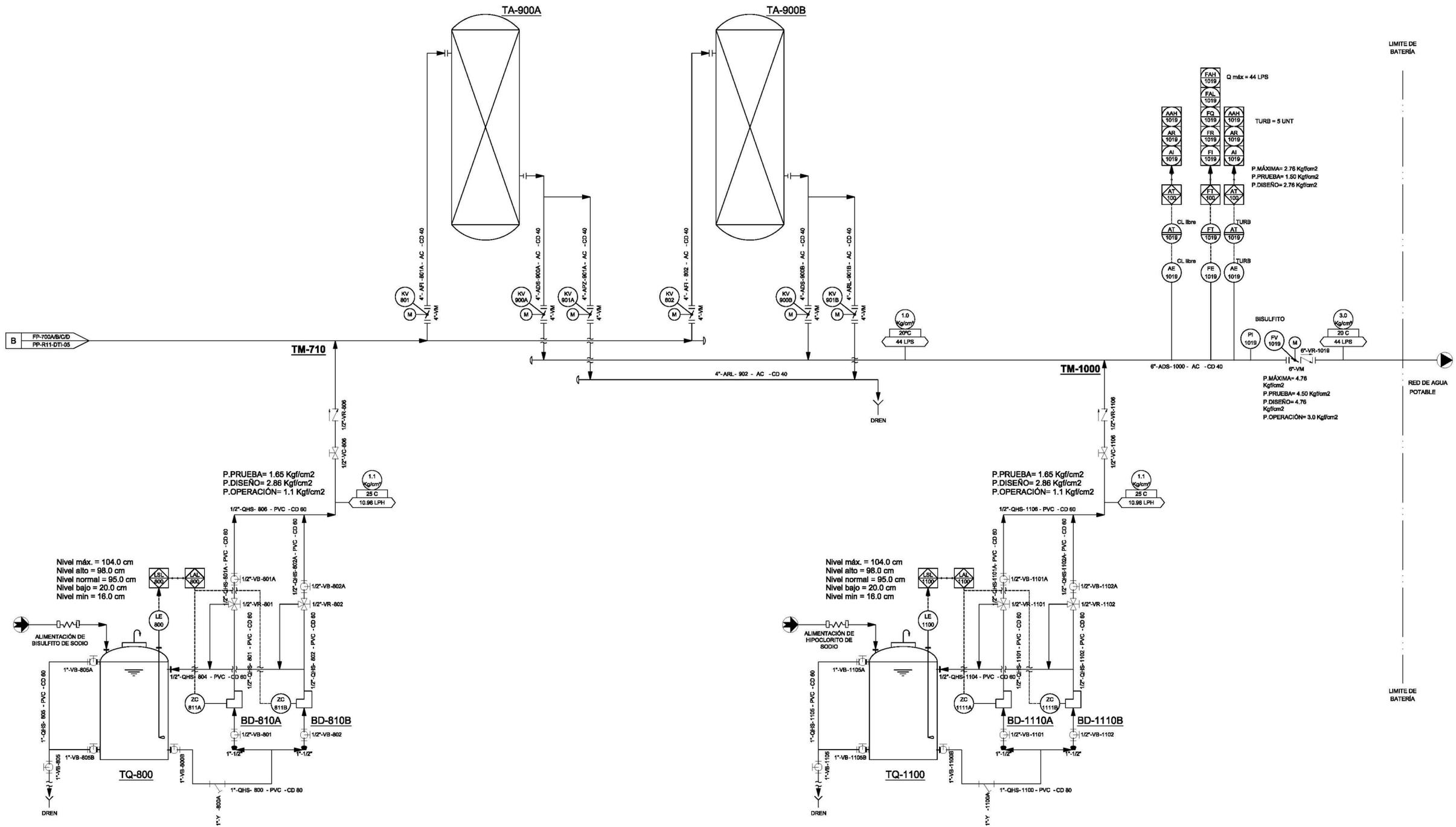
BD-1110A/B
BOMBAS DOSIFICADORAS
S = SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE SODIO
Cap = 8.2 L/min
Pdescarga = 2 kg/cm²
T = 20 °C
Pot = 0.5 Hp
Fases = 1-1N
Hz = 60

SIMBOLOGÍA	
	PRESIÓN
	FLUJO
	TEMPERATURA
	VÁLVULA EN ESTADO CERRADO
	VÁLVULA EN ESTADO ABIERTO
	NÚMERO DE LÍNEA DE PROCESO
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE CORRIENTE PRINCIPAL
	ALIMENTACIÓN O SALIDA DE SERVICIO AUXILIAR
	CONECTOR DE CORRIENTE DE PROCESO

LISTA DE EQUIPO	
CLAVE	EQUIPO
TM-710	TEE DE MEZCLADO
TQ-800	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BISULFITO DE SODIO
BD-810A/B	BOMBA DOSIFICADORA
TA-900A/B	TORRE DE ADSORCIÓN
TM-1000	TEE DE MEZCLADO
TQ-1100	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
BD-1110A/B	BOMBA DOSIFICADORA

DATOS DE PROYECTO	
Qop	CAUDAL DE OPERACIÓN
T	TEMPERATURA DE OPERACIÓN
P	PRESIÓN DE OPERACIÓN
Ø	DIÁMETRO
H	ALTURA
A	ANCHO
L	LARGO
Pot	POTENCIA
G	GRADIENTE DE VELOCIDAD
Mat	MATERIAL
C	CAPACIDAD
CDT	CARGA DINÁMICA TOTAL
η	EFICIENCIA
Tr	TIEMPO DE RESIDENCIA
pH	pH
op	OPERACIÓN
máx	MÁXIMA
mín	MÍNIMA
CHS	CARGA HIDRÁULICA SUPERFICIAL
AP	PRESIÓN DIFERENCIAL
Nu	NÚMERO DE UNIDADES
Hesp	HORAS EN OPERACIÓN
Amglo	ETAPA (HOURS) X No. DE MEMBRANAS)
Palm	PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN
FLUIDO,	AGUA DE POZO
ORIGEN,	POZO R11
TIPO DE CAPTACIÓN,	BOMBEO DE POZO
ALIMENTACIÓN A LA PLANTA,	44 LPS
GASTO DE AGUA POTABLE,	44 LPS
DESTINO DEL EFLENTE,	RED DE AGUA POTABLE
NIVEL DE TRATAMIENTO,	POTABILIZACIÓN
PROCESO,	DESORCIÓN
PROCESO DE REFUERZO,	FILTRACIÓN
CRITERIO DE CALIDAD,	NOM-127-1994
CONDUCCIÓN DEL EFLENTE,	A PRESIÓN GRAVEDAD
ENTREGA EN BLOQUE,	CÁRCAMO CB-500
SUPERFICIE TERRENO,	1505 m²

NOTAS	
1.	LA SIMBOLOGÍA SE DEFINE EN EL PLANO DE SIMBOLOGÍA PARA TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PP-R11-DT1-07
2.	ESTE PLANO DEBERÁ TRABAJARSE EN CONJUNTO CON EL DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA PP-R11-DT1-07.



REV.	DESCRIPCIÓN	DIB.	SPVR.	ING. DIS.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	FECHA	J. PROY.	FECHA	CLIENTE	FECHA
2	REVISIÓN							18-04-08	J.A.Z.P.			
1	REVISIÓN GENERAL											
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN											

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN MOSTRANDO LOS LAZOS DE CONTROL BÁSICO DEL PROCESO.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EDICIÓN

EDICIÓN

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO

FECHA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

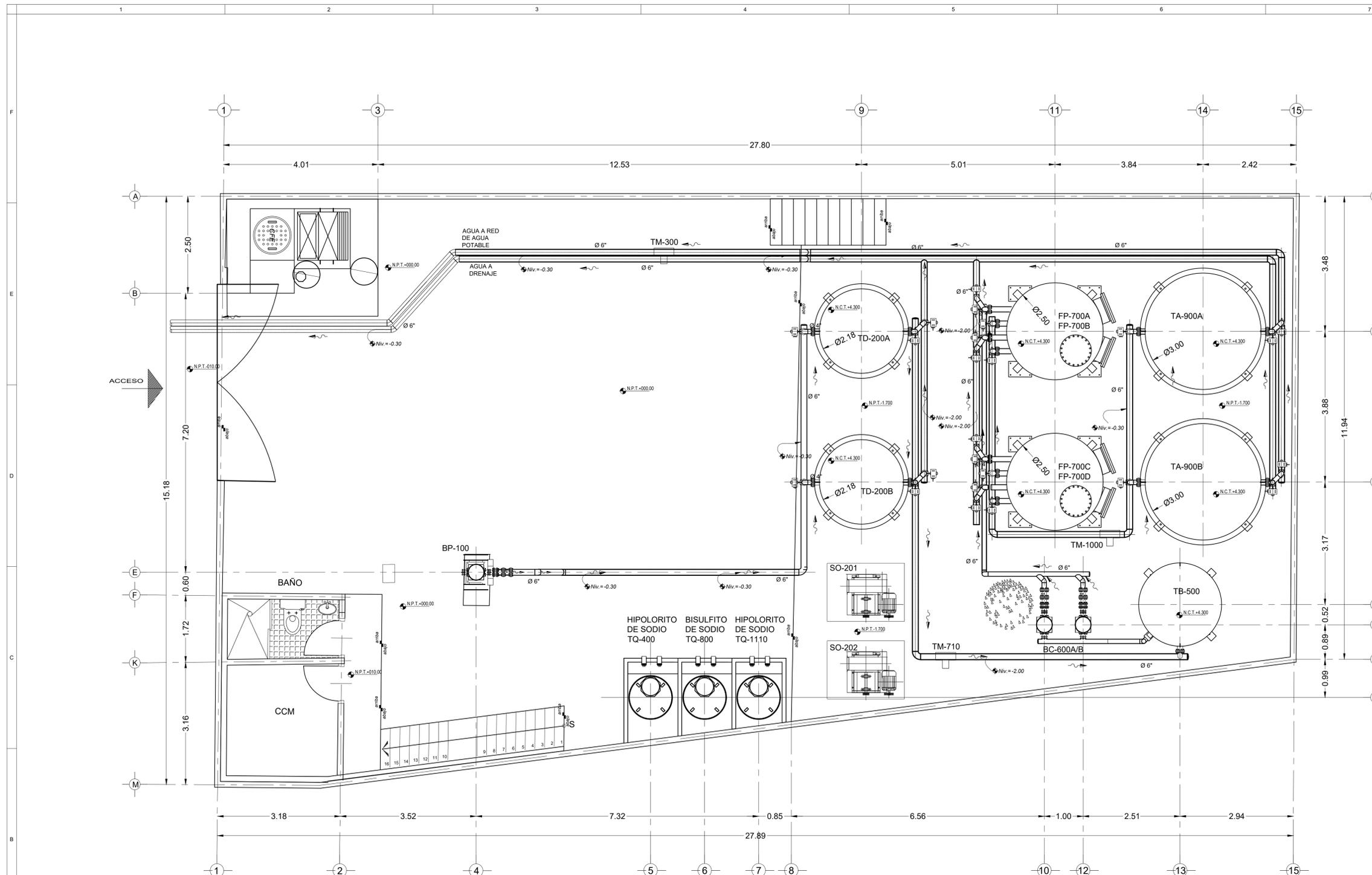
PROYECTO PP-R11-DT1-06

TESIS PROFESIONAL

ESCALA: SIN ACOT: SIN

PP-R11-DT1-06

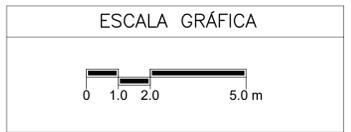
REV.



SIMBOLOGÍA	
	INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
	EJE
	COTAS A EJES
	CAMBIO DE NIVEL
	NIVEL DE PISO TERMINADO

NOMENCLATURA	
BP-100	BOMBA DE POZO
TD-200A/B	TORRE DE DESORCIÓN
TM-300	TEE DE MEZCLADO
TQ-400	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO
TB-500	TANQUE DE BALANCE
BC-600A/B	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL
FP-700A/B	FILTRO A PRESIÓN
FP-700C/D	FILTRO A PRESIÓN
TM-710	TEE DE MEZCLADO
TQ-800	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BISULFITO DE SODIO
TA-900A/B	TORRE DE ADSORCIÓN
TM-1000	TEE DE MEZCLADO
TQ-1100	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO

- NOTAS**
1. LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS.
 2. LOS PLANOS SE ENCUENTRAN A UNA ESCALA ESTÁNDAR INDICADA.
 3. SE TOMA COMO NIVEL CERO EL NIVEL DEL PATIO.
 4. LOS NIVELES ESTÁN INDICADOS EN METROS.



PLANTA DE CONJUNTO

DIBUJOS DE REFERENCIA		REV. DESCRIPCIÓN		DIB.	SPVR.	ING. DIS.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	FECHA	J. PROY.	FECHA	CLIENTE	FECHA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2	REVISIÓN	I.A.M.	E.R.C.					18-04-08	J.A.Z.P.			
		1	REVISIÓN GENERAL											
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN											

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

EXPERIENCIA LABORAL EN UNA LICITACIÓN PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA.
ARREGLO GENERAL DE EQUIPOS.

FES ZARAGOZA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

INICIADO EL: 13-04-08

APROBADO: FECHA

ARREGLO GENERAL

PROYECTO PP-R11-AGE-08

TESIS PROFESIONAL

PP-R11-AGE-08

Bibliografía

- Barderas, A. V. (1990). *Aplicaciones de Transferencia de Masa (Absorción)*. UNAM.
- Cisneros, B. E. (1995). *Filtración del Agua*. UNAM.
- Cleasby, A. a. (1993). Optimun Backwashing of filters with air scour. *Water Science and Technology*.
- Eddy, M. a. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Mc Graw Hill.
- Especializadas, S. (s.f.). *Licitaciones*. Obtenido de Etapas de la Licitación: <http://www.licitacion-es.com.mx/etapas-de-la-licitacion.html>
- Función Publica. (s.f.). *Compranet*. Obtenido de Compranet: <http://www.compranet.funcionpublica.gob.mx/web/login.html>
- G, G. C. (1997). *Carbón Activado Granular*. Aconcagua.
- M. Anis Al-Layla, S. A. (1978). *Water supply engineering desing*. Ann Arbor Science.
- McCabe, W. L. (1981). *Operaciones Básicas de Ingeniería Química*. McGraw Hill.
- Mott, R. L. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. Prentice Hall.
- O, A. O. (2006). Industrial Wastewater Treatment Using Natural Material. *African Journal of Biotechnology*.
- Onda K, T. a. (1968). Mass Transfer Coefficients Between Gas and Liquid Phases in Packed Columns. *Japanese Journal Chemical Engineering*.
- Publica, S. d. (s.f.). *Licitaciones*. Obtenido de Licitaciones: <http://www.licitación-es.com.mx/etapas-de-la-licitación.html>
- S, R. R. (1996). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Reverte.
- SACMEX. (2010). *ESTUDIOS DE CALIDAD POZO R-11*.
- Tlahúac, D. (2001). Plan de Acciones Hidráulicas 2001 - 2005 Delegación Tláhuac. *Plan de Acciones Hidráulicas 2001 - 2005 Delegación Tláhuac*.
- Treybal, R. E. (1980). *Operaciones de Transferencia de masa*. McGraw Hill.
- U S Army Corps of Engineers. (2001). *Engineering and Desing: Absorption Desing Guide*. Departament of the Army.
- Valencia, J. A. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del Agua*. McGraw Hill.