



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

"ELABORACION DEL PROYECTO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, DE 2,160M³/DIA PARA
UNA UNIDAD HABITACIONAL DE INTERES SOCIAL,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE VILLA NICOLAS ROMERO,
ESTADO DE MEXICO."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
SOSA SANCHEZ MARCO ANTONIO

DIRECTOR:
I.Q. JUAN ANTONIO DAVILA GORDILLO



Unidad en la Diversidad:
Zaragoza Frente al Siglo XXI

MEXICO, D. F.,

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/086/03

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: SOSA SÁNCHEZ MARCO ANTONIO

P r e s e n t e.

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

Presidente:	M. en C. Andrés Aquino Canchola
Vocal:	I.Q. Juan Antonio Dávila Gordillo
Secretario:	I.Q. Martha Flores Becerril
Suplente:	I.Q. Juan Carlos Prieto López
Suplente:	I.Q. Zula Genny Sandoval Villanueva

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 23 de Octubre de 2003

EL JEFE DE LA CARRERA

SECRETARIA TECNICA
ZARAGOZA
INGENIERIA QUIMICA
SECRETARIA TECNICA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

♣

Agradecimientos:

A mis padres, por el gran esfuerzo que hicieron para heredarme una carrera universitaria e inculcarme valores éticos, morales y cívicos que me han permitido elegir el estilo de vida que más me agrada.

A mi esposa, porque la amo y porque me ha apoyado sin ninguna condición durante el largo proceso de titulación.

A mis hermanas, por la maravillosa experiencia que fue compartir nuestra vida durante la infancia.

A mis sobrinos, Mariana, Edgar, Rodolfo, Jordan, Monserrat y Miguel que han renovado mi alegría y optimismo por la vida.

A mis primos, por hacer de la vida una fiesta.

A mis profesores, por los conocimientos que me transmitieron.

A la U. N. A. M., F. E. S. "Zaragoza", por haberme forjado.

A mi asesor, por haberme impulsado a titularme.

A mis sinodales, por brindarme su tiempo para llevar a buen término el presente trabajo.

A la dirección ejecutiva de Ingeniería y Equipos Ambientales, S. A. de C. V. por brindarme el apoyo y las facilidades necesarias para realizar el presente trabajo.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	viii
OBJETIVO	xii
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	xiii
CAPITULO I : GENERALIDADES	1
CAPITULO II : BASES DE DISEÑO	4
II.1.- BASES DE DISEÑO	4
II.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	5
CAPITULO III : DESARROLLO DE PROCESO	9
III.1.- CANALES DE REJILLAS	9
III.2.- CANALES DESARENADORES	11
III.3.- CÁRCAMO DE REGULACIÓN	14
III.4.- REACTOR BIOLÓGICO	16
III.5.- TANQUE REGULADOR DE LODO DE PURGA	25
III.6.- CLARIFICADOR	29
III.7.- TANQUE DE CONTACTO DE CLORO	32
CAPITULO IV : PROYECTO ARQUITECTÓNICO – ESTRUCTURAL	34
IV.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	34

	Pág.
IV.2.- CARGAS DE DISEÑO	47
IV.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURACIONES	51
IV.4.- CALCULOS ESTRUCTURALES	52
IV.5.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS	53
IV.6.- DISEÑO DE CIMENTACIONES	54
CAPITULO V : CALCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPO	55
V.1.- CALCULO Y SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACION	57
V.2.- CALCULO Y SELECCIÓN DE SOPLADOR DE AIRE	66
V.3.- CALCULO DE LA LINEA DE TRANSFERENCIA DE AGUA CLARIFICADA ENTRE SEDIMENTADOR Y TANQUE DE CONTACTO DE CLORO	74
V.4.- CALCULO DE LA LINEA DE TRANSFERENCIA DE PURGA DE LODO	76
V.5.- CALCULO DE LA TUBERIA DE TRANSFERENCIA DE FLUJO EXCEDENTE	77
V.6.- CALCULO DE TUBERÍA DE TRANSFERENCIA DE AGUA TRATADA DEL TANQUE DE CONTACTO DE CLORO AL POZO DE DESCARGA	78
V.7.- CALCULO DEL CAUDAL DE HIPOCLORITO DE SODIO	79

	Pág.
V.8.- CALCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATADO	
DE BIOSÓLIDOS	82
CAPITULO VI : PROYECTO ELECTRICO	89
CAPITULO VII : OPERACIÓN	98
VII.1.- OPERACIÓN	98
VII.2.- LIMPEZA DE LAS INSTALACIONES	100
VII.3.- DETECCIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	101
CAPITULO VIII : CATALOGO DE CONCEPTOS DEL PROYECTO Y	
ANALISIS DE COSTO POR METRO CÚBICO DE AGUA ...	106
CONCLUSIONES	123
BIBLIOGRAFIA	124

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura III.1: Diagrama de flujo de proceso	10
Figura III.2 Diagrama de tubería e instrumentación de la línea principal de alimentación de agua residual	15
Figura III.3 Esquema de eyector neumático	24
Figura III.4 Diagrama de tubería e instrumentación de retorno de lodo y línea de desinfección	26

	Pág.
Figura III.5 Diagrama de tubería e instrumentación de la línea principal de alimentación de aire	27
Figura III.6 Diagrama de tubería e instrumentación de la línea de Secado de lodo	30
Figura III.7 Balance de masas	33
Figura IV.1 Predio y límites de batería	35
Figura IV.2 Planta arquitectónica general	36
Figura IV.3 Fachadas arquitectónicas	37
Figura IV.4 Isométrico	38
Figura IV.5 Planta arquitectónica de tanques de proceso	39
Figura IV.6 Corte arquitectónico del cárcamo de regulación	40
Figura IV.7 Corte arquitectónico del cárcamo de regulación	41
Figura IV.8 Cortes arquitectónicos de tanques aereación y clarificador secundario	42
Figura IV.9 Corte arquitectónico de clarificador secundario	43
Figura IV.10 Corte arquitectónico de clarificador secundario y tanque de contacto de cloro	44
Figura IV.11 Corte arquitectónico de tanque de contacto de cloro	45
Figura IV.12 Corte arquitectónico de clarificador secundario y digestor de lodo	46

	Pág.
Figura IV.13 Corte estructural de tanque de regulación y tanque de aereación	48
Figura IV.14 Corte estructural de tanque de aereación, clarificador secundario y tanque de contacto de cloro	49
Figura IV.15 Corte estructural de digestor de lodos	50
Figura V.1 Planta general de instalaciones	56
Figura V.2 Isométrico de tuberías	57
Figura V.3 Cortes de instalaciones en cárcamo de bombeo	58
Figura V.4 Hoja técnica bomba de combustión interna	60
Figura V.5 Hoja técnica bomba de combustión interna	61
Figura V.6 Hoja técnica bomba centrífuga verticalizada	63
Figura V.7 Hoja técnica bomba centrífuga verticalizada	63
Figura V.8 Curva de operación bomba centrífuga verticalizada	64
Figura V.9 Hoja técnica soplador de aire	68
Figura V.10 Hoja técnica soplador de aire	69
Figura V.11 Datos de entrada y salida del programa BlowerExpert	70
Figura V.12 Curva de operación de soplador	70
Figura V.13 Ejemplo de soplador de aire	71
Figura V.14 Corte de instalaciones tanque de aereación y clarificador secundario	73

	Pág.
Figura V.15 Hoja técnica bomba dosificadora	80
Figura V.16 Hoja técnica bomba dosificadora	80
Figura V.17 Hoja técnica bomba neumática	83
Figura V.18 Hoja técnica compresor de aire	84
Figura V.19 Ejemplo de filtro prensa	88
Figura VI.1 Planta general de distribución eléctrica	90
Figura VI.2 Diagrama unifilar	96
Figura VI.3 Cuadro de cargas de tablero general	97

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla VII.1 Problemas por espuma en el tanque de aireación	103
Tabla VII.2 Problemas por arrastre de sólidos en el efluente del clarificador secundario	103
Tabla VII.3 Problemas por abultamiento de lodos	104
Tabla VII.4 Problemas por lodos aterronados	104
Tabla VII.5 Problemas por efluente del clarificador secundario turbio	105
Tabla VII.6 Problemas de floculación	105

RESUMEN

En el presente trabajo se resume la experiencia profesional que he adquirido durante los últimos años en el área de proyectos de plantas de tratamiento de agua residual en la empresa "Ingeniería y Equipos Ambientales, S. A. de C. V.", dicho trabajo se basa en el desarrollo de una planta de tratamiento de agua residual de una unidad habitacional ubicada en el municipio de Villa Nicolás Romero, Estado de México, con capacidad de 25 litros por segundo. En él se presenta el análisis numérico y descriptivo de las operaciones unitarias que conforman el proceso de depuración de agua residual doméstica, incluyendo el cálculo y selección del equipo a instalar. Cabe resaltar que los métodos empleados esencialmente se basan en la bibliografía especializada y en los aciertos y errores que de forma cotidiana he tenido durante el ejercicio de mis actividades. También se presentan algunos de los aspectos operativos, citando las actividades básicas y problemas que comúnmente ocurren. Por último se exponen los costos de construcción y operación con la finalidad de obtener el costo de producción por m³ de agua tratada.

INTRODUCCIÓN

Para tener un panorama general acerca de la situación del agua en México y en específico en el Distrito Federal y área metropolitana, es necesario revisar los datos estadísticos que oficialmente maneja la Comisión Nacional del Agua (CNA) y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).¹

Tabla A Componentes del ciclo hidrológico nacional

Precipitación anual 1,528 km³	Uso agropecuario 56.4 km³ (3.69 %)	De los 71 km³ usados en las tres actividades, el 37.79% proviene de extracción subterránea y 62.21% proviene de agua superficial
	Uso abastecimiento público 9.5 km³ (0.62%)	
	Uso para industria autoabastecida 6.6 km³ (0.43%)	
	Evapotranspiración 1,109 km³ (72.58 %)	
	Recarga de acuíferos y escurrimiento superficial 346.55 km³ (22.68%)	

Como se observa en la tabla A, una parte importante del agua para uso humano se obtiene de la extracción subterránea, actualmente se tienen identificados 654 acuíferos de donde se extrae agua para los diferentes usos, de los cuales 97 están sobreexplotados, desafortunadamente estos 97 acuíferos suministran aproximadamente el 50% de la extracción nacional para todos los usos. Debido a

¹ "Estadísticas del agua en México, 2003", Comisión Nacional del Agua, México, 2003, www.cna.gob.mx, "Numeralia DGCOH", DGCOH, México, D. F., www.sma.df.gob.mx

esta sobreexplotación la reserva de agua subterránea se está agotando a un ritmo cercano a 8 km³/año. Los acuíferos que están sobreexplotados en el D. F. y Estado de México son:

1. Valle de Tecamachalco
2. Valle de Toluca
3. Ixtlahuaca – Atlacomulco
4. Zona Metropolitana de la Ciudad de México
5. Chalco – Amecameca
6. Texcoco
7. Cuautitlán – Pachuca

Otra importante fuente de abasto es el agua superficial (ríos, lagos, etc.), sin embargo actualmente existen 26 ríos altamente contaminados de los cuales 6 pertenecen al D. F. y Estado de México, los cuales son:

1. Río Lerma
2. Río de los Remedios
3. Río Churubusco
4. Río San Buenaventura
5. Río de la Compañía
6. Río Teotihuacan

A nivel nacional los centros urbanos generan 252 m³/s de aguas residuales, de las cuales solo el 20% se trata en plantas depuradoras. Del mismo modo la industria genera 171 m³/s de agua residual y solo se trata el 14.85%. Estos datos hablan del enorme atraso que hay en infraestructura y de la gran ignorancia y falta de sensibilidad que han tenido las autoridades gubernamentales y la sociedad civil.

Revisando los datos de la Ciudad de México, se encuentra que esta ciudad consume diariamente 35.10 m³/s, el origen de este volumen se expresa en la gráfica 1, en donde se aprecia que la mayor parte se extrae del acuífero. Como se menciono antes este acuífero esta sobreexplotado, lo que origina hundimientos diferenciales de la ciudad. Esta situación deriva en ruptura de tuberías de distribución de agua potable y tuberías de drenaje de aguas negras, de este modo el acuífero esta expuesto a contaminarse, formando un circulo vicioso.

Gráfica 1
Origen del agua suministrada al D. F.



El costo total que representa el suministro de agua potable a la Ciudad de México se estima en \$1,044 millones de pesos al día, considerando que la DGCOH reportó a la CNA que durante el año 2001 recaudó por concepto de suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento \$ 2,234 millones de pesos, queda claro que el déficit que viene arrastrando el Gobierno del D. F. es muy alto, siendo esta actitud paternalista el motor principal de la mala cultura del agua que predomina en esta ciudad.

Del total de agua residual producida en el D. F., solo se tratan 3.208 m³/s en 22 plantas y en el Estado de México se tratan 4.625 m³/s en 149 plantas. En esta región del país el problema es más agudo por la concentración del 33% de la población nacional (22.27 millones a finales del 2001) en tan solo el 1.17% de la superficie total del país (23 mil km²).

Actualmente la zona metropolitana continua en pleno crecimiento. Debido a la alta demanda de vivienda en el país, el gobierno federal y los gobiernos estatales han estimulado la construcción de unidades habitacionales en su mayoría de interés social. Este estímulo consiste en el otorgamiento de créditos a la población para adquisición de vivienda y el otorgamiento de permisos de construcción, cambio de uso de suelo y factibilidad de servicios a las empresas constructoras. Dentro de los estudios que tienen que presentar las empresas constructoras se encuentra el estudio de impacto ambiental, en el cual con regularidad se recomienda la

instalación de plantas de tratamiento de agua residual. Es en este rubro donde las firmas de ingeniería ambiental se incorporan a la cadena productiva del ramo de la construcción.

Varios ejemplos del acelerado crecimiento de los nuevos desarrollos habitacionales los podemos ver en los municipios del Estado de México que rodean al D. F., de los cuales a continuación se citan algunos ejemplos:

Unidad Habitacional "Rehilete Cuatro Vientos", Ixtapaluca, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 12,000; Número de habitantes 54,000. Flujo de agua residual 108 lps

Unidad Habitacional "Santa Barbara", Ixtapaluca, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 11,000; Número de habitantes 49,500. Flujo de agua residual 99 lps

Unidad Habitacional "San Buenaventura", Ixtapaluca, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 24,000; Número de habitantes 108,000. Flujo de agua residual 216 lps

Unidad habitacional "Los Heroes", Ixtapaluca, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 24,000; Número de habitantes 108,000. Flujo de agua residual 216 lps.

Unidad habitacional "Hacienda Los Reyes", Chicoloapan, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 3,000; Número de habitantes 13,500. Flujo de agua residual 26.9 lps

Unidad habitacional "Real de San Vicente", Chicoloapan, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 12,000; Número de habitantes 54,000. Flujo de agua residual 108 lps.

Unidad habitacional "Ciudad Galaxia Los Reyes", Chicoloapan, Edo. de México, No. aproximado de viviendas 6,000; Número de habitantes 27,000. Flujo de agua residual 54 lps.

Estos ejemplos han sido tomados de la información que las empresas desarrolladoras han proporcionado a Ingeniería y Equipos Ambientales S. A. de C. V. para la cotización de las plantas de tratamiento. Como estos ejemplos hay otros en los municipios de Villa Nicolás Romero, Cuautitlán Izcalli, Huehuetoca, Melchor Ocampo, Tultepec, Ecatepec, Chalco, etc.

OBJETIVO

Exponer el proyecto de una planta de tratamiento de agua residual doméstica en base a la experiencia profesional adquirida para que sirva de apoyo a los estudiantes de ingeniería química interesados en el tema.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con las estadísticas previamente expuestas, se entiende que el problema del agua en México es muy agudo ya que trae consigo muchas otras implicaciones, dentro de las cuales se encuentra la propagación de enfermedades gastrointestinales a gran escala, efervescencias sociales y desgaste económico. La descentralización del poder político y económico del D. F. se antojaba como una solución viable a la mayoría de sus problemas, sin embargo, las políticas de los gobiernos estatales y federal continúan estimulando el crecimiento de la zona metropolitana. Ante esta situación es importante conocer técnicamente los procesos de depuración de agua residual como una de las alternativas que existen para disminuir el impacto ambiental que generan los nuevos desarrollos urbanos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Existe una gran cantidad de métodos de tratamiento de agua residual, los cuales se aplican de acuerdo a los contaminantes que se desea remover, estos métodos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Físicos
2. Fisicoquímicos
3. Biológicos

Los físicos se utilizan para remover por medios mecánicos materiales tales como basura, arenas, aceites. Las operaciones unitarias que comúnmente se emplean son el cribado, decantación, centrifugación, filtración y flotación.

Los fisicoquímicos se utilizan para remover por medios químicos y mecánicos los contaminantes disueltos en el agua. Las operaciones unitarias que comúnmente se emplean son el control de pH, precipitación química, coagulación – floculación, absorción, adsorción, decantación, filtración, flotación.

Los biológicos se utilizan para remover por medio de reacciones bioquímicas los contaminantes disueltos en el agua, siempre y cuando estos sean biodegradables y no se encuentren presentes compuestos tóxicos para los microorganismos. Estos métodos se dividen a su vez en dos importantes categorías: los aerobios y los anaerobios.

Los métodos biológicos aerobios utilizan cultivos de microorganismos capaces de oxidar la carga orgánica del agua residual para convertirla principalmente en bióxido de carbono, agua, crecimiento de la población de microorganismos y otros subproductos de menor impacto al ambiente. El metabolismo de estos microorganismos se logra en presencia de oxígeno el cual se suministra de diferentes maneras y bajo diferentes configuraciones. En forma general los sistemas biológico-aerobios se dividen en:

1. Lodos activados en aereación por difusión: En este sistema se emplean contenedores que permiten al agua mantener un tiempo mínimo de residencia hidráulica, los cuales se mantienen en constante aereación y agitación mediante sopladores. La distribución de aire se hace con una red de tubería con difusores.

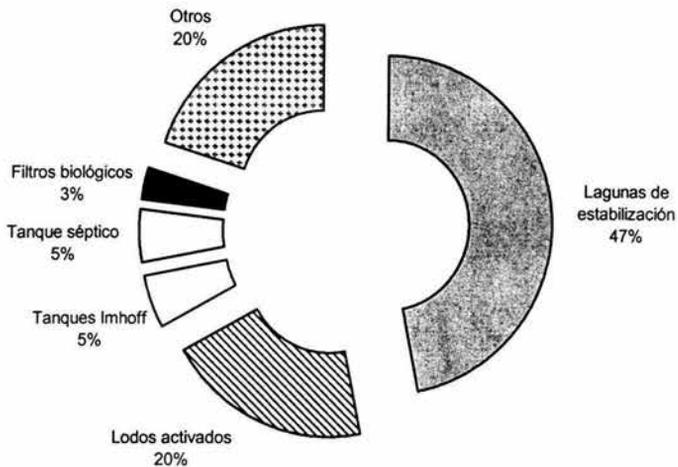
2. Lodos activados en aereación superficial: Este sistema emplea contenedores que permiten al agua mantener un tiempo mínimo de residencia hidráulica, los cuales se mantienen en constante aereación y agitación mediante equipos de agitación con aspas; lo que hacen estos equipos es salpicar el agua residual para ponerla en contacto con el aire del medio ambiente y lograr que exista transferencia de oxígeno.
3. Filtros percoladores: En este sistema se hace circular el agua residual en contra-corriente con aire dentro de recipiente empacado (rocas o empaque plástico), esto favorece el crecimiento de una delgada película de microorganismos en el empaque, los cuales se nutren de los contaminantes que arrastra el agua.
4. Biodiscos: Este sistema emplea contenedores de agua que permiten sumergir la mitad de un cilindro de plástico, el cual se pone a girar lentamente, en su superficie se forma una película de microorganismos los cuales se alimentan de los contaminantes cuando están sumergidos y toman el oxígeno del ambiente cuando están expuestos al ambiente.

Los sistemas biológico-aerobios pueden tratar cargas orgánicas bajas (< 800 mg/l de contaminantes medidos como DBO_5) y pueden alcanzar eficiencias de remoción del 80 – 95%.

Los métodos biológicos anaerobios también emplean cultivos de microorganismos, los cuales en ausencia de oxígeno realizan su metabolismo, transformando las carga orgánicas en ácido sulfhídrico, gas metano, crecimiento de la población de microorganismos y otros subproductos de menor impacto ambiental. Estos métodos son ampliamente utilizados en el tratamiento de agua residual industrial ya que puede soportar cargas orgánicas altas ($< 5,000$ mg/l de contaminantes medidos como DBO_5) y pueden alcanzar eficiencias de remoción del 80%.

En México existen 938 plantas de tratamiento de agua residual municipal en operación las cuales tratan $50.809 \text{ m}^3/\text{s}$ y 1,405 plantas de tratamiento de agua residual industrial en operación las cuales tratan $25.352 \text{ m}^3/\text{s}$. Los principales procesos empleados se presentan en la gráfica I.1

Gráfica 1.1
Principales procesos de tratamiento de aguas residuales en México



Como se puede observar, mediante las lagunas de estabilización se trata casi la mitad del agua residual. La desventaja de usar este método es la enorme extensión de tierra que se requiere, además del poco control que se tiene sobre las variables de proceso. El segundo método más empleado es el de lodos activados, el cual se ha desarrollado desde el punto de vista científico en los últimos 100 años y se ha vuelto popular a nivel mundial debido a las eficiencias de remoción de contaminantes que se puede alcanzar y a que su operación es relativamente sencilla.

Para el caso particular del presente trabajo, el proceso de lodos activados es empleado como una de las alternativas más viables para la depuración del agua residual que proviene de casas habitación.

CAPÍTULO II

II.1 BASES DE DISEÑO

Las bases de diseño permiten establecer los datos mínimos necesarios y los criterios de diseño que regirán durante la ejecución del proyecto. En este caso los datos generales son proporcionados por el cliente ya que por ser un promotor de vivienda tiene todos los datos del desarrollo habitacional que pretende construir, dichos datos son:

Población	La Colmena
Municipio	Villa Nicolás Romero
Estado	Edo. de México
Altura Sobre el Nivel del Mar (A. S. N. M.)	2,240 m
Temperatura promedio de verano	32° C
Temperatura promedio de invierno	5° C
Número de viviendas	3,409
Tipo de vivienda	interés social
No. de habitantes por vivienda	4.5
No. proporcional de hab. por vivienda debido a zonas de donación, área comercial, población flotante	0.78
Número corregido de habitantes por vivienda	5.28
Número total de habitantes por proyecto	17,999.52
Suministro de agua potable (m ³ /habitante-día)	0.15
Aportación de agua residual (m ³ /habitante-día)	0.12
Gasto volumétrico (m ³ /día)	2,160
Uso del agua residual tratada	Riego de áreas verdes

El agua residual a tratar es producto de la actividad doméstica de los habitantes de la unidad tales como la limpieza, servicio sanitario, regaderas y cocina. No se contempla la aportación de contaminantes originados por actividades comerciales o industriales.

La unidad habitacional cuenta con un sistema separado de drenajes (pluvial y sanitario)

II.1.1 Descripción del proceso

En nuestro caso partimos de un agua residual tipo doméstica cuyos contaminantes principales se pueden resumir de la siguiente forma:

- Materia inerte: basura (plástico, papel, vidrio, madera, telas naturales y sintéticas, objetos metálicos), arena, tierra, gravilla, piedras.
- Materia suspendida y disuelta: materia orgánica e inorgánica.

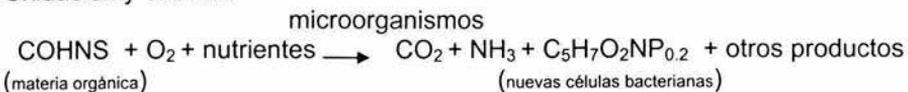
Para remover los materiales inertes no existen muchas alternativas que analizar ya que comúnmente se emplean rejillas o mallas de retención para la basura y algún tipo de sedimentador primario para retirar las arenas. Estas unidades son eficientes, fáciles de construir y de operar.

Para remover la materia suspendida y disuelta en el agua residual se puede llevar a cabo mediante el proceso biológico aerobio denominado lodos activados el cual se describe a continuación.

Este sistema de tratamiento denominado "lodos activados" es un proceso biológico de contacto, en el que los microorganismos y los sólidos orgánicos de las aguas residuales se mezclan íntimamente en un medio favorable para la descomposición aerobia de estos últimos. Comúnmente las aguas residuales contienen algo de sólidos suspendidos y coloidales, de manera que cuando se agitan en presencia de aire, los sólidos suspendidos forman núcleos sobre los cuales se desarrolla la masa biológica pasando gradualmente a formar partículas más grandes de sólidos que se conocen como "lodos activados".

En el interior del tanque de aeración, la masa activa de microorganismos lleva a cabo la conversión de la materia orgánica de acuerdo con las siguientes relaciones estequiométricas:

Oxidación y síntesis:



Respiración endógena:



El producto de estas reacciones es una mezcla de materia orgánica estable que fácilmente sedimenta, y junto con ella arrastra hasta un 90 % de microorganismos.

El proceso de lodos activados para el tratamiento de agua residual se define matemáticamente mediante ecuaciones que determinan la velocidad de reacción de la degradación de contaminantes; el requerimiento de oxígeno para el metabolismo celular y la producción de lodo por causa de la remoción de contaminantes.

Este proceso en su modalidad de aereación extendida posee las siguientes características:

- 85 – 95 % de eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos
- 85 – 95 % de eficiencia en la remoción de DBO₅ soluble
- tiempo medio de retención hidráulica: 16 a 24 horas
- Oxígeno requerido: 1.4 – 1.6 kg de O₂ por cada kg de DBO₅ removido.
- Lodo producido: 0.15 – 0.3 kg de lodo de desecho por cada kg de DBO₅ removido
- Operación relativamente sencilla
- Costos de operación y mantenimiento bajos con relación a los sistemas físico - químicos.

La información que inicialmente proporciona el cliente es complementada por el equipo de proyecto con la finalidad de acotar el problema, tal información es la siguiente:

Función del proceso : Depuración de agua residual tipo doméstica

Nombre del proceso: Depuración biológica aerobia en un medio en suspensión denominado "Lodos Activados"

Tipo de proceso: Continuo, 24 horas, 365 días al año

Las plantas de tratamiento para unidades habitacionales regularmente se proyectan antes de la construcción de las viviendas, por ello no existe la caracterización del agua residual a tratar, esta situación obliga al diseñador a considerar los valores promedio típicos que para agua residual doméstica se reportan tanto en la bibliografía como en las plantas similares que haya diseñado y que se encuentren operando, siendo esta última la forma en que se proponen los siguientes valores:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)= 250 mg/l
 Sólidos Suspendidos Totales (SST)= 250 mg/l
 Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) = 200 mg/l
 Sólidos Suspendidos no Volátiles (SSNV) = 50 mg/l
 Grasas y Aceites (GyA) = 50 mg/l
 Huevos de Helminto = 300 h/l
 Coliformes Fecales = 10,000 NMP/100 ml

Productos: Agua residual tratada con las siguientes características¹:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)= 30 mg/l
 Sólidos Suspendidos Totales (SST)= 30 mg/l
 Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) = < 1 mg/l
 Sólidos Suspendidos no Volátiles (SSNV) = < 1 mg/l
 Grasas y Aceites (GyA) = 15 mg/l
 Huevos de Helminto = ≤ 15 h/l
 Coliformes Fecales = 1,000 NMP/100 ml

No se considera que exista contaminación por metales pesados u otros compuestos ya que el agua residual a tratar es producto de actividades domésticas

Capacidad de diseño: 25.00 l. p. s.

Capacidad máxima: 27.50 l. p. s.

¹ Para cubrir las necesidades del cliente es necesario cumplir con la norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público con contacto indirecto.

Capacidad mínima: 22.50 l. p. s.

Subproductos: Basura y bio-sólidos

Tratamiento de subproductos: Digestión, desactivación alcalina

Construcción de las unidades de proceso: Concreto armado

Suministro de energía eléctrica: Luz y Fuerza del Centro., 150 KVA a 440 volts, tres fases.

Edificaciones: Caseta de control, sanitario y regadera, cuarto de maquinas, cuarto de tableros eléctricos y caseta de filtro prensa.

Servicios: Agua potable, sistema de drenaje pluvial, sistema de drenaje sanitario.

CAPITULO III

DESARROLLO DE PROCESO

Con los datos generados en las bases de diseño se construye el diagrama de flujo de proceso para identificar las corrientes principales, los subproductos y las variables involucradas. El diagrama de flujo de proceso planteado se muestra en la figura III.1 y en base a el se calcula las unidades de proceso.

III.1.- Canales de rejillas.

El canal se debe construir en concreto armado, en el se montan dos rejillas de acero inoxidable 304 para retener la basura para su disposición como residuo sólido municipal. La limpieza de las rejillas será manual en forma periódica.

Se considera la construcción de un canal, el cual se mantendrá funcionando de manera continua, entonces debe manejar los siguientes flujos:

Q_f = Flujo medio: 25.00 l. p. s.

$Q_{m\acute{a}x}$ Flujo máximo instantáneo: 67.25 l. p. s.

Velocidad recomendada a través de los claros de rejilla: 0.8 m/s

Área de claros de rejilla:

$$A = 67.25 / (0.8 \times 1000) = 0.084 \text{ m}^2$$

Para un tirante de agua de 0.30 m, ancho total de los claros de rejilla:

$$S' = 0.084 / 0.30 = 0.28 \text{ m}$$

Considerando un área obstruida por la basura del 50%, el ancho útil del canal es:

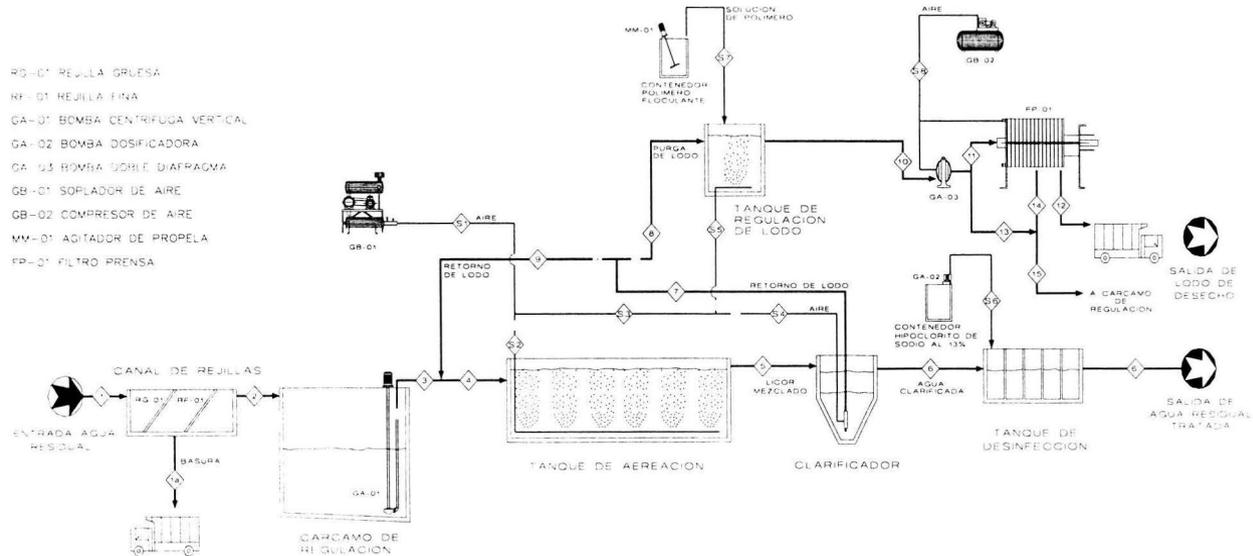
$$S'' = 0.28 \times 100 / 50 = 0.56 \text{ m}$$

Considerando instalar soleras de acero inoxidable en las rejillas finas de 3/16 X 1/4 " separadas a 1/4", estas ocupan la mitad del ancho útil del canal, entonces el ancho total del canal es:

$$S = 0.56 \times 2 = 1.12 \text{ m}$$

Figura No III.1

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL 250 LPS



También se colocan rejillas gruesas de $3/16 \times 1 \frac{1}{4}$ " separadas a $\frac{1}{2}$ ". Ambas rejillas se colocan con una inclinación de 60° respecto a la horizontal y cada una de ellas tiene una charola de 0.8 m de ancho para recibir y escurrir la basura. Para calcular la longitud que ocupa la rejilla se emplea la función tangente de un ángulo agudo en un triángulo rectángulo tenemos:

$$\tan(60^\circ) = \text{cat. opuesto} / \text{cat. adyacente} = 1/\text{cat. adyacente}$$

$$\text{cat. adyacente} = 1/\tan(60^\circ) = 0.58 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de cada rejilla} = 0.58 + 0.8 = 1.38 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total del canal de rejillas} = 2 \times 1.38 = 2.76 \text{ m}$$

III.2.- Canal desarenador.

La función principal de esta unidad es la de sedimentar la materia inerte como arena y tierra que comúnmente es arrastrada en el alcantarillado, para que pueda ser retirada manualmente por el personal de operación y disponerla como residuo sólido municipal. Se considera la construcción de dos canales, la operación será alternada por lo que cada uno de ellos debe manejar los siguientes flujos:

$$Q_f = \text{Flujo medio: } 25.00 \text{ l. p. s.}$$

$$Q_{\text{máx}} = \text{Flujo máximo instantáneo: } 67.25 \text{ l. p. s.}$$

El primer paso es calcular la velocidad de sedimentación de las arenas típicas que se encuentran en una red de alcantarillado.

$$S = \text{gravedad específica de la partícula} = 2.65$$

$$g = 32.2 \text{ ft/s}^2$$

$$\delta_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = 0.997 \text{ g/ml} = 62.2128 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = 1.005 \text{ cp} = 0.0675 \text{ lb/ft s}$$

δ_p = densidad de la partícula = S X densidad del agua (condiciones estándar)

$$\delta_p = 2.65 \times 0.997 \text{ g/ml} = 2.64 \text{ g/ml} = 164.86 \text{ lb/ft}^3$$

d_p = diámetro de partícula = 0.21 mm (malla 65) = 6.88×10^{-4} ft

\bar{U}_s = Valor promedio de la velocidad de sedimentación (medido para partículas de cuarzo)

$$\bar{U}_s = 0.0716 \text{ ft/seg}$$

V_s = velocidad de sedimentación [=] ft/s

N_{Re} = Número de Reynolds

$$N_{Re} = (d_p \bar{U}_s \delta_{\text{agua } 20^\circ\text{C}}) / \mu_{\text{agua } 20^\circ\text{C}} = 0.0454$$

Debido a que el número de Reynolds es menor a 2 entonces se cae en la región de la ley de Stokes, por lo que es necesario corregir la velocidad de sedimentación de acuerdo a la ley de Stokes y recalculer el número de Reynolds hasta que el valor de este se estabilice y caiga en la misma región. Este procedimiento se basa en el análisis de la dinámica de una partícula¹

Ley de Stokes:

$$V_s = ((\delta_p - \delta_{\text{agua } 20^\circ\text{C}}) g d_p^2) / (18 \mu_{\text{agua } 20^\circ\text{C}}) = 0.12 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = 7.60$$

Debido a que el número de Reynolds cae dentro de la zona de transición, es necesario corregir la velocidad de sedimentación:

b = constante zona de transición = 18.5

n = constante zona de transición = 0.6

¹ Ramalho R. S. "Introduction to wastewater treatment processes" Second Edition, Academia Press, pp 80-85

$$V_s = ((4 g d_p^{1+n} (\delta_p - \delta_{\text{agua } 20^\circ\text{C}})) / (3b\mu_{\text{agua } 20^\circ\text{C}}^n \delta_{\text{agua } 20^\circ\text{C}}^{1-n}))^{1/2-n} = 0.08 \text{ ft/s} = 2.6 \text{ cm/s}$$

$$N_{Re} = 5.44$$

Como el número de Reynolds cae dentro de la zona transición nuevamente, se considera este último valor de velocidad de sedimentación para el diseño del canal desarenador.

El segundo paso es el de calcular la velocidad de arrastre de la partícula:

V_{sc} = velocidad de arrastre [=] mm/s

β = constante = 0.04 para arena unigranular

f = Factor de fricción de Weisbach – D'arcy = 0.03 para concreto

Empleando la siguiente ecuación empírica:

$$V_{sc} = (8 \beta g d (S - 1) / f)^{1/2} = 190.41 \text{ mm / s}$$

Cálculo del área superficial :

A_s = área superficial [=] m^2

$$A_s = (Q_{\text{max}} / V_s) \times 0.1 = (67.25 / 2.6) \times 0.1 = 2.58 \text{ m}^2$$

Area transversal

$$A_t = Q_{\text{max}} / V_{sc} = 67.25 / 190.41 = 0.35 \text{ m}^2$$

Se propone emplear un ancho de canal de 0.56 m

Longitud teórica de canal

$$L_t = A_s / \text{ancho} = 2.58 / 0.56 = 4.61 \text{ m}$$

Tirante máximo de agua

$$T_{\text{máx}} = A_t / \text{ancho} = 0.35 / 0.56 = 0.625 \text{ m}$$

Se recomienda considerar la longitud del canal de 10 a 15 veces el tirante máximo de agua siempre y cuando este valor sea mayor a la longitud teórica del canal

Longitud corregida de canal

$$L = T_{\text{máx}} * 10 = 0.625 * 10 = 6.25 \text{ m}$$

III.3.- Cárcamo de regulación

La función principal de esta unidad es la de amortiguar los cambios bruscos de flujo y composición del agua residual que a lo largo del día se presentan, también debe tener capacidad de contener el agua residual generada durante las horas de mayor actividad o horas pico, las cuales se presentan de manera intermitente a lo largo del día y se ha observado que en promedio duran 1.5 horas. En el presente cálculo se consideró 1.50 horas con el flujo máximo.

Flujo máximo instantáneo de entrada = 67.25 l. p. s. = 242.10 m³/h

Flujo promedio de salida: 25.0 l. p. s. = 90.0 m³/h

Flujo de acumulación = 152.10 m³/h

Tiempo de retención propuesto: 1.50 h

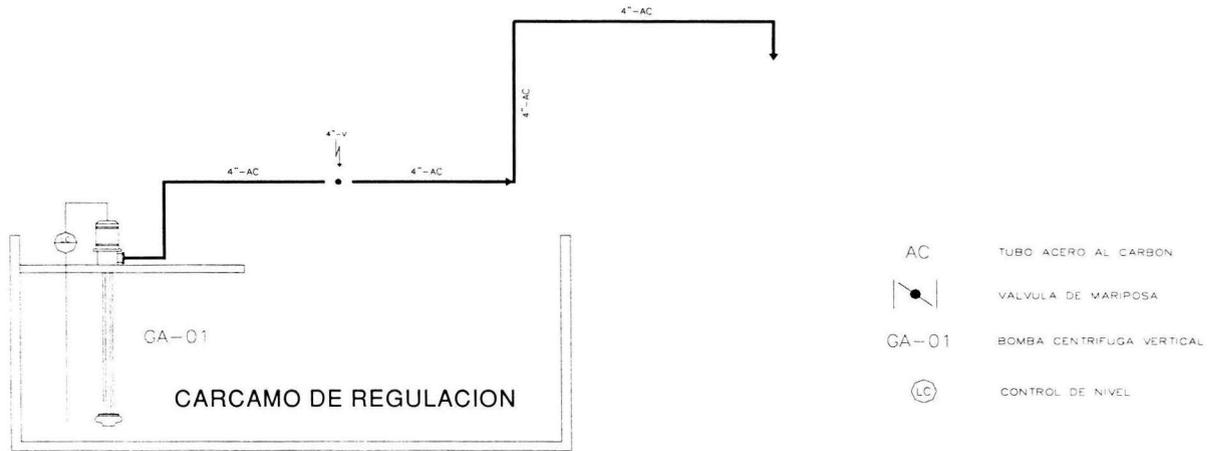
Volumen del cárcamo:

$$V = 152.10 \times 1.50 = 228.15 \text{ m}^3$$

Esta unidad debe construirse en concreto armado, de forma rectangular para que el canal de rejillas y desarenador se construyan en la tapa losa del tanque. Se debe considerar un tirante de agua útil de 3.0 m. El nivel de arrastre de agua a la llegada de los canales de rejillas debe ser igual al nivel de arrastre de agua en la tubería del drenaje sanitario. La altura total de los muros debe considerarse 30 cm arriba del nivel de banqueteta. Ver la figura IV.1 en el capítulo IV, donde se indica el nivel de terreno y los niveles de la red sanitaria. En la figura III.2 se muestra el diagrama de tubería e instrumentación que se propone para el cárcamo de bombeo.

Figura no III.2

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION LINEA PRINCIPAL DE ALIMENTACION DE AGUA RESIDUAL



III.4.- Reactor biológico

Esta unidad debe construirse en concreto armado de forma rectangular con una relación largo : ancho de 2 : 1. Se propone construir en tres módulos de 8.33 l. p. s. debido a que el arranque de total de la planta con el gasto de diseño total puede tardar hasta 2 años debido a que las empresas desarrolladoras de vivienda construyen por etapas los desarrollos habitacionales.

Nomenclatura:

DBO₅ : Demanda bioquímica de oxígeno

Q_f : Flujo medio de alimentación fresca, m³/d

Q_R : Flujo de recirculación de lodo, m³/d

Q_O : Flujo combinado de alimentación, m³/d

Q_W : Flujo de purga de lodo, m³/d

Q_e : Flujo de agua clarificada, m³/d

Q_u : Flujo total de lodo, m³/d

S_f : DBO₅ en la corriente fresca de alimentación, mg/l

S_e : DBO₅ en la corriente de agua clarificada, mg/l

S_O : DBO₅ en la corriente combinada de alimentación, mg/l

SST_f : Sólidos suspendidos totales en la corriente fresca de alimentación, mg/l

SST_e : Sólidos suspendidos totales en la corriente de agua clarificada, mg/l

X_{vf} : Sólidos suspendidos volátiles en la corriente de alimentación, mg/l

X_{va} : Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado, mg/l

X_{ve} : Sólidos suspendidos volátiles en la corriente de agua clarificada, mg/l

X_{vo} : Sólidos suspendidos volátiles en la corriente combinada de alimentación

X_{vu} : Sólidos suspendidos volátiles en la corriente de recirculación de lodo, mg/l

X_{nva} : Sólidos suspendidos no volátiles en el licor mezclado, mg/l

X_{nve} : Sólidos suspendidos no volátiles en la corriente de agua clarificada, mg/l

X_{nvo} : Sólidos suspendidos no volátiles en la corriente combinada de alimentación

X_{nvu} : Sólidos suspendidos no volátiles en la corriente de recirculación de lodo, mg/l

F_v : Porcentaje de los sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado = 0.8

T_{inv.} : Temperatura ambiente de invierno, ° C

T_{ver.} : Temperatura ambiente de verano, ° C

Y : Constante de remoción, mg SSVLM producido / mg DBO₅ removido = 0.73

K_{d 20°C} : Constante cinética de reacción, día⁻¹

Φ₂ : Coeficiente de Arrhenius para K_{d 20°C}

a : Constante de oxígeno requerido, mg O₂ / mg DBO₅ removido

b_{20°C} : Constante de respiración endógena, d⁻¹

P_{bar} : Presión barométrica

ΔX_v : Producción neta de lodo, kg/d

$(V_{SS})_w$: Sólidos suspendidos volátiles en la corriente de purga, kg/d

$(NV_{SS})_w$: Sólidos suspendidos no volátiles en la corriente de purga, kg/d

$(T_{SS})_w$: Sólidos suspendidos totales en la corriente de purga, kg/d

Para un módulo de 8.33 l. p. s. se considera los siguientes valores obtenidos de las bases de diseño (capítulo II) y de "Manual of Practice No. 8" de Water Environment Technology:

$$Q_f = 720 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$S_f = 250 \text{ mg/l}$$

$$SST_f = 250 \text{ mg/l}$$

$$S_e = 20 \text{ mg/l}$$

$$SST_e = 10 \text{ mg/l}$$

$$X_{va} = 2,600 \text{ mg/l}$$

$$X_{vf} = 20 \text{ mg/l}$$

$$X_{ve} = 24 \text{ mg/l}$$

$$X_{vu} = 10,000 \text{ mg/l}$$

$$F_v = 0.8$$

$$Y = 0.73 \text{ mg SSVLM}_{\text{producido}} / \text{mg DBO}_5 \text{ removido}$$

$$K_d 20^\circ\text{C} = 0.075 \text{ día}^{-1}$$

$$\Phi = 0.77$$

$$a = 0.52 \text{ mg O}_2 / \text{mg DBO}_5 \text{ removido}$$

$$b_{20^\circ\text{C}} = 0.11 \text{ d}^{-1}$$

$$P_{\text{bar}} = 570 \text{ mm Hg}$$

Tiempo de residencia hidráulica:

$$t = \Phi Y (S_f - S_e) / k_d X_{va} = (0.77 \times 0.73 \times (250 - 20)) / (0.075 \times 2,600) = 0.66 \text{ d}$$

Volumen de reacción:

$$V = Q_f t = 720 \times 0.66 = 477.35 \text{ m}^3$$

Dimensiones de reactor biológico:

$$H = \text{altura} = 3.50 \text{ m}$$

$$\text{Área} = V / H = 477.35 / 3.50 = 136.38 \text{ m}^2$$

$$l = (A / 2)^{0.5} = (136.38 / 2)^{0.5} = 8.26 \text{ m} \rightarrow 8.30 \text{ m}$$

$$L = 2 * l = 2 * 8.30 = 16.60 \text{ m}$$

Requerimiento de oxígeno por módulo

$$O_2 = a (S_f - S_e) Q_f + b X_{va} V$$

$$O_2 = 0.52 \times (0.25 - 0.02) 720 + 0.11 (2.6) 477.35 = 222.63 \text{ kg/d} = 20.45 \text{ lb/h}$$

Producción neta de lodo

$$\Delta X_v = Y (S_f - S_e) Q_f - k_d X_{va} V$$

$$\Delta X_v = 0.73 (0.25 - 0.020) 720 - 0.075 (2.6) 477.35 = 27.80 \text{ kg/d}$$

Razón de recirculación

$$r = (Q_f X_{va}) - \Delta X_v - (Q_f X_{vf}) / (Q_f (X_{vu} - X_{va}))$$

$$r = (720 \times 2.6) - 27.80 - (720 \times 0.02) / (720 (10 - 2.6)) = 0.34$$

Cálculo del flujo de corrientes

$$Q_R = r Q_f = 0.34 \times 720 = 244.80 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_O = Q_f (1 + r) = 720 \times 1.34 = 964.80 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_W = (\Delta X_v + Q_f X_{vf} - Q_f X_{ve}) / (X_{vu} - X_{ve})$$

$$Q_W = (27.80 + 720 \times 0.02 - 720 \times 0.024) / (10 - 0.024) = 2.50 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_e = Q_f - Q_W = 720 - 2.50 = 717.50 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_U = Q_O - Q_e = 964.80 - 717.50 = 247.30 \text{ m}^3/\text{d}$$

Balance de materiales para los sólidos no volátiles

$$X_{NVa} = (1-F_v) X_{Va} / F_v = (1 - 0.8) 2,600 / 0.8 = 650 \text{ mg/l}$$

$$X_{NVO} = X_{NVa} = 650 \text{ mg/l}$$

$$X_{NVe} = (1-F_v) X_{Ve} / F_v = (1-0.8) 24 / 0.8 = 6 \text{ mg/l}$$

$$X_{NVU} = Q_f (r + 1) X_{NVa} / Q_U = 720 (0.34 + 1) 650 / 245.89 = 2,550.40 \text{ mg/l}$$

$$X_{NVf} = (1 + r) X_{NVa} - r X_{NVU} = (1 + 0.34) 650 - 0.34 \times 2,550.40 = 3.86 \text{ mg/l}$$

Producción total de lodo

$$(V_{SS})_W = \Delta X_V + Q_f X_{Vf} - Q_e X_{Ve}$$

$$(V_{SS})_W = 27.80 + 720 \times 0.02 - 704.51 \times 0.024 = 25.29 \text{ kg/d}$$

$$(NV_{SS})_W = Q_f X_{NVf} = 720 \times 0.0038 = 2.74 \text{ kg/d}$$

$$(T_{SS})_W = (V_{SS})_W + (NV_{SS})_W = 25.29 + 2.74 = 28.03 \text{ kg/d}$$

Cálculo de variables de la corriente combinada

$$S_O = (S_f + r S_e) / (1+r) = (250 + 0.34 \times 20) / 1.34 = 191.64 \text{ mg/l}$$

$$X_{VO} = X_{Vf} + r X_{VU} / (1+r) = (20 + 0.34 \times 10000) / 1.34 = 2,552.24 \text{ mg/l}$$

III.4.1.- Diseño de un sistema de aireación empleando unidades difusión (discos de burbuja fina)

$\alpha_{20^\circ\text{C}}$ = factor de corrección de transferencia de oxígeno según la naturaleza del agua residual = 0.87

β = relación de concentración de saturación de oxígeno disuelto entre un agua residual y agua limpia, este valor comúnmente es de 0.95

Primero es necesario calcular el coeficiente de transferencia de oxígeno para las temperaturas promedio de verano e invierno para los cual se tomaron en cuenta los siguientes valores:

Altura sobre el nivel del mar: 2,240 m

Temperatura de verano = 32°C

Temperatura de invierno = 5°C

C_{ss760} = concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua en condiciones estándar, (P= 760 mm Hg y T = 20° C) = 9.2 mg/l

C_L = Concentración de transferencia de oxígeno en estado estable = 2 mg/l

K = coeficiente de transferencia de oxígeno

P_{bar} = Presión barométrica de la localidad [=] mm Hg

P_{vap} = Presión de vapor del agua [=] mm Hg

Para calcular la presión barométrica de la localidad se usa la siguiente correlación:

$$P_{bar} = -0.0809 (ASNM) + 751.08 = -0.0809(2,240) + 751.08 = 569.86 \text{ mm Hg}$$

Para invierno:

$$T = 5^\circ\text{C}$$

Para calcular la presión barométrica de la localidad se usa la siguiente correlación:

$$P_{vap} = 0.0005T^3 + 0.0035 T^2 + 0.393T + 4.5197$$

$$P_{vap} = 0.0005(5)^3 + 0.0035(5)^2 + 0.393(5) + 4.5197 = 4.86 \text{ mm Hg}$$

Para corregir la concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua a temperatura de invierno usamos la siguiente correlación:

$$C_{SS760C} = -5E-05T^3 + 0.0067T^2 - 0.383T + 14.576$$

$$C_{SS760C} = -5E-05(5)^3 + 0.0067(5)^2 - 0.383 T + 14.576 = 12.82 \text{ mg/l}$$

Para corregir la concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua a la presión barométrica de la localidad tenemos:

$$C_{SS} = C_{SS760C} \left(\frac{P_{\text{bar}} - P_{\text{vap}}}{760 - P_{\text{vap}}} \right)$$

$$C_{SS} = 12.82 \left(\frac{569.86 - 4.86}{760 - 4.86} \right) = 9.59 \text{ mg/l}$$

SCF = Factor de corrección de saturación para difusores de burbuja fina de disco marca S. S. I. modelo airflex disc 10" = 1.0833

$$K_{\text{invierno}} = \alpha_{20^\circ\text{C}} \left(1.024^{T-20} \right) \left((\beta C_{SS} \text{ SCF}) - CL \right) / C_{SS760}$$

$$K_{\text{invierno}} = 0.87 \left(1.024^{5-20} \right) \left((0.95 \times 9.59 \times 1.0833) - 2 \right) / 9.2 = 0.5214$$

Para verano tenemos :

$$T = 32^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{vap}} = 37.05 \text{ mm Hg}$$

$$C_{SS760C} = 7.54 \text{ mg/l}$$

$$C_{SS} = 5.55 \text{ mg/l}$$

$$K_{\text{verano}} = 0.4665$$

El coeficiente de transferencia con el valor más bajo es el que controla el proceso por ofrecer una menor transferencia de oxígeno del aire al agua, en este caso utilizaremos el coeficiente K_{verano} .

Profundidad del reactor = 3.5 m

Para una sumergencia de los difusores de 3.5 m y una densidad de 1 difusor por cada 1.06 m² se tiene una eficiencia de transferencia de oxígeno del 17.8% (valor del fabricante)

W_x = Fracción másica del oxígeno en el aire = 0.23

$$\delta_{\text{aire}20^{\circ}\text{C}} = 0.0752 \text{ lb/ft}^3 = 1.2032 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo del gasto volumétrico de aire que es necesario suministrar al reactor:

$$Q_{\text{aire}} = O_2 / (K_{\text{verano}} 0.178 W_x \delta_{\text{aire}20^{\circ}\text{C}})$$

$$Q_{\text{aire}} = 222.63 / (0.4665 \times 0.178 \times 0.23 \times 1.2032) = 9,688.27 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para calcular el flujo de aire necesario para mantener agitada la masa biológica se usa la siguiente correlación:

$$Q_{\text{aire Agitación}} = 25 V_{\text{reacción}} / 1000 = 25 (477.35) / 1000 = 11.93 \text{ m}^3/\text{min} = 17,184.60 \text{ m}^3/\text{d}$$

El número de difusores necesarios por módulo es el siguiente:

Cada difusor tiene en promedio la capacidad de manejar 203.88 m³/d de aire

$$\text{No. Difusores} = 17,184.60 / 203.88 = 84$$

A este flujo de aire es necesario sumarle el flujo de aire que demandan los eyectores neumáticos empleados para bombear el lodo del sedimentador al reactor, el cálculo de los eyectores se hace mediante un programa en BASIC tomado de "Water and wastewater engineering hydraulics", T. J. Casey. Los valores obtenidos de dicho programa son los siguientes:

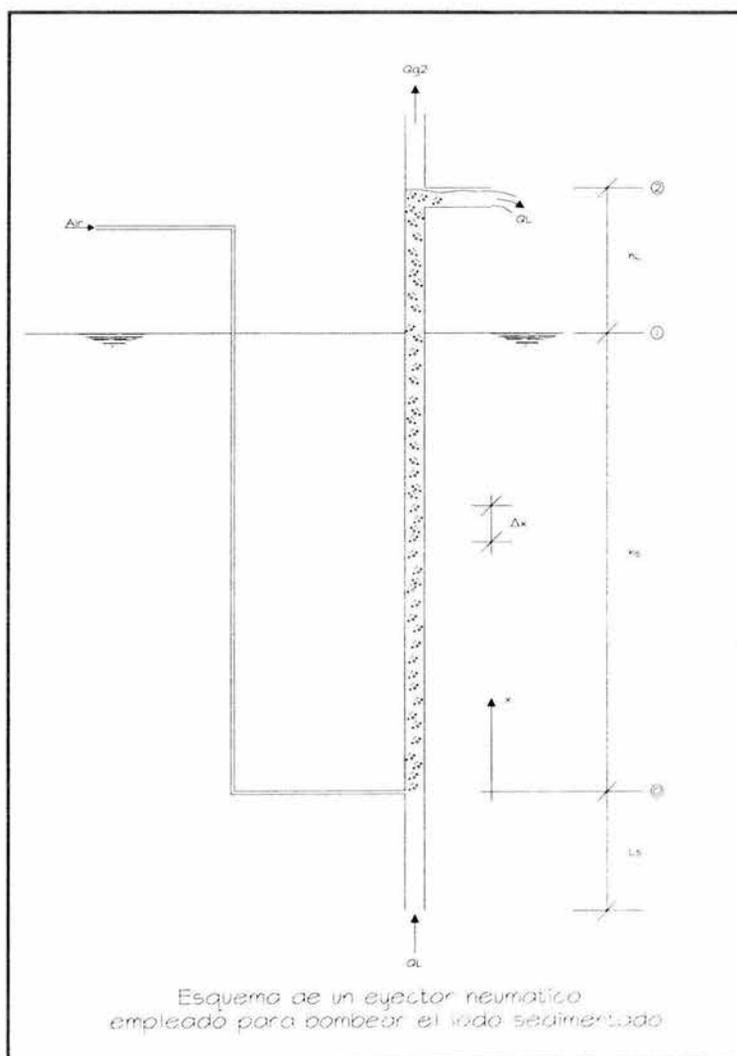
This program computes the following airlift pump desing parameters, given the values for the remaining parameters as input data

1. REQUIRED AIR INPUT
 2. REQUIRED SUBMERGENCE
- ENTER 1 OR 2, AS APPROPRIATE? 1
ENTER PIPE DIAMETER (mm)? 77.93
ENTER SUBMERGENCE OF AIR INJECTION h_s (m)? 3.019
ENTER STATIC LIFT h_l (m)? 1.356
ENTER LENGTH OF SUCTION PIPE U/S OF INJECTION L_s . (m)? 1.021
ENTER PIPE WALL ROUGHNESS (mm)? 0.1
ENTER REQUIRED LIQUID PUMPING RATE (m³/s)? 0.002833333333
ENTER LIQUID DENSITY (kg/m³)? 1012
ENTER LIQUID VISCOSITY (Ns/m²)? 0.001

Computed output values:

REQUIRED AIR INPUT RATE (m³/S) = $2.505729E-03$ = 216.49 m³/d
SUPERFICIAL AIR VEL. (m/s) = .5255997
SUPERFICIAL WATER VELOCITY (m/s) = .5943176
SUBMERGENCE RATIO = .6900572
EFFICIENCY = .5624241

Figura III.3



Por cada módulo es necesario instalar dos eyectores, por lo tanto el flujo total de aire que demanda el sistema es el siguiente:

$$Q_{\text{aire Total}} = Q_{\text{aire Agitación}} + 2 Q_{\text{aire eyector}} = 17,184.60 + 2 (216.49) = 17,617.59 \text{ m}^3/\text{d}$$

En la figura III.4 se muestra el diagrama de tubería e instrumentación de la recirculación de lodo y en la figura III.5 se muestra el diagrama de tubería e instrumentación de la línea principal de alimentación de aire.

III.5.- Tanque de regulación de lodo de purga (para el gasto volumétrico total)

Esta unidad tiene por objeto acumular el lodo de purga para después alimentarlo a un filtro prensa para su desaguado y disposición final. Aunque la digestión del lodo se lleva a cabo dentro del proceso de lodos activados por ser aereación extendida, se calcula el volumen de esta unidad considerando un tiempo de residencia de 53 horas y de este modo reducir al máximo la concentración de agentes patógenos ya que por la falta de alimento los microorganismos entran en fase de respiración endógena.

$$t = 53 \text{ h} = 2.33 \text{ d}$$

Si el lodo producido es:

$$(T_{SS})_W = 28.03 \text{ kg/d}$$

y la densidad de lodo de purga es de 10 kg/m^3 , entonces el gasto volumétrico de purga es:

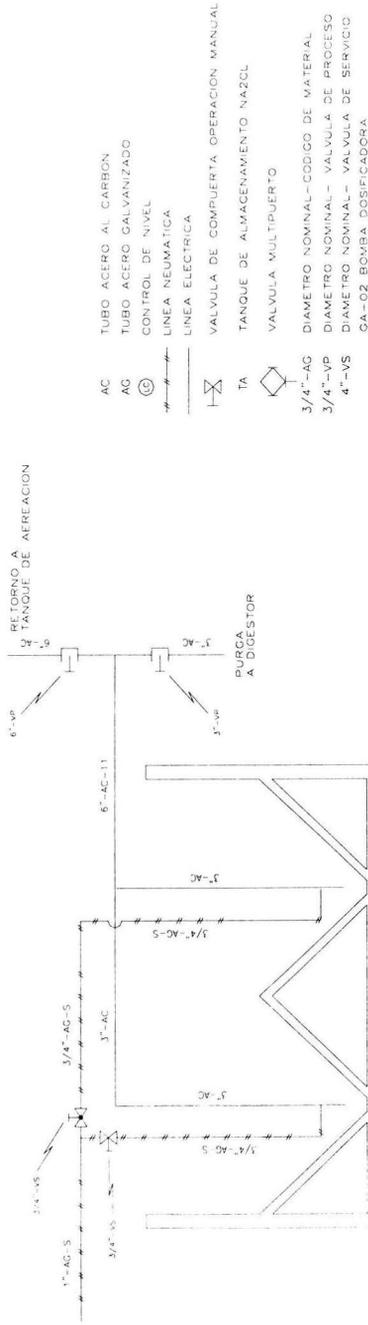
$$Q_{WT} = 3(28.03 / 10) = 8.409 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Volumen} = Q_{WT} * t = 8.409 * 2.33 = 19.62 \text{ m}^3$$

Se propone construir esta unidad en forma de pirámide invertida con las siguientes medidas:

$$\text{Área menor} = 0.35 * 0.35 = 0.1225 \text{ m}^2$$

Figura III. 4
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
LINEA DE RETORNO DE LODO Y LINEA DE DESINFECCION



CLARIFICADOR

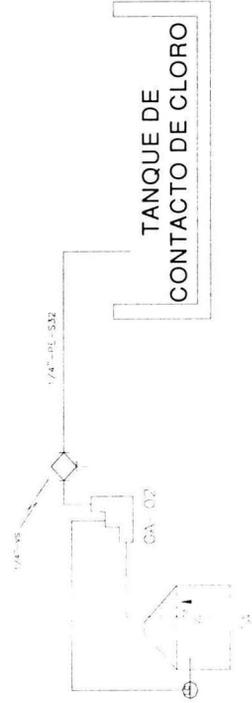
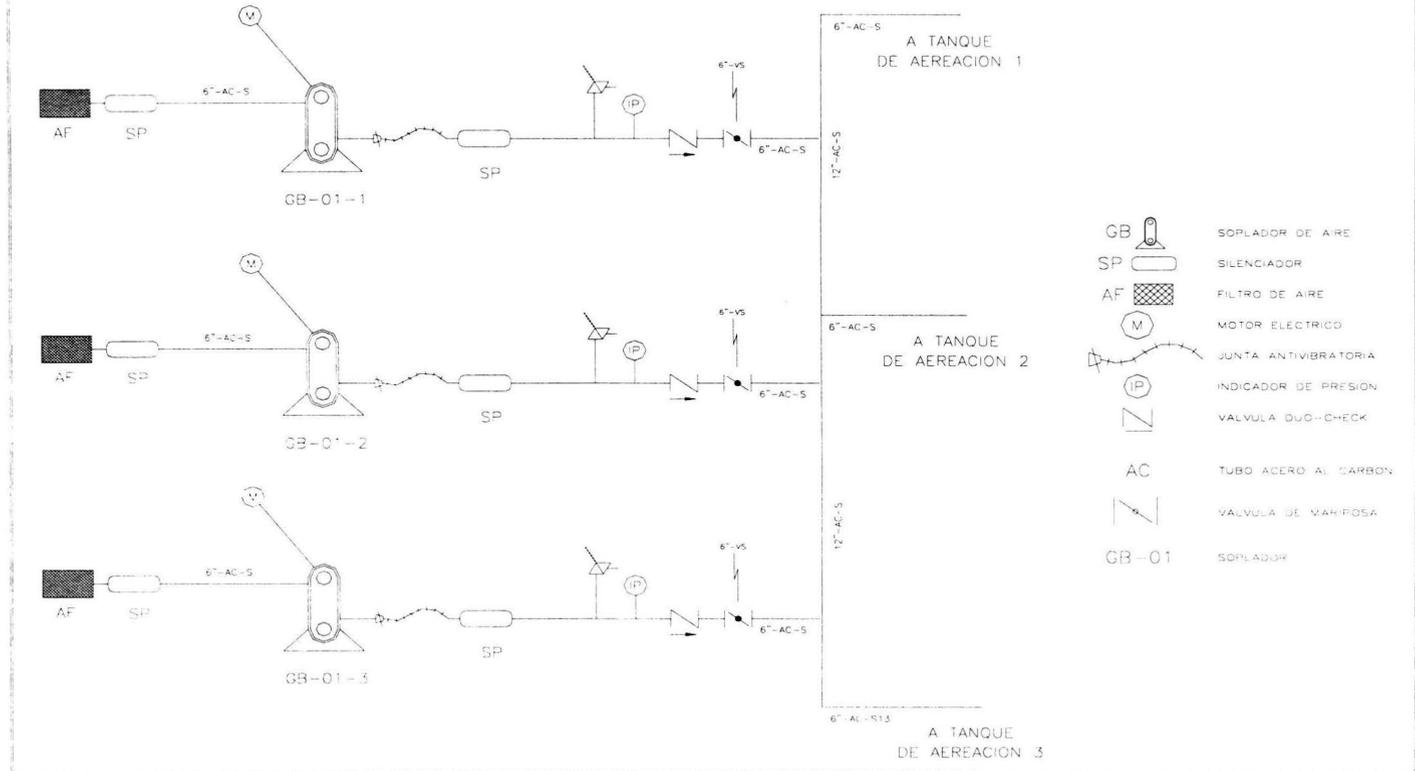


Figura no III.5
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
LINEA PRINCIPAL DE ALIMENTACION DE AIRE



$$\text{Área mayor} = 3.50 * 3.50 = 12.25 \text{ m}^2$$

$$H = 2$$

$$\text{Volumen} = (2/3) (0.1225 + 12.25 + (0.1225 * 12.25)^{0.5}) = 9.06 \text{ m}^3$$

y el volumen del paralelepípedo es:

$$\text{Área} = 12.25 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 19.62 - 9.06 = 10.56 \text{ m}^3$$

$$H = \text{Volumen} / \text{área} = 10.56 / 12.25 = 0.86 \text{ m} \rightarrow 0.9 \text{ m}$$

Tirante de agua útil = 2.9 m

La altura total del muro debe considerarse a 30 cm arriba del nivel de banquetta, el nivel espejo de agua debe estar 30 cm abajo del nivel de arrastre de agua.

Una vez deshidratado el lodo este puede someterse a un proceso de composteo el cual consiste en hacer montones de lodo mezclado con trozos de madera y ponerlos a secar al sol, los montones deben traspalearse de un lado al otro para generar descomposición aerobia-anaerobia y de ese modo desactivar totalmente a los microorganismos patógenos. Este proceso puede durar de 5 a 7 días. Este lodo se puede usar como abono para plantas de ornato y cultivo de hortalizas.

Otra forma de desactivar el lodo es agregar hidróxido de calcio (cal) en una proporción de 0.3 kg de cal por cada kg de biosólidos². El biosólido desactivado se puede disponer como residuo no peligroso de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002.

² Este valor se comprobó por ingeniería y equipos ambientales s.a. de c. v. durante la operación de la planta de tratamiento de agua residual de la unidad habitacional "Ciudad Santa Teresa" ubicada en el municipio de Huehuetoca, Estado de México. El criterio se obtuvo de la tesis "Caracterización fisicoquímica y microbiológica de efluentes y lodos residuales provenientes de un reactor de lotes secundarios de la industria farmacéutica" de Godínez Ramírez Gloria y Rodríguez Sotelo Ana Laura para obtener el título de Ingeniero Ambiental. IPN, Mayo 2000.

En la figura III.6 se muestra el diagrama de tubería e instrumentación de la línea de secado de lodo.

III.6.- Clarificador por módulo de 8.33 lps

Esta unidad junto con el reactor forma el sistema de lodos activados, en ella se sedimenta el lodo para recircularlo al reactor y de este modo mantener el equilibrio alimento-microorganismo necesario para obtener un alto grado de remoción de contaminantes medidos como DBO_5 .

Por carga hidráulica de sólidos:

$$C_{ss} = 160 \text{ kg/m}^2\text{-d}$$

Sólidos suspendidos totales en el licor mezclado:

$$SSTLM = 2,600 * 1.25 = 3,250 \text{ mg/l} = 3.25 \text{ kg/m}^3$$

Flujo de recirculación:

$$Q_o = 964.80 \text{ m}^3/\text{d}$$

Carga de sólidos

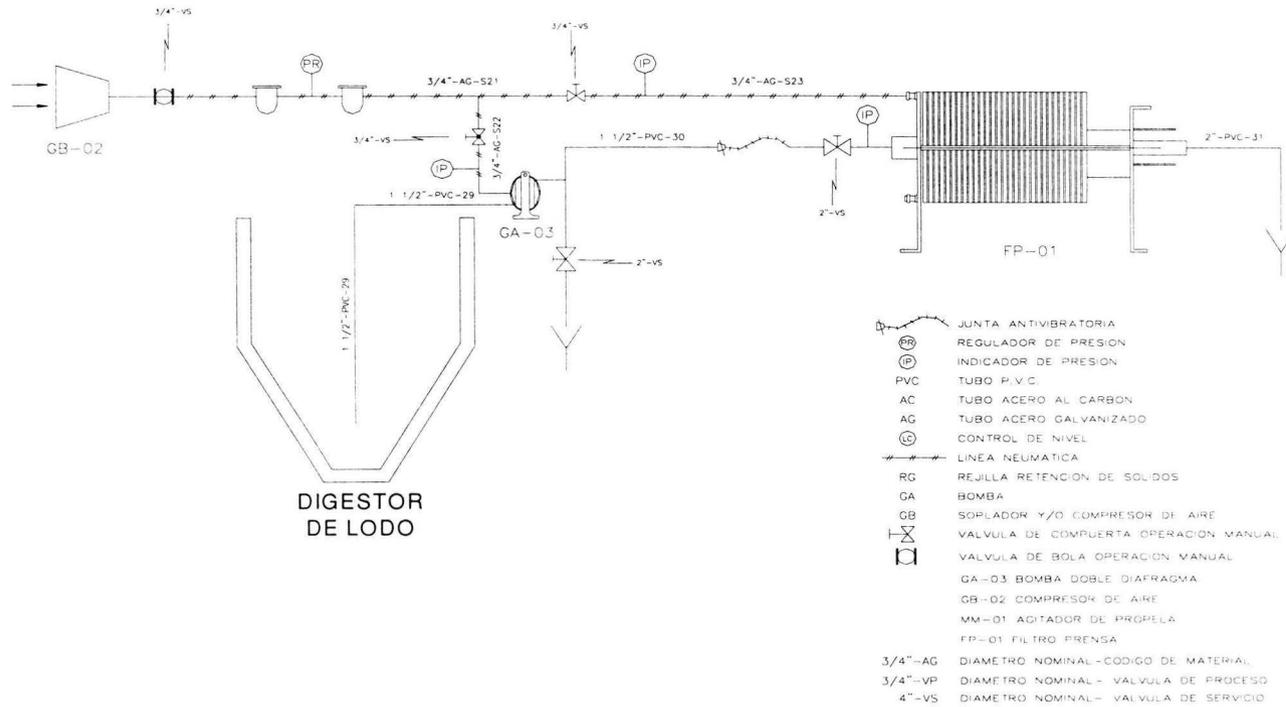
$$(3.25 \text{ kg/m}^3) (964.80 \text{ m}^3/\text{día}) = 3,135.605 \text{ kg/día}$$

$$\text{Área superficial: } 3,135.605 \text{ kg/día} / 160 \text{ kg/m}^2 \text{ día} = 19.59 \text{ m}^2$$

Por carga hidráulica superficial:

$$Q_{HS} = 33 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$$

Figurano III.6
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
LINEA DE SECADO DE LODO



$$\text{Área superficial} = (964.80 \text{ m}^3/\text{d}) / (33 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}) = 29.23 \text{ m}^2$$

Para calcular el volumen y tiempo de residencia del clarificador se considera el área superficial mayor:

Por razones de estética arquitectónica y para facilitar el procedimiento constructivo se considera que el largo del clarificador sea igual al ancho del reactor = 8.30m. En el mismo sentido se considera que el ancho del clarificador sea la mitad del largo = 4.15 m, de esta manera el área se encuentra por encima del valor requerido

$$L = 8.30 \text{ m}$$

$$I = 4.15 \text{ m}$$

$$A = 34.44 \text{ m}^2$$

Se debe considerar dos tolvas en forma de pirámide invertida cuyos muros deben tener una inclinación de 50° respecto a la horizontal y deben de converger en un área cuadrada de 0.4 X 0.4 m. De este modo el volumen de las tolvas es el siguiente:

$$V_{\text{tolvas}} = 2 (h/3) (A_1 + A_2 + (A_1 A_2)^{0.5})$$

$$V_{\text{tolvas}} = 2 (2.23/3) (0.16 + 17.22 + (0.16 \times 17.22)^{0.5}) = 28.30 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{paralelepipedo}} = 8.30 \times 4.15 \times 2.11 = 72.68 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 28.30 + 72.68 = 100.98 \text{ m}^3$$

$$t_{\text{residencia}} = V / Q_o = 100.98 \text{ m}^3 / 964.80 \text{ m}^3/\text{d} = 0.1046 \text{ d} = 2.51 \text{ h}$$

III.7.- Tanque de contacto de cloro (para el gasto volumétrico total)

Esta unidad tiene por objetivo garantizar el contacto del agua residual tratada con un agente desinfectante que en este caso es hipoclorito de sodio al 13% es solución líquida. El hipoclorito de sodio será dosificado en base a la demanda de cloro del agua a desinfectar. Esta unidad se calcula para el gasto total a tratar que es:

$$Q_{eT} = 3 Q_e = 3 (717.50) = 2,152.50 \text{ m}^3/\text{d} = 89.68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Volumen de reacción} = 0.50 \text{ h} * 89.68 \text{ m}^3/\text{h} = 44.84 \text{ m}^3$$

$$\text{Ancho de canal} = (44.84 / 40)^{1/3} = 1.03 \text{ m} \rightarrow 1.0 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total} = 40 * 1.0 = 40 \text{ m}$$

$$\text{Altura tirante de agua} = 1.0 \text{ m}$$

$$\text{No. Mamparas} = 4$$

$$\text{No. Canales} = 5$$

$$\text{Longitud de cada canal} = 40 \text{ m} / 5 = 8 \text{ m}.$$

Hasta aquí se ha obtenido las dimensiones básicas para poder dibujar el arreglo arquitectónico de la planta y proceder con el diseño estructural. La geometría de las unidades calculadas regularmente se ajustan al terreno disponible y al análisis funcional de las áreas, es decir el acomodo de los tanques se hace en primer lugar favoreciendo la secuencia del proceso, en segundo lugar se toma en cuenta las necesidades de operación tales como andadores, accesos vehiculares, servicios de agua potable, drenajes etc.

El balance de materiales se presenta en la figura III.7, cuyos datos se obtuvieron de los cálculos previos.

Figurano III.7

BALANCE DE MASAS DE UN MODULO DE 833 LPS

CORRIENTE PARAMETRO	1	1a	2	3	4	5	6	6'	7	8	9	10	11
GASTO VOLUMETRICO (M ³ /DIA)	720.07	0.07	720	720	964.80	964.80	717.50	717.59	247.30	2.50	244.80	2.51	1.506
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (MG/L)	250	N.A	250	250	191.64	20	20	20	20	20	20	20	20
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES (MG/L)	20	N.A	20	20	2,562.24	2,600	24	24	10,000	10,000	10,000	10,000	15,000

N.A. NO APLICA

CORRIENTE PARAMETRO	12	13	14	15	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
GASTO VOLUMETRICO (M ³ /DIA)	0.0753	1.004	1.430	2.434	18,433.11	17,184.60	12,488.51	432.98	815.53	0.095	0.01	69.902
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (MG/L)	20	20	20	20	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES (MG/L)	50,000	20	20	20	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

N.A. NO APLICA

CAPITULO IV

PROYECTO ARQUITECTÓNICO - ESTRUCTURAL

El proceso para plantear esta parte del proyecto es la siguiente:

- 1.- Con el plano del terreno en donde se indique la topografía y la red de drenaje sanitario (figura IV.1), se puede iniciar con el planteamiento de los niveles a los cuales debe construirse las unidades de proceso, empleando también las dimensiones de dichas unidades calculadas en el capítulo anterior.
- 2.- Con el estudio de mecánica de suelos se determina el tipo de cimentación que de se debe emplear.

IV.1.- Descripción general del proyecto:

El proyecto consiste básicamente en un sistema de tanques de concreto reforzado conectados entre si por medio de canaletas del mismo material, a fin de llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales del desarrollo habitacional ubicado en el municipio Villa Nicolás Romero, Estado de México.

La planta de tratamiento la componen los siguientes cuerpos: 1).- tanque-cárcamo de bombeo; 2).- tanque de aereación; 3).- tanque de clarificación; 4).- tanque de contacto de cloro; 5).- tanque digestor de lodos y 6).- dos casetas: a.- de operación y sopladores, b.- filtro prensa. Ver figuras IV.2, IV.3, IV.4 y IV.5 donde se presenta el arreglo y dimensiones que guardan las unidades de proceso.

Todos los tanques estarán bajo el nivel del terreno natural

Figura No IV. 1
PREDIO Y LIMITES DE BATERIA

SIMBOLOGIA

63-28-38 LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO
 Metros- Milsimos-Centimetros

2378.100 COTA DE BROCAL

2374.462 COTA DE ARRASTRE

— LIMITE DE PREDIO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

○ POZO DE VISITA

▨ AREA RESTRINGIDA

○ PROYECCION DE CUBETA

○ EJE DE TRAZO AUXILIAR

○ LINDERO

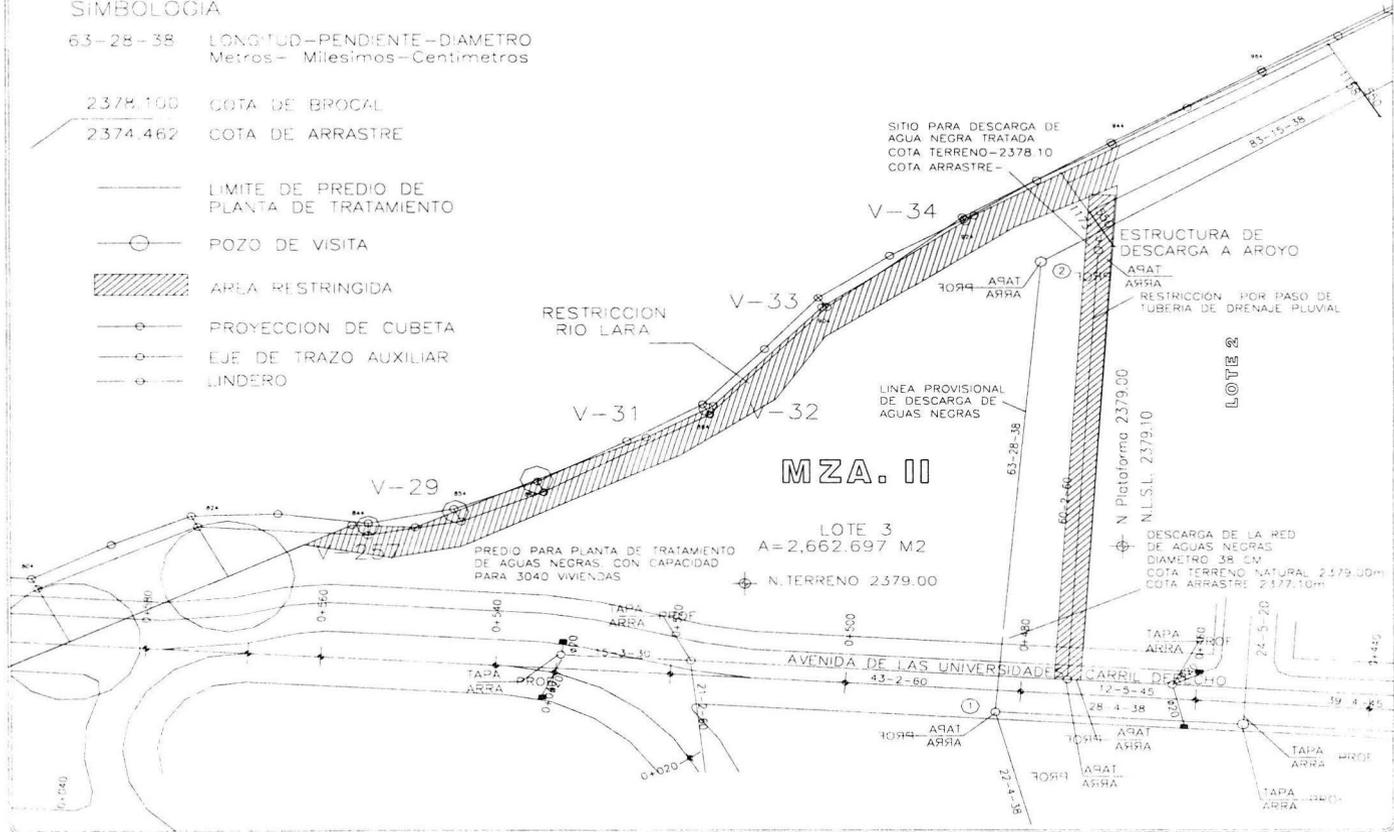


Figura no IV.2
PLANTA ARQUITECTONICA GENERAL



Figura no IV.3
FACHADAS ARQUITECTONICAS

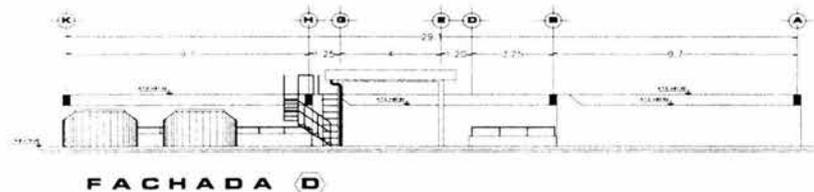
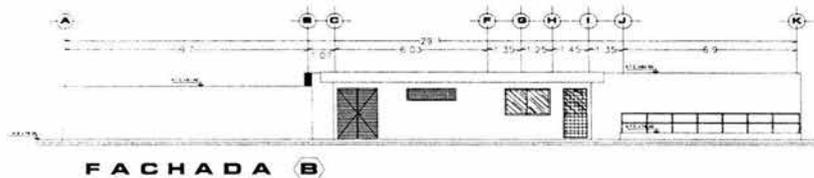
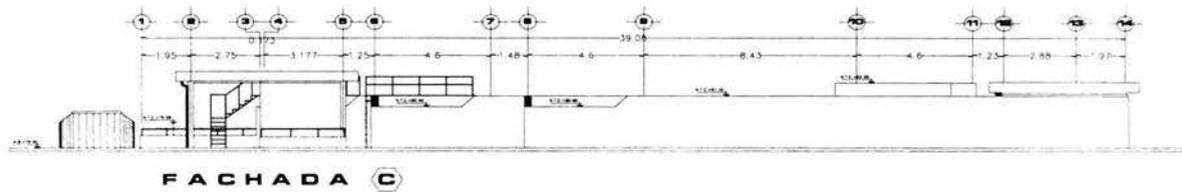
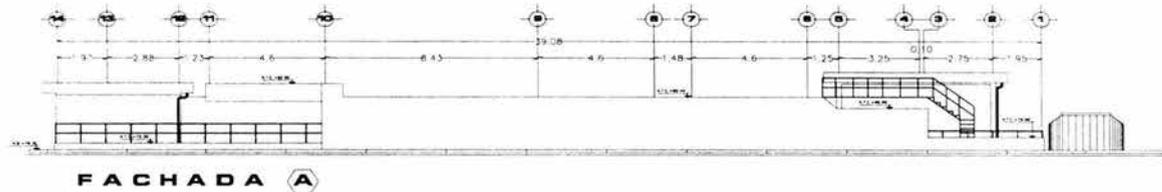


Figura IV.4

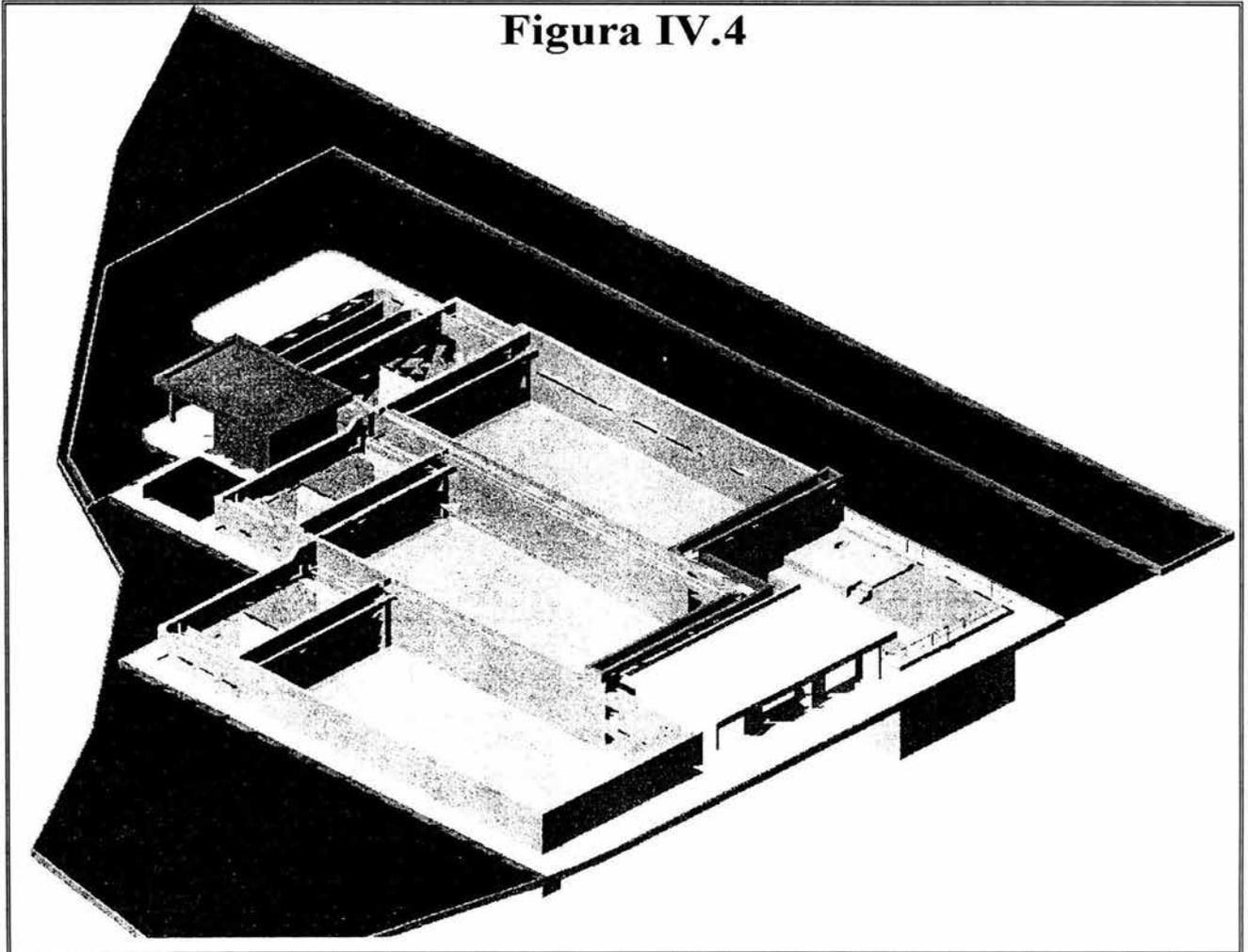
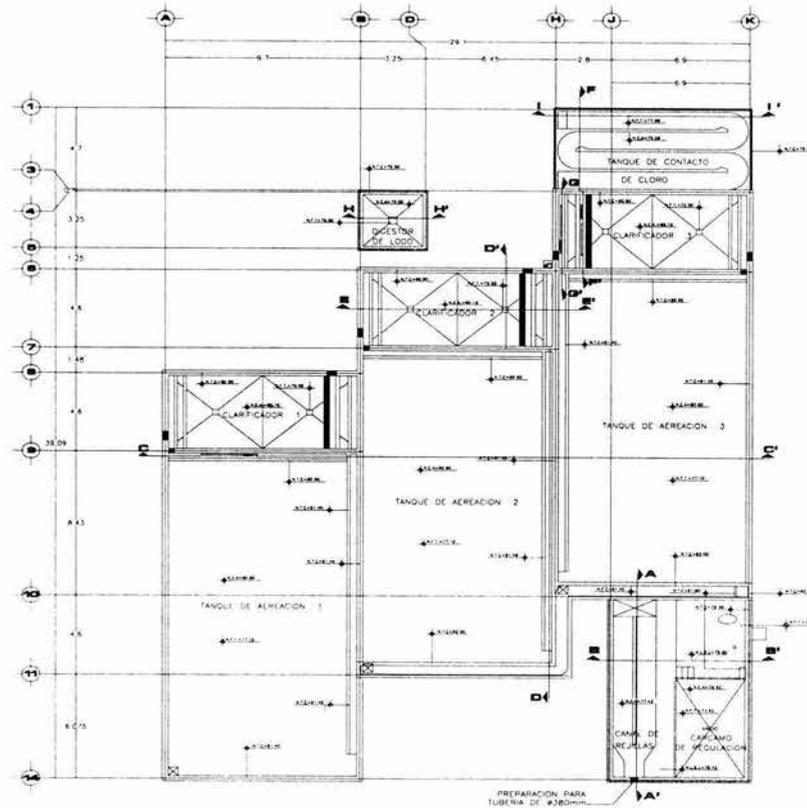
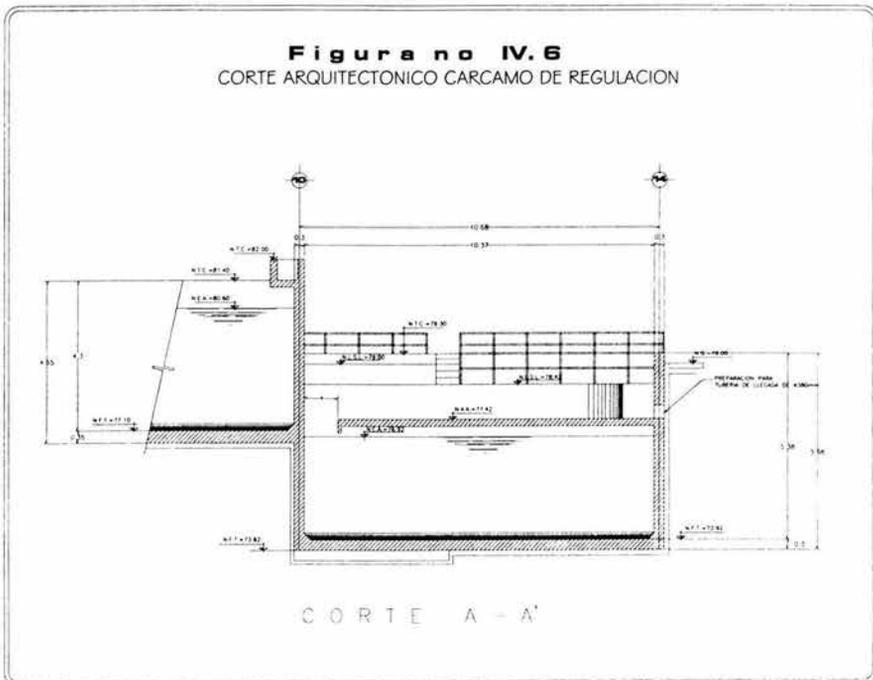


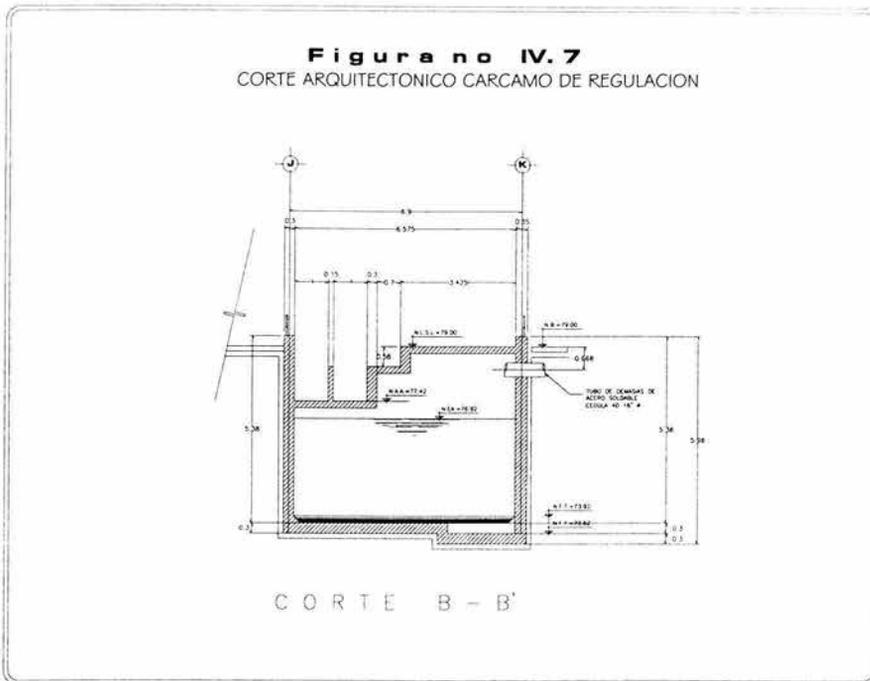
Figura no IV.5
PLANTA ARQUITECTONICA DE TANQUES DE PROCESO



La geometría de cada cuerpo es la siguiente:

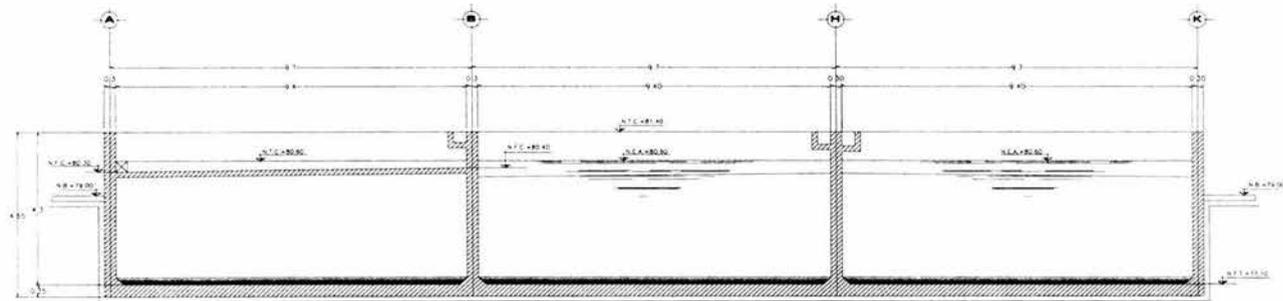
a).- El cárcamo de bombeo será de forma rectangular, de 7.23 x 11.28 mts y su altura del fondo al nivel de banqueteta es de 5.08 mts, en el interior de este cuerpo y a la mitad de su altura, aproximadamente, se ubica un canal de rejillas. Esta unidad tiene un muro común con el tanque de aireación. Ver figura IV.6 y IV.7



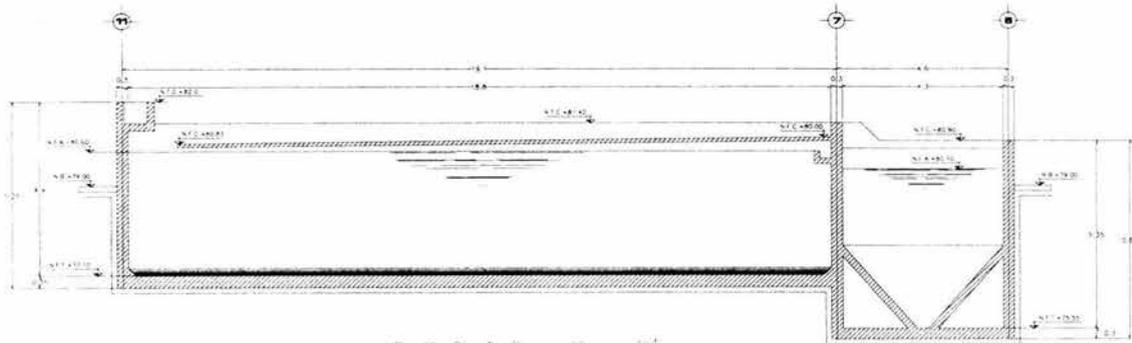


b).- El tanque de aireación esta formado por tres celdas de 8.30 x 16.60 mts cada una con un arreglo en planta de forma escalonada; su altura del fondo del tanque al nivel de banquetta es de 1.90 mts y su altura del fondo al nivel de corona del muro es de 4.30 mts. Tres muros serán comunes con el tanque de clarificación y otro con el cárcamo. En la figura IV.8 se muestra el dibujo arquitectónico de estas unidades.

Figura no IV.8
CORTES ARQUITECTONICOS TANQUES DE AERACIÓN Y CLARIFICADOR

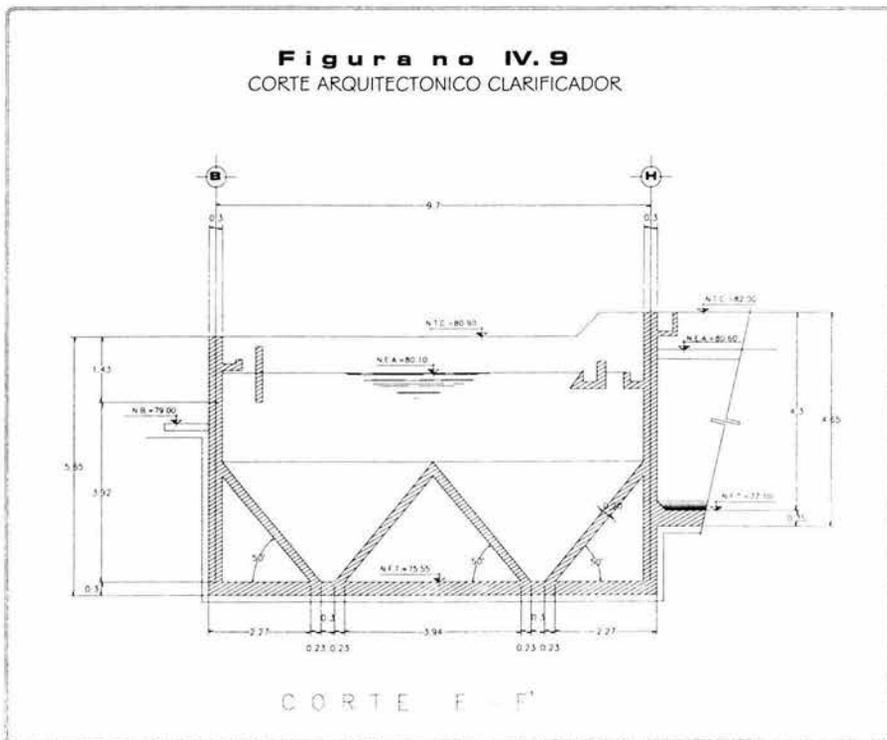


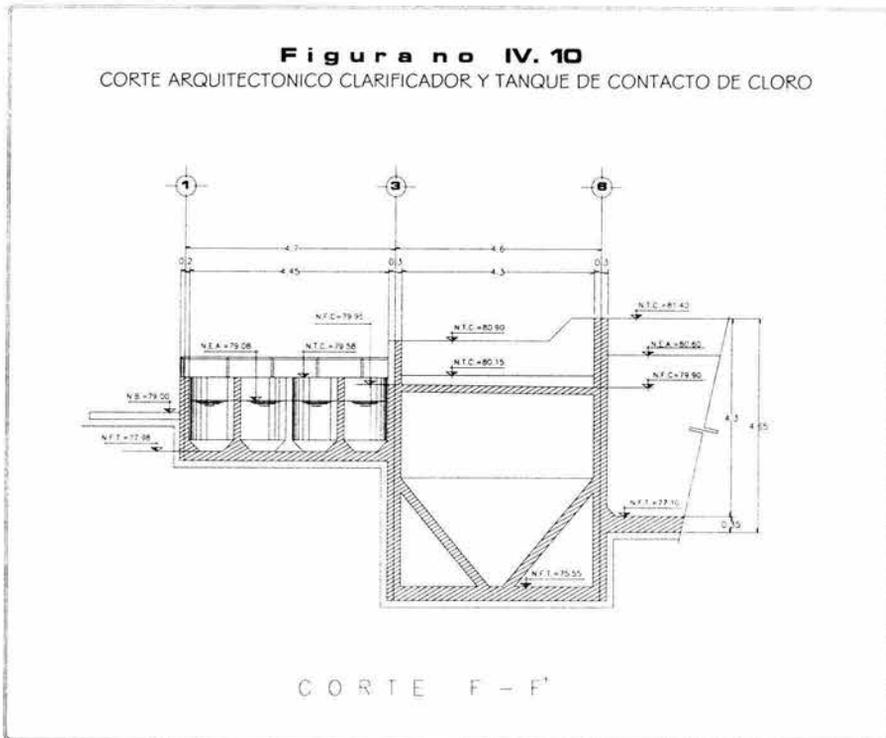
C O R T E C - C'



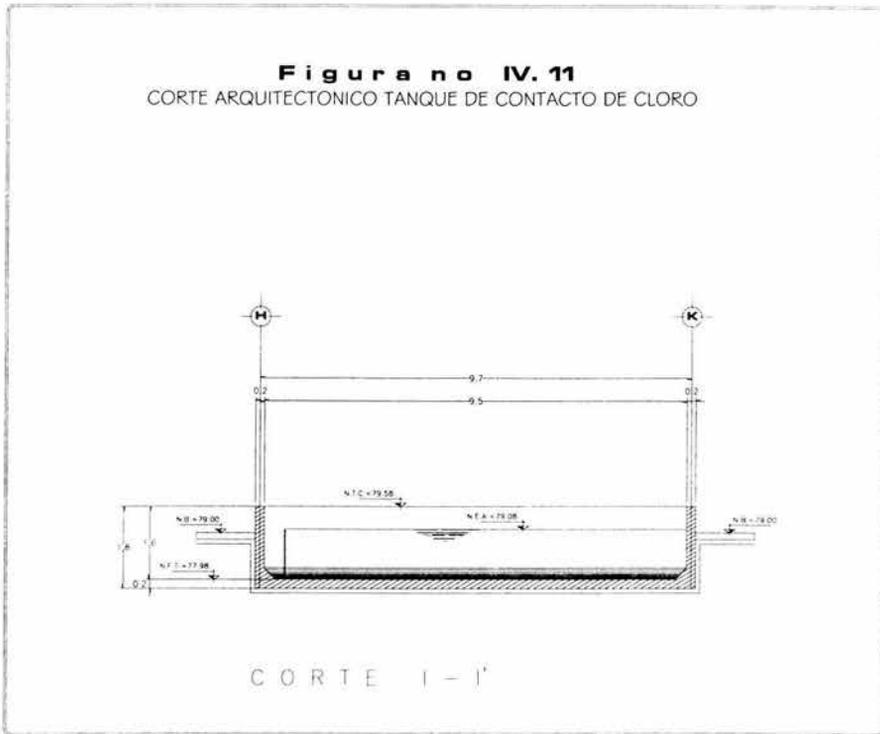
C O R T E D - D'

c).- El tanque de clarificación es de forma rectangular, con dimensiones en planta de 4.30 x 16.60 mts y tiene en su interior una tolva de concreto reforzado. Se tienen tres tanques clarificadores, un muro de cada clarificador es común con el tanque de aereación, su altura del fondo al nivel de banquetta es de 3.45 mts. Las dimensiones de esta unidad se presentan en las figuras IV.9, IV.10 y IV.12



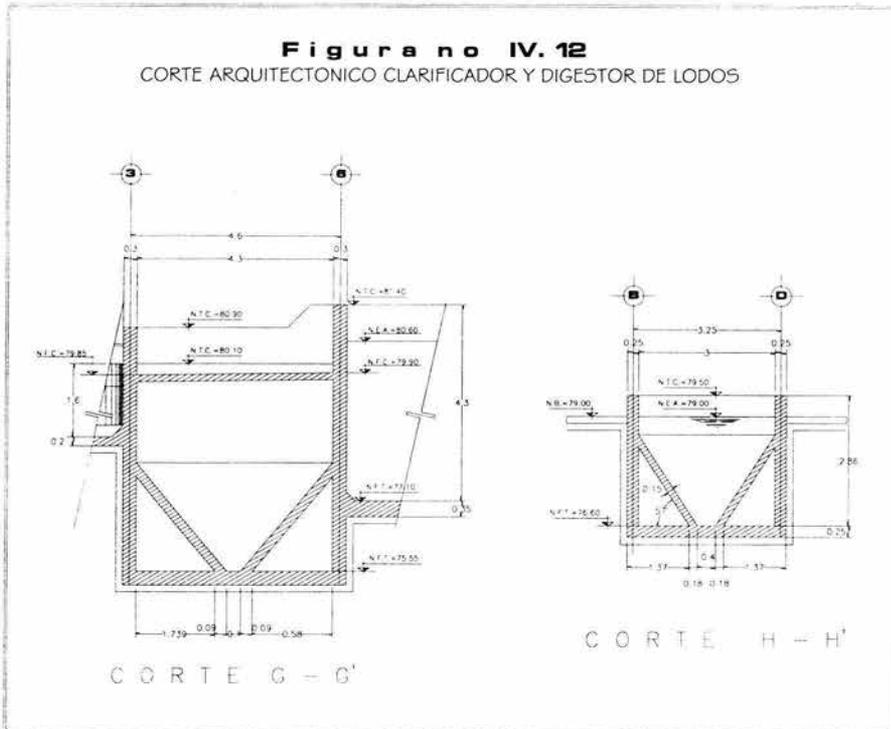


d).- El tanque de contacto de cloro tiene dimensiones en planta de 4.95 x 9.8 mts y su altura del fondo al nivel de banqueta es de 1.02 mts. Tiene un muro que es común con el tanque de clarificación, este cuerpo tiene en su interior 4 muros longitudinales formando un serpentin (canales intercomunicados). Ver figura IV.10 y IV.11



e).- El tanque digestor de lodos tiene dimensiones en planta de 3.5 x 3.5 mts, su altura del fondo del tanque al nivel de banquetta es de 2.4 mts. En su interior tendrá una tolva de concreto reforzado. Ver figura IV.12

f).- La caseta de operación y sopladores tiene dimensiones en planta de 4.85 x 10.08 mts (a ejes) y es de un solo nivel, con una altura de 2.58 mts de piso a plafón como su nombre lo indica, esta caseta albergara al operador de la planta y a los sopladores.



g).- La caseta de filtro prensa tiene dimensiones en planta de 4.0 x 6.1 mts (a ejes) y también es de un solo nivel, con una altura promedio de 3.12 mts de piso a plafón, en su interior se localiza el filtro prensa.

IV.2.- Cargas de diseño:

A continuación se especifican las cargas de servicio que se aplicaron, de acuerdo con el reglamento de construcciones para el distrito federal en vigor y sus normas técnicas complementarias (en lo sucesivo se mencionara como RCDF)

Losa de canal de rejillas de cárcamo: carga vertical

Losa de concreto reforzado de 20 cm. de espesor.....	480 kg/m ²
Agua residual, se consideró un tirante de 1 m	1200 kg/m ²
Recubrimiento extra de canal	80 kg/m ²
Carga adicional por RCDF	40 kg/m ²

Carga total = 1,800 kg/m²

Losa de bombas y operación de cárcamo: Carga vertical

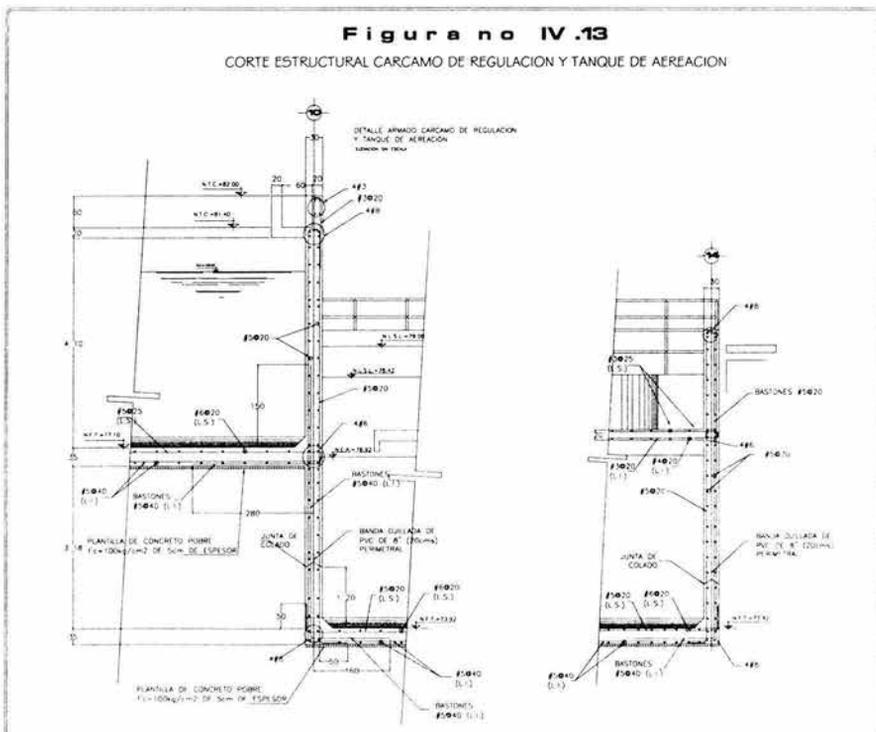
Losa de concreto reforzado de 15 cm. de espesor.....	360 kg/m ²
Carga adicional por RCDF	20 kg/m ²
Carga viva	500 kg/m ²

Carga total = 880 kg/m²

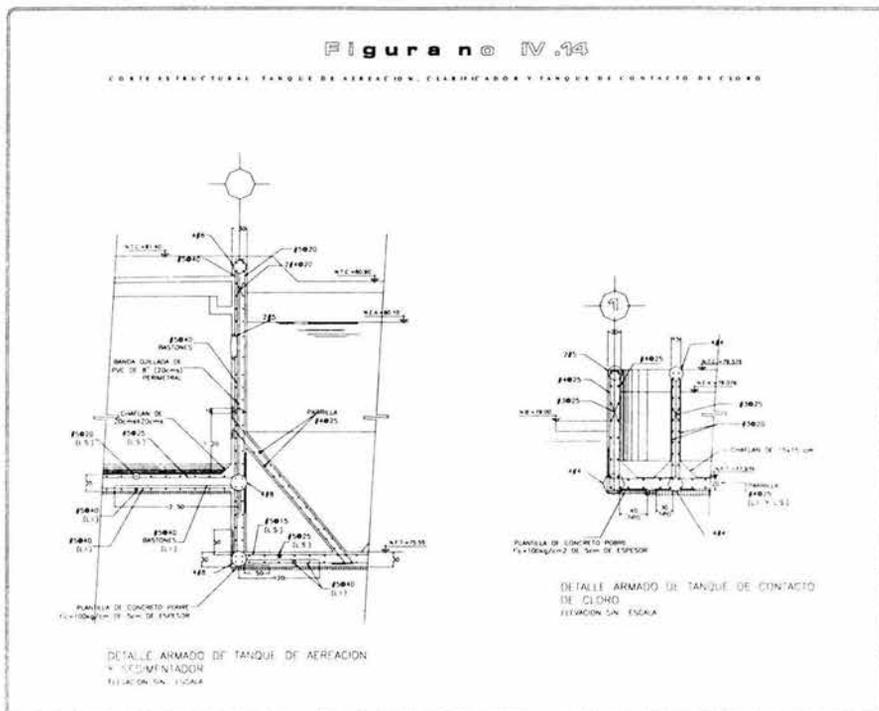
La estructuración del cárcamo de bombeo se presenta en la figura IV.13

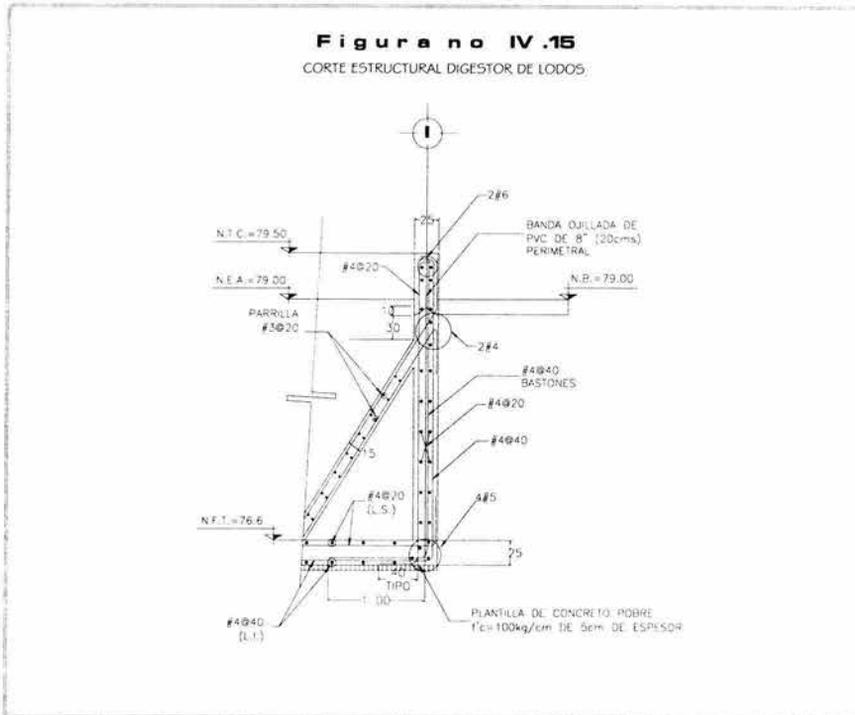
Azotea con pendiente menor a 5% de caseta de operación.

	Carga vertical	Sismo
Losa de vigueta y bovedilla de 22 cm. de espesor.....	290 kg/m ²	
Relleno para dar pendientes	170 kg/m ²	
Enladrillado y entortado.....	80 kg/m ²	
Plafón de yeso	10 kg/m ²	
Carga adicional por RCDF	40 kg/m ²	
	carga muerta = 598 kg/m²	598 kg/m²
	carga viva = 100 kg/m²	70 kg/m²
	carga total = 698 kg/m²	668 kg/m²



Para el cálculo del empuje hidrostático que actúa sobre los muros interiores del tanque de aireación y en los muros que son comunes con otros tanques (como el de aireación y el digestor de lodos), el peso volumétrico del agua residual se considero de 1200 kg/m^3 , se considera que la condición más desfavorable es cuando una celda esta vacía y la siguiente se encuentra llena de agua y, por ello, el empuje hidrostático actúa libremente. La estructuración del tanque de aireación, sedimentador, tanque de contacto de cloro y digestor de lodos se presentan en las figuras IV.14 y IV.15:





por otra parte, el empuje horizontal del suelo que actúa sobre los muros exteriores de todos los tanques, se calculó de acuerdo como lo recomienda el estudio de mecánica de suelos de "Rpoucell y Asociados, S. A. de C. V." fechado en marzo de 2001, esto es, aplicando la siguiente ecuación:

$$Q_h = 0.6z + 0.33q_v$$

donde:

Qh	Esfuerzo horizontal en ton/m^2
Z	Profundidad a la que se requiere calcular Qh, en m.
qv	Sobrecarga aplicada en relleno del muro, en $\text{ton/m}^2/\text{ml}$.

La fuerza resultante estará aplicada en el centro de gravedad del diagrama de presiones, se tomó como estado crítico cuando los tanques están vacíos y solo actúan los empujes activos del terreno colindante.- la sobrecarga aplicada en el relleno del muro se considero de 1.5 ton/m^2

IV.3.- Descripción de las estructuraciones.

IV.3.1.- Tanques

La estructuración de los tanques es a base de muros de concreto reforzado de 20, 25 y 30 cm. de espesor y losas de fondo de 25, 30 y 35 cm.

IV.3.2.- Casetas.

Las dos casetas están estructuradas a base de muros de rigidez (de carga) de block hueco de concreto confinados con castillos ahogados de concreto y dalas aparentes de concreto reforzado. La caseta del filtro prensa tiene además algunos marcos de concreto reforzado formados por columnas y trabes. El sistema de piso es a base de losas de viguetas precoladas y bovedillas de concreto, de 22 cm de espesor en la caseta de operación y sopladores, y de 18 cm en la del filtro prensa, las azoteas son horizontales.

La cimentación de las casetas es a base de losa-piso de 14 cm. de espesor y contratraves invertidas de concreto reforzado.

IV.4.- Cálculos estructurales:

Para obtener los elementos mecánicos y deformaciones debidos a cargas verticales y sismo, las estructuras se revisaron con un programa de análisis estructural que esta basado en el método de rigideces elásticas y que toma en cuenta los efectos de flexión, carga axial, cortante y torsión.

La estructura de cada cuerpo se revisó por sismo y se realizó un análisis sísmico estático, para ello, se determinaron los parámetros de diseño indicados en el estudio de mecánica de suelos antes mencionado: un coeficiente sísmico $c = 0.16 \times 1.5 = 0.24$, ya que el tipo de terreno se clasificó dentro de la zona I (lomeríos) del Distrito Federal.

En todas las estructuras se consideró un factor de comportamiento sísmico de $q=2.0$ en ambas direcciones.

Todos los tanques al estar bajo el nivel del terreno, teóricamente la acción sísmica que debiera actuar sobre la estructura es nula, sin embargo, se consideró para el efecto del diseño de los muros que, hipotéticamente, los tanques están sobre el terreno y que la acción sísmica que actúa es absorbida por los muros de concreto en cada dirección.

Esta acción sería únicamente en el caso de que el terreno que confina los muros cediera ante la acción sísmica, esta posibilidad es remota y se hace la revisión únicamente para verificar la resistencia de los muros de concreto ante esta acción.

Se encontró que las estructuras cumplen con los requisitos reglamentarios de desplazamientos laterales.

IV.5.- Diseño de estructuras:

Las normas estándar que regirán el diseño estructural son las indicadas en el RCDF.

Para diseñar todos los elementos, se consideraron las siguientes calidades de materiales:

Concreto: $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, clase I, en tanques, dosificado con impermeabilizante integral

$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, clase I, en losas y columnas

$f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$, en castillos

Acero de refuerzo: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Se elaboraron las correspondientes combinaciones de carga (CM+CVR+ Sismo), de acuerdo como se indica en el RCDF.

En las casetas se reviso que los esfuerzos actuantes en los muros de rigidez, bajo la combinación de CM + CVR + sismo, fueran inferiores a los permisibles establecidos en las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del RCDF.

Por lo que hace a los cuerpos restantes, las áreas de acero de refuerzo en columnas, muros y trabes se obtuvieron con el método de carga última .

IV.6.- Diseño de cimentaciones:

Las normas estándar que regirán el diseño estructural serán las indicadas en el RCDF.

De los diferentes análisis realizados se obtuvieron las descargas de cada estructura a nivel de cimentación, esta se resolvió a base de losas fondo y contratrabes invertidas de concreto reforzado.

La capacidad de carga del terreno se consideró de 20 ton/m², en la zona alta y de 5.5 ton/m² en la zona baja, según recomendación del estudio de mecánica de suelos proporcionado, se recomienda realizar pruebas al terreno de desplante de cada cuerpo y comprobar que tenga como mínimo la capacidad mencionada y que sea realizada por una empresa especialista en mecánica de suelos.

Los armados necesarios en columnas, trabes, losas fondo y contratrabes, se obtuvieron también con criterios plásticos o de carga última.

CAPITULO V

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPO

Esta parte del proyecto se realiza con el apoyo de las figuras V.1 a la V.4 en donde se plasma los desarrollos de tubería de alimentación de agua residual cruda, tubería de retorno de lodos, red de difusión de aire, tubería de transferencia de agua clarificada y tubería de transferencia de lodo de purga.

Cabe mencionar que las marcas y modelos de equipos que aquí se seleccionan han sido probados en plantas similares y ofrecen estándares de calidad suficientes para durar 10 años bajo condiciones normales de operación y mantenimiento antes de darles mantenimiento correctivo mayor. En el presente trabajo no se pretende analizar el costo-beneficio que ofrecen las diferentes marcas de equipo, solo se mencionara que el costo de las marcas seleccionadas permite a las firmas de ingeniería ser competitivo en el mercado.

Nomenclatura:

v = velocidad del fluido (m/s)

d = diámetro interno de la tubería

δ = densidad del agua en condiciones estándar = 0.99708 kg/l

μ = viscosidad del agua en condiciones estándar = 0.8937 cp

N_{Re} = Número de Reynolds

ϵ / D = Rugosidad relativa

f = Coeficiente de rozamiento de Darcy

H_L = Pérdidas de carga por rozamiento (m)

HDT = Carga dinámica total (m)

H_h = Pérdidas de carga por la altura (m)

r_H = Radio hidráulico (m)

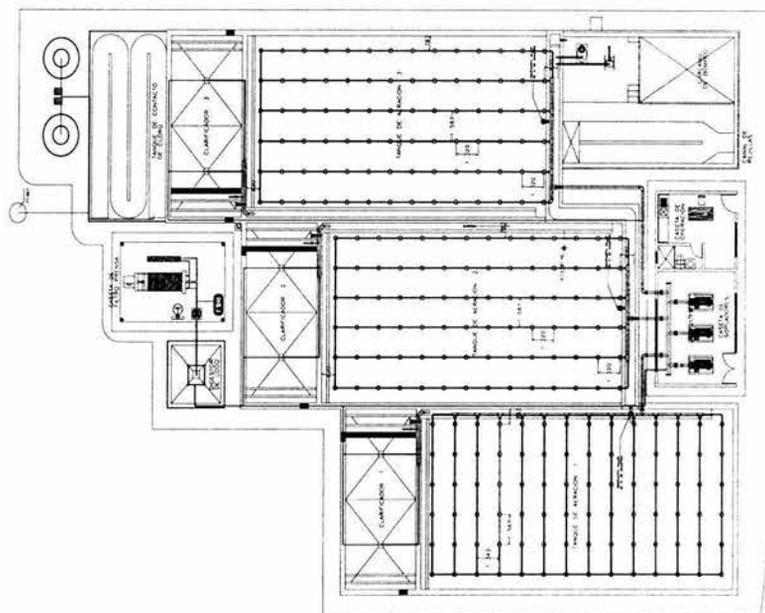
A_H = Área hidráulica m^2

P = Perímetro mojado (m)

m = Pendiente

Ca = gasto volumétrico (m^3/s)

Figura V.1
PLANTA GENERAL INSTALACIONES



V.1.- Cálculo y selección de la bomba de alimentación.

Para poder llevar a cabo la selección de la bomba es necesario calcular la carga dinámica total del sistema, el desarrollo de las tuberías se encuentran en la figura V.2 y V.3, adicional a ello el proveedor nos proporciona una carpeta con los datos técnicos y las curvas de operación de los equipos.

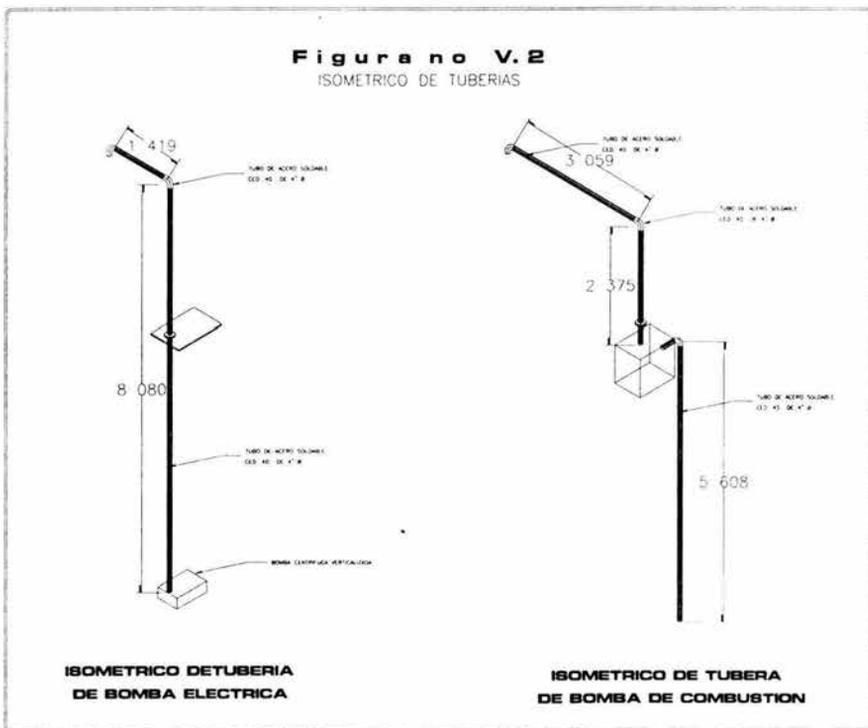
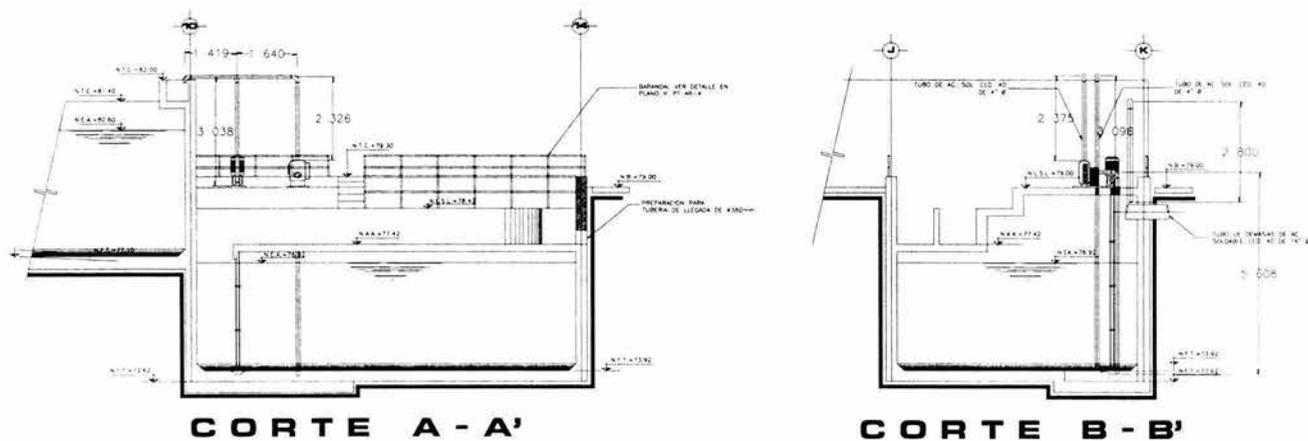


Figura no V.3
CORTES EN CARCAMO DE REGULACIÓN



El calculo de la carga dinámica total y el NPSH requerido se obtienen haciendo el balance de materia y energía en una hoja programada en Excel, cuyos valores son los siguientes:

Peso específico del agua	9810		$\text{kg}\cdot\text{m} / \text{m}^3 \text{s}^2$
Densidad del agua	1000		kg/m^3
Viscosidad del agua	1.01E-04		$\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$
Presión de vapor agua a 20oC	241.72		kgf/m^2
Presión del liquido a bombear	7,744.30		kgf/m^2
Aceleración de la gravedad	9.81		m/s^2
Eficiencia de diseño	0.60		
Gasto volumétrico	25		lps
Gasto volumétrico	2.50E-02		m^3/s
Gasto volumétrico	396.255		gpm
Coefficiente de expansión	0.35		
Diámetro de tubería	4		pulgadas
Cédula	40		
Diámetro interno	10.226		cm
Área interna	8.21E-03		m^2
Velocidad calculada	3.04		m/s
Velocidad calculada	9.99		ft/s
Descripción	Cantidad	Long. Eq. (m)	Long. Parcial (m)
Tubería 4" diámetro	1	8.4	8.4
Válvula de mariposa 4"	1	1	1
Codo 90o 4" diámetro	2	2.10	<u>4.20</u>
Longitud total (m)			13.60
Número de Reynolds	3.10E+06		
Coefficiente de Darcy	0.015		
Perdidas totales de carga (Hfs)	0.94		m
Altura de descarga	8.4		m
Perdidas de carga por velocidad	0.47		m
Carga dinámica total	9.81		m
NPSH disponible	7.03		m
Potencia al freno BHP	5.38		h. p.

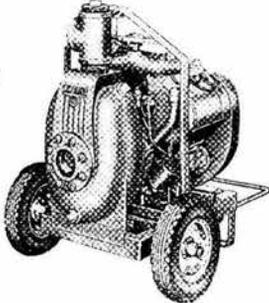
Con estos datos y la información del proveedor se selecciona tanto la bomba de combustión interna como la eléctrica. En la figura V.4 se muestra las

características de la bomba de combustión, de la tabla de capacidades de la figura V.5 se selecciona el modelo 35MDTX2 para una altura total de bombeo de 9.2 m y una altura de la bomba sobre el nivel de agua de 6 metros, dando una capacidad de bombeo de 1498 lpm.

Figura V.4



Equipos
de Bombeo



Barnes Barmesa

**MOTOBOMBA AUTOCEBANTE
BARNES**

MODELO: 35MDTX2
29 H.P. - DIESEL
132,475 L.P.H. (35,000 G.P.H.)
SUCCION: 4"
DESCARGA: 4"

MODELO: 40M126
42 H.P. - GASOLINA
151,400 L.P.H. (40,000 G.P.H.)
SUCCION: 4"
DESCARGA: 4"

SE SURTE CON COLADOR

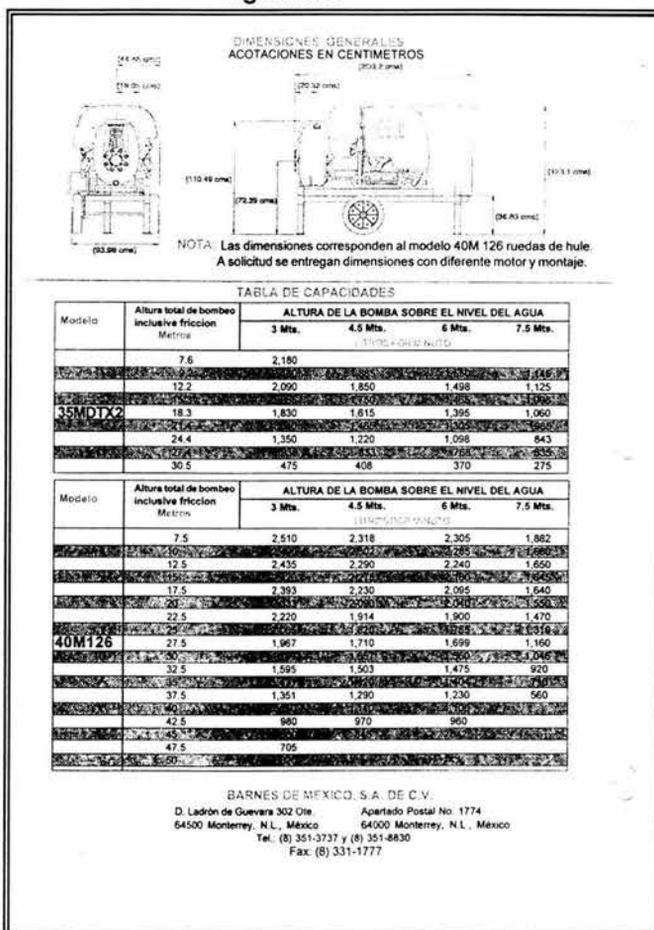
La bomba incorpora
Desague de zonas inundables, inyección, construcción

ESPECIFICACIONES

<p>SUCCION: 4" (10.16cms.) con brida NPT horizontal</p> <p>DESCARGA: 4" (10.16 cms.) NPT vertical</p> <p>GRUPO: Hierro Gris, A.S.T.M. A. 48 Clase 30, cuenta con voluta integrada</p> <p>VALVULAS: Hierro Gris, A.S.T.M. A. 48 Clase 30.</p> <p>VALVULAS: DISEÑO: 4 alabes, tipo semabierta para un paso de esfera de 1.14" (3.18 cms.)</p> <p>MATERIAL: Hierro Gris, A.S.T.M. A. 48 Clase 30. Balanceado estáticamente</p> <p>VALVULAS: Acero al carbono</p> <p>VALVULAS: Acero</p> <p>VALVULAS: Adamsack</p> <p style="text-align: center;">Sello de carburo de tungsteno</p>	<p>SELLO: DISEÑO: Tipo mecánico, Sellado por agua</p> <p>MATERIAL: Cerámica parte estacionaria, Alambres de carbono y sello de exclusión parte rotatoria, Elementos, eje Barnes Resorte de acero inoxidable</p> <p>VALVULAS: Acero inoxidable</p> <p>VALVULAS: Hule Iona con dos capas, cuenta con dos tapas de acero</p> <p>VALVULAS: Acero</p> <p>MOTORES: Se ensambla a motores de combustión interna a gasolina y diesel. 4 tiempos, sumo, para aire</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20%;">Líster</td> <td style="width: 10%;">TX2</td> <td style="width: 10%;">29</td> <td style="width: 10%;">DIESEL</td> <td style="width: 10%;">ELECTRICO</td> <td style="width: 10%;">ELECTRICO</td> </tr> <tr> <td>Volkswagen</td> <td>128</td> <td>72</td> <td>GASOLINA</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>VALVULAS: <ul style="list-style-type: none"> • Base de fundición, 20 lbs. • Carro con ruedas, 100 lbs. • Carro con ruedas, 100 lbs. • Carro con ruedas, 100 lbs. </p>	Líster	TX2	29	DIESEL	ELECTRICO	ELECTRICO	Volkswagen	128	72	GASOLINA		
Líster	TX2	29	DIESEL	ELECTRICO	ELECTRICO								
Volkswagen	128	72	GASOLINA										

60

Figura V.5



Con estos datos se llena una hoja de datos que servirá para cotizar el equipo y para especificarlo en el proyecto.

Hoja de datos de equipo	
Bomba	
Cantidad:	Uno
Tipo:	Centrifuga autocebante
Marca:	Barnes
Modelo:	35MDTX2
Material:	Descripción anexa
Servicio:	Alimentación a tanques de aereación
Líquido a bombear:	Agua residual tipo domestica
Densidad:	1000 kg/m ³
Viscosidad:	1.01e-04 kg/m-s
Temperatura de operación:	25°C
Carga dinámica total:	9.81 m
N.P.S.H. disponible:	7.03 m
Capacidad:	1,500 lpm
B. H. P.:	5.38
Diámetro de succión:	4 pulgadas
Diámetro de descarga:	4 pulgadas
Dibujos de referencia:	Anexo
Tipo de motor:	A diesel, marca lister modelo tx2 de Arranque eléctrico
H.P. del motor	29 h.p.
R.P.M.	No aplica
Voltaje	No aplica
Comentarios:	No aplica

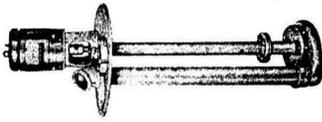
Las características de la bomba eléctrica se presentan en la figura V.6 y V.7, la selección se hace empleando la curva de operación de la bomba en donde en base al flujo que se desea bombear (eje X) y a la carga dinámica total del sistema (eje y) se obtiene el punto de operación, ver figura V.8

Figura V.6



Barnes Barmesa
Equipos de Bombeo

BOMBA INATASCABLE DE CARCAMO HUMEDO BARNES
MODELO 4BW
DE 10.16 cm (4") SUCCION Y DESCARGA



IDEAL PARA:
Desague de sótanos, Bombeo de aguas negras, fluidos conteniendo subproductos y desechos industriales, lodos pesados, líquidos con sólidos en suspensión, líquidos con viscosidad, etc.

CARACTERISTICAS SOBRESALIENTES

SOMERA:
El cuerpo es fabricado de hierro gris de alta resistencia.

IMPELENTE:
Fabricado de hierro gris, es del tipo cerrado de doble vena, balanceado estáticamente, permite sólidos hasta de 3" en agua.

MOTOR:
Eléctrico vertical, trifásico de prestigio reconocido, flecha sólida montada sobre baleros de bolas, operan en 50 ciclos y es para 220/440 Volt.

BIELAS:
La flecha del impenente es de acero inoxidable de alta resistencia. Chumacera inferior de hierro gris. El impenente es sellado con un anillo de hule. Cuando la distancia de la columna del pozó a la bomba se excede de 1.68 metros, se pueden adoptar tramos adicionales de columna y tubería de descarga con una longitud hasta de 1.22 metros cada uno y se sujeción con la bomba en conjunto totalmente armado. Cada tramo incluye: flecha de acero "cold rolled", chumacera intermedia y flanges. Como máximo se admiten cuatro tramos adicionales que suman 6.30 metros incluyendo la unidad básica.

COLUMNA:
Se emplea tubería común de hierro, la cual es maquinada en un extremo para lograr perfecta alineación y rigidez.

MONTAJE:
Cada bomba, tubería de descarga y columna es montada sobre placa de hierro gris; la cual debe colocarse sobre la cubierta de pozó.

BARNES DE MEXICO, S.A. DE C.V.
D. Latorre de Guereau 302 O.k. Apartado Postal No. 1774
64500 Monterrey, N.L., Mexico 64000 Monterrey, N.L., Mexico
Tel.: (81) 351-3737 y (81) 351-8830
Fax: (81) 331-1777

Figura V.7



Barnes Barmesa
Equipos de Bombeo

MODELO 4BW18A PARA TRANSMISION UNIVERSAL MEDIANTE POLEAS Y BANDAS

1760 R.P.M.

TABLA DE CAPACIDADES

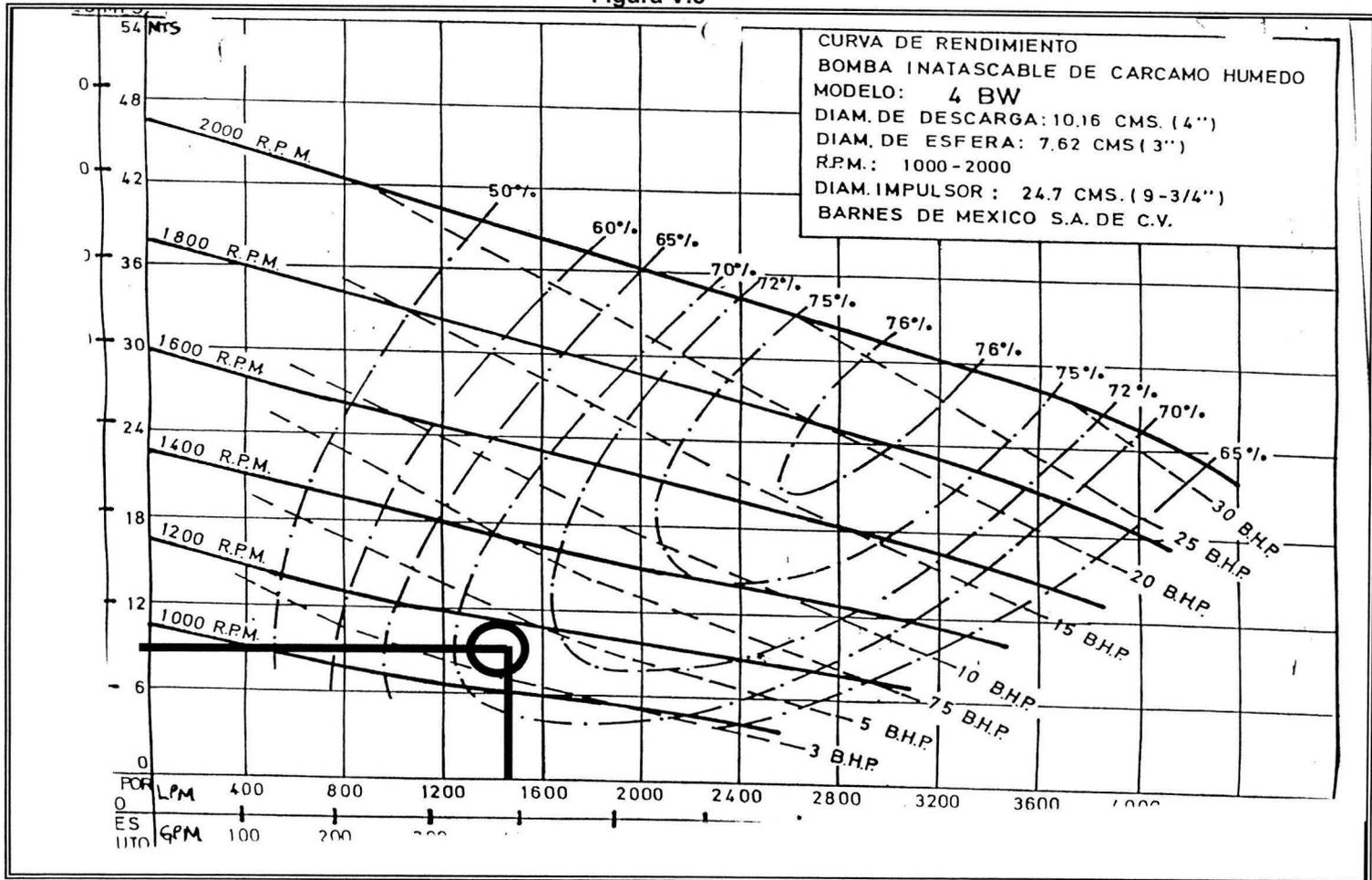
MODELOS ACOPLADOS A MOTORES ELECTRICOS PARA 60 CICLOS 1770 R.P.M.

4BW18A3				4BW18A2				4BW18A1			
24.75 CM. (9.75")		27.94 CM. (10.99")		27.94 CM. (10.99")		33.02 CM. (12.99")		33.02 CM. (12.99")		38.10 CM. (15.00")	
ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.
15	1.50	2.11	1.7	1.80	1.4	2.20	1.8	1.80	1.4	2.40	1.8
16	1.60	2.21	1.8	1.90	1.5	2.30	1.9	1.90	1.5	2.50	1.9
17	1.70	2.31	1.9	2.00	1.6	2.40	2.0	2.00	1.6	2.60	2.0
18	1.80	2.41	2.0	2.10	1.7	2.50	2.1	2.10	1.7	2.70	2.1
19	1.90	2.51	2.1	2.20	1.8	2.60	2.2	2.20	1.8	2.80	2.2
20	2.00	2.61	2.2	2.30	1.9	2.70	2.3	2.30	1.9	2.90	2.3
21	2.10	2.71	2.3	2.40	2.0	2.80	2.4	2.40	2.0	3.00	2.4
22	2.20	2.81	2.4	2.50	2.1	2.90	2.5	2.50	2.1	3.10	2.5
23	2.30	2.91	2.5	2.60	2.2	3.00	2.6	2.60	2.2	3.20	2.6
24	2.40	3.01	2.6	2.70	2.3	3.10	2.7	2.70	2.3	3.30	2.7
25	2.50	3.11	2.7	2.80	2.4	3.20	2.8	2.80	2.4	3.40	2.8
26	2.60	3.21	2.8	2.90	2.5	3.30	2.9	2.90	2.5	3.50	2.9
27	2.70	3.31	2.9	3.00	2.6	3.40	3.0	3.00	2.6	3.60	3.0
28	2.80	3.41	3.0	3.10	2.7	3.50	3.1	3.10	2.7	3.70	3.1
29	2.90	3.51	3.1	3.20	2.8	3.60	3.2	3.20	2.8	3.80	3.2
30	3.00	3.61	3.2	3.30	2.9	3.70	3.3	3.30	2.9	3.90	3.3
31	3.10	3.71	3.3	3.40	3.0	3.80	3.4	3.40	3.0	4.00	3.4
32	3.20	3.81	3.4	3.50	3.1	3.90	3.5	3.50	3.1	4.10	3.5
33	3.30	3.91	3.5	3.60	3.2	4.00	3.6	3.60	3.2	4.20	3.6
34	3.40	4.01	3.6	3.70	3.3	4.10	3.7	3.70	3.3	4.30	3.7
35	3.50	4.11	3.7	3.80	3.4	4.20	3.8	3.80	3.4	4.40	3.8
36	3.60	4.21	3.8	3.90	3.5	4.30	3.9	3.90	3.5	4.50	3.9
37	3.70	4.31	3.9	4.00	3.6	4.40	4.0	4.00	3.6	4.60	4.0
38	3.80	4.41	4.0	4.10	3.7	4.50	4.1	4.10	3.7	4.70	4.1
39	3.90	4.51	4.1	4.20	3.8	4.60	4.2	4.20	3.8	4.80	4.2
40	4.00	4.61	4.2	4.30	3.9	4.70	4.3	4.30	3.9	4.90	4.3
41	4.10	4.71	4.3	4.40	4.0	4.80	4.4	4.40	4.0	5.00	4.4
42	4.20	4.81	4.4	4.50	4.1	4.90	4.5	4.50	4.1	5.10	4.5
43	4.30	4.91	4.5	4.60	4.2	5.00	4.6	4.60	4.2	5.20	4.6
44	4.40	5.01	4.6	4.70	4.3	5.10	4.7	4.70	4.3	5.30	4.7
45	4.50	5.11	4.7	4.80	4.4	5.20	4.8	4.80	4.4	5.40	4.8
46	4.60	5.21	4.8	4.90	4.5	5.30	4.9	4.90	4.5	5.50	4.9
47	4.70	5.31	4.9	5.00	4.6	5.40	5.0	5.00	4.6	5.60	5.0
48	4.80	5.41	5.0	5.10	4.7	5.50	5.1	5.10	4.7	5.70	5.1
49	4.90	5.51	5.1	5.20	4.8	5.60	5.2	5.20	4.8	5.80	5.2
50	5.00	5.61	5.2	5.30	4.9	5.70	5.3	5.30	4.9	5.90	5.3
51	5.10	5.71	5.3	5.40	5.0	5.80	5.4	5.40	5.0	6.00	5.4
52	5.20	5.81	5.4	5.50	5.1	5.90	5.5	5.50	5.1	6.10	5.5
53	5.30	5.91	5.5	5.60	5.2	6.00	5.6	5.60	5.2	6.20	5.6
54	5.40	6.01	5.6	5.70	5.3	6.10	5.7	5.70	5.3	6.30	5.7
55	5.50	6.11	5.7	5.80	5.4	6.20	5.8	5.80	5.4	6.40	5.8
56	5.60	6.21	5.8	5.90	5.5	6.30	5.9	5.90	5.5	6.50	5.9
57	5.70	6.31	5.9	6.00	5.6	6.40	6.0	6.00	5.6	6.60	6.0
58	5.80	6.41	6.0	6.10	5.7	6.50	6.1	6.10	5.7	6.70	6.1
59	5.90	6.51	6.1	6.20	5.8	6.60	6.2	6.20	5.8	6.80	6.2
60	6.00	6.61	6.2	6.30	5.9	6.70	6.3	6.30	5.9	6.90	6.3

PARTES INDICADAS EN EL DISEÑO:
 1. CILINDRO DE HULE
 2. ANILLO DE HULE
 3. CHUMACERA INTERMEDIA
 4. FLANGE DE UNIÓN
 5. FLANGE DE UNIÓN
 6. FLANGE DE UNIÓN
 7. FLANGE DE UNIÓN
 8. FLANGE DE UNIÓN
 9. FLANGE DE UNIÓN
 10. FLANGE DE UNIÓN
 11. FLANGE DE UNIÓN
 12. FLANGE DE UNIÓN
 13. FLANGE DE UNIÓN
 14. FLANGE DE UNIÓN
 15. FLANGE DE UNIÓN
 16. FLANGE DE UNIÓN
 17. FLANGE DE UNIÓN
 18. FLANGE DE UNIÓN
 19. FLANGE DE UNIÓN
 20. FLANGE DE UNIÓN
 21. FLANGE DE UNIÓN
 22. FLANGE DE UNIÓN
 23. FLANGE DE UNIÓN
 24. FLANGE DE UNIÓN
 25. FLANGE DE UNIÓN
 26. FLANGE DE UNIÓN
 27. FLANGE DE UNIÓN
 28. FLANGE DE UNIÓN
 29. FLANGE DE UNIÓN
 30. FLANGE DE UNIÓN
 31. FLANGE DE UNIÓN
 32. FLANGE DE UNIÓN
 33. FLANGE DE UNIÓN
 34. FLANGE DE UNIÓN
 35. FLANGE DE UNIÓN
 36. FLANGE DE UNIÓN
 37. FLANGE DE UNIÓN
 38. FLANGE DE UNIÓN
 39. FLANGE DE UNIÓN
 40. FLANGE DE UNIÓN
 41. FLANGE DE UNIÓN
 42. FLANGE DE UNIÓN
 43. FLANGE DE UNIÓN
 44. FLANGE DE UNIÓN
 45. FLANGE DE UNIÓN
 46. FLANGE DE UNIÓN
 47. FLANGE DE UNIÓN
 48. FLANGE DE UNIÓN
 49. FLANGE DE UNIÓN
 50. FLANGE DE UNIÓN
 51. FLANGE DE UNIÓN
 52. FLANGE DE UNIÓN
 53. FLANGE DE UNIÓN
 54. FLANGE DE UNIÓN
 55. FLANGE DE UNIÓN
 56. FLANGE DE UNIÓN
 57. FLANGE DE UNIÓN
 58. FLANGE DE UNIÓN
 59. FLANGE DE UNIÓN
 60. FLANGE DE UNIÓN

4BW18A3				4BW18A2				4BW18A1			
24.75 CM. (9.75")		27.94 CM. (10.99")		27.94 CM. (10.99")		33.02 CM. (12.99")		33.02 CM. (12.99")		38.10 CM. (15.00")	
ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.	ALTEZA L.T.S.	B.H.P.
15	1.50	2.11	1.7	1.80	1.4	2.20	1.8	1.80	1.4	2.40	1.8
16	1.60	2.21	1.8	1.90	1.5	2.30	1.9	1.90	1.5	2.50	1.9
17	1.70	2.31	1.9	2.00	1.6	2.40	2.0	2.00	1.6	2.60	2.0
18	1.80	2.41	2.0	2.10	1.7	2.50	2.1	2.10	1.7	2.70	2.1
19	1.90	2.51	2.1	2.20	1.8	2.60	2.2	2.20	1.8	2.80	2.2
20	2.00	2.61	2.2	2.30	1.9	2.70	2.3	2.30	1.9	2.90	2.3
21	2.10	2.71	2.3	2.40	2.0	2.80	2.4	2.40	2.0	3.00	2.4
22	2.20	2.81	2.4	2.50	2.1	2.90	2.5	2.50	2.1	3.10	2.5
23	2.30	2.91	2.5	2.60	2.2	3.00	2.6	2.60	2.2	3.20	2.6
24	2.40	3.01	2.6	2.70	2.3	3.10	2.7	2.70	2.3	3.30	2.7
25	2.50	3.11	2.7	2.80	2.4	3.20	2.8	2.80	2.4	3.40	2.8
26	2.60	3.21	2.8	2.90	2.5	3.30	2.9	2.90	2.5	3.50	2.9
27	2.70	3.31	2.9	3.00	2.6	3.40	3.0	3.00	2.6	3.60	3.0
28	2.80	3.41	3.0	3.10	2.7	3.50	3.1	3.10	2.7	3.70	3.1
29	2.90	3.51	3.1	3.20	2.8	3.60	3.2	3.20	2.8	3.80	3.2
30	3.00	3.61	3.2	3.30	2.9	3.70	3.3	3.30	2.9	3.90	3.3
31	3.10	3.71	3.3	3.40	3.0	3.80	3.4	3.40	3.0	4.00	3.4
32	3.20	3.81	3.4	3.50	3.1	3.90	3.5	3.50	3.1	4.10	3.5
33	3.30	3.91	3.5	3.60	3.2	4.00	3.6	3.60	3.2	4.20	3.6
34	3.40	4.01	3.6	3.70	3.3	4.10	3.7	3.70	3.3	4.30	3.7
35	3.50	4.11	3.7	3.80	3.4	4.20	3.8	3.80	3.4	4.40	3.8
36	3.60	4.21	3.8	3.90	3.5	4.30	3.9	3.90	3.5	4.50	3.9
37	3.70	4.31	3.9	4.00	3.6	4.40	4.0	4.00	3.6	4.60	4.0
38	3.80	4.41	4.0	4.10	3.7	4.50	4.1	4.10	3.7	4.70	4.1
39	3.90	4.51	4.1	4.20	3.8	4.60	4.2	4.20	3.8	4.80	4.2
40	4.00	4.61	4.2	4.30	3.9	4.70	4.3	4.30	3.9	4.90	4.3
41	4.10	4.71	4.3	4.40	4.0	4.80	4.4	4.40	4.0	5.00	4.4
42	4.20	4.81	4.4	4.50	4.1	4.90	4.5	4.50	4.1	5.10	4.5
43	4.30	4.91	4.5	4.60	4.2	5.00	4.6	4.60	4.2	5.20	4.6
44	4.40	5.01	4.6	4.70	4.3	5.10	4.7	4.70	4.3	5.30	4.7
45	4.50	5.11	4.7	4.80	4.4	5.20	4.8	4.80	4.4	5.40	4.8
46	4.60	5.21	4.8	4.90	4.5	5.30	4.9	4.90	4.5	5.50	4.9
47	4.70	5.31	4.9	5.00	4.6	5.40	5.0	5.00	4.6	5.60	5.0
48	4.80	5.41	5.0	5.10	4.7	5.50	5.1	5.10	4.7	5.70	5.1
49	4.90	5.51	5.1	5.20	4.8	5.60					

Figura V.8



Con las características de la bomba se llena la hoja de datos del equipo para solicitar la cotización al distribuidor.

Hoja de datos de equipo	
Bomba	
Cantidad:	Uno
Tipo:	Centrifuga verticalizada
Marca:	Barnes
Modelo:	4BW
Material:	Descripción anexa
Servicio:	Alimentación a tanques de aereación
Líquido a bombear:	Agua residual tipo domestica
Densidad:	1000 kg/m ³
Viscosidad:	1.01e-04 kg/m-s
Temperatura de operación:	25°C
Carga dinámica total:	9.81 m
N.P.S.H. disponible:	7.03 m
Capacidad:	1,500 lpm
B. H. P.:	5.38
Diámetro de succión:	No aplica
Diámetro de descarga:	4 pulgadas
Dibujos de referencia:	Anexo
Tipo de motor:	Eléctrico
H. P. motor	7.5
R. P. M.	1750
Voltaje	440, tres fases
Comentarios:	No aplica

V.2.- Cálculo y selección del soplador de aire

P_b = presión de descarga [=] psia

$$P_b = P_{\text{bar}} + 14.7(\text{Tirante de agua} / 33.92) + h_f$$

Donde:

$$\text{Tirante de agua} = 3.5 \text{ m} = 11.483 \text{ ft}$$

$$h_f = \text{pérdida de presión por fricción} = 2 \text{ psi}$$

$$P_{\text{bar}} = 569.86 \text{ mm Hg} = 11.019 \text{ psi}$$

$$P_b = 11.019 + 14.7(11.483 / 33.92) + 2 = 17.99 \text{ psia}$$

El gasto másico por día de aire se calcula empleando la ley de los gases ideales:

$$PV = nRT$$

Si n = masa aire / peso molecular aire , entonces

$$\text{Masa aire} = (PV/RT) \text{ peso molecular del aire}$$

Donde:

$$\text{Peso molecular del aire} = 29 \text{ lb/lbmol}$$

$$P = P_{\text{bar}} = 569.86 \text{ mm Hg} = 0.74981 \text{ atm.}$$

$$V = 17,617.59 \text{ m}^3 = 622,160 \text{ ft}^3$$

$$T = 32^\circ\text{C} = 549.27^\circ\text{R}$$

$$R = 0.73 \text{ atm ft}^3 / \text{lbmol}^\circ\text{R}$$

$$\text{Masa aire} = 29 (0.74981 \times 622,160) / (0.73 \times 549.27) = 33,739.80 \text{ lb}$$

$$\text{Gasto másico} = 33,739.80 \text{ lb}_{\text{aire}} / \text{d}$$

El trabajo del motor se puede calcular empleando la ecuación de compresión reversible adiabática para un gas ideal:

$$W_s = \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) \left(\frac{1}{29} \right) RT_1 \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)$$

Donde:

$$\gamma = C_p / C_v = 1.4 \text{ para el aire}$$

$$1/29 = \text{número de lb mol / lb de aire}$$

$$R = 1.986 \text{ BTU / lb mol } ^\circ\text{R}$$

$$T_1 = 32 \text{ } ^\circ\text{C} = 549.27 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$P_1 = P_{\text{bar}} = 11.019 \text{ psi}$$

$$P_2 = P_b = 17.99 \text{ psi}$$

$$W_s = \left(\frac{1.4}{1.4 - 1} \right) \left(\frac{1}{29} \right) \left(1.986 \times 549.27 \right) \left(1 - \left(\frac{17.99}{11.019} \right)^{(1.4-1)/1.4} \right)$$

$$W_s = - 19.79 \text{ BTU / lb}$$

El signo menos indica que el trabajo es realizado sobre el aire (compresión)

La temperatura de descarga se calcula de la siguiente forma:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 32 \left(\frac{17.99}{11.019} \right)^{(1.4-1)/1.4} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La potencia teórica se obtiene de la siguiente manera

$$P_T = 0.0236 \text{ Gasto másico } W_s$$

Donde:

$$\text{Gasto másico} = 33,739.80 \text{ lb}_{\text{aire}}/\text{d} = 23.4304 \text{ lb aire}/\text{min}$$

$$P_T = 0.0236 \left(23.4304 \right) \left(19.79 \right) = 10.94 \text{ h. p.}$$

La potencia real se obtiene de la siguiente forma:

$$P_R = (0.0236 \text{ Gasto másico WT}) / E_o$$

Donde:

E_o = eficiencia del compresor = 50%

$$P_R = (0.0236 \times 23.4304 \times 19.79) / 0.5 = 21.88 \text{ h. p.}$$

Los datos técnicos del equipo se muestran en las figuras V.9 y V.10

Figura V.9



M-D Pneumatics™
COMPETITOR™
Rotary Positive Blowers

COMPETITOR PLUS rotary blowers are designed to be interchangeable with equipment made of Rotor Universal™ and many Substar® California Series II and I and largest™ Series I and II blowers. COMPETITOR PLUS models are rated up to 18 PSIG discharge pressure or 14" Hg. dry vacuum.

In addition to interchangeability, Tuthill Vacuum & Blower Systems has employed an existing design with the following unique features ordinarily found only on premium blowers:

Helical Gearing
COMPETITOR PLUS blowers are fitted with hardened, precision helical gears, suited to the rotor shafts, not spur or spur gears as offered by other manufacturers, which have greater backlash and can slip and lose timing. Helical gears are also quieter, reducing mechanical noise.

Stronger Bearings
All COMPETITOR PLUS blowers include double row ball bearings at the gear end, stronger than single row ball bearings offered by other manufacturers. Drive shaft bearing is cylindrical roller type for additional strength against side loading from V-belt drives. As a result of the superior design, COMPETITOR PLUS blowers offer design bearing life as much as 50% greater than models offered by other manufacturers.

Rotor is with Integral Shafts
COMPETITOR PLUS blowers make no use of machined ductile iron rotors with loose, integrally cast shafts, but gears to rotate carried shafts offered by other manufacturers, which can loosen, wear, slip and chatter under load. At Tuthill, we deliberately selected to eliminate this problem.

Highly Rigid End Connections
End connections are carefully engineered at the blower gear end, eliminating the risk of shifting and loosening when installing or removing drive components. This also eliminates the need for those special lock and socket keys required by other brands to install and disassemble.

Polished Sealing Surfaces
All shaft surfaces in contact with sealing members are polished to achieve seal wear and life of bearing.

Individually Tested
Every COMPETITOR PLUS blower is factory tested to assure you of the highest quality. While some manufacturers perform only sample testing, we go the distance to insure that your blower meets our high ISO 9001 equipment quality standards.

ISO 9001 Registration
COMPETITOR PLUS blowers are manufactured under the Tuthill Vacuum & Blower Systems ISO 9001 registered quality assurance program. The ISO American manufacturer of rotary blowers is your local international recipient.

Warranty
Every COMPETITOR PLUS blower is backed by the Tuthill Vacuum & Blower Systems limited warranty for a period of 18 months after installation or 2 years after original blower shipment, whichever occurs first.

Methods Availability
All COMPETITOR PLUS blowers are available with metric drive shaft and process connections.

Worldwide Sales and Service
With sales offices and service facilities located in six continents, you can be assured of availability and service to your COMPETITOR PLUS blower.

Material Specifications:
Housing: Cast iron
End Plates: Cast iron
End Cover: Cast iron
Rotor: Ductile iron
Shafts: Ductile iron, heat treated with nickel
Bearing Case and Drive end: Double row ball, ball cones
Drive end: Cylindrical roller or cone roller
Single row ball or roller cone
Drive Shaft: Ductile iron, cast integrally with drive rotor
Gears: Heat treated alloy steel, helical cut
Seals: Lip seals on rotor shafts and drive shaft
Lubrication: Oil splash on gear and grease on drive end

Model Size	Max. Flow PSIG	Max. Vac. (in. Hg.)	Maximum RPM	Displacement CFM
2002	12	16	1075	314
2004	7	15	1075	392
3002	15	16	1000	548Z
3003	12	15	1000	601W
3006	7	15	1000	730
4002	15	16	900	981
4005	12	16	900	111
4007	7	15	900	180
5003	15	16	2900	130
5006	12	16	2900	221
5008	7	15	2900	323
6005	15	16	2100	140
6008	12	16	2300	205
8015	7	14	2300	240
7006	15	16	2500	410
7011	10	16	2500	138
7018	8	17	2500	1300

LEADING THE SEARCH FOR INNOVATIVE SOLUTIONS

TUTHILL
Vacuum & Blower Systems

168 0001

Attn: Sales Marketing Director
Tuthill, Milwaukee, USA 53002-8102
Tel: 414-885-8115, 800-855-8007 Fax: 414-760-2500
http://www.tuthill.com

Figura V.10

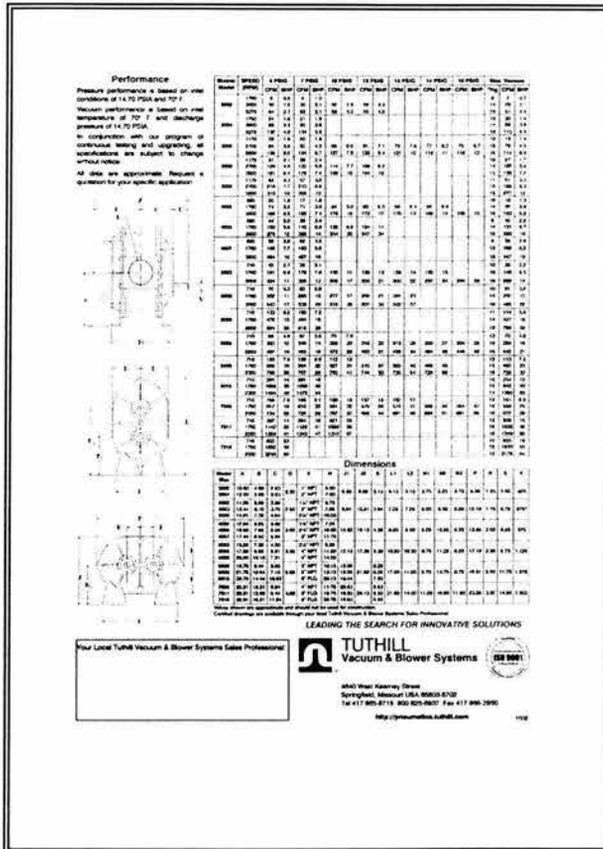


Figura V.11

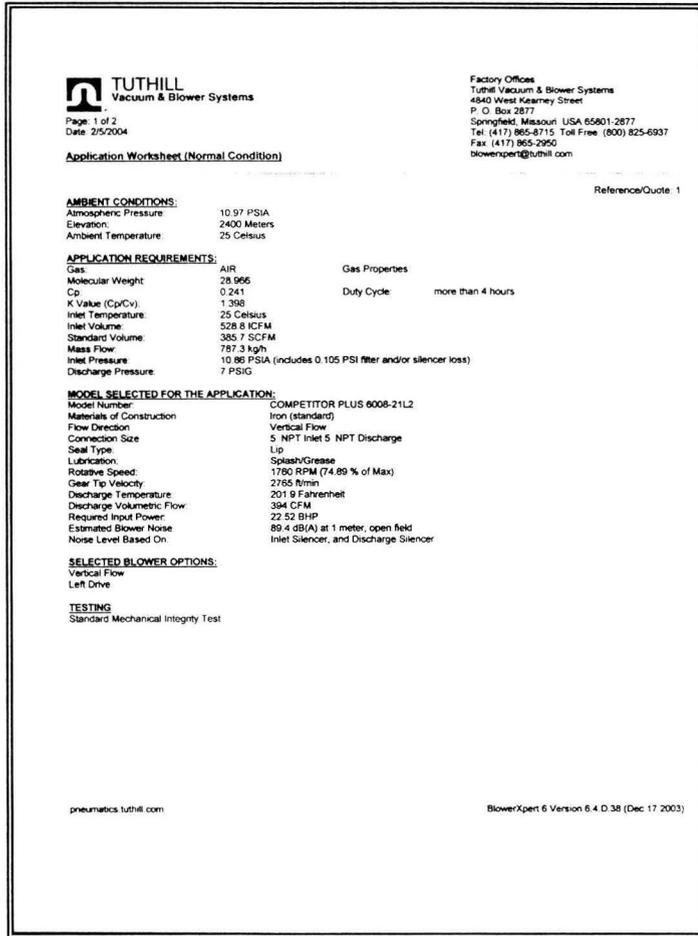
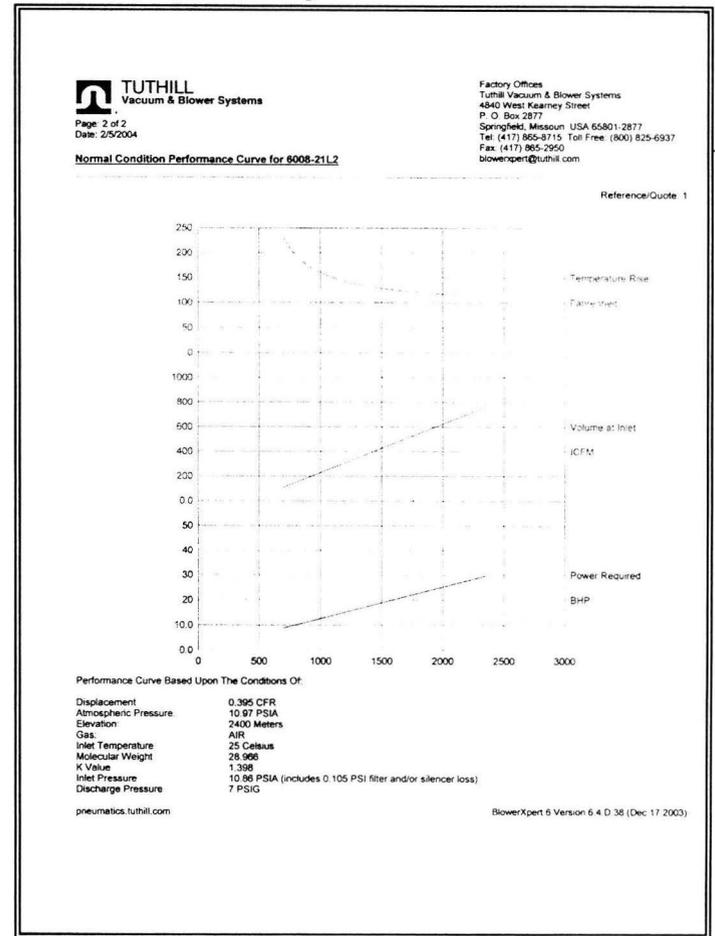
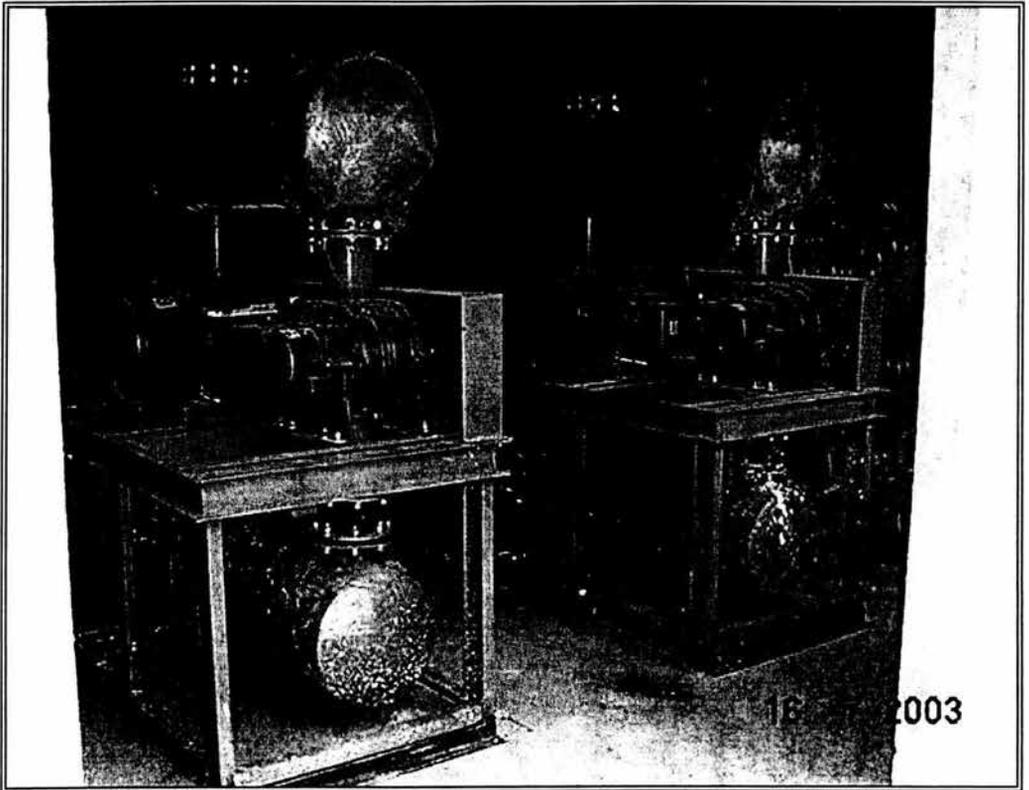


Figura V.12



En este caso se selecciono un soplador marca Tuthill serie Competitor plus, modelo 6008-21L3, con un BHP 25.4 para acoplarse a motor eléctrico de 30 h. p. mediante poleas y bandas montado en una base estructural común, se considera un silenciador a la succión y uno a la descarga ver ejemplo de soplador en la figura V.13.

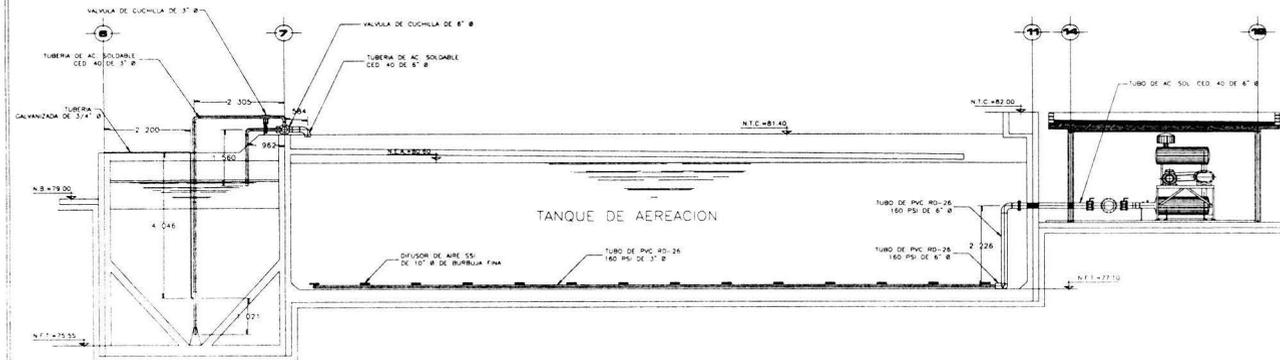
Figura V.13



Hoja de datos de equipo Soplador	
Cantidad:	Tres
Tipo:	Desplazamiento Positivo
Marca:	Tuthill
Modelo:	Competitor ³ + 6008m2112
Material:	Acero Estandar
Servicio:	Suministro de aire a planta de tratamiento de agua
Flujo de aire a la descarga	430.7 pies ³ /min
Presión a la descarga	7 psig
A.S.N.M.	2,400 m
B. H. P.:	25.4
Succión:	5 pulgadas
Descarga:	5 pulgadas
H. P. motor	30
R.P.M.	1750
Voltaje	440 volts
Comentarios:	No aplica

El arreglo de la red de difusión de muestra en la figura V.14

Figura no V.14
CORTE INSTALACIONES TANQUE DE AERACION Y CLARIFICADOR



V.3.- *Calculo de la línea de transferencia de agua clarificada entre el sedimentador y el tanque de contacto de cloro sin presión de bombeo.*

Calculo del diámetro de tubería.

$2 Q_{em}$ (m ³ /s)	Diámetro (pulg)	Area (m ²)	Velocidad (m/s)	Velocidad (fts)
0.0085	4	0.0082	1.037	3.403
	6	0.0186	0.457	1.499
	8	0.0322	0.264	0.866
	10	0.0508	0.167	0.548
	12	0.0722	0.118	0.387

Q_{em} (m ³ /s)	Diámetro (pulg)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Velocidad (fts)
0.017	4	0.0082	2.073	6.801
	6	0.0186	0.914	2.999
	8	0.0322	0.578	1.896
	10	0.0508	0.335	1.099
	12	0.0722	0.235	0.771

Cálculo de la pérdida de carga

$$H_f = C_f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$C_f = 185 \left(\frac{n^2}{\sqrt[3]{D}} \right)$$

Donde:

g = Constante de la aceleración gravitacional = 32.2 ft/s²

H_f = Perdida de Carga por fricción (ft)

V = Velocidad media del fluido (ft/s)

n = Coeficiente de Manning = 0.011 para tubo de acero al carbón.

Como se tienen tuberías de diferente diámetro en la misma línea se calculará por separado la pérdida de carga y al final se sumarán.

Primero se calcula la pérdida de carga por el tramo de 6" de diámetro.

$$D = 0.5 \text{ ft}$$

$$L = 57.40 \text{ ft}$$

Cálculo del coeficiente de fricción

$$C_f = 185 \left(\frac{(0.011)^2}{\sqrt[3]{0.5}} \right) = 0.0282 \text{ ft}$$

Cálculo de la pérdida de carga

$$H_{f6} = 0.0282 \left(\frac{57.40}{0.5} \right) \left(\frac{(1.499)^2}{2(32.2)} \right) = 0.113 \text{ ft} = 0.034 \text{ m}$$

Ahora calcularemos la pérdida de carga debido al tramo de tubería de 8" de diámetro.

$$D = 0.6667 \text{ ft}$$

$$L = 39.59 \text{ ft}$$

Cálculo del coeficiente de fricción

$$C_{f8} = 185 \left(\frac{(0.011)^2}{\sqrt[3]{0.6667}} \right) = 0.02562 \text{ ft}$$

Cálculo de la pérdida de carga

$$H_{f8} = 0.02562 \left(\frac{39.59}{0.6667} \right) \left(\frac{(1.896)^2}{2(32.2)} \right) = 0.085 \text{ ft} = 0.026 \text{ m}$$

$$H_f = H_{f6} + H_{f8} = 0.034 + 0.026 = 0.06 \text{ m}$$

Es decir, habrá una pérdida de carga de 6.0 cm, la cual tendrá que ser superada por una diferencia de niveles entre la salida del sedimentador y la entrada del tanque de contacto de cloro de cuando menos 7 cm.

V.4.- Cálculo de las línea de transferencia de purga de lodo entre el clarificador y el digestor de lodo.

$$C_f = 185 \left(\frac{(0.011)^2}{\sqrt[3]{0.3333}} \right) = 0.0323 \text{ ft}$$

$$H_f = 0.0323 \left(\frac{51.02}{0.3333} \right) \left(\frac{(3.403)^2}{2(32.2)} \right) = 0.889 \text{ ft} = 0.271 \text{ m}$$

Es decir, habrá una pérdida de carga de 27.10 cm, la cual tendrá que ser superada por una diferencia de niveles entre la salida del sedimentador y la entrada del digestor de lodo de cuando menos 30 cm.

V.5.- Cálculo de la tubería de transferencia de flujo excedente

Calculo del caudal que puede ser transportado por la tubería.

Consideramos tubo lleno al 100%

$$r = \frac{D}{2}$$

D = diámetro de la tubería = 0.4064 m

$$A = 0.1297 \text{ m}^2$$

$$\gamma = 0.16$$

$$m = 0.004$$

$$r = \frac{0.4064}{2} = 0.2032 \text{ m}$$

Calculo del coeficiente de Darcy

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{r}}} = \frac{87}{1 + \frac{0.16}{\sqrt{0.2032}}} = 64.21$$

Calculo de la velocidad con la formula de Checy

$$v = C \sqrt{(r)(m)} = (64.21) \sqrt{(0.2032)(0.004)} = 1.831$$

$$Q = vA = (1.831)(0.1297) = 0.23743 \text{ m}^3/\text{s} = 237.43 \text{ LPS}$$

V.6.- Cálculo de la tubería de transferencia de agua tratada del tanque de contacto de cloro a pozo de descarga.

Calculo del caudal que puede ser transportado por la tubería.

Consideramos tubo lleno al 100%

$$r = \frac{D}{2}$$

D = diámetro de la tubería = 0.38 m

$$A = 0.1133 \text{ m}^2$$

$$\gamma = 0.16$$

$$m = 0.002$$

$$r = \frac{0.38}{2} = 0.19 \text{ m}$$

Calculo del coeficiente de Darcy

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{r}}} = \frac{87}{1 + \frac{0.16}{\sqrt{0.19}}} = 63.639$$

Calculo de la velocidad con la formula de Checy

$$v = C \sqrt{(r)(m)} = (63.639) \sqrt{(0.19)(0.002)} = 1.241$$

$$Q = vA = (1.241)(0.1133) = 0.1405 \frac{m^3}{s} = 140.5 LPS$$

V.7.- Cálculo del caudal de hipoclorito de sodio

Se utiliza el hipoclorito de sodio al 13% como agente desinfectante, el cual contiene 74.34 g de cloro por cada litro de solución. En el manual de diseño "Wastewater Treatment Plant Design, Manual of Practice 8" se recomienda aplicar una dosis promedio de 9.92 g de cloro por cada m^3 de agua residual tratada, por lo tanto, el gasto volumétrico de hipoclorito de sodio ($NaOCl$) se obtiene de la siguiente forma:

$$Q_{NaOCl} = D \times Q_o / Cl$$

Donde:

$$D = \text{dosis recomendada} = 9.92 \text{ g Cl} / m^3$$

$$Q_o = \text{flujo volumétrico de agua residual tratada} = 2,152.50 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Cl = \text{contenido de Cl en la solución de hipoclorito} = 74.34 \text{ g Cl} / \text{litro}_{NaOCl}$$

Por lo tanto:

$$Q_{NaOCl} = 9.92 \times 2,152.50 / 74.34 = 287.23 \text{ litros/día} = 11.96 \text{ litros/hora}$$

La selección de las bombas dosificadoras se hace usando el catalogo del fabricante. De las figuras V.14 y V.15 se selecciona el modelo B132-363SI la cual maneja un rango de dosificación de 0 a 17 litros/hora a una presión de descarga de 50 psi, el voltaje comúnmente usado es de 220 volts y los materiales de construcción de las partes húmedas son de PVDF, Fluorofilm, PTFE y cerámica, todos ellos ofrecen una buena resistencia al hipoclorito de sodio según las tablas de resistencia química que el mismo fabricante emite. El cálculo de caída de presión de esta unidad no se realiza para este caso, ya que la presión de descarga que puede manejar este equipo es de 50 psi, presión suficiente para vencer la resistencia que pueda ofrecer un tramo de 4 mts de tubo de 3/8" a una altura máxima de 0.5 metros.

Figura V.15

Data Sheet

Series B¹

Electronic Metering Pumps

Configuration

Model **B92** | **1** | **392S1**

Control & Output Code

Manual Control
 Speed (stroking frequency) and stroke length manually adjustable

811 — 1.0 GPM (8.1 L/h) — 150 psi (10.30 Bar)
 812 — 2.5 GPM (9.5 L/h) — 100 psi (6.90 Bar)
 813 — 4.5 GPM (17.0 L/h) — 50 psi (3.50 Bar)
 814 — 7.0 GPM (26.5 L/h) — 30 psi (2.07 Bar)

Instrument Responsive / Manual Control
 Manual adjustment features of Series B1 plus switch connection to external control for automatic systems.

811 — 1.0 GPM (8.1 L/h) — 150 psi (10.30 Bar)
 812 — 2.5 GPM (9.5 L/h) — 100 psi (6.90 Bar)
 813 — 4.5 GPM (17.0 L/h) — 50 psi (3.50 Bar)
 814 — 7.0 GPM (26.5 L/h) — 30 psi (2.07 Bar)

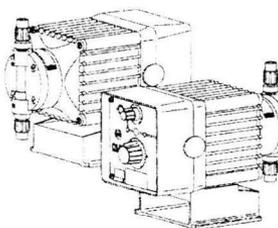
892 — 2.5 GPM (9.5 L/h) — 100 psi (6.90 Bar)
 893 — 4.5 GPM (17.0 L/h) — 50 psi (3.50 Bar)
 894 — 7.0 GPM (26.5 L/h) — 30 psi (2.07 Bar)

Voltage Code

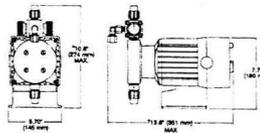
1 — 120 VAC US Plug
 2 — 240 VAC US Plug
 3 — 200-240 VAC DIN Plug
 5 — 240-250 VAC UK Plug
 6 — 240-250 VAC AU/ST/NZ Plug
 7 — 200-240 VAC SWISS Plug

Liquid End

See next page for complete Liquid End specifications and section.



Dimensions



Dimensions shown are maximum for largest available Liquid End. Dimensions will vary depending on Liquid End selected.

Specifications

Series	Strokes Per Minute (Adjustable) Min. / Max.	Stroke Length Recommended Minimum	Average Input Power @ Max Speed	Shipping Weight
811, 812, 891	1 / 100	10%	25 watts	15 lbs (6.9 kg)
812, 813, 892				
814, 814, 894				



6 Post Office Square
Acton, MA 01720 USA
TEL: (978) 263-9800
FAX: (978) 264-9172
<http://www.lmipumps.com>

Replaces same of Rev. F 3/97
 1417 G 2/96

Figura V.16

Configuration Data & Materials of Construction

Drive Assembly	Liquid End No.	Size Code	Materials of Construction				Check Valve	Accessory	Tubing & Connections	
			Head & Fittings	Balls	Liquifilm™	Fluorfilm™			Discharge	Suction
B91 □	382SF	0.9	Acrylic / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	391SF	0.9	PGC** / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	392SF	0.9	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	393SF	0.9	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/PTE	4FV		PE 3/8" O.D.	
	85 NV	0.9	Polysulfone	316 S.S.	Fluorfilm™				PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	86	0.9	Acrylic / PGC**	316 S.S.	Fluorfilm™	Hypalon®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	89	0.9	LHMW PE	Ceramic	Hypalon®	Hypalon®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	811S	0.9	Acrylic / PVDF	PTE	Liquifilm™	Hypalon®	4FV		PE 3/8" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	825**	0.9	PVC	Ceramic	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 1/4" NPT M	
	845**	0.9	PVC	Ceramic	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 3/8" O.D.	
B92 □	863**	0.9	Polysulfone	Ceramic	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 3/8" O.D.	
	897	0.9	316 S.S.	Ceramic	Fluorfilm™	316 S.S.			PE 1/4" NPT M	
	390SF	1.8	Acrylic / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	381SF	1.8	PGC** / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	382SF	1.8	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	393SF	1.8	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/PTE	4FV		PE 3/8" O.D.	
	883 □	1.8	Acrylic / PVDF	PTE	Liquifilm™	Hypalon®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 5" O.D.
	728**	1.8	PVC	Ceramic	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 5" O.D.	
	745**	1.8	PVC	Ceramic	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 1/4" NPT M	
	794V	1.8	Polysulfone	316 S.S.	Fluorfilm™				PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
B93 □	785**	1.8	Polysulfone	316 S.S.	Fluorfilm™	PTE	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	76	1.8	Acrylic / PP	316 S.S.	Fluorfilm™	Hypalon®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	79	1.8	LHMW PE	Ceramic	Hypalon®	Hypalon®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 3/8" O.D.
	277	1.8	316 S.S.	316 S.S.	Fluorfilm™	316 S.S.			PE 1/4" NPT M	
	310SF	3.0	Acrylic / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	311SF	3.0	PGC** / PGC**	Ceramic	Fluorfilm™	PGC**/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	312SF	3.0	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/Polygra®	4FV		PE 3/8" O.D.	
	814S1	3.0	PVDF / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	PVDF/PTE	4FV		PE 3/8" O.D.	
	115**	3.0	Acrylic	Ceramic	Fluorfilm™	Polygra®	4FV		PE 5" O.D.	Vinyl 5" O.D.
	129**	3.0	PVC / PVDF	Ceramic	Fluorfilm™	Polygra®	4FV		PE 5" O.D.	
217	3.0	316 S.S.	316 S.S.	Fluorfilm™	316 S.S.			PE 1/4" NPT M		

□ See next page for voltage code specifications.

** These Liquid Ends are available without a drive.

1 To specify right hand, change "R" to "L" on section label. Use "Inlet" before, change "R" to "L" to specify "Inlet" only, change "R" to "L" to specify "3V" change "R" to "L".

3V Indicates that the pump is equipped with an LMI three function pump (pressure relief, stroke and drive).

4V Indicates that the pump is equipped with an LMI four function pump. The discharge line air-cylinder pressure relief valve is included on the same head. It provides over-pressure protection and acts in spring, even under vacuum.

Fluorfilm™ is a copolymer of PTFE and PFA. Polygra® is an elastomeric PTFE copolymer.

PGC** is a registered trademark of Laminar Metering Instruments, Inc. Hypalon® is a registered trademark of E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc.

Output Information

Series	Gallons per Hour*		Liters per Hour*		mL/sec per Minute*		mL/cc per Stroke		Maximum Pressure
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
811, 812, 891	0.002	1.8	0.008	6.7	0.10	1.01	150 psi (10.30 Bar)		
812, 813, 892	0.003	2.5	0.009	9.5	0.16	1.58	100 psi (6.90 Bar)		
813, 814, 893	0.005	4.5	0.017	17.0	0.28	2.64	50 psi (3.50 Bar)		
814, 814, 894	0.007	7.0	0.027	26.5	0.44	4.42	30 psi (2.07 Bar)		

* Maximum output is based on one (1) stroke per minute and 10% stroke setting. Minimum output can be reduced further in external mode.

Series B91 pumps may be programmed for strokes per hour for lower outputs.

© 1998 LMI Milton Roy - All Rights Reserved
 Printed in U.S.A.
 Specifications subject to change without notice.

Una vez seleccionada la bomba se llena la hoja de datos del equipo para solicitar su cotización con el distribuidor.

Hoja de datos de equipo	
Bomba Dosificadora	
Cantidad:	Dos
Tipo:	Diafragma
Marca:	LMI Milton Roy
Modelo:	B132-363SI
Material:	Descripción Anexa
Servicio:	Desinfección de agua residual tratada
Líquido a bombear:	Solución de hipoclorito de sodio al 13%
Densidad:	1.2 kg/l
Viscosidad:	1.01e-04 kg/m-s
Temperatura de operación:	25°C
Capacidad:	17.0 litros/hora
Succión:	3/8 pulgada
Descarga:	3/8 pulgada
Dibujos de referencia:	anexo
Voltaje	240 vac, us plug
Comentarios:	No aplica

V.8 Cálculo y selección del sistema de deshidratado de biosólidos

De los valores obtenidos en el capítulo III se obtienen los siguientes datos:

Producción total de lodo: $(Tss)_w = 28.03 \text{ kg/d}$

Flujo total de purga de lodo: $Q_{w \text{ total}} = 8.409 \text{ m}^3/\text{d}$

Volumen del digestor de lodos: 19.62 m^3

Se considera realizar tres operaciones de secado de biosólidos por semana, y cada ciclo de secado debe durar 8 horas, tres de llenado del filtro, tres de secado de la torta con aire y dos para la limpieza del filtro, esto implica el bombeo del volumen total del digestor en tres horas, esto es:

$$Q_{\text{bombeo}} = 19.62 \text{ m}^3 / 3 \text{ horas} = 6.54 \text{ m}^3 / \text{h} = 109 \text{ lpm} = 28.79 \text{ gpm}$$

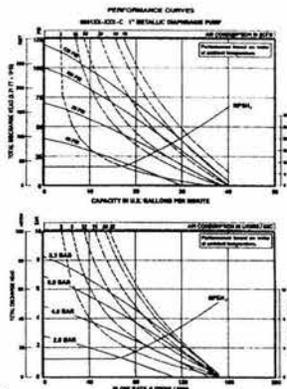
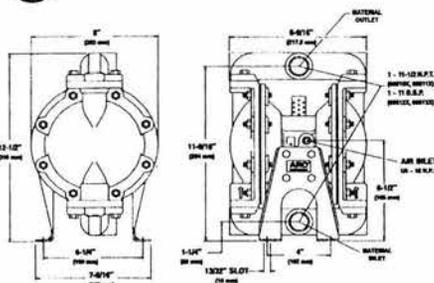
Según las especificaciones del fabricante del filtro prensa, la caída de presión que ocasiona la torta es de 4.0 kg/cm^2 ($3.92 \text{ bar} = 56.89 \text{ psi}$). Con estos datos se selecciona una bomba neumática de doble diafragma marca Aro de acuerdo con la hoja técnica que se presenta en la figura V.17, en donde se observa las características técnicas y la curva de operación. De dicha curva se obtiene el gasto volumétrico del aire necesario para bombear el fluido a la presión de descarga. La especificación de los materiales de las partes húmedas se indican en la hoja de datos del equipo y se tomaron en cuenta de acuerdo a una tabla de resistencias químicas emitida por el proveedor (no incluida en este trabajo).

Figura V.17

35 GPM (132 LPM) / 1-Inch Ports • Metallic Diaphragm Pump

Performance Specifications

RATIO:	1:1
MAXIMUM G.P.M. (Liters):	35 (132)
DISPLACEMENT GALLONS (Liters) PER CYCLE:	16 (.60)
AIR INLET:	1/4-inch NPT(F)
FLUID INLET:	1-inch NPT(F) or BSP(F)
FLUID OUTLET:	1-inch NPT(F) or BSP(F)
MAX. OPERATING PRESSURE PSI (bar):	120 (8.3)
SUSPENDED SOLIDS MAX. DIA. IN. (mm):	1/8-inch (3.2)
WEIGHT - LBS. (Kg):	19 (8.6) Aluminum 36 (16.3) Stainless Steel 31 (14.1) Cast Iron For Cast Iron center section models, add 8.5 lbs. (3.81 kg.)
MAX. DRY SUCTION LIFT:	20 ft. (Rubber fitted)

Dimensional Data**A**ccessories

Recommended Filter/Regulator
(See Page 36)

Filter / Regulator: P29221-610

For complete airline connection kit,
see page 32, item 10.
Pulsation Dampener, see page 24.

For Diaphragm Pump
Accessories see pages 32-34.

For recommended key models, refer to the AFO diaphragm pump price
book (Form ZN40-2). If the specific model you seek is not in the price book,
consult the factory for further selection assistance.

**O**rdering

Best Selling Models | 666100-322-C, 666101-344-C, 666111-244-C, 666101-3EB-C, 666100-344-C, 666112-8EB-C

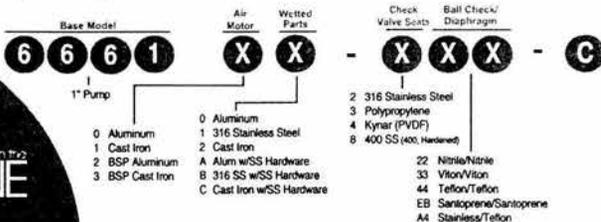


Figura V.18



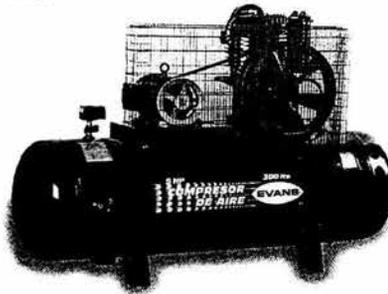
10,000
horas de vida

BENEFICIOS

La mejor cabeza para 5 HP en dos etapas reconocida en el mercado
Almacenamiento de aire a alta presión para requerimientos de equipos industriales o altos consumos de aire a baja presión.

USOS

Cualquier Herramienta o equipo Neumático que requiera alta presión
Gasolineras, Autolavados
Fabricación de muebles y tarimas



E230ME0500-300

CARACTERISTICAS

Baleros tipo automotriz de triple aleación entre en la unión entre biela y cigüeñal
Baleros cónicos en ambos extremos del cigüeñal
Baleros de aguja en la unión entre perno y biela
Fabricado en Hierro fundido
Maquinados de alta precisión en cigüeñal y pernos de pistón
Válvulas fabricadas en acero sueco de alta calidad
Excelente acabado que brinda la más alta eficiencia en el mercado de cabezas compresoras entre 600 y 1000 RPM
Baja velocidad que proporciona alta vida

INDUSTRIAL
USO 70% - 50% P.A.

Compresores Lubricados 2 Etapas

CODIGO	MOTOR				CABEZA COMPRESOR				PISTON	BAROMETRO	TANQUE
	HP	FASES	VOLTS	RPM	RPM	PCN @ 90 LBS	PCN @ 150 LBS	MODELO			
E230ME0750-500	7.5	3-3	220/440	1750	900	20.0	17.7	CE230	2	175	500
E230ME0500-500	5	3-3	220/440	1750	823	18	16	CE230	2	175	500
E230ME500-500	5	2-2	220	1750	823	18	16	CE230	2	175	500
E230ME0500-300	5	3-3	220/440	1750	823	18	16	CE230	2	175	300

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso

13

Hoja de datos de equipo	
Bomba Neumática	
Cantidad:	Una
Tipo:	Doble diafragma
Marca:	Aro
Modelo:	6661-00-3EB-C
Servicio:	Alimentación de lodo a filtro prensa
Líquido a bombear:	Lodo biológico producto de desecho de planta de tratamiento de agua
Temperatura de operación:	25°C
Capacidad máxima:	132 lpm
Diámetro de succión:	1 pulgadas
Diámetro de descarga:	1 pulgadas
Dibujos de referencia:	Anexo
Comentarios:	N. A.

Con los datos de presión y flujo volumétrico de aire que es necesario suministrar a la bomba, se selecciona el compresor de aire, en base a la hoja técnica del proveedor presentada en la figura V.18. De dicha hoja se seleccionó un compresor recíprocante de 5 h. p. de dos etapas. Las especificaciones técnicas se muestran en la hoja de datos del equipo.

Hoja de datos de equipo	
Compresor	
Cantidad:	Uno
Tipo:	Reciprocante de dos etapas con dos pistones
Marca:	Evans
Modelo:	E230ME0500-300
Motor:	Eléctrico
Potencia del motor:	5
Voltaje	440 volts, tres fases
Presión de descarga:	175 psi
Flujo de aire a la descarga:	18 scfm @ 90 lbs
Capacidad de tanque:	300 litros
temperatura de operación:	25°C
diametro de descarga:	3/4"
dibujos de referencia:	Anexo
comentarios:	N. A.

La selección del filtro prensa se hace en base al gasto másico que se alimenta por cada ciclo de secado, es decir:

El lodo producido es de 28.03 kg / día por cada módulo, entonces el total es:

$$28.03 \times 3 = 84.09 \text{ kg/día}$$

si se deja acumular en el digestor por 2.33 días entonces la cantidad de lodo a secar por ciclo es:

$$84.09 \text{ kg/día} \times 2.33 \text{ día} = 195.92 \text{ kg}$$

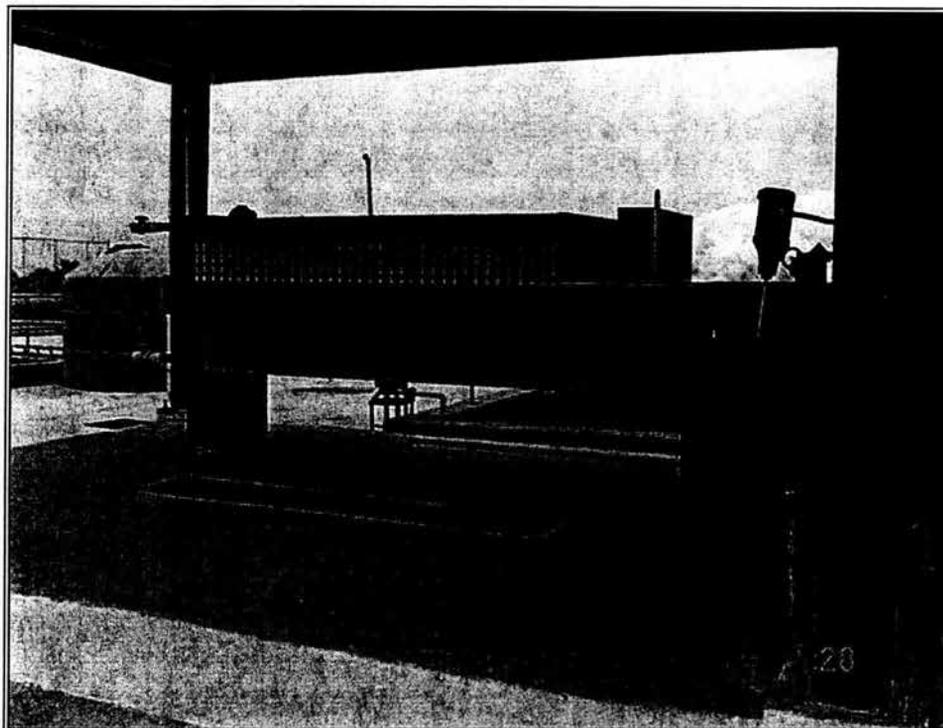
Considerando que el fabricante especifica que la capacidad de secado del filtro es de 15 lb/ft³ entonces la capacidad total del filtro o tamaño se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad del filtro} = (195.92\text{kg}) (1 \text{ lb} / 0.4536 \text{ kg}) / (15 \text{ lb/ft}^3) = 28.79 \text{ ft}^3$$

En la hoja técnica del equipo se anotan las especificaciones del equipo, en la figura V.19 se muestra una fotografía del equipo.

Hoja de datos de equipo	
Filtro Prensa	
Cantidad:	Uno
Tipo:	Placas de 1000 x 1000 mm
Marca:	Lohman
Modelo:	1000/ac-25
Material:	Bastidor en placa de acero
	Placas de polipropileno
	Lonas polietileno
Servicio:	Deshidratación de lodo biológico
Número de placas	30
Capacidad:	28.79 pies ³
Presión máx. de operación:	100 psi
Tipo de cierre:	Bomba electro-hidráulica marca Enerpac
Potencia del motor	1
Voltaje	440, tres fases
Comentarios:	Alimentación central gabinete tipo consola para instalar el control de cierre apertura

Figura V.19



Cabe remarcar que la selección del equipo se hace mediante el análisis del costo – beneficio que ofrecen las distintas marcas en el mercado, situación que no se pretende profundizar en el presente trabajo debido a su extensión y a que no es el objetivo que se persigue. En este caso no se ha ahondado en el cálculo riguroso de los equipos debido a que comúnmente son los proveedores los que mediante software realizan los análisis y entregan la solución como parte del servicio al cliente.

CAPITULO VI

PROYECTO ELECTRICO

El proyecto eléctrico se desarrolla en base al equipo seleccionado en el capítulo V. El arreglo de la red general se muestra en la figura VI.1. El cálculo de los conductores se muestran a continuación, la selección de los elementos de control se realizan con los catálogos de los fabricantes.

Nomenclatura:

I = Intensidad de corriente (amp.)

e = Caída de tensión (%)

w = Potencia (watts)

S = Sección del conductor (mm²)

L = Longitud de cable (m)

E = Tensión (volts)

FP = Factor de potencia

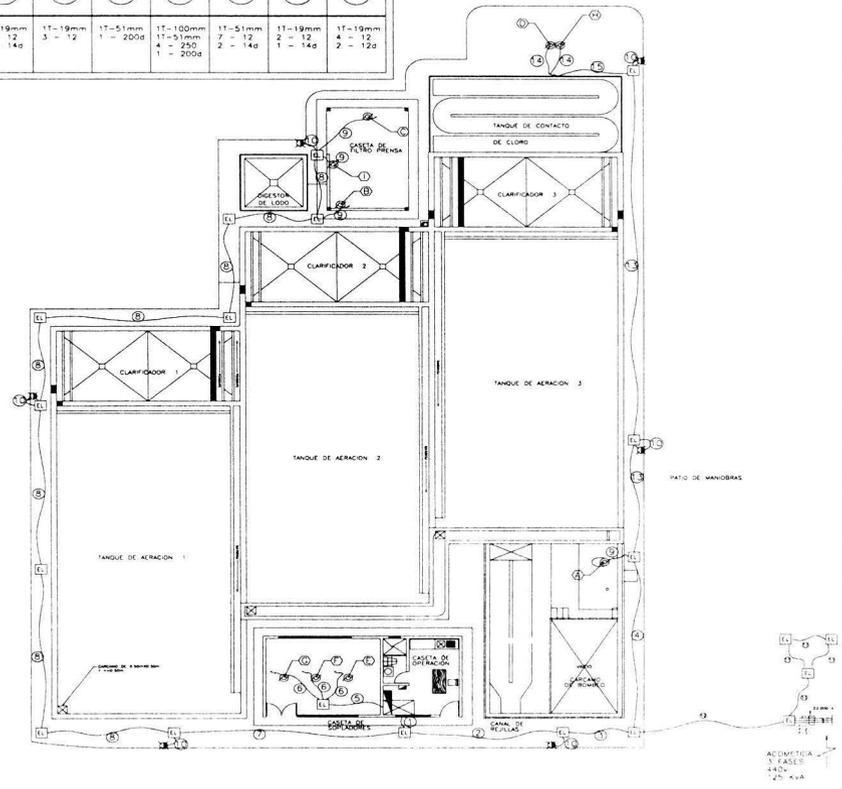
Tablero general.

Cantidad	Concepto	Potencia en H. P	Total en watts
3	Soplador	30	67,140
1	Bomba vertical	7.5	5,595
1	Compresor	5	3,730
1	Bomba hidráulica	1	746
1	Agitador	1/2	373
1	Transformador secundario	4 KVA	4,250.1
SUMATORIA			81,834.1

Figura No VI.1
PLANTA GENERAL DISTRIBUCION ELECTRICA

CEDULA DE CABLEADO														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17-100mm 4 - 250 24 - 200a 6 - 140	27-100mm 4 - 250 1 - 200b 17 - 12 3 - 140	27-100mm 4 - 250 4 - 200c 10 - 12 3 - 140	27-51mm 10 - 12 3 - 140	17-100mm 9 - 8 5 - 10a	17-25mm 3 - 8	27-51mm 14 - 12 3 - 140	27-51mm 17 - 12 3 - 140	17-19mm 3 - 12 1 - 140	17-19mm 3 - 12	17-51mm 1 - 200d	17-100mm 17-51mm 4 - 250 1 - 200e	17-51mm 7 - 12 2 - 140	17-19mm 2 - 12 1 - 140	17-19mm 4 - 12 2 - 12a

MOTORES ELECTRICOS	
Ⓐ	BOMBA VERTICAL 7.5 HP 440 V
Ⓑ	COMPRESOR 5 HP 440 V
Ⓒ	BOMBA HIDRAULICA 1 HP 440 V
Ⓓ	BOMBA DOSIFICADORA DE CLORO No. 1 DE 52 W0116 220V
Ⓔ	SOPLADOR 1 40 HP 440 V
Ⓣ	SOPLADOR 2 40 HP 440 V
Ⓛ	SOPLADOR 3 40 HP 440 V
Ⓜ	BOMBA DOSIFICADORA DE CLORO No. 2 DE 32 W0116 220V
Ⓝ	ACTIVADOR 1/2 HP 440 V



$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 81,834.1 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 126.48 \text{ amp}$$

$$I = 126.48 \text{ amp} (1.25) = 158.09 \text{ amp}$$

Alimentador: 4F –350
 1 – 300d

Termo magnético FXD6 3X250amp.

Transformador principal.

$$KVA = I \times 3^{1/3} \times E / 1000 = 158 \times 1.73 \times 440 / 1000 = 120.26 \text{ kva}$$

Transformador principal = 150 KVA.

Cálculo del consumo en amperes por motor

1.-Soplador 30 H. P 440v.

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 22.380 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 34.58 \text{ amp}$$

$$I = 34.58 \text{ amp} (1.25) = 43.30 \text{ amp} .$$

Alimentador: 3F –8
 1 – 10d

Termo magnético ED4 3X100amp.

Soplador 1

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 11.84 \times 43.30 / 440 \times 10.81 = 0.43 \%$$

Soplador 2

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 12.0 \times 43.3 / 440 \times 10.81 = 0.43 \%$$

Soplador 3

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 13.0 \times 43.3 / 440 \times 10.81 = 0.47 \%$$

2.- Bomba vertical 7.5 H. P. 440 V.

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 5,595 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 8.64 \text{ amp}$$

$$I = 8.64 \text{ amp} (1.25) = 10.8 \text{ amp} \approx 14.5 \text{ amp.}$$

Alimentador: 3F –12
 1 – 14d

Termo magnético 5sx1 3X20amp.

$$e = 4 L I / E S = 35.0 \times 10.8 / 440 \times 4.23 = 0.81 \%$$

3.-Compresor 5 H. P 440v.

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 3,730 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 5.76 \text{ amp}$$

$$I = 5.76 \text{ amp} (1.25) = 7.2 \text{ amp} .$$

Alimentador: 3F –10
 1 – 14d

Termo magnético 5sx1 3X16amp.

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 83.0 \times 7.2 / 440 \times 6.83 = 0.79 \%$$

4.-Bomba hidráulica 1 H. P 440v.

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 746 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 1.15 \text{ amp}$$

$$I = 1.15 \text{ amp (1.25)} = 1.44 \text{ amp} \approx 1.5 \text{ amp.}$$

Alimentador: 3F –12
 1 – 14d

Termo magnético 5sx1 3X4amp.

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 89 \times 1.5 / 440 \times 4.23 = 0.28 \%$$

5.-Agitador de propela 1/2 H. P 440v.

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 373 / (1.73 \times 440 \times 0.85) = 0.58 \text{ amp}$$

$$I = 0.58 \text{ amp (1.25)} = 0.72 \text{ amp.}$$

Alimentador: 3F –12
 1 – 14d

Termo magnético 5sx1 3X2amp.

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 88.0 \times 0.4 / 440 \times 4.23 = 0.07 \%$$

6.-Dosificadora 0.043 H. P 220v.

$$I = W / (E \times 2(FP)) = 32 / (220 \times 2 \times 0.85) = 0.09 \text{ amp}$$

$$= 0.09 \text{ amp (1.25)} = 0.11 \text{ amp}$$

Alimentador: 2F –12
 1 – 14d

Termo magnético 5sx1 2X2amp.

Dosificadora 1 Y 2

$$e = 4 L I / E S = 4 \times 71.0 \times 0.2 / 220 \times 4.23 = 0.03\%$$

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN "TD - 2"

Cantidad	Concepto	CONSUMO EN WATTS	Total en watts
6	LUMINARIO DE ADITIVOS METALICOS	175	1,050
6	LUMINARIO SLIM-LINE DE 2X32w.	64	384
6	CONTACTOS	180	1,080
1	LUMINARIO FLUORECENTE	25	25
SUMATORIA			2,593

$$I = W / (3^{1/3} \times E \times FP) = 2,539 / (1.73 \times 220 \times 0.85) = 7.84 \text{ amp}$$

$$= 7.84 \text{ amp} (1.25) = 9.73 \text{ amp} \approx 9.8 \text{ amp.}$$

Alimentador: 3F -12
1 - 14d

Termo magnético 3X32amp.

Transformador secundario.

Bombas dosificadoras	0.2 amp X 2 piezas =	0.4 amp
TD"2"		9.8 amp

		total = 10.2 amp

$$KVA = I \times 3^{1/3} \times E / 1000 = 10.2 \times 1.73 \times 220 / 1000 = 3.88 \text{ KVA}$$

Transformador = 4 KVA.

$$I = 8(1000) / (3^{1/3} \times E) = 5,000 / (1.73 \times 220) = 10.5 \text{ amp}$$

Alimentador: 3F –12
 1 – 14d

Termo magnético ED4 3X30amp.

El diagrama unifilar que se propone se muestra en la figura VI.2. Es importante hacer un balance de cargas para evitar que se sobrecargue una de las fases y provoque que los equipos se quemen. En la figura VI.3 se muestra el balanceo de las tres fases y el diagrama de conexiones.

Figura No VI.2

DIAGRAMA UNIFILAR

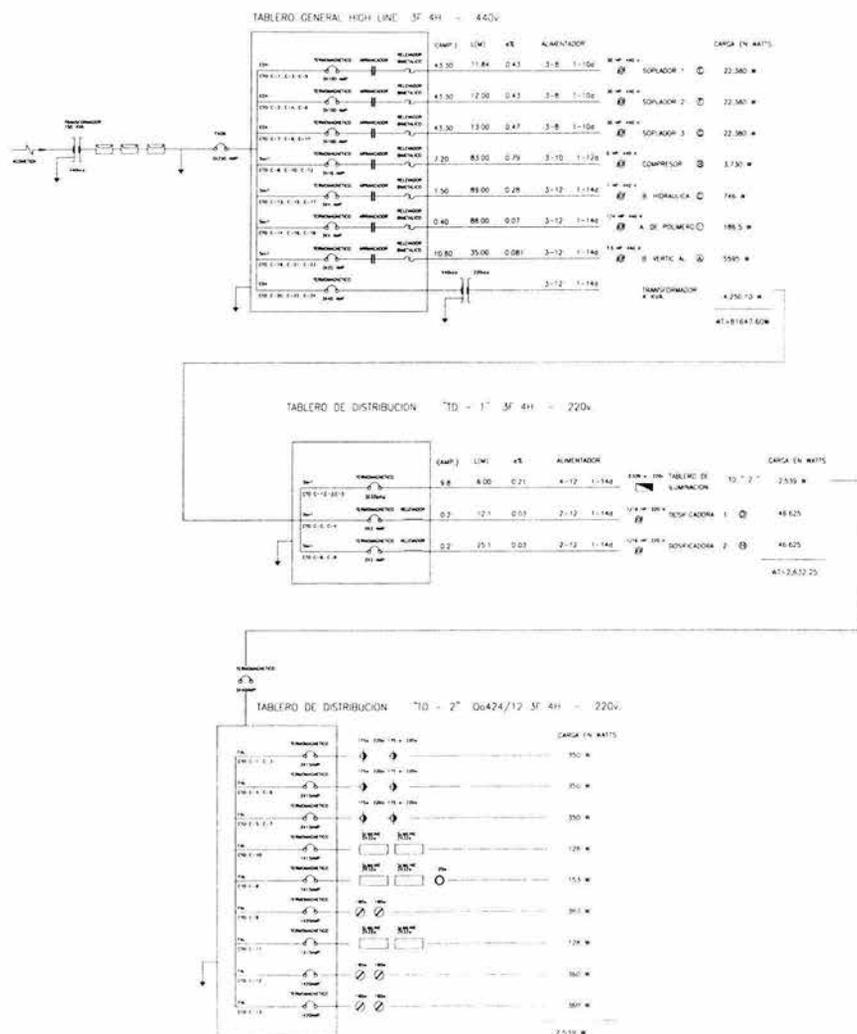


Figura No VI.3

CUADRO DE CARGAS DE TABLERO GENERAL

TABLERO GENERAL HIGH LINE 3F 4H 440 volts

LINEA	CARGA EN KW		CARGA EN KVA		TOTAL	FASE A			FASE B			FASE C			DIAGRAMA DE CONEXIONES
	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA		1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	1000 VA	
1	1/3				7,460	7,460			7,460						C-1
2	1/3				7,460	7,460			7,460						C-2
3	1/3				7,460	7,460			7,460						C-3
4	1/3				7,460	7,460			7,460						C-4
5	1/3				7,460	7,460			7,460						C-5
6	1/3				7,460	7,460			7,460						C-6
7	1/3				7,460	7,460			7,460						C-7
8	1/3				1,243.33	1,243.33			7,460						C-8
9	1/3				7,460	7,460			7,460						C-9
10	1/3				1,243.33	1,243.33			1,243.33						C-10
11	1/3				7,460	7,460			7,460						C-11
12	1/3				1,243.33	1,243.33			1,243.33						C-12
13					248.66	248.66			248.66						C-13
14					62.16	62.16			62.16						C-14
15					248.66	248.66			248.66						C-15
16					62.16	62.16			62.16						C-16
17					248.66	248.66			248.66						C-17
18					62.16	62.16			62.16						C-18
19					1,865	1,865			1,865						C-19
20					1,416.67	1,416.67			1,416.67						C-20
21					1,865	1,865			1,865						C-21
22					1,416.67	1,416.67			1,416.67						C-22
23					1,865	1,865			1,865						C-23
24					1,416.67	1,416.67			1,416.67						C-24
TOTAL	3	1	1	1	81,647.60	27,215.86			27,215.86						

DESBALANCEO = $\frac{FW - fm}{FM} \times 100 =$
 $\frac{27,215.86 - 27,215.86}{27,215.86} \times 100 = 0.0\%$

CARGA TOTAL INSTALADA, WT = 81,647.60W

CAPITULO VII

VII.1 Operación

La operación se define con el conjunto de actividades necesarias para mantener funcionando las unidades de proceso con el fin de garantizar el nivel de depuración para el que se diseñó. La operación consta de las siguientes etapas:

1. Inspección visual.
2. Determinación de parámetros de control y monitoreo del comportamiento del proceso
3. Limpieza.
4. Mantenimiento preventivo
5. Reporte en la bitácora.

Inspección visual:

- Pretratamiento: Es importante observar las características del influente que son: color, turbidez, olor, volúmenes de sólidos gruesos y sedimentables, horarios de flujo pico.
- Reactor Biológico: Debe chequearse el color del agua, el cual debe ser de un color marrón oscuro; la cantidad de espuma (debe ser nula); la distribución del aire la cual debe ser pareja en todo el reactor; la cantidad de materia flotante (debe ser nula).
- Clarificador: Checar el color y olor del efluente; el olor del efluente que debe ser a humedad; la cantidad de materia flotante; si hay arrastre de sólidos.
- Tanque de Contacto de Cloro: Checar el color del agua; la cantidad de materia flotante si la hay; el olor del agua que debe tener olor a humedad; la cantidad de espuma que tenga el efluente final.
- Retorno de Lodos al Reactor Biológico: Checar el color, el color es pardo mas oscuro que el que tiene el agua en el reactor, ya que es lodo concentrado.

- Descarga final: Checar que no haya material que obstruya el paso del agua; debe checar que el agua no huelga mal y que el color sea ligeramente amarillo cristalino.
- Equipo Eléctrico: Checar el funcionamiento del equipo, la temperatura de los motores, sopladores, bombas.
- Se debe reportar todo lo que vea durante la inspección visual en la bitácora.

Determinación de parámetros de control y monitoreo del comportamiento del proceso.

Los parámetros para un buen control del proceso son los siguientes:

- a) Sólidos sedimentables a la salida del reactor.
- b) Concentración de oxígeno disuelto en el reactor.
- c) Demanda Bioquímica de oxígeno a la entrada del proceso
- d) Demanda Bioquímica de oxígeno a la salida del proceso
- e) Sólidos suspendidos totales en el reactor
- f) Sólidos suspendidos totales a la salida del proceso
- g) Coliformes totales y fecales a la salida del proceso
- h) Cloro residual a la salida del tanque de desinfección
- i) pH a la entrada del proceso.
- j) Gasto de alimentación en el cárcamo de alimentación.
- k) Gasto del efluente a la salida del tanque de desinfección.
- l) Gasto de retorno en la canaleta de retorno de lodo.
- m) Amperaje y voltaje de los equipos.

El control del proceso se centra básicamente en mantener el equilibrio entre el alimento y la cantidad de microorganismos para obtener el mayor porcentaje de remoción de contaminantes. Uno de los parámetros clave es el valor de F/M (relación alimento/microorganismo) el cual debe mantenerse en valores de 0.3 a 0.6, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$F/M = S_o / X_{va} t_h$$

Otro parámetro de control es el índice volumétrico de lodo (IVL), el cual se define como el volumen en mililitros ocupado por 1 gramo de sólidos en suspensión del licor mezclado (SSLM) expresado en peso seco después de sedimentar durante 30 minutos en una probeta graduada de 1000 ml. Los valores típicos de IVL están comprendidos dentro del intervalo de 150 a 35 para valores de SSLM de 800 a 3500 mg/l.

VII.2 Limpieza de las instalaciones

CRIBA: Limpieza de la criba retirando plásticos, arena, piedras, unicel, etc. Para lo cual se realiza esta labor diariamente.

DESARENADOR: Se realiza limpieza en el canal desarenador, retirando en su totalidad el lodo y arenas acumuladas, al hacer esta actividad se deben limpiar las paredes del canal, además que el material extraído de este equipo debe ser retirado completamente, esta labor debe realizarse tres veces por semana.

REACTOR BIOLÓGICO (TANQUE DE AEREACION): Se debe retirar en su totalidad los sólidos acumulados en las esquinas del tanque, se debe limpiar los acumulamientos de espuma seca que se tenga, limpiar las manchas y acumulamientos de licor mezclado, que se presenten en los muros (cara exterior, estos se pueden presentar debido a la agitación.

CLARIFICADOR: En este tanque se deben retirar totalmente las natas, vertiéndolas en la canaleta de purga de lodo. Esta actividad debe realizarse diariamente.

TANQUE DE CONTACTO DE CLORO: En este tanque se debe retirar totalmente todo el material que se encuentre flotando, esta actividad debe realizarse con una frecuencia de tres veces por semana.

PASILLOS, ANDADORES y CASETA DE CONTROL: En los pasillos, andadores y caseta de control debe hacerse limpieza retirando todo material extraño que se encuentre y barrer todos ellos, esta actividad debe realizarse diariamente.

DESCARGA FINAL: En esta área se debe retirar totalmente el material que se encuentre presente como basura, piedras y material extraño, esta actividad debe realizarse con una frecuencia de tres veces por semana.

VII.3 Detección y solución de problemas operacionales

El contenido de esta sección se refiere principalmente a las medidas sugeridas para enfrentarse a las situaciones anormales más comunes en el proceso de lodos activados desde el punto de vista operacional. De acuerdo a este criterio, no se han incluido aquí problemas operacionales referentes a los tratamientos preliminar, primario y de desinfección por la razón de que en un momento dado sus situaciones anormales no afectan significativamente al proceso por lo menos en la medida en que lo hacen los problemas presentes en el tratamiento secundario, esto es, los tanques de aeración y de sedimentación secundaria. No por esto dejan de tener importancia sin embargo se considera que, puesto que en estas dos secciones del equipo es donde se maneja a los lodos activados, resulta conveniente concederles atención especial y preferente.

Es recomendable que los operadores estén familiarizados con los lineamientos generales del proceso, así como con las características de las aguas residuales que alimentan a su planta, los caudales que se manejan, comportamiento hidráulico de los equipos involucrados, diseño de la planta, procedimientos operacionales y valores actuales de los parámetros de carga, antes de intentar aplicar estas guías, pues, de no ser así, pueden obtenerse resultados adversos en lugar de solucionar los problemas.

Como puede observarse, la intención principal es que el operador este plenamente consciente y cuente con los elementos de juicio necesarios para aplicar, con criterio suficiente, las medidas adecuadas para atenuar y corregir los problemas operacionales de proceso.

Por las razones anteriores se juzga oportuno que si el operador no se encuentra familiarizado con el proceso en sí, lea detenidamente las primeras secciones de este manual y pregunte al responsable de la planta las dudas que tenga.

Generalmente la inspección visual de la planta, resulta una guía confiable del funcionamiento de la planta para un operador experimentado, por ejemplo:

- El color del licor mezclado o de las muestras de lodo puede indicar la presencia de desechos industriales no usuales; cuando adquiere un color muy oscuro o negro es muy probable que se tengan condiciones anaerobias por falta de oxígeno. El color pardo es indicativo generalmente, de un lodo suficientemente activo.

- La mayoría de las plantas de tratamiento tienen espuma en sus tanques de aeración; normalmente se espera una pequeña cantidad de espuma blanca que indicar un sistema bien operado. Un crecimiento muy grande de espuma es señal de que se

opera con un gasto bajo de retorno de lodos; lo que se soluciona aumentando dicho gasto.

- Una capa de natas oscuras en el sedimentador secundario o tanque de aeración indica, generalmente, la entrada de grasas y aceites al sistema o bien, hay una sobre oxidación de los lodos por causa de valores de flujo de retorno bajos; es difícil remover las grasas y aceites del sistema y deben usarse los desnatadores cuando se dispongan de ellos, sin embargo si se tiene el índice volumétrico adecuado el problema se soluciona aumentando la purga de lodos.

- El abultamiento de lodos puede observarse en la prueba de sedimentabilidad y de la concentración de sólidos suspendidos en licor mezclado.

- El mejor método para controlar el abultamiento es la adición de hipoclorito de sodio en pequeñas cantidades en el reactor biológico

- La presencia de lodos flotados en el sedimentador secundario denota que el sistema de aeración está funcionando hasta alcanzar la nitrificación. Esta situación se evita incrementando la tasa de recirculación o bien, incrementando la tasa de purga de lodos.

Las guías que se encuentran a continuación, agrupan las seis causas más comunes de problemas en la operación, a saber:

- 1) Problemas por espuma en el tanque de aeración.
- 2) Arrastre de sólidos en el efluente del sedimentador secundario.
- 3) Abultamiento de lodos.
- 4) Lodos aterronados.
- 5) Efluente del secundario turbio.
- 6) Flóculos pequeños y dispersos.

Tabla VII.1
Problemas por espuma en el tanque de aereación

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
Espuma espesa blanca o jabonosa presente en la superficie del tanque de aereación	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga en el tanque de aereación (niveles de SSVLM bajos) usuales sobre todo durante el arranque del proceso. - Distribución inapropiada del influente y/o del flujo de recirculación, causando espuma en el tanque de aereación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la carga de DBO (Kg/día) y el nivel de SSVLM en el tanque de aereación. - Calcular la relación F/M para determinar el nivel de SSVL adecuados para la carga aplicada. - Vigilar si hay arrastre de sólidos en el efluente del sedimentador secundario. - Niveles de oxígeno disuelto constantes - Tasa de recirculación y de purga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener tasas de recirculación suficientes para minimizar el arrastre de sólidos especialmente durante los "picos" de flujo. - La concentración de oxígeno disuelto debe ser constante. - Modificar los dispositivos de distribución para mantener igual el influente y/o la tasa de recirculación al tanque de aereación.
Espuma brillante y pardusca en la superficie del tanque de aereación	Baja carga en el tanque de aereación (alto ssvl). Debido a purga insuficiente de lodos.	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento en los SSVLM en mg/l. - Tasa de recirculación baja. - Decrecimiento en las tasas de purga. 	Incrementar el gasto de purga en un 10% por día hasta que el proceso se aproxime a los parámetros normales de control.

Tabla VII.2
Problemas por arrastre de sólidos en el efluente del clarificador secundario

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
Nubes localizadas de los lodos homogéneos creciendo en ciertas áreas del sedimentador secundario. La prueba de sedimentabilidad demuestra que el licor mezclado sedimenta aceptablemente.	Mal funcionamiento del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> - Control del flujo de entrada y de recirculación. - Taponamiento total o parcial de las tuberías o bombas de recirculación o purga. - Revisar la tasa de purga de lodos y la profundidad de la capa de estos en el sedimentador secundario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Repare o reemplace el equipo que no funcione. - Ajuste la recirculación y la velocidad del mecanismo de rastras para mantener la altura de la capa de lodos.

Tabla VII.3
Problemas por abultamiento de lodos

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
Grupos de sólidos esponjados creciendo y extendiéndose a través del clarificador. El licor mezclado sedimenta lentamente y es poco compacto en la prueba de sedimentabilidad, sin embargo el sobrenadante es regularmente claro.	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de oxígeno disuelto o carga orgánica inadecuados. - Organismos filamentosos 	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar la relación F/M. - Incremento o reducción espontánea del índice volumétrico de lodos. - Realizar el examen microscópico del licor mezclado y de la recirculación. Si es posible tratar de identificar el tipo de organismo filamentosos, como hongos o bacterias. - Revisar el influente para detectar posibles descargas que pueda ocasionar problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir los rangos de purga en no más del 10% por día hasta que el proceso este funcionando con parámetros normales. - Temporalmente incrementar el gasto de retorno para minimizar el arrastre de sólidos. - Aplicar al influente, cloro en dosis de 5 a 10 mg/l. Si se requiere de dosis más elevadas incrementar de 1mg/l ala ves.

Tabla VII.4
Problemas por lodos aterrados

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
Terrones de lodos (del tamaño de pelotas de tenis hasta de balones de basketbol) creciendo y dispersándose en la superficie del clarificador.	<ul style="list-style-type: none"> - Desnitrificación en el clarificador secundario. - Mal olor en el clarificador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Checar el incremento del nivel del nitrato en el efluente secundario. - Checar los parámetros de carga. - Checar los niveles de temperatura y de oxígeno disuelto en el tanque de aereación. - Checar la tasa de recirculación y la profundidad de la capa de los lodos en el clarificador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el gato de purga en un 10% por día para reducir el nivel de nitrificación. - Mantener el nivel de oxígeno disuelto en un valor de 1 mg/l vigilar que haya un mezclado adecuado en el tanque de aereación. - Ajustar la tasa de retorno para mantener una profundidad de la capa de lodos constante en el clarificador.

Tabla VII.5
Problemas por efluente del secundario turbio

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
El efluente del clarificador secundario es turbio contiene materia suspendida en la prueba de sedimentabilidad el licor mezclado sedimenta pobremente y el sobrenadante es turbio.	- Bajo SSVLM en el tanque de aereación del proceso. - Incremento en la carga orgánica. - Cargas tóxicas - Sobre-aereación que ocasiona rompimiento de floculos.	- Determinar la carga orgánica del influente. - Determinar el oxígeno disuelto en el tanque de aereación. - Realizar examen microscópico del licor mezclado. Detectar dispersión y fragmentación de los floculos y la presencia de protozoarios activos.	- Reducir el gasto de purga en un 10% hasta que el proceso se normalice. - Ajustar la aereación para mantener el nivel de oxígeno disuelto entre 1 y 3 mg/l. - Si los protozoarios son inactivos es probable que haya entrado una sustancia tóxica al sistema.

Tabla VII.6
Problemas de floculación

Observación	Causa probable	Revisar	Solución
Los floculos finos dispersos se extienden a través del clarificador con pequeñas agrupaciones de lodo acumuladas en la superficie y descargando en los vertedores. El lodo es denso en el fondo y el sobrenadante contiene finas partículas de floculos suspendidos	- El tanque de aereación funciona en condiciones de carga orgánica bajas. - Inicio de la nitrificación.	- El incremento de los SSVLM. - Disminución en la relación F/M. - Disminución del caudal de purga. - Reducción de la carga orgánica - Ejecutar la prueba de sedimentabilidad agitando levemente la superficie.	- Incrementar el gasto de purga para que el proceso alcance los parámetros de control óptimos para la carga orgánica promedio. - Ajustar la tasa de retorno para mantener una profundidad de lodos estable en el sedimentador secundario.

Si se tuviera problemas con el equipo eléctrico, debe verificarse este por personal capacitado y siguiendo las recomendaciones indicadas en los manuales del fabricante.

CAPITULO VIII

VIII.1 CATALOGO DE CONCEPTOS DEL PROYECTO

Una vez aprobado el proyecto por el cliente, se procede a cuantificar todos los trabajos para obtener el costo final de la inversión. El catálogo de conceptos y sus análisis de costos se obtuvo mediante el programa Opus Ole de Ecosoft.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
PRELIMINARES				
Desarrollo de proyecto ejecutivo	LOTE	1	\$93,023.00	\$93,023.00
Despalme a mano hasta 10 cm en todas las zonas	M ²	2,070.19	\$22.28	\$46,125.90
Acarreo en camión de material mixto, carga mecánica tiro libre medido en banco.	M ³	207.02	\$15.05	\$3,114.93
Trazo y nivelación de terreno para desplante de estructura, mayores de 1200 m ²	M ²	2,070.19	\$2.32	\$4,803.88
CARCAMO DE REGULACIÓN				
Excavación en caja por medios mecánicos todas las zonas material seco tipo II, medido en banco	M ³	783.72	\$15.97	\$12,516.00
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	79.39	\$66.26	\$5,259.98
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² 3 diámetro de 3/8"	TON	0.90	\$8,281.41	\$7,453.27
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 4 diámetro 1/2"	TON	0.75	\$8,054.20	\$6,040.65
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 5 diámetro 5/8"	TON	9.24	\$7,911.88	\$73,105.73
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 6 diámetro 3/4"	TON	1.95	\$7,858.71	\$15,324.48
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 8 diámetro 1"	TON	2.40	\$7,939.50	\$19,054.80
Cimbra aparente en muro, incluye pasos de tuberías, según planos.	M ²	325.25	\$139.38	\$45,332.37
Cimbra aparente en losa	M ²	47.13	\$117.64	\$5,544.47
Cimbra aparente en traves	M ²	51.72	\$115.64	\$5,980.72
			Sumatoria esta hoja	\$342,680.18
			Acumulado	\$342,680.18

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Concreto $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$ para muros de tanques, columnas, trabes, losas, contratraves y zapatas	M ³	109.55	\$1,272.95	\$139,451.52
Colocación de banda de p.v.c. ojillada de 8" en juntas de colado	M	35.00	\$116.46	\$4,075.94
Relleno en caja con material de banco compactado al 90% de la prueba proctor con compactador manual. incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo	M ³	352.00	\$70.89	\$24,951.70
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreo a 1a estación a 20 m.	M ²	79.39	\$3.99	\$316.77
Acarreo en camión de material mixto , carga mecánica, tiro libre medido en banco	M ³	783.72	\$80.05	\$62,736.78
Rejilla limpieza manual, separación entre barras 1/2", charola para recolección de sólidos con perforación para drenado de agua. Rejilla y charola construida en acero inoxidable 304.	PZA	1.0	\$17,856.32	\$17,856.32
Rejilla limpieza manual, separación entre barras 1", charola para recolección de sólidos con perforación para drenado de agua. Rejilla y charola construida en acero inoxidable 304.	PZA	1.0	\$14,523.00	\$14,523.00
Suministro e instalación de bomba verticalizada marca Barnes modelo 4BW, longitud de flecha: 6.30 m, gasto 1,530 lpm, 4" diámetro de descarga. Acoplada a motor eléctrico Siemens de 7.5 H. P. 4 polos, 3 fases, 60 ciclos 440 volts.	PZA	1.0	\$55,423.98	\$55,423.98
Suministro e instalación de bomba centrífuga autocebante marca Barnes modelo 35MDTX2, gasto 1,530 lpm, 4" diámetro de descarga. Acoplada a motor de combustión interna marca Lister modelo TX2 de 29 h.p. arranque eléctrico a diesel. Motor y bomba montados en base de acero estructural.	PZA	1.0	\$73,746.00	\$73,746.00
TANQUE DE AEREACIÓN				
Excavación en caja por medios mecánicos todas las zonas material seco tipo II	M ³	1592	\$12.97	\$20,644.26
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm. de espesor	M ²	582	\$66.26	\$38,560.41
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ no. 3 diámetro de 3/8"	TON	1.72	\$8,281.41	\$14,244.03
			Sumatoria esta hoja	\$466,530.71
			Acumulado	\$809,210.89

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ no. 4 diámetro 1/2"	TON	7.06	\$8,054.20	\$56,862.63
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ no. 5 diámetro 5/8"	TON	30.54	\$7,911.88	\$241,628.69
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ no. 6 diámetro 3/4"	TON	0.11	\$7,858.71	\$864.46
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ no. 8 diámetro 1"	TON	5.24	\$7,939.50	\$41,602.99
Cimbra aparente en muro, incluye chaflanes	M ²	1235.73	\$139.38	\$172,232.34
Cimbra aparente en trabes	M ²	217.41	\$115.64	\$25,140.53
Concreto $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$ tipo I con impermeabilizante integral para muros de tanques, losas, contratraves y zapatas	M ³	387.62	\$1,272.95	\$493,420.34
Colocación de banda de p.v.c. ojillada de 8" en juntas de colado	M	364	\$116.46	\$42,389.80
Relleno en caja con material de banco compactado al 90% de la prueba proctor con compactador manual. incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	M ³	425.6	\$70.89	\$30,168.87
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreos a 1a estación a 20 m.	M ²	582	\$3.99	\$2,322.18
Acarreo en camión de material mixto, carga mecánica, tiro libre , medido en banco.	M ³	1592	\$15.05	\$23,954.03
Suministro e instalación de soplador de aire de desplazamiento positivo marca Tuthill serie competitor ++, modelo 6008, gasto 430 ft ³ /min, presión de descarga 7 psig, acoplado a motor eléctrico marca Siemens de 30 H. P., base estructural común, poleas, bandas dentadas, silenciadores a la succión y a la descarga, filtro de aire, válvula de alivio, válvula duo-check, manómetro, junta anti-vibratoria.	PZA	3	\$100,469.33	\$301,408.00
Suministro e instalación de red difusión de aire, incluye 84 difusores de aire de burbuja fina marca S.S.I. modelo airflex disc de 10" de diámetro. Tubería de p.v.c. RD-26 de 3" de diámetro, conexiones, anclaje y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.	PZA	3	\$62,920.58	\$188,761.74
			Sumatoria esta hoja	\$1'620,756.60
			Acumulado	\$2'429,967.49

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
CLARIFICADOR				
Excavación en caja por medios mecánicos todas las zonas material seco tipo II	M ³	1630.38	\$12.97	\$21,141.95
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	147	\$66.26	\$9,739.49
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 2 diámetro 1/4"	TON	0.05	\$10,272.80	\$513.64
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 3 diámetro de 3/8"	TON	0.48	\$8,281.41	\$3,975.08
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 4 diámetro 1/2"	TON	8.63	\$8,054.20	\$69,507.72
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 5 diámetro 5/8"	TON	13.04	\$7,911.88	\$103,170.86
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 8 diámetro 1"	TON	2.46	\$7,939.50	\$19,531.17
Cimbra aparente en muro	M ²	564.02	\$139.38	\$78,611.42
Cimbra muerta en losa	M ²	241.68	\$117.64	\$28,431.72
Cimbra aparente en trabes	M ²	88.89	\$115.64	\$10,278.93
Concreto f _c =250 kg/cm ² tipo I con impermeabilizante integral para muros de tanques, columnas, trabes, losas, contratraves y zapatas	M ³	180.15	\$1,272.95	\$229,321.69
Colocación de banda de p.v.c. ojillada de 8" en juntas de colado	M	118.76	\$116.46	\$13,830.26
Relleno en caja con material de banco compactado al 90% de la prueba proctor con compactador manual. incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo, medido en banco	M ³	1115	\$70.89	\$79,037.33
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreo a 1a estación a 20 m.	M ²	147	\$3.99	\$586.53
Acarreo en camión de material mixto, carga mecánica, tiro libre, medido en banco.	M ³	1630.38	\$15.05	\$24,531.51
Sumatoria esta hoja				\$692,209.30
Acumulado				\$3'122,176.79

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Suministro e instalación de eyector neumático, construido con tubo de acero al carbón de 3" de diámetro con recubrimiento epóxico anticorrosivo, línea de alimentación de aire con tubería de acero galvanizado de ½", válvula de cuchilla de 3", válvula de bola de ½", soportes.	PZA	6	\$7,952.13	\$47,712.78
TANQUE DE CONTACTO DE CLORO				
Excavación en caja por medios mecánicos todas las zonas material seco tipo II	M ³	182.2	\$12.97	\$2,362.68
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	46.5	\$66.26	\$3,080.86
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 3 diámetro de 3/8"	TON	0.68	\$8,281.41	\$5,631.36
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 4 diámetro 1/2"	TON	0.5	\$8,054.20	\$4,027.10
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 5 diámetro 5/8"	TON	0.85	\$7,911.88	\$6,725.09
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 6 diámetro 3/4"	TON	0.14	\$7,858.71	\$1,100.22
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 8 diámetro 1"	TON	0.15	\$7,939.50	\$1,190.93
Cimbra aparente en muro	M ²	191.9	\$139.38	\$26,746.45
Concreto f _c =250 kg/cm ² tipo I con impermeabilizante integral para muros de tanques, columnas, trabes, losas, contratraves y zapatas	M ³	23.67	\$1,272.95	\$30,130.69
Colocación de banda de p.v.c. ojillada de 8" en juntas de colado	M	24	\$116.46	\$2,794.93
Relleno en caja con material producto de excavación compactado al 90% de la prueba proctor con compactador manual. incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo	M ³	132.3	\$70.89	\$9,378.15
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreo a 1a estación a 20 m.	M ²	46.5	\$3.99	\$185.54
			Sumatoria esta hoja	\$141,066.78
			Acumulado	\$3'263,243.57

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Acarreo en camión de material mixto, carga mecánica, tiro libre , medido en banco.	M ³	182.2	\$15.05	\$2,741.47
Suministro e instalación de tanque contenedor de hipoclorito de sodio al 13%, marca Rotoplast construido en polietileno negro de alta densidad de 2000 l de capacidad.	PZA	2	\$6,657.00	\$13,314.00
Suministro e instalación de bomba dosificadora marca LMI modelo B132-363SI, gasto 17 l/h, presión de descarga 30 psig, diámetro de succión y descarga 3/8", potencia 29 watts, 220 volts.	PZA	2	\$14,152.00	\$28,304.00
TANQUE DIGESTOR DE LODO				
Excavación en caja por medios mecánicos todas las zonas material seco tipo II	M ³	71.23	\$12.97	\$923.68
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	11.9	\$66.26	\$788.43
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 3 diámetro de 3/8"	TON	0.27	\$8,281.41	\$2,235.98
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 4 diámetro 1/2"	TON	1.38	\$8,054.20	\$11,114.79
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 5 diámetro 5/8"	TON	0.22	\$7,911.88	\$1,740.61
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 6 diámetro 3/4"	TON	0.08	\$7,858.71	\$628.70
Habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación resistencia normal f _y =4200 kg/cm ² no. 8 diámetro 1"	TON	0.3	\$7,939.50	\$2,381.85
Cimbra aparente en muro	M ²	93.54	\$139.38	\$13,037.32
Concreto f _c =250 kg/cm ² tipo I con impermeabilizante integral para muros de tanques, columnas, trabes, losas, contratraves y zapatas	M ³	14.54	\$1,272.95	\$18,508.67
Colocación de banda de p.v.c. ojillada de 8" en juntas de colado	M	17	\$116.46	\$1,979.74
Sumatoria esta hoja				\$97,699.24
Acumulado				\$3'360,942.81

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Relleno en caja con material de banco compactado al 90% de la prueba proctor con compactador manual. incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo	M ³	43.49	\$70.89	\$3,082.81
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreos a 1a estación a 20 m.	M ²	11.9	\$3.99	\$47.48
Acarreo en camión de material mixto, carga mecánica, tiro libre, medido en banco.	M ³	71.23	\$15.05	\$1,071.76
Suministro e instalación de bomba neumática de doble diafragma marca ARO modelo 6661-00-3EB-C, gasto máximo 132 lpm, presión máxima 7 kg/cm ² , Material de construcción Aluminio. Diámetro de succión y descarga 1".	PZA	1	\$23,152.89	\$23,152.89
Suministro e instalación de red difusión de aire, incluye 4 difusores de aire de burbuja gruesa marca S.S.I. modelo airflex cap de 5" de diámetro. Tubería de p.v.c. RD-26 de 2" de diámetro, conexiones, anclaje y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	PZA	1	\$3,648.21	\$3,648.21
CASETA DE OPERACIÓN Y DE SOPLADORES				
Excavación a mano en cepa, incluye afine de taludes y fondo. material seco, tipo ii, zona a, profundidad de 0.00 a 2.00 m.	M ³	22.73	\$73.17	\$1,663.26
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	83.34	\$66.26	\$5,521.69
Contratrabe de cimentación incluyendo cimbra y descimbra reforzada con acero f _y =4200 kg/cm ² concreto f _c =250 kg/cm ²	M ³	5.37	\$3,304.99	\$17,747.80
Relleno en cepas compactado con bailarina, en capas de 20 cm. utilizando tepetate, incluye: volteo a mano con pala. (90% prueba proctor)	M ³	16.53	\$201.26	\$3,326.89
Losa plana de cimentación en estructura, peralte = 14 cm, concreto f _c = 250 kg/cm ²	M ²	41.72	\$216.86	\$9,047.25
Muro de block de concreto ligero de 12 x 20 x 40 cm en 12 cm de espesor asentado con mortero cemento-arena 1:4 incluye refuerzo horizontal de escalerilla a cada 2 hiladas	M ²	79.96	\$130.46	\$10,431.78
			Sumatoria esta hoja	\$78,741.82
			Acumulado	\$3'439,684.63

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Castillo de concreto ahogado en muro de block o tabique de perf. vertical muro de 12 cm (en 2 huecos) concreto $f_c=150$ kg/cm ² -3/4" ref. con 2 varilla r.n. de 3/8" estribos de 1/4" a/c 2 hiladas	M	22	\$50.59	\$1,112.96
Castillo de concreto ahogado en muro de block o tabique de perf. vertical muro de 12 cm (en 3 huecos) concreto $f_c=150$ kg/cm ² -3/4" ref. con 3 varillas r.n. de 3/8" estribos de 1/4" a/c 2 hiladas	M	8.8	\$68.18	\$599.95
Castillo de concreto sección= 15 x 30 cm, concreto $f_c=150$ kg/cm ² -3/4", cimbra 2 caras reforzado con 6 varillas a.r. de 1/2" estribos de 3/8" a/c 15 cm	M	8.8	\$148.81	\$1,309.49
Trabe en estructura incluye cimbra y descimbra sección = 15 x 30 cm cimbra común reforzada con 130 kg/m ³ de acero $f_y=4200$ kg/cm ² concreto $f_c=200$ kg/cm ² -3/4"	M ³	0.37	\$2,896.59	\$1,071.74
Dala de remate, incluye cimbra y descimbra sección= 15 x 30 cm, concreto $f_c=150$ kg/cm ² -3/4", reforzada con 4 varillas a.r. de 3/8" estribos de 3/16" a/c 20 cm	M	84.18	\$255.07	\$21,471.46
Losa reticular autosustentable formada con vigueta y bovedilla peralte = 23 cm capa de compresión de 3 cm concreto $f_c = 200 - 3/4"$ reforzada con malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	M ²	45.46	\$575.49	\$26,161.98
Chaflán de 10 x 10 cm de pedacería de ladrillo y mortero cemento-calhidra-arena 1:1:6	M	33.26	\$37.33	\$1,241.51
Impermeabilización en azotea con acritec 5 años y sello sobre toda la superficie	M ²	65.7	\$100.22	\$6,584.62
Losa plana en estructura, peralte = 10 cm cimbra común reforzada con var. no. 3, concreto $f_c = 250$	M ²	19.5	\$291.99	\$5,693.89
Instalación eléctrica, en contactos y apagadores utilizando tubería poliducto	LOTE	1	\$1,191.52	\$1,191.52
Instalación hidráulica y sanitaria con tubería y conexiones de cobre en alimentaciones, desagües pvc	LOTE	1	\$1,086.31	\$1,086.31
Aplanado fino en muros a plomo y regla con mortero cemento-arena 1:4 espesor promedio = 1.5 cm incluye repellido pulido con plana	M ²	262.95	\$86.81	\$22,827.74
Sumatoria esta hoja				\$90,353.17
Acumulado				\$3'530,037.80

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Pintura vinil acrílica vinimex 700 Comex en muros y plafones con mezcla fina hasta 3.00 m. de altura, incluye: una mano sellador y dos de pintura, acarreos a la 1a. estación a 20.00 m.	M ²	263.5	\$54.73	\$14,420.30
Puerta de 0.70 x 2.25 m con bastidor de madera de pino de 38 x 25 mm a cada 30 cm en ambos sentidos forrada con triplay de pino de 6 mm ambas caras	PZA	1	\$952.01	\$952.01
Puerta abatible de 0.97 x 2.25 m formada con ángulo estructural y tablero de lamina no. 18 troquelado	PZA	1	\$1,520.62	\$1,520.62
Ventana de 0.60 x 0.55 m tipo persiana en perfiles estructurales, modulación según planos	PZA	1	\$449.33	\$449.33
Ventana de 2.0 x 0.55 m tipo persiana en perfiles estructurales según planos	PZA	1	\$1,644.14	\$1,644.14
Ventana de 1.83 x 1.20 con una hoja corrediza en perfiles estructurales según planos	PZA	1	\$1,264.73	\$1,264.73
Puerta abatible de 1.75 x 2.25 m. formada por perfil estructural y lámina luber	PZA	1	\$3,794.18	\$3,794.18
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreos a 1a estación a 20 m.	M ²	63.38	\$3.99	\$252.89
Loseta de cerámica modelo Alpes blanco de 20 x 20	M ² .	1.2	\$231.27	\$277.53
Azulejo marca lamosa modelo Soria blanco 20 x 25.	M ² .	5.76	\$254.74	\$1,467.31
Chafán de 10 x10 cm de pedacería de ladrillo y mortero cemento - cal.	M.	23.8	\$37.51	\$892.64
sardinel de azulejo	M.	1.2	\$163.85	\$196.62
Suministro e instalación de tablero de control para todos los equipos eléctricos instalados en la planta de tratamiento.	PZA	1	\$63,511.10	\$63,511.10
CASETA DE FILTRO PRENSA				
Excavación a mano en cepa, incluye afine de taludes y fondo. material seco, tipo II, zona A, profundidad de 0.00 a 2.00 m.	M ³	16.53	\$73.17	\$1,209.57
Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", f _c =100 kg/cm ² de 5 cm. de espesor	M ²	48.92	\$66.26	\$3,241.19
Contratrabe de cimentación incluyendo cimbra y descimbra reforzada con acero f _y '=4200 kg/cm ² concreto f _c =250 kg/cm ²	M ³	3.12	\$3,304.99	\$10,311.57
Sumatoria esta hoja				\$105,405.73
Acumulado				\$3'635,443.53

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Relleno en cepas compactado con bailarina, en capas de 20 cm. utilizando tepetate, incluye: volteo a mano con pala. (90% prueba proctor)	M ³	13.22	\$201.26	\$2,660.71
Losa plana de cimentación en estructura, peralte = 14 cm, concreto f _c = 250 kg/cm ²	M ²	20.54	\$216.86	\$4,454.23
Muro de block de concreto ligero de 12 x 20 x 40 cm en 12 cm de espesor asentado con mortero cemento-arena 1:4 incluye refuerzo horizontal de escalerilla a cada 2 hiladas	M ²	26.03	\$130.46	\$3,395.94
Castillo de concreto ahogado en muro de block o tabique de perf. vertical muro de 12 cm (en 2 huecos) conc. f _c =150 kg/cm ² ref. con 2 varilla r.n. de 3/8" estribos de 1/4" a/c 2 hiladas	M	6	\$50.59	\$303.53
Columna en estructura incluye cimbra y descimbra sección =25 x 40 cm cimbra común reforzado con acero f _y '=4200 kg/cm ² concreto f _c =200 kg/cm ² -3/4"	M ³	0.79	\$4,993.92	\$3,945.19
Losa reticular autosustentable formada con vigueta y bovedilla peralte = 23 cm capa de compresión de 3 cm concreto f _c = 200 kg/cm ² reforzada con malla electrosoldada 6 x 6 - 10/10	M ²	22.42	\$575.49	\$12,902.59
Losa plana en estructura, peralte = 10 cm cimbra común reforzada con var. no. 3, concreto f _c = 250 kg/cm ²	M ²	12.5	\$291.99	\$3,649.93
Dala de remate, incluye cimbra y descimbra sección = 15 x 30 cm, concreto f _c =150 kg/cm ² reforzada con 4 varillas a.r. de 3/8" estribos de 3/16" a/c 20 cm	M	24.4	\$255.07	\$6,223.61
Instalación eléctrica, en contactos y apagadores utilizando tubería poliducto	LOTE	1	\$1,191.52	\$1,191.52
Impermeabilización en azotea con Acritec 5 años y sello sobre toda la superficie	M ²	37.96	\$100.22	\$3,804.45
Instalación hidráulica y sanitaria con tubería y conexiones de cobre en alimentaciones, desagües de pvc	LOTE	1	\$1,086.31	\$1,086.31
Aplanado fino en muros a plomo y regla con mortero cemento-arena 1:4 espesor promedio = 1.5 cm incluye repellido pulido con plana	M ²	106.82	\$86.81	\$9,273.47
Sumatoria esta hoja				\$52,891.48
Acumulado				\$3'688,335.01

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Pintura vinil acrílica Vinimex 700 Comex en muros y plafones con mezcla fina hasta 3.00 m. de altura, incluye: una mano sellador y dos de pintura, acarreos a la 1a. estación a 20.00 m.	M ²	106.82	\$54.73	\$5,845.83
Limpieza general durante la obra. hasta 3.00 m. de altura incluye: acarreos a 1a estación a 20 m.	M ²	37.96	\$3.99	\$151.46
ventana de 3.75 x 0.55 m según plano	PZA.	1	\$2,023.56	\$2,023.56
Suministro e instalación de tanque de 200 l de capacidad de polietileno negro de alta densidad marca Rotoplast.	PZA	1	\$1,350.00	\$1,350.00
Suministro e instalación de agitador de propela marca Lohman mixer, modelo LE-140-S, flecha y turbina de acero inoxidable 304, flecha de 1" de diámetro por 40" de longitud, Turbina de tres hojas tipo dando de 5" de diámetro, transmisión directa. Motor eléctrico marca US de ½ h.p. 1750 rpm, 440 volts.	PZA	1	\$20,963.00	\$20,963.00
Suministro e instalación de compresor de aire marca Evans mod. 35ST, gasto 25 ft ³ /min, presión máxima 7 kg/cm ² , diámetro de descarga ½", arranque automático, tanque de almacenamiento de 300 litros. Filtro regulador de presión en línea. Motor eléctrico 5.0 H.P. 440 volts.	PZA	1	\$32,150.45	\$32,150.45
Suministro e instalación de filtro prensa marca Lohman modelo Marck IV de 20 ft ³ de capacidad, bastidor construido en placa de acero, placas de 1000 X 1000 mm de polipropileno, lonas filtrantes de polipropileno, gabinete de control, cierre electro hidráulico.	PZA	1	\$543,210.00	\$543,210.00
Suministro de equipo de laboratorio para monitoreo de variables básicas de control el cual incluye 4 probetas de plástico de 1000 ml , 3 vasos de precipitado de vidrio de 500 ml, 4 cajas de papel tornasol para medir pH, espectrofotómetro y reactivos para medir cloro libre, cloro residual y DQO.	PZA	1	\$25,641.00	\$25,641.00
			Sumatoria esta hoja	\$631,335.30
			Acumulado	\$4'319,670.31

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
OBRAS EXTERIORES				
Guarnición concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$. 875 cm^2 de sección, acabado aparente, colada en el lugar.	M	205.09	\$184.26	\$37,790.81
Banqueta concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor acabado escobillado	M ²	250	\$142.13	\$35,532.00
Cerca de malla ciclón galv. cal. 10.5 de 5.5 x 5.5 cm. incluye: postes, esquineros, retenida, barra superior, espadas, 3 hilos de alambre de púas, muertos de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$.	M ²	446	\$144.60	\$64,489.59
Tubería concreto reforzado de 38cm incluye: suministro e instalación, bajado, maniobras, desperdicios, junteo con mortero cemento-arena 1:3., incluye cama de arena	M	26.5	\$900.61	\$23,866.06
Tubería concreto reforzado de 40 cm, incluye: suministro e instalación, bajado, maniobras, desperdicios, junteo con mortero cemento-arena 1:3. incluye cama de arena.	M	52	\$900.61	\$46,831.51
Pozo de visita cónico 60 a 120 cm de 1.20 m. profundidad	PZA	4	\$10,874.08	\$43,496.33
Excavación en cepas con retroexcavadora, no incluye afine de taludes, profundidad de 2.00 a 4.00 m.	M ³	102.38	\$11.53	\$1,180.34
Relleno compactado con pisón de mano en cepas de 20 cm. utilizando material producto de la obra	M ³	102.38	\$41.28	\$4,225.79
Excavación a mano en cepa, incluye afine de taludes y fondo. profundidad de 0.00 a 2.00 m	M ³	96.18	\$46.56	\$4,477.85
Registro de 0.40 x 0.60 x 0.80 m (int) de tabique rojo recocido en 13 cm junteado con mortero cemento-arena 1:4 acabado pulido plantilla de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$	PZA	2	\$960.70	\$1,921.40
Instalación eléctrica, en contactos y apagadores utilizando tubería poliducto según proyecto.	LOTE	1	\$1,191.52	\$1,191.52
Nivelación de vialidad y patio de maniobras, cubierta de tezontle	M ²	410	\$80.31	\$32,928.95
Escalera marina según planos de proyecto	PZA	3	\$375.12	\$1,125.37
Barandal de tubo de 1 1/4" ced. 30 de 0.9 m de altura, primario y recubrimiento epóxico	M	206	\$123.31	\$25,402.27
Escalera de herrería según planos de proyecto	PZA	1	\$1,671.97	\$1,671.97
Sumatoria esta hoja				\$326,131.76
Acumulado				\$4'645,802.07

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
Andadores perimetrales de acceso a unidades de proceso, construidos con ángulo y rejilla irving según planos	M	39	\$394.41	\$15,382.05
Barda de block liso gris 10 x 20 x 40 cms acabado aparente.	ML.	65	\$438.28	\$28,488.05
Portón de herrería tubular negra, según proyecto.	PZA.	1	\$8,190.00	\$8,190.00
Registro eléctrico de 40 x 40 cms. de tabique rojo.	PZA.	19	\$774.62	\$14,717.74
Suministro e instalación de luminaria de aditivos metálicos marca Halofan tipo suburbano de 175 watts, incluye poste de acero al carbón cédula 30 de 6.0 mts de altura de 3" de diámetro.	PZA	6	\$3,425.00	\$20,550.00
Suministro e instalación de transformador eléctrico de 150 KVA a 440 volts, poste de concreto, herrajes y cuchillas.	PZA	1	\$85,633.00	\$85,633.00
Arranque y estabilización de la planta de tratamiento. Capacitación del personal operativo durante 4 semanas.	LOTE	1	\$93,357.00	\$93,357.00
Sumatoria esta hoja				\$266,317.84
Acumulado				\$4'912,119.91

Este monto no incluye el Impuesto al Valor Agregado.

Los precios están integrados de la siguiente forma:

1. Costo directo de los materiales
2. Costo de mano de obra (incluyendo las prestaciones de ley e impuestos)
3. Costos indirectos (salarios de personal administrativo y de dirección de obra, teléfonos, renta de inmuebles, depreciación de maquinaria y equipo, papelería, etc.)
4. Costos por financiamiento
5. Utilidad

VIII.2 ANALISIS DE COSTO POR METRO CÚBICO DE AGUA

En el caso particular de las plantas de tratamiento construidas por los desarrolladores de vivienda, el costo de operación y mantenimiento lo absorben los organismos operadores del municipio con cargo al erario público, por lo que el costo por amortización de la inversión no lo impacta directamente. Sin embargo en este caso consideraremos el costo de la amortización de la inversión para poder hacer un análisis más objetivo.

Dentro de los costos de operación y mantenimiento se encuentran los siguientes conceptos:

Salarios mensuales de personal operativo (incluyendo impuestos):

1 Responsable de operación y mantenimiento	\$	4,000.00
3 Operadores	\$	<u>10,800.00</u>
Subtotal	\$	14,800.00

Reactivos consumidos mensualmente

9.7 ton de hipoclorito de sodio al 13%	\$	15,390.00
1 kit reactivos para medición de cloro libre	\$	<u>250.00</u>
Subtotal	\$	15,640.00

Análisis mensual de agua hecha por un laboratorio certificado

1 lote análisis de DBO5, SST, SSVLM, coliformes fecales huevo de helminto, grasas y aceites. (de acuerdo con la tabla 8 de la NOM-001-SEMARNAT-1996, si el rango de población servida es menor a 20,000 habitantes, la frecuencia de muestreo tiene que ser semestral)	\$	5,250.00
--	----	----------

Insumos varios consumidos mensualmente

1 lote de material de limpieza: jabón, escobas, jergas, papel higiénico, gas butano.	\$	450.00
1 lote de papelería, bitácoras, plumones, plumas, etc.	\$	50.00
1 derechos de agua potable	\$	200.00
1 lote de aceites lubricantes y grasas	\$	255.00
1 lote de refacciones para sopladores y bombas (baleros, empaques, filtros de aire, filtro de gasolina sellos mecánicos, bandas, etc.)	\$	<u>400.00</u>
Subtotal	\$	700.00

Consumo de electricidad

1 Bomba centrífuga vertical de 7.5 h.p., tiempo de operación por día: 12 h
Consumo mensual: $5.595 \text{ kw} \times 12 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 2,014.2 \text{ kw} - \text{h}$

3 Sopladores de aire de 30 h.p. cada uno, tiempo de operación por día : 24 h
Consumo mensual: $22.38 \text{ kw} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ d} \times 3 = 48,340.80 \text{ kw-h}$

2 Bombas dosificadoras de 32 watts, tiempo de operación por día: 12 h
Consumo mensual: $0.032 \text{ kw} \times 12 \text{ h} \times 30 \text{ d} \times 2 = 23.04 \text{ kw} - \text{h}$

1 Agitador de $\frac{1}{2}$ h.p., tiempo de operación por día: 0.5 h
Consumo mensual: $0.373 \text{ kw} \times 0.5 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 5,60 \text{ kw-h}$

1 Compresor de 5 h.p., tiempo de operación por día: 4 h
Consumo mensual: $3.73 \text{ kw} \times 4 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 447.42 \text{ kw-h}$

1 Bomba hidráulica, tiempo de operación por día: 0.08 h

Consumo mensual: $0.745 \text{ kw} \times 0.08 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 1.788 \text{ kw-h}$

1 Alumbrado interior y exterior: tiempo de operación 8 h

Consumo mensual: $4.25 \text{ kw} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 1,020 \text{ kw-h}$

Consumo mensual total = 51,852.84 kw-h

Costo base sin importar el consumo: \$ 169.06

Costo por kw-h = \$ 0.926

Estos datos son del mes de febrero de 2004 publicados en internet por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, www.lfc.gob.mx/tarifas/t-ca-bt-6.htm

Costo mensual por consumo de electricidad :

$\$ 169.06 + (51,852.84 \text{ kw-h} \times 0.926 \text{ \$/kw-h}) = \$ 48,184.79$

La suma de los costos de operación y mantenimiento es: \$ 80,199.79

El monto mensual de amortización de la inversión inicial en un periodo de 5 años, sin considerar la inflación es de:

Monto total de la inversión:	\$ 4'912,119.91
Impuesto al valor agregado:	\$ <u>736,817.98</u>
Total	\$ 5'648,937.89

Amortización mensual = $\$ 5'648,937.89 / 5 / 12 = \$ 94,148.96 / \text{mes}$

Volumen mensual de agua tratada

$2,160.00 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ d} = 64,800.00 \text{ m}^3 / \text{mes}$

Por lo tanto el costo por metro cúbico de agua tratada es el siguiente:

Costo mensual por operación y mantenimiento :	\$ 80,199.79
Costo mensual por amortización de la inversión a 5 años:	<u>\$ 94,148.96</u>
Total:	\$ 174,348.75

$$\text{Costo por metro cúbico} = 174,348.75 \text{ \$/mes} / 64,800.00 \text{ m}^3/\text{mes} = \$2.69/\text{m}^3$$

Para el caso real del organismo operador del municipio Villa Nicolás Romero que no gasto nada en la inversión inicial y que es quien va a operar la planta de tratamiento, el costo por metro cúbico de agua tratada es de:

$$\text{Costo por metro cúbico} = 80,199.79 \text{ \$/mes} / 64,800.00 \text{ m}^3/\text{mes} = \$1.23 /\text{m}^3$$

CONCLUSIONES

Estar al frente de un proyecto, coordinarlo y asumir la responsabilidad de que funcione es una situación que genera un gran estrés, ya que la literatura técnica normalmente trata los temas de forma aislada y por especialidades, más aún cuando no se tiene la experiencia de haber resuelto casos similares. Este proceso de aprendizaje puede tomar mucho tiempo y costar mucho dinero, en este sentido el presente trabajo puede ser un pequeño atajo para los estudiantes de ingeniería química interesados en el tema.

En particular, en el presente trabajo se ha recorrido el proceso de elaboración de un proyecto de una planta de tratamiento de agua residual para dar solución al problema de contaminación del agua producto de las actividades cotidianas de I ser humano, siendo el proceso de lodos activados el más usado para este fin. El uso y la aplicación de este proceso en los nuevos desarrollos habitacionales es una buena alternativa para mantener sanos los ríos o embalses naturales de las localidades en donde se construyen estos, abriendo la posibilidad de reutilizar el agua residual tratada en el riego de áreas verdes, riego de cultivos, lavado de autos y en su comercialización como agua de servicio a la industria.

Tocando a los gastos de operación y mantenimiento, el organismo operador puede sufragar estos gastos en base al cobro por el servicio de tratamiento de agua a los habitantes de la comunidad, el cual se puede autorizar vía el congreso estatal. Pero existe un potencial de negocio más provechoso, el cual se puede encontrar en la comercialización del agua residual tratada para los servicios generales de la industria que se encuentra en la localidad; Si hacemos un ejercicio de esta situación, encontramos que en promedio el costo de agua potable a la industria en el estado de México es \$ 20.00/m³, si se logra vender el 40% del agua residual tratada al costo de \$ 5.00/m³, representaría un ingreso de 864 m³/día X 5.00 \$/m³ = \$4,320 /día ó \$ 129,600.00/mes.

Es decir que el costo por operación y mantenimiento de la planta se sufragaría totalmente y quedaría un potencial margen de ganancia, por otro lado la o las industrias que sustituyeran el agua potable por el agua residual tendrían un ahorro de \$ 15.00/m³ de agua consumida. Esta situación beneficia en varios sentidos a tres partes: a la comunidad porque su habitat se mantiene sano, a la industria porque tiene la posibilidad de bajar sus costos de producción y al municipio porque políticamente le da una buena imagen y económicamente lo beneficia.

BIBLIOGRAFIA

Terence J. McGhee, "Abastecimiento de agua y alcantarillado", Mc Graw Hill, Sexta edición, 24-73, Colombia 1999.

Michael A. Winkler , "Tratamiento biológico de aguas de desecho", LIMUSA, 130-159, México, 2000.

Frank N. Kemmer, John McCallion, "Manual del Agua, Nalco Chemical Company", McGraw Hill, 16-1- 16-9, México, 1999.

Gordon Maskew Fair ,John Charles Geyer, Daniel Alexander Okun
"Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales", LIMUSA, 63-96,
México, 1997.

Ramalho R. S. "Introducción to wastewater treatment processes", Second Edition,
Academic Press, 79-352, Canadá 1983

Zepeda Sergio, "Manual de Instalaciones Hidráulicas Sanitarias, aire, gas y vapor",
LIMUSA, Segunda Edición, 186-375, México 1999.

Becerril L. Diego, "Datos Prácticos de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias" 8ª
Edición, 54-88, México 1997.

Geraardi Michael H., Horsfall Franck "Wastewater Biology:The Microlife", Water
Environment Federation, 39-74.

Valiente Banderas Antorio, "Problemas de Flujo de Fluidos, LIMUSA, 245-280,
México 1990

Hilleboe Herman, "Manual de tratamiento de Aguas", LIMUSA, Decimonovena
impresión, 117-130, México 2001.

Fair Gordon, Geyer John, Okun Alexander, "Abastecimiento de agua y remoción
de aguas residuales", LIMUSA, Duodécima impresión, 399-428, México 1997

Romero Rojas Jairo A, "Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización", Alfaomega, 3ª Edición, 25-31, México 1999.

W. Wesley Eckenfelder, "Industrial water pollution control", Mc Graw Hill, Third Edition, 158-301, Singapore 2000.

"Desing of municipal wasterwater treatment plants", Manual and report on Engineering practice No. 76 Water Pollution Control Federation, fourth edition, 11-1-15-1, Alexandria 1998.

"Manual de tratamiento de aguas", Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany. Editorial LIMUSA, 15-29

"Aeration, Water Enviroment Federation", Manual of Practice FD-13, American Society of Civil Engineers, Manuals and Reports on Engineering Practice-No. 68. 1996, 5-72

"Clarifier Design", Water Pollution Control Federation, 1985, Manual of Practice FD-8,.3-50.

Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, Fifth Edition, Manual of Practice – MOP 11, 509-690, USA 1996.