

37775

6
F 331.9
L26e
II



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROVINCIA DE RIO NEGRO

ESTABLECIMIENTO DE DEPURACION CLOACAL

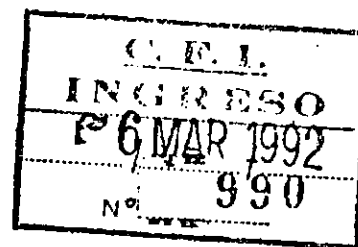
GENERAL ROCA

ANTEPROYECTO PRELIMINAR

1992

0 / F.331.9
L26e
II

LEONARDO A. LO FIEGO INO. CIVIL
INGENIERIA SANITARIA



Buenos Aires, 6 de Marzo de 1992.-

Sr. Secretario General del
Consejo Federal de Inversiones
Ing. Juan José Ciacera.
S/D

Rf. Exp. 1685- Río Negro.
Anteproyecto Establecimiento
de Depuración en Gral Roca.

De mi mayor consideración:

De acuerdo a lo establecido en el contrato de referencia, me es grato adjuntar cuatro (4) ejemplares de Tercer Informe Parcial "ANTEPROYECTO PRELIMINAR".

Sin otro particular Saludo a Ud con mi consideración mas distinguida.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "L. A. Lo Fiego", with a horizontal line drawn underneath it.

I N D I C E

	Página
1.- Generalidades.....	1 y 2
2.- Parámetros de Diseño.....	2 a 4
3.- Alternativa I - Lechos Percoladores.....	5 a 40
4.- Alternativa II - Aeración Extendida.....	41 a 62
5.- Alternativa III - Lagunas Aireadas en serie.....	63 a 79
6.- Alternativa IV - Laguna Anaerobica y Aireadas en serie.....	80 a 95
7.- Presupuesto.....	96 a 119
8.- Evaluación Económica.....	120 a 166
- Cuadros N° 1 al N° 9	167 a 175
- Análisis de Precios.....	176 a 181
- Referencias Bibliográficas.....	182 a 183

Planos:

	Plano N°
- Alternativa I.....	7,8 y 9
- Alternativa II.....	10 y 11
- Alternativa III.....	12 y 13
- Alternativa IV.....	14 y 15
- Perfiles Hidráulicos.....	16
- Locales Complementarios.....	17

ESTABLECIMIENTO DE DEPURACION CLOACAL
GENERAL ROCA
RIO NEGRO

ANTEPROYECTO PRELIMINAR

1.- Generalidades.

Para el desarrollo del Anteproyecto Preliminar del Establecimiento de Depuración y comparación de las diferentes Alternativas, se parte de la base de los parámetros definidos en el Informe Parcial N° 2, cuyas poblaciones de diseño son:

Año 2007 = 75.254 hab.
Año 2022 = 144.250 hab.

La selección de las posibles alternativas de tratamiento se realizó sobre la base de lograr:

- Un efluente compatible con las condiciones establecidas en el Informe Parcial N°2.
- Plantas de fácil operación, funcionamiento "tranquilo" y reconocida eficiencia.
- Sistema de tratamiento que se adapte a las condiciones climáticas del lugar.
- Sistemas con componentes y equipamiento de fabricación nacional cuya adquisición pueda realizarse en condiciones de competencia entre varios proveedores locales.
- Plantas que puedan ampliarse modularmente.

Se desarrollaron para su comparación técnico-económica, cuatro tipos de tratamientos bien definidos, que de acuerdo con la información bibliográfica disponible, y por sobre todo con la experiencia lograda en el país, podían ser considerados para este caso particular.

Las alternativas desarrolladas son las siguientes:

ALTERNATIVA I	:	LECHOS PERCOLADORES
ALTERNATIVA II	:	AERACION EXTENDIDA
ALTERNATIVA III	:	LAGUNAS AIREADAS EN SERIE
ALTERNATIVA IV	:	LAGUNA ANAEROBICA Y AIREADAS EN SERIE

Se plantean así cuatro posibilidades cuya implementación mecánica decrece en el orden indicado, mientras aumenta el área ocupada por cada una de ellas.

Las cuatro alternativas son equivalentes en cuanto a pautas enunciadas anteriormente, si bien los requerimientos de atención y operación de los sistemas disminuyen de la I a la IV.-

2.- PARAMETROS DE DISEÑO.

Los parámetros básicos de diseño para el cálculo de las distintas Alternativas planteadas son las siguientes:

PARAMETROS BASICOS	UNIDAD	PRIMERA ETAPA AÑO 2007	SEGUNDA ETAPA AÑO 2022
Población del radio a servir	habitantes	75.254	144.250
Dotación de Agua	l/hab.día	255	265
Volumen desagüe medio diario	m ³	15.352	30.581
Volumen desagüe máximo diario	m ³	21.673	43.275
Infiltración (3)	m ³ /día	1.156	1.288
Volumen total medio diario	m ³	16.508	31.869
Volumen total máximo diario	m ³ /día	22.829	44.563
Caudal medio horario	m ³ /h	689	1.328
Caudal máximo horario (1)	m ³ /h	1.285	2.525
DBO media del liquido a Tratar (2)	mg/l	260	260

$$1) \text{ Caudal máximo horario} = \frac{\text{Vol des.máximo diario} * 1,37 + I}{24} =$$

2) Se optó por no variar la DBO del Desagüe por el aporte de agua de infiltración, debido a que la DBO variaría entre 251 mg/l a 249 mg/l para los años 2007 a 2022 respectivamente, si se tiene en cuenta los volúmenes diarios de infiltración fijados.

3) De común acuerdo, con representantes del D.F.A., el caudal de infiltración se fijó aplicando los valores indicados por METCALF - EDDY a las longitudes de cañerías, de donde resulta:

D° de Cañería	Long. * infiltración	Caudal
0,150 y 0,200	88 Km * 9m³/día Km	792 m³/día
0,300 y 0,400	10,5Km * 12m³/día Km	126 m³/día
0,500 y 0,700	3,8Km * 28m³/día Km	106 m³/día
TOTAL.....		1.024 m³/día

Para futuro se fija 3m³/día Km de donde se tiene:

$$\text{Año 2007} = Q_{\text{inf. Tot.}} = 1.024 + 44 \text{ Km.} * 3 \text{ m}^3/\text{día Km} = 1.156 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Año 2022} = Q_{\text{inf. Tot.}} = 1.156 + 44 \text{ Km.} * 3 \text{ m}^3/\text{día Km} = 1.288 \text{ m}^3/\text{día}$$

Los Sólidos Sedimentables en 2 horas, Totales, Fijos y Volátiles a aplicar en el cálculo, se determinan en base a los resultados obtenidos de los análisis de las muestras extraídas.

Los promedios de los resultados de los análisis son los siguientes:

- Sólidos Sedimentables en 2 horas:

. Totales = 2,74 ml/l.

. Totales = 61,6 mg/l.

. Fijos = 25,4 mg/l.

. Volátiles = 36,2 mg/l.

Estos valores son para una dotación de desagüe cloacal de 410 l/hab.día, para la dotación de agua al final del periodo de diseño de 265 l/hab.día, se obtienen los siguientes valores:

- . Totales = 5,3 ml/l.
- . Totales = 119,1 mg/l.
- . Fijos = 49,1 mg/l.
- . Volátiles = 70,0 mg/l.

En base a los mismos, se desarrolla a continuación el Predimensionado Hidráulico-Sanitario para cada una de las Alternativas anteriormente descritas.

3.- ALTERNATIVA I -- LECHOS PERCOLADORES.

Se trata de un sistema de tratamiento bien comprobado en nuestro país, de fácil operación. Dada la eficiencia requerida, se ha considerado suficiente una sola etapa de Lechos Percoladores con recirculación.

En los Planos N°7 y N°8 se ha desarrollado el Anteproyecto de esta alternativa.

El líquido a tratar, proveniente de la Estación Elevadora, descargará en la Cámara de entrada de los Desarenadores, donde se separarán las partículas inertes; el efluente de éstos pasará a los Sedimentadores Primarios, destinados a remover los sólidos sedimentables presentes en el líquido a tratar, por sola acción de la gravedad y sin el agregado de productos químicos.

El efluente de los Sedimentadores Primarios, pasará a una Cámara donde se unirá la recirculación desde donde se producirá la alimentación a los Lechos Percoladores, previstos con su lecho filtrante en piedra partida para asegurar una adecuada fijación de la "zooglea" actuante, con una altura total de manto de piedra de 2,10 m.

Luego de atravesar el manto de piedra, oxigenado por desplazamiento de masa de aire inducido por termosifón, el líquido pasará a la etapa de sedimentación secundaria, donde se separarán los flocs biológicamente conformados, originados por la transformación de la materia orgánica disuelta y coloidal en material sedimentable.

El líquido de salida de los Sedimentadores Secundarios estará desprovisto de sólidos suspendidos, de modo tal de asegurar la cloración del efluente para su desinfección.

Para implementar la mencionada cloración del efluente, se ha previsto un Local para Cloración para la dosificación de hipoclorito de sodio que se dosificará en la cabecera de la Cámara de Cloración.

Los barros totales, separados de la sedimentación primaria y secundaria, serán concentrados y luego conducidos a Digestores Anaeróbicos, y el barro digerido será deshidratado mediante centrifugas ubicadas en un local destinado a tal efecto.

El efluente de la Cámara de Cloración, que es el desagüe tratado, descargará en el Río Negro a través de un conducto que arrancará en

dicha cámara y empalmará con la cañería de descarga existente, ubicada en la calle de tierra.

A continuación se desarrolla el cálculo de las distintas unidades de tratamiento que componen la Planta:

3.1.- Estación Elevadora del Establecimiento:

La Estación Elevadora principal estará ubicada dentro del predio del establecimiento, donde llegará la cañería de 0,600 m de diámetro que se empalmará con el conducto de descarga existente.

Los caudales de diseño de la Estación Elevadora son los siguientes:

	I Etapa	II Etapa
Caudal max. horario m ³ /h	1285	2525
Caudal med. horario m ³ /h	689	1328

Caudales de la Estación Elevadora existente:

	Actuales	Futuro	Adoptado
Q bomba N°2=	440 m ³ /h	1200	1265
Q bomba N°3=	460 m ³ /h	1200	1265
Q Total =	900 m ³ /h	2400	2530

Se ha previsto la instalación en la Estación Elevadora del establecimiento, el siguiente numero de electrobombas:

-- Primera Etapa:

Cuatro (4) electrobombas de 435 m³/h cada una, de las cuales funcionarán tres (3) quedando una (1) de reserva.

-- Segunda Etapa:

Se previó el cambio de las 4 electrobombas por otras 4 de 870 m³/h cada una también en este caso funcionarán 3, quedando una de reserva.

*Cálculo del volumen del Pozo de Aspiración:

El Cálculo del Pozo de Aspiración se efectúa para la siguiente condición mas desfavorable.

Para II Etapa:

Q bombeo desde EE existente= 1265 m³/h (1 electrobomba)

Q bombeo EE planta= 1740 m³/h (2 electrobombas)

Las demas condiciones de funcionamiento son mas favorables y para la primera etapa el volumen necesario del Pozo de Aspiracion puede regularse con los flotantes de arranque y parada de las electrobombas.

Se fija para el Pozo de Aspiracion un volumen de 103 m³, siendo sus dimensiones:

$$a = 4,50 \text{ m} \quad l = 9 \text{ m} \quad h_{liq.} = 2,55 \text{ m}$$

El desnivel liquido entre el arranque de las distintas bombas es de 0,85 m y el volumen que le corresponde es 34,4 m³.

A continuacion se calculan los tiempos de llenado y vaciado, para determinar con ello la frecuencia de arranque de las bombas.

$$t_{LL} \quad v_1 = \frac{34,4 \text{ m}^3}{21,08 \text{ m}^3/\text{min}} = 1,63 \text{ min.}$$

$$t_{LL} \quad v_2 = \frac{34,4 \text{ m}^3}{(21,08 - 14,5) \text{ m}^3/\text{min.}} = 4,89 \text{ min.}$$

$$t_{vac} = \frac{68,8 \text{ m}}{(29 - 21,08) \text{ m}^3/\text{min.}} = 8,69 \text{ min}$$

$$t = 15,2 \text{ min}$$

De donde se tendra aproximadamente 4 arranques por hora.

3.2.- Desarenadores.

Los caudales de diseño son los de bombeo de la Estación Elevadora, los cuales se indican a continuación:

Primera Etapa - Año 2007:

$$Q_{med} = 689 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{med.max} = 951 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{max} = 1.285 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{bmax} = 1.305 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{bmed} = 870 \text{ m}^3/\text{h}$$

Segunda Etapa - Año 2017:

$$Q_{med} = 1.328 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{med.max} = 1.857 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{max} = 2.525 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{bmed} = 1.740 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{bmax} = 2.610 \text{ m}^3/\text{h} = 0,725 \text{ m}^3/\text{seg}$$

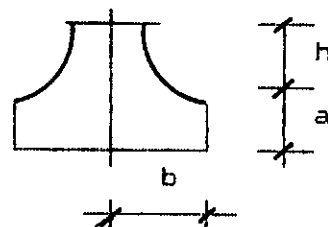
Se prevé la implementación de dos unidades en paralelo, una para la Primera Etapa, y para la Segunda se adicionará la otra unidad.

La velocidad en los Desarenadores será regulada mediante un vertedero proporcional, ubicado a la salida de los mismos.

Las expresiones que se aplican para el cálculo del vertedero Sutro (el Proporcional es el doble) son las siguientes:

Esquema

Vertedero



$$X = b \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{tg}^{-1} \sqrt{Y/a} \right)$$

$$Q = b \sqrt{2ag \left(h + \frac{2}{3}a \right)}$$

Adoptamos:

$$h = 0,90 \text{ m}$$

$$a = 0,035 \text{ m}$$

$$\text{Caudal en cada Desarenador} = 0,362 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El caudal que se utiliza en la fórmula es $q = 0,181 \text{ m}^3/\text{seg}$

$$0,181 = b \sqrt{2 \times 0,035 \times 9,8 \text{ m}} \left(0,90 + \frac{2}{3} \times 0,035\right)$$

$$b = 0,235 \text{ m}$$

$$b_{\text{total}} = 0,47 \text{ m}$$

Cálculo del valor de X para Y = 0,90 m (abertura en la parte superior):

$$X = b \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{tg}^{-1} \sqrt{\frac{0,90}{0,035}}\right) = 0,029 \text{ m}$$

$$X_{\text{total}} = 0,0586 \text{ m}$$

Determinamos la Permanencia aplicando la velocidad de sedimentación indicada en METCALF y EDDY (*), que es 1,1 m/min, de donde resulta:

$$P = \frac{0,90 \text{ m}}{1,1 \text{ m/min}} = 0,818 \text{ min} = 49 \text{ seg}$$

Se adopta una velocidad de 0,30 m/seg para partículas de 0,2 mm de diámetro, de donde resulta:

$$\text{Long} = 0,30 \text{ m/seg} \times 49 \text{ seg} = 14,72 \text{ m}$$

$$\text{Se adopta Longitud} = 15 \text{ m}$$

Por otro lado, entrando en el Ábaco del "Manual de Operación de Plantas de Tratamiento" del Instituto de Ingeniería Sanitaria (UBA) (en adelante "Manual de Operación") con $D^{\circ} = 0,2 \text{ mm}$ y $V = 0,30 \text{ m/seg}$ se obtiene $L = 15 \text{ m}$.

Cálculo del ancho de cada canal:

$$q = a' \times h \times 0,30 \text{ m/seg}$$

$$0,362 \text{ m}^3/\text{seg} = a' \times 0,9 \text{ m} \times 0,3 \text{ m/seg}$$

$$a = \frac{0,362 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,27 \text{ m}^2/\text{seg}} = 1,34 \text{ m}$$

Se adopta $a = 1,35 \text{ m}$

A continuación se verifica el desarenador para el caudal de bombeo mínimo:

$$Q \text{ c/desarenador} = 435 \text{ m}^3/\text{h} = 0,120 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Aplicando la expresión de Q para vertedero Sutor determinamos h :

$$0,060 = 0,235 \sqrt{2 \times 0,035 \times 9,8 \left(h + \frac{2 \times 0,035}{3} \right)}$$

de donde resulta:

$$h = 0,285 \text{ m}$$

La sección de escurrimiento es

$$A = 0,285 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} = 0,385 \text{ m}^2$$

y la velocidad será:

$$V = \frac{0,12 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,385 \text{ m}^2} = 0,31 \text{ m/seg}$$

Esta velocidad coincide con el valor $0,3 \text{ m/seg}$ adoptado y sugerido por la bibliografía.

2.3- Recintos para deshidratación de arena.

El material separado del líquido en el desarenador, se descargará por gravedad, para su deshidratación en dos recintos de características similares a las playas de secado convencionales.

Para su calculo se parte de la cantidad de arena que retendra el Desarenador, la cual puede obtenerse de acuerdo a los siguientes datos:

- Manual del Instituto de Ingenieria Sanitaria: de 2,5 a 180 l/1000 m³.
- Manual N°8 de W.P.C.F., prom. max.= 140 l/1000 m³.

Vol de arena= 16508 m³/dia * 0,14 l/m³ = 2311,1 l/dia.

Se fija, teniendo en cuenta las condiciones climaticas favorables, un tiempo de deshidratacion de 20 dias de donde:

Vol. de arena= 2311,1 l/dia * 20 dias = 46222 l.

Se fija un tirante de 0,40 m, resultando:

- Primera Etapa:

2 recintos de a= 5 m ; l = 23 m

- Segunda Etapa:

Se adicionaran dos recintos de iguales dimensiones.

3.3.- Sedimentadores Primarios.

Tanto el "Manual de Operación" como el Manual N° 8 de la WPCF (?) recomiendan una permanencia de 2 horas para Q_{max} .

Por lo tanto se adopta

$$P = 2 \text{ horas para } Q_{max}$$

Se ha previsto la instalación de:

Para Primera Etapa: 2 unidades en paralelo

Para Segunda Etapa: 4 unidades en paralelo (se adicionan 2 unidades a la 1ª Etapa)

$$Q_{max} = Q_{bombeo}$$

$$Q_{max} \text{ 1ª Etapa} = 1.305 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{max} \text{ 2ª Etapa} = 2.610 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vol} = 1.305 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 2.610 \text{ m}^3$$

$$V \text{ c/u} = \frac{2.610}{2} = 1.305 \text{ m}^3$$

La carga hidráulica recomendada por el Manual N° 8 WPCF (?) es entre 800 y 1.000 gpd/ft² = 32,9 a 40,6 m³/m².d

Se fija una carga superficial = 32,9 m³/m².día = 1,37 m³/m².h

Además se adoptan sedimentadores circulares, de donde:

$$\text{Area c/u} = \frac{1.305 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \times 1,37 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}} = 476,3 \text{ m}^2$$

resultando: $D^\circ = 24,62 \text{ m}$

Se adopta = $D^\circ 24,60 \text{ m}$

El tirante líquido resulta:

$$h = \frac{1.305 \text{ m}^3}{475,29 \text{ m}^2} = 2,74 \text{ m}$$

Se adopta

$$h = 2,75 \text{ m}$$

Caudal de barro:

Los sólidos Sedimentables totales en 2 horas, obtenidos por el D.P.A., que se indican en el apartado 1.1., son:

$$\text{S.Sed.T. en 2 hs.} = 119,1 \text{ mg/l}$$

* Primera Etapa:

Peso de sólidos secos =

$$= 0,1191 \text{ kg/m}^3 \times 15.352 \text{ m}^3/\text{d} = 1.828 \text{ kg/día}$$

El peso específico del barro medio primario es de aproximadamente 1.020 kg/m³.

El contenido de humedad es aproximadamente 95%, de donde resulta:

$$\text{Vol. de barro} = \frac{1.828 \text{ kg/día}}{1.020 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,95)} = 35,84 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\therefore \text{Vol.} = 35 \text{ m}^3/\text{día}$$

* Para Segunda Etapa:

$$\text{Peso de sólidos secos} = 0,1191 \times 30.581 = 3.642 \text{ kg/día.}$$

$$\text{Vol. de barro} = \frac{3.642}{1.020 (1 - 0,95)} = 71,41 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\therefore \text{Vol} = 71,5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Verificación con información bibliográfica:

$$\text{SST} = 90 \text{ g/hab.día}$$

Eficiencia de la sedimentación primaria
en remoción de sólidos = 60%

* Primera Etapa:

$$\begin{aligned} \text{Peso de sólidos secos} &= \\ &= 0,09 \text{ kg/hab.día} \times 0,60 \times 75.254 \text{ hab} = 4.063,7 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

$$\text{Vol} = \frac{4.063,7}{1.020 (1 - 0,95)} = 79,7 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por otro lado, de acuerdo a los análisis de las muestras, los sólidos Sedimentables en 2 horas resultaron 5,3 ml/l, de donde se tiene:

$$\text{Vol.} = 5,3 \text{ l/m}^3 \times 15.352 \text{ m}^3/\text{día} = 81.365 \text{ l/día} = 81,3 \text{ m}^3/\text{día}$$

./.

Por lo tanto, dado la disparidad de valores obtenido de los resultados de los analisis, se adoptan para los calculos por su coincidencia con el resultado de los solidos Sedimentables a 2 horas lo obtenido aplicando informacion bibliografica. La concentracion de solidos suspendidos en el desague cloacal afluente resulta:

$$S.S.T. = \frac{4.063,7}{0,6 \times 15.352} = 0,441 \text{ kg/m}^3$$

Se adopta:

$$S.S.T. = 440 \text{ mg/l}$$

* Segunda Etapa:

$$P = 0,09 \times 0,6 \times 144.250 \text{ hab} = 7.789,5 \text{ kg/dia}$$

$$Vol = \frac{7.789,5}{1.020(1-0,95)} = 152,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Por lo tanto se adopta en Primera Etapa:

$$Vol = 80 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Altura de Bombeo:

Se considera que se bombea 15 minutos por hora.

$$Q_b = 15 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diámetro cañería de impulsión = 0,150 m

Pérdida de carga = 0,005 (Adoptado por ser barro fluido)

Cota Entrada cañería en Concentrador.	231,60
Cota Cañería de Aspiración.	<u>230,50</u>
Altura geométrica de bombeo	0,90
Pérdida por fricción en cañería 170m x 0,005	0,85
Pérdidas de carga localizada $\frac{20 \times 0,30^2}{19,62}$	<u>0,10</u>

./.

Altura de elevación de bombas ' 1,85

Se adopta una altura dinámica total de 2,50 m.

Según el Manual N° 8 WPCF (7) y METCALF y EDDY (8), la eficiencia en remoción de D.B.O. que se puede obtener en la etapa de sedimentación primaria es de 25 a 40 %.

Se fija una eficiencia en remoción de D.B.O. de 35%

De donde:

$$\text{DBO efluente} = 0,65 \times 260 \text{ mg/l} = 169 \text{ mg/l}$$

3.3.- Lechos Percoladores.

Para el cálculo de los Lechos percoladores se sigue lo indicado por ECKENFELDER/O'CONNOR (26), quienes por un lado fijan una carga hidráulica de 10 a 30 mgd/s.f. para filtros de alta carga. Además establecen la siguiente expresión:

$$\frac{L_e}{L_o} = \frac{1}{1 + \frac{C D^{0.47}}{Q^{0.5}}}$$

donde:

- L_e = DBO del efluente tratado
- L_o = DBO aplicada al lecho después de la dilución con la recirculación.
- C = 2,5
- D = altura del manto
- Q = carga hidráulica

Los autores mencionados establecen también la siguiente expresión que relaciona L_o , L_e , L_s y N :

$$L_o = \frac{L_e + N L_s}{1 + N}$$

donde:

- L_s = DBO del desagüe sedimentado

N = relación de recirculación

Además la (E_T) eficiencia en remoción de DBO está dada por:

$$E_T = E_{20} \cdot 1,035^{(T-20)}$$

donde E_{20} es la eficiencia a 20°C y T la temperatura del desagüe en °C, para el mes más frío.

La temperatura del desagüe se fija en base a la información suministrada por el D.P.A., en 18°C en invierno y 21°C en verano, de donde se tiene:

$$E_T = E_{20} \cdot 1,035^{(18-20)} = \frac{E_{20}}{1,0712}$$

$$L_a = 169 \text{ mg/l (efluente del Sedimentador Primario)}$$

$$E_T = \frac{169 - 50}{169} \times 100 = 70,4 \%$$

$$E_{20} = 70,4 \times 1,0712 = 75,41 \%$$

Para el diseño se adoptó como valor conservativo

$$E_{20} = 85 \% - 80 \%$$

$$L_a = 0,20 \times 169 = 33,8 \text{ mg/l}$$

$$L_a = 169 \text{ mg/l}$$

De acuerdo a información bibliográfica se adopta

$$D = 7 \text{ ft} = 2,10 \text{ m (altura del manto)}$$

Además se adopta una carga hidráulica

$$Q = 20 \text{ mgd/s.f.} = 18,68 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$$

de donde se tiene

$$\frac{D^{0.67}}{Q^{0.5}} = \frac{7^{0.67}}{20^{0.5}} = \frac{3,683}{4,472} = 0,824$$

$$\frac{L_0}{L_0} = \frac{1}{1 + 2,5 \times 0,824} = 0,327$$

$$L_0 = \frac{33,8}{0,327} = 103,36 \text{ mg/l}$$

de donde:

$$103,36 = \frac{169 + 33,8 \cdot N}{1 + N}$$

$$69,56 N = 65,64$$

$$N = 0,943$$

Se adopta: $N = 0,95$

La relación de recirculación está dada por:

$$N = \frac{q_R - q}{q} \quad \therefore \quad q_R = N \cdot q + q$$

$$q_R = 0,95 \times 689 \text{ m}^3/\text{h} + 689 \text{ m}^3/\text{h} = 1.343,5 \text{ m}^3/\text{h} = 32.245 \text{ m}^3/\text{día}$$

donde: q_R = caudal que pasa por el lecho

q = caudal afluente

$$A_{\text{reactor}} = \frac{32.245 \text{ m}^3/\text{día}}{18,68 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}} = 1.726 \text{ m}^2$$

A continuación se calcula la Carga Orgánica específica:

$$\text{Volumen total de manto} = 1.726 \times 2,10 = 3.624,6 \text{ m}^3$$

Carga orgánica 1ª Etapa =

$$= 15.352 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,169 \text{ kg DBO}/\text{m}^3 = 2.594,5 \text{ kg DBO}/\text{día}$$

$$\text{Carga específica} = \frac{2.594,5 \text{ kg DBO/día}}{3.624,6 \text{ m}^3} = 0,715 \text{ kg DBO/m}^3\cdot\text{día}$$

La carga específica se puede considerar aceptable y adecuada a las condiciones climáticas rigurosas de los meses de invierno.

La D.B.O. remanente se obtiene entrando en el gráfico de ECKENFELDER O'CONNOR, con $D^{0.67}/Q^{0.5} = 0,824$. El porcentaje de D.B.O. remanente es 23%, de donde:

$$\text{D.B.O. efluente} = 0,23 \times 169 = 38,9 \text{ mg/l}$$

Para Segunda Etapa:

$$q_r = 0,95 \times 1.328 + 1.328 = 2.589,6 \text{ m}^3/\text{h} = 62.150 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A_{\text{neces}} = \frac{62.150}{18,68} = 3.327 \text{ m}^2$$

Con las áreas necesarias de cada etapa resultan:

Para 1ª Etapa:

Se ha previsto 2 unidades en paralelo, de un $D^* = 33,14 \text{ m}$

Se adopta = 33 m

Para 2ª Etapa:

Se adicionan 2 unidades de $D^* 33 \text{ m}$

3.4.- Sedimentadores Secundarios.

Los caudales de recirculación son:

1ª Etapa

$$q_r = 0,95 \times 689 = 654,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta : $q_r = 650 \text{ m}^3/\text{h}$

2ª Etapa

$$q_r = 0,95 \times 1.328 = 1.261,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta: $q_r = 1.250 \text{ m}^3/\text{h}$

Los caudales de cálculo resultan:

1ª Etapa:

$$\text{Caudal medio} = 870 \text{ m}^3/\text{h} + 650 \text{ m}^3/\text{h} = 1.520 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal máx.} = 1.305 \text{ m}^3/\text{h} + 650 \text{ m}^3/\text{h} = 1.955 \text{ m}^3/\text{h}$$

2ª Etapa:

$$\text{Caudal medio} = 1.740 \text{ m}^3/\text{h} + 1.250 \text{ m}^3/\text{h} = 2.990 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal máx.} = 2.610 \text{ m}^3/\text{h} + 1.250 \text{ m}^3/\text{h} = 3.860 \text{ m}^3/\text{h}$$

De acuerdo a información bibliográfica se fija para Q_{med} una permanencia de 3,5 hs.

De donde, para la Primera Etapa, se tiene:

$$Vol = 1.520 \text{ m}^3/\text{h} \times 3,5 \text{ h} = 5.320 \text{ m}^3$$

El Manual N° 8 WPCF (?) indica

$$C_M = 25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$$

$$A = \frac{1.520 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/día}}{25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}} = 1.459,2 \text{ m}^2$$

En Primera Etapa se ha previsto 2 unidades en paralelo, de donde:

$$\text{Area c/u} = \frac{1.459}{2} = 729,5 \text{ m}^2$$

De donde resulta, incluyendo el sector central:

$$D^\circ = 31 \text{ m} \quad \text{tirante (h)} = 3,50 \text{ m}$$

A continuación se realiza la verificación para caudal máximo.

$$P = \frac{2.641,7 \text{ m}^3}{977,5 \text{ m}^3/\text{h}} = 2,70 \text{ h}$$

$$C_u = \frac{977,5 \text{ m}^3/\text{h}}{754,8 \text{ m}^2} = 1,29 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h} = 30,96 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$$

Valor que coincide aproximadamente con el máximo indicado en el Manual N° 8 de WPCF (7).

Para Segunda Etapa: se adicionan 2 Sedimentadores.

$$\text{Caudal medio} = 2.990 \text{ m}^3/\text{h} - 1.520 \text{ m}^3/\text{h} = 1.470 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal máx.} = 3.860 \text{ m}^3/\text{h} - 1.955 \text{ m}^3/\text{h} = 1.905 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vol} = 1.470 \text{ m}^3/\text{h} \times 3,5 \text{ h} = 5.145 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. c/u} = 2.572 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{1.470 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/día}}{2 \times 25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}} = 705,6 \text{ m}^2$$

de donde resulta:

$$\begin{aligned} D^{\circ} &= 30,00 \text{ m} & \text{Se adopta } D^{\circ} &= 31 \text{ m (Para tener en cuenta} \\ & & & \text{el Area Central)} \\ \text{tirante (h)} &= 3,45 \text{ m} \end{aligned}$$

3.5.- Concentradores de Barro.

Los concentradores o espesadores mecánicos se dimensionan en base a la carga de sólidos por unidad de superficie.

METCALF y EDDY (6) indican: 1,6 a 3,2 kg/m².h.

ECKENFELDER/O'CONNOR(26): 20 lb/ft².día = 97,74 kg/m².día

Se adopta una carga de sólidos de 90 kg/m².día.

Para 1ª Etapa:

$$\text{sólidos secos} = 4.063,7 \text{ kg/día}$$

$$A = \frac{4.063,7 \text{ kg/día}}{90 \text{ kg/m}^2.\text{día}} = 45,15 \text{ m}^2$$

Se prevén dos unidades

$$c/u = 22,58 \text{ m}^2$$

de donde resulta, incluyendo sector central de distribución, un D° = 5,50 m.

De acuerdo a información bibliográfica, se fija una altura útil periférica de 3,00 m.

Segunda Etapa:

$$\text{Sólidos Secos} = 7.789,5 - 4.063,7 = 3.725,8 \text{ kg/día}$$

Por lo tanto, sería necesario adicionar 2 unidades de D° = 5,50 m

3.6.- Digestores anaeróbicos.

Para el cálculo de la capacidad de digestión aplicamos la Fórmula de RICH:

$$C = \frac{P \cdot t \left(1 - \frac{2 a_e \cdot V}{3} \right)}{\Gamma_m (1 - \mu_m)} + \frac{P (1 - a_e \cdot V)}{\Gamma_d (1 - \mu_d)} \cdot t_m$$

donde:

- C = capacidad del digestor (m³)
- P = peso de sólidos secos que ingresan diariamente al Digestor
- V = fracción de volátiles en los sólidos afluentes al Digestor

a_t = fracción de volátiles digeridos en el tiempo t
 t = tiempo de digestión
 t_a = período de almacenamiento
 T_d = peso específico del barro digerido
 T_m = peso específico del barro contenido en el Digestor
 μ_d = humedad del barro digerido
 μ_m = humedad media del barro contenido en el Digestor

Del Manual N° 8 WPCF (?) y de METCALF y EDDY (*) se tiene:

Para $T = 32^\circ\text{C}$ tiempo de digestión = 25 días

Eficiencia en remoción de sólidos en sedimentación
primaria = 60%

Eficiencia en remoción de sólidos en tratamiento
biológico = 36%

La cantidad de sólidos secos será:

1ª Etapa:

Sól. retenidos = $P =$

$$= 0,440 \text{ kg/m}^3 \times 15.352 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,96 = 6.485 \text{ kg/día}$$

2ª Etapa:

$$P = 0,44 \times 0,96 \times 30.581 = 12.917 \text{ kg/día}$$

De METCALF y EDDY (*) se obtienen las características del barro según el siguiente detalle:

. % de sólidos del Barro Primario sedimentado	= 2,5 a 5 %
. Idem concentrado	= 8 a 10 %
. % de sólidos de tratamiento por Lechos Percoladores	= 4 a 7 %
. Idem concentrado	= 7 a 9 %
. Barro combinado % de sólidos	= 3 a 6 %

- . Idem concentrado = 7 a 9 %
- . % de sólidos barro digerido = 10 %
- . % de sólidos volátiles en el barro primario = 70 %
- . % de sólidos volátiles en barro de
sedimentadores secundarios = 45 %

Porcentaje de sólidos volátiles en el barro combinado

$$V = 0,60 \times 0,70 + 0,36 \times 0,45 = 0,582$$

Se adopta $V = 60 \%$

Del Manual N° 8 WPCF (?), con

$t = 25$ días y $V = 60 \%$
se tiene

$$a_t = 35 \%$$

Además, de información bibliográfica se tiene

$$\Gamma_d = 1.040 \text{ kg/m}^3$$

$$\Gamma_m = 1.030 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_d = 0,90$$

$$\mu_m = 0,915$$

Para el cálculo se fija $t_a = 10$ días

Aplicando la fórmula de RICH se tiene:

- Primera Etapa

$$C = \frac{6.485 \times 25 \left(1 - \frac{2 \times 0,35 \times 0,60}{3}\right)}{1.030 (1 - 0,915)} + \frac{6.485 \times 10 (1 - 0,35 \times 0,60)}{1.040 (1 - 0,90)} = 2.085,2 \text{ m}^3$$

- Segunda Etapa:

$$C = \frac{12.917 \times 25 \times 0,86}{87,55} + \frac{12.917 \times 10 \times 0,79}{104} = 4.153,3 \text{ m}^3$$

Verificación de Factor de Carga

$$\text{Fact. de Carga} = \frac{\text{kg Sól. Vol./día}}{\text{Vol.de digestión}} = \frac{6.485 \times 0,6}{2.085,2}$$

$$= 1,87 \text{ kg Sól.Vol./m}^3.\text{día}$$

Este factor se encuadra dentro de los límites indicados en el Manual N° 8 (?), que spon. 1,6 a 6,4 kg SV/m³.día.

Dimensionamiento de los Digestores.

* Primera Etapa:

$$\text{Vol. necesario} = 2.085 \text{ m}^3$$

Se adoptan 4 digestores, 2 de cubierta fija y 2 de cubierta flotante.

$$\text{Vol. c/u} = \frac{2.085}{4} = 521,25 \text{ m}^3$$

Se fija:

$$D^{\circ} = 10 \text{ m} \quad d = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Volumen del cono de fondo} = 0,2618 \text{ h} (D^2 + D.d + d^2) =$$

$$= 0,2618 \times 1,50 (100 + 10 \times 1,5 + 2,25) = 46,04 \text{ m}^3$$

El tirante h resulta

$$h = \frac{521,25 - 46,04}{A}$$

./.

donde

$$A = 78,54 \text{ m}^2$$

por tanto

$$h = 6,05 \text{ m} \quad - \quad \text{Se adopta } h = 6,10 \text{ m}$$

Los digestores de cubierta flotante tendrán iguales dimensiones que los de cubierta fija.

* Segunda Etapa:

$$\text{Vol} = 4.153,3 - 2.085,2 = 2.068,1 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, para Segunda Etapa será necesario construir una batería de 4 digestores iguales a los de la 1ª Etapa.

Caudal de barro que ingresa a los Digestores diariamente:

1ª Etapa

$$Q_{\text{ingreso}} = \frac{P}{\Gamma_{\text{b}} (1 - \mu_{\text{b}})}$$

donde

Γ_{b} = peso específico del barro que ingresa al digestor
(de información bibliográfica = 1.020 kg/m^3)

μ_{b} = humedad del barro que ingresa al digestor
(de información bibliográfica = $0,93$)

Por tanto,

$$Q_{\text{ingreso}} = \frac{6.485 \text{ Kg/día}}{1.020 (1 - 0,93)} = 90,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa =

$$\frac{12.917 \text{ Kg/día}}{1.020 (1 - 0,93)} = 180,9 \text{ m}^3/\text{día}$$

./.

Se adopta $Q_{\text{ingreso}} = 180 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal de barro a extraer diariamente

$$Q_{\text{e}} = \frac{P - P \cdot V \cdot a_{\text{e}}}{T_{\text{d}} (1 - \mu d)}$$

1ª Etapa

$$Q_{\text{e}} = \frac{6.485 - 6.485 \times 0,6 \times 0,35}{1.040 (1 - 0,90)} = 49,26 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa

$$Q_{\text{e}} = \frac{12.917 - 12.917 \times 0,6 \times 0,35}{1.040 (1 - 0,90)} = 98,12 \text{ m}^3/\text{día}$$

Producción de gas.

Del Manual N° 8 WPCF (7) se tiene la siguiente información:

a) Para Planta con tratamiento secundario = 28 l/persona.día de producción de gas.

1ª Etapa

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= 28 \text{ l/hab.día} \times 75.254 \text{ hab} = 2.107.112 \text{ lit} = \\ &= 2.107 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned}$$

2ª Etapa

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= 28 \text{ l/hab.día} \times 144.250 \text{ hab} = 4.039.000 \text{ lit} = \\ &= 4.039 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned}$$

b) de 500 a 750 l/kg de Sól. Vol. que ingresan al Digestor ó
750 a 1.100 l/kg de Sól. Vol. destruidos.

Se adopta 1.000 l/kg SV destruidos y
500 l/kg S que ingresan

1ª Etapa

$$\text{Sól. Vol. destr.} = 6.485 \text{ kg/día} \times 0,6 \times 0,35 = 1.361,85 \text{ kg/d}$$

$$\text{Vol. de gas} = 1.361,85 \text{ kg/día} \times 1,0 \text{ m}^3/\text{kg} = 1.362 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Vol. de gas} = 6.485 \times 0,6 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{kg} = 1.945,5 \sim 1.945 \text{ m}^3/\text{d}$$

2ª Etapa

$$\text{Sól. Vol. destr.} = 12.917 \times 0,6 \times 0,35 = 2.712,6 \text{ kg/día}$$

$$\text{Vol. de gas} = 2.712,6 \times 1,0 \text{ m}^3/\text{kg} = 2.713 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Vol. de gas} = 12.917 \times 0,6 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{kg} = 3.875 \text{ m}^3/\text{día}$$

Valores promedio

1ª Etapa

$$\text{Vol. de gas producido} = 1.805 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa

$$\text{Vol. de gas producido} = 3.542 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de cantidad de calor y capacidad del intercambiador para calefaccionar los Digestores.

- Requerimientos de calor para elevar la temperatura del barro crudo que ingresa

$$H_a = Q_b \cdot C (t_a - t_b)$$

donde

$$Q_b = \text{caudal de barro fresco}$$

$$C = \text{calor específico. Se toma } 1 \text{ Kcal/}^\circ\text{C.l}$$

t_d = temperatura de digestión = 32°C

t_b = temperatura del barro fresco: se adopta 3° menos que la temperatura del desagüe (Manual N° 8 WPCF (?) = 15°C).

1ª Etapa

$$Q_b = 90,8 \text{ m}^3/\text{día} = 3,78 \text{ m}^3/\text{h} = 3.780 \text{ l/h}$$

$$H_a = 3.780 \text{ l/h} \times 1 \text{ Kcal/l.}^{\circ}\text{C} (32 - 15)^{\circ}\text{C} =$$

$$H_a = 64.260 \text{ Kcal/h}$$

2ª Etapa

$$Q_b = 180,9 \text{ m}^3/\text{día} = 7,537 \text{ m}^3/\text{h} = 7.537 \text{ l/h}$$

$$H_a = 7.537 \text{ l/h} \times 1 \text{ Kcal/l.}^{\circ}\text{C} \times 17^{\circ}\text{C} =$$

$$H_a = 128.129 \text{ Kcal/h}$$

Pérdidas de calor a través de las paredes de los Digestores:

$$H_b = A \cdot U (T_2 - T_1) =$$

donde:

H_b = pérdida de calor del digestor

U = coeficiente de Transferencia de calor $\text{BTU/h.m}^2^{\circ}\text{C}$

A = área de las paredes, techo, fondo, en m^2

T_2 = temperatura de digestión = 32°C

T_1 = temperatura exterior media mínima de dos semanas

La temperatura media mínima del mes más frío es de $5,6^{\circ}\text{C}$; dado que debe tomarse la media de 2 semanas, se adopta 2°C .

Del Manual N°8 WPCF (?) se tiene para U los siguientes valores:

Techo de hormigón	=	0,5 BTU/h.ft ² °F	=	9,688 BTU/h.m ² °C
Cubierta flotante	=	0,24 " "	=	4,65 " "
Paredes de hormigón	=	0,35 " "	=	6,78 " "
Paredes de hormigón enterradas en suelo seco	=	0,18 " "	=	3,49 " "
Fondo	=	0,12 " "	=	2,32 " "

$$\text{BTU/h.ft}^2\text{°F} = 19,377 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C}$$

Los Digestores estarán 1,50 m enterrados.

Pérdida en los Digestores de cubierta fija:

. Techo:

$$\text{Sup.} = 1,5708 \times 4,50 \times (10 + 1,5) + \frac{\pi \times 1,5^2}{4} = 83,05 \text{ m}^2$$

$$H_b = 9,688 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C} \times 83,05 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 24.138 \text{ BTU/h}$$

. Pared sobre terreno:

$$H_b = 6,78 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C} \times 160,22 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 32.544 "$$

. Pared enterrada:

$$H_b = 3,49 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C} \times 47,10 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 4.931 "$$

. Losa de fondo:

$$H_b = 2,32 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C} \times 83,05 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 5.780 "$$

$$\text{Total} = \underline{\underline{67.393 \text{ BTU/h}}}$$

$$\text{Total para dos Digestores} = 134.786 \text{ BTU/h}$$

Pérdida en los Digestores de cubierta flotante:

$$. \text{Cubierta} = 4,65 \text{ BTU/h.m}^2\text{°C} \times 78,53 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 10.955 \text{ BTU/h}$$

$$. \text{Pared sobre terreno} = 6,78 \times 172,70 \text{ m}^2 \times 30\text{°C} = 35.127 "$$

. Pared enterrada (idem cubierta fija)	=	4.931	"
. Fondo (idem cubierta fija)	=	5.780	"
		<hr/>	
Total	=	56.793	BTU/h

Total para los dos Digestores = 113.586 BTU/h

Pérdida total de calor para los 4 Digestores

$$H_b = 248.372 \text{ BTU/h} = 62.590 \text{ Kcal/h}$$

Total de cantidad de calor a suministrar a los Digestores:

Para mantener una temperatura de 32°C en los Digestores, se necesita la siguiente cantidad de calor:

Primera Etapa:

$$\begin{aligned} H &= H_a + H_b = 64.260 + 62.590 \text{ Kcal/h} = \\ &= 126.850 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

Segunda Etapa:

$$\begin{aligned} H &= H_a + H_b = 128.129 \text{ Kcal/h} + 125.180 \text{ Kcal/h} = \\ &= 253.309 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

El gas de digestión tiene aproximadamente 65% de metano, y un poder calorífico de 5.400 Kcal/m³.

El consumo de gas para calefacción sería:

Primera Etapa:

$$\text{Consumo de gas} = \frac{126.850 \text{ Kcal/h}}{5.400 \text{ Kcal/m}^3} = 23,49 \text{ m}^3/\text{h} = 563,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

Segunda Etapa:

$$\text{Consumo de gas} = \frac{253.309 \text{ Kcal/h}}{5.400 \text{ Kcal/m}^3} = 46,9 \text{ m}^3/\text{h} = 1.125,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

La capacidad del equipo intercambiador de calor, tipo de calefacción exterior, se fija con un margen razonable del 25%, instalándose dos equipos en Primera Etapa, y dos mas en la Segunda, por lo que cada uno tendrá una capacidad de:

$$H_{\text{intercambiador}} = \frac{158.563 \text{ Kcal/h}}{2} = 79.281 \text{ Kcal/h}$$

Se adopta = 80.000 Kcal/h cada uno

3.7.- Deshidratación de barro.

Para el cálculo de la superficie necesaria de Playas de Secado, el Manual N° 8 WPCF (?) y METCALF y EDDY (*) indican la siguiente superficie mínima:

Para barro primario y humus digerido = 0,11 a 0,16 m²/hab

Se adopta = 0,13 m²/hab

1ª Etapa

$$\text{Sup. necesaria} = 0,13 \text{ m}^2/\text{hab} \times 75.254 \text{ hab} = 9.783 \text{ m}^2$$

2ª Etapa

$$\text{Sup. necesaria} = 0,13 \text{ m}^2/\text{hab} \times 144.250 \text{ hab} = 18.752 \text{ m}^2$$

A continuación se calcula la superficie de playas de secado, en base a la carga de sólidos indicada en el "Manual de Operación".

Carga de 80 a 180 kg/m².año; por las condiciones locales muy secas se adopta el valor más alto.

$$\text{Peso de barro digerido} = P - P \cdot V \cdot a_e$$

$$1^{\text{a}} \text{ Etapa} \quad P = 5.123 \text{ kg/día}$$

$$2^{\text{a}} \text{ Etapa} \quad P = 10.204 \text{ kg/día}$$

$$\text{Carga admisible/día} = \frac{180}{365} = 0,493 \text{ kg/m}^2.\text{día}$$

Area necesaria

$$1^{\text{a}} \text{ Etapa} = \frac{5.123}{0,493} = 10.391 \text{ m}^2$$

$$2^{\text{a}} \text{ Etapa} = \frac{10.204}{0,493} = 20.698 \text{ m}^2$$

Se adopta el promedio de las dos superficies determinadas.

$$1^{\text{a}} \text{ Etapa} \quad \text{Sup. nec. prom.} = 10.087 \text{ m}^2$$

$$2^{\text{a}} \text{ Etapa} \quad \text{Sup. nec. prom.} = 19.725 \text{ m}^2$$

Se adoptan Playas de 6 x 25 m, de donde se tiene

1^a Etapa

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Playas} = \frac{10.087}{6 \times 25} = 67$$

2^a Etapa

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Playas} = \frac{19.725}{150} = 132$$

El costo estimativo de las Playas de Secado es de aproximadamente \$40.000.- cada una, de donde el costo total de las 67 Playas es de aproximadamente:

Primera Etapa: \$ 2.680.000.-

Segunda Etapa: \$ 2.600.000.-

El precio de una centrifuga es de 150.000 dólares, o sea, aproximadamente \$ 230.000 instalada.

Si se instalan dos equipos en paralelo y se adiciona el edificio, el monto total seria aproximadamente 1.000.000 de pesos.

A esto se debe adicionar el menor costo de operación por mano de obra que significa la instalación de las centrifugas frente a Playas de Secado.

Por lo tanto se adopta, para la deshidratación del barro digerido la centrifugación, instalándose dos equipos funcionando uno y quedando el otro de reserva.

3.8.- Cámara de Cloración.

Se fija una permanencia de 20 minutos para el caudal medio, siendo los mismos:

1ª Etapa

$$Q_{\text{medio Max}} = 951 \text{ m}^3/\text{h}$$

2ª Etapa

$$Q_{\text{medio Max}} = 1.857 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para 1ª Etapa:

$$\text{Vol. nec.} = 951 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{20 \text{ min}}{60 \text{ min/hora}} = 317 \text{ m}^3$$

$$\text{Se adopta } h = 2 \text{ m}$$

$$\text{Area nec} = 158,5 \text{ m}^2$$

resultando:

$$a = 9,00 \text{ m} \quad l = 17,60 \text{ m}$$

Para 2ª Etapa:

$$\text{Vol. nec.} = 1.857 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{h}{3} = 619 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. nec.} = 619 - 317 = 302 \text{ m}^3$$

En Segunda Etapa se adicionará una cámara de iguales dimensiones, o sea:

$$a = 9,00 \text{ m} \quad l = 17,60 \text{ m} \quad y \quad h = 2 \text{ m}$$

Se previó desinfectar el desague tratado con hipoclorito de sodio al 10% . Esta práctica es la que se utiliza en Europa y U.S.A., y se adoptó, por cuestiones de seguridad en la operación.

Consumo de Hipoclorito:

1ª Etapa: se fija una dosis de 5 mg/l

$$\text{Consumo diario} = 16.508 \text{ m}^3/\text{dia} * 0,005 \text{ kg/m}^3 = 82,54 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Vol. Hipoclorito al 10\%} = \frac{82,54 \text{ kg/dia}}{0,1 \text{ kg/l}} = 825,4 \text{ l/dia}$$

3.9.- Estación Elevadora para Recirculación.

Para 1ª Etapa

$$Q_{rec} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para 2ª Etapa

$$Q_{rec} = 1.250 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para Primera Etapa se ha previsto un pozo de bombeo con la instalación de 3 electrobombas, de 325 m³/h cada una, de las cuales funcionarán 2, quedando una de reserva.

Para Segunda Etapa se debería adicionar un pozo de bombeo igual al de la primera Etapa, con la misma capacidad de bombeo. El funcionamiento de esta Estación Elevadora es continuo, por lo cual no se calcula el volumen del pozo de aspiración, habiéndose definido sus dimensiones de acuerdo a la experiencia y a bombeos similares en funcionamiento.

• Altura de bombeo

Q_{bombeo}	$650 \text{ m}^3/\text{h} = 180 \text{ l/seg}$	
Diámetro cañería de impulsión	$= 0,350 \text{ m}$	
Pérdida de carga	$= 0,012$	$V = 1,90$
Cota Nivel líquido Cámara Partidora Nº2.	. . .	233,52
Cota N.L. en Pozo Bombeo Recirculacion	. . .	228,21
Altura geométrica de bombeo	5,31
Pérdida por fricción en cañería		
110 m x 0,012	1,32
Pérdida de carga localizada	$\frac{4 \times 1,90^2}{19,62}$. . 0,74
Altura de elevación de bombas	7,37

Se adopta una ADT de bombeo de 7,50 m de columna de agua.

2.9.- Conducto de Descarga.

En Primera Etapa se previó descargar el desague tratado al Rio Negro, prolongando la cañería existente de 0,600 m de diametro. En Segunda Etapa se debiera instalar una cañería paralela de igual diametro.

2.10.- PERFIL HIDRAULICO ALTERNATIVA I.

* Perfil entre Cámara de Equilibrio existente y Est. Elevadora Planta.

Cota NL máx (s/plano) 230,60

Pérdida en cañ. entre Cámara, E.E.

En Primera Etapa funcionará la cañería existente

En Segunda Etapa se colocará otra paralela de igual diámetro.

$$Q = 1250 \text{ m}^3/\text{h} = 347 \text{ l/seg}$$

$$V = 1,23 \text{ m/seg}$$

$$\delta h^j = 270 \text{ m} \times 0,002 = 0,54$$

$$\delta h^L = 2 \times \frac{1,23^2}{19,6} = 0,15 \quad 0,69$$

Cota NL máximo en F.A. de la Estacion Elevadora 229,91

* Pedfil Hidráulico Planta

Cota intrados conducto de descarga = NL máx. Río 225,98

Primera Etapa $Q^{max} = 1.305 = 0,362 \text{ m}^3/\text{seg}$

$$D = 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,3 \text{ m/seg}$$

$$\delta h = 600 \times 0,0022 = 1,32$$

$$\delta h_L = 4,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,39 \quad 1,71$$

Margen 0,06

Cota NL Cañ. Salida Cám. Cloración 227,75

Margen 0,05

Cota umbral vert. aforo y NL en Cámara de Cloración 227,80

Vert. aforo b = 1,50 m

$$h_v = 0,25 \quad 0,25$$

Cota NL en Cám de Aforo 228,05

Pérdida entre C. Clor. y P. de B. de recirculación

$$Q = 0,362 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$D^* = 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 0,13$$

$$\delta h_j = 15 \text{ m} \times 0,0022 = 0,033$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,129 \quad 0,16$$

Cota NL en Pozo Bombeo Rec. 228,21

Pérdida entre Sed. y Pozo Bombeo Rec.

$$Q = \frac{1.955 \text{ m}^3}{2} = 977,5 \text{ m}^3/\text{h} = 271 \text{ l/seg}$$

$$D^* 0,600 \quad j = 0,0013 \quad V = 0,96$$

$$\delta h_j = 25 \text{ m} \times 0,0013 = 0,032$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,96^2}{19,6} = 0,070 \quad 0,10$$

Cota NL en Canaleta Sal. Sed. Sec. 228,31

$$\text{Pérdida en canaleta} = 0,02$$

$$\text{revancha} = 0,10$$

$$h \text{ regulación} = 0,05$$

$$h \text{ salida} = 0,05 \quad 0,22$$

Cota NL Sed. Secundario 228,53

Pérdida entre salida Lech. P. y Sed. Sec.

$$Q = 977,5 \text{ m}^3/\text{h} = 271 \text{ l/seg}$$

$$D^\circ 0,600 \quad j = 0,0013 \quad V = 0,96$$

$$\delta h_j = 35 \text{ m} \times 0,0013 = 0,045$$

$$\delta h_L = 2 \times \frac{0,96^2}{19,6} = 0,094 \quad 0,14$$

Cota Nivel LÍq. Salida Canal Diametral Lecho Percolador . . . 228,67

$$\text{Pérdida en canal Diametral} = 0,05$$

$$\text{Margen} = 0,10$$

$$\text{Pendiente canales transversales} = 0,35$$

$$\text{Altura losetas y drenes} = 0,30 \quad 0,80$$

$$\text{Cota piso Percolador} \quad 229,47$$

$$\text{Altura Manto} \quad 2,10$$

$$\text{Cota nivel Manto Lecho Percolador} \quad 231,57$$

$$h \text{ entre nivel manto y brazo} = 0,30$$

$$\text{Pérdida en Brazo distribuidor} = 1,20 \quad 1,50$$

$$\text{Cota NL en brazo distribuidor} \quad 233,07$$

Pérdida entre Sedim. Primario y Lecho Percolador

1er Tramo $Q = 271 \text{ l/seg.}$

$$D^\circ 0,600 \quad j = 0,0013 \quad V = 0,96$$

$$\delta h_j = 40 \text{ m} \times 0,0013 = 0,052$$

$$\delta h_L = 2 \times \frac{0,96^2}{19,6} = 0,094$$

$$2^{\circ} \text{Tramo } Q = \frac{1305}{2} = 652,5 \text{ m}^3/\text{h} = 181 \text{ l/seg.}$$

$$D^{\circ} 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92$$

$$\delta h_j = 15 \text{ m} \cdot 0,0015 = 0,022$$

$$\delta h_l = 1,5 \cdot \frac{0,92^2}{19,6} = 0,065 \quad 0,23$$

$$\text{Cota NL en camara Salida Sedim. Primario} \quad 233,30$$

$$\text{Perdida en canaleta} = 0,02$$

$$\text{Margen} = 0,10$$

$$h \text{ Regulacion} = 0,05$$

$$h \text{ Vertedero de Salida} = 0,05 \quad 0,22$$

$$\text{Cota Nivel Liquido Sediment. Primario} \quad 233,52$$

Perdida en Cañeria entre CP1 y Sedim. Primario

$$Q = 181 \text{ l/seg.}$$

$$D^{\circ} 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92$$

$$\delta h_j = 15 \text{ m} \cdot 0,0015 = 0,022$$

$$\delta h_l = 2 \cdot \frac{0,92^2}{19,6} = 0,086 \quad 0,11$$

$$\text{Cota NL Salida CP1} \quad 233,63$$

$$\text{Margen} = 0,05$$

$$h_v \text{ Partición } b = 2,00 = 0,15 \quad 0,20$$

$$\text{Cota NL en CP1} \quad 233,83$$

Cota entre CP1 y Desarenador

$$Q = 1305 \text{ m}^3/\text{h} = 362 \text{ l/seg.}$$

$$D^{\circ} 0,700 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92$$

$$\delta h_j = 20 \text{ m} \cdot 0,0015 = 0,03$$

$$\delta h_l = 1,5 \cdot \frac{0,92^2}{19,6} = 0,065 \quad 0,10$$

$$\text{Cota Nivel Liquido Salida Desarenador} \quad 233,93$$

$$\text{Margen} = 0,10$$

$$h \text{ vert. Regulacion} = 0,90 \quad 1,00$$

$$\text{Cota Nivel Liquido Desarenador y Cámara Partidora} \quad 234,93$$

Perdida entre Des. y Estacion Elevadora

$$Q = 2.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D^{\circ} 0,700 \quad j = 0,0057 \quad V = 1,80$$

$$\delta h_j = 70 \text{ m} \cdot 0,0057 = 0,40$$

$$\delta h_l = 6 \cdot \frac{1,80^2}{19,6} = 1,00 \quad 1,40$$

$$\text{Cota Piezometrica Salida Est. Elevadora} \quad 236,33$$

4.- ALTERNATIVA II : AERACION EXTENDIDA.

Esta es una Alternativa del proceso de Barros Activados en la que, sobre la base de una aeración más prolongada que la convencional, se logra:

- Una operación sencilla, de fácil mantenimiento y sin una atención especializada se obtienen eficiencias a un nivel adecuado.
- Un efluente que separa en la sedimentación secundaria en forma correcta, sin riesgo de formación de barros "abultados", y suficientemente estabilizado como para obtener un efluente de buena calidad en forma permanente.
- Obviar la sedimentación primaria.

En los Planos N°9 y N°10 se ha desarrollado el Anteproyecto de esta Alternativa de tratamiento biológico aeróbico del tipo Aeración Prolongada.

El líquido proveniente de la Estación Elevadora ingresará en una Cámara de Carga, y de allí pasará por gravedad a los Desarenadores, en donde se separarán las partículas inertes.

El Sistema no incluye Sedimentación primaria y el efluente de los desarenadores pasará por gravedad a las Celdas Aireadas, previo paso por una Cámara Partidora, de planta rectangular, en cuya masa líquida se disolverá oxígeno atmosférico, por el funcionamiento de ocho equipos de aireación de eje vertical del tipo de baja velocidad, que al mismo tiempo agitan la masa líquida impidiendo la sedimentación de los sólidos suspendidos que posee el líquido en esta etapa.

El nivel líquido de las Celdas Aireadas podrá variarse a voluntad variando de esta forma la sumergencia de los equipos aireadores, y como consecuencia variará la agitación y la incorporación de oxígeno en la masa líquida.

El líquido mezcla de las Cámaras de Aeración pasará por gravedad a los Sedimentadores Secundarios, en donde se producirá la separación por simple acción de la gravedad, del líquido y el barro activo, el cual se extraerá de los mismos y se recirculará a las Celdas Aireadas, bombeándolo desde el Pozo de Bombeo de Recirculación de Barro.

El crecimiento de la concentración del barro biológico por sobre los niveles establecidos como óptimos, dará lugar a la separación del barro excedente, el cual se concentrará en los Concentradores de Barro.

El barro excedente está suficientemente estabilizado como para no provocar problemas ambientales al procederse a su disposición como relleno de bajos, una vez deshidratado. La deshidratación se efectuará por centrifugación, de igual forma a la prevista en las otras Alternativas.

El efluente de los Sedimentadores Secundarios, que es el desagüe tratado, será sometido a cloración para su desinfección, la que será igual a la de la Alternativa I.

El efluente de la Cámara de Cloración tiene igual destino que en las otras Alternativas, o sea el Río Negro.

A continuación se desarrolla el cálculo hidráulico-sanitario de las distintas unidades que componen esta Alternativa.

4.1.- Estacion Elevadora.

El cálculo de esta unidad es el desarrollado en la Alternativa I.

4.2.- Desarenadores y Playas de secado de arena.

El cálculo de estas unidades es el desarrollado en la Alternativa I.

4.3.- Celdas Aireadas.

Para sistemas de Aeración Extendida, la relación carga orgánica/sólidos suspendidos en líquido mezcla (F/M), según ECKENFELDER, PARKER, ARCEIVALA y MANUAL N° 8 WPCF, deberá estar comprendida entre 0,05 y 0,2 kg DBO/kg SSLM.

- ECKENFELDER (14)..... = 0,1 a 0,2 Kg DBO/Kg SSVLM.d
- J.ARCEIVALA (9)..... = 0,05 a 0,10 Kg DBO/Kg SSVLM.d
- MANUAL WPCF n° 8 (7)..... = 0,05 Kg DBO/Kg SSVLM.d
- CLARK VIESSMAN (15)..... = 0,05 a 0,2 Kg DBO/Kg SSVLM.d

Se adopta para este cálculo:

$$F/M = 0,075 \text{ día}^{-1}$$

Por otro lado:

$$F/M = \frac{S_o}{X_v \cdot t}$$

donde

$$S_o = \text{DBO desagüe cloacal afluente} = 260 \text{ mg/l}$$

$$X_v = \text{concentración de SSLM}$$

$$t = \text{permanencia en la Cámara de Aeración}$$

De acuerdo con MANUAL N°8 WPCF (7) la concentración de SSLM puede estar entre 2.000 y 6.000 mg/l.

Se adopta una concentración de SSLM de 3.500 mg/l, de donde resulta:

$$t = \frac{260 \text{ mg/l}}{0,075 \text{ día}^{-1} \times 3.500 \text{ mg/l}} = 0,99 \text{ día (Se adopta 1 día).}$$

Esta permanencia concuerda con los tiempos indicados en el MANUAL N° 8 WPCF.

El volumen de las Celdas resulta:

1ª Etapa

$$V_{nec} = 1 \text{ día} \times 16.508 \text{ m}^3/\text{día} = 16.508 \text{ m}^3$$

$$\text{Se adopta} = 16.500 \text{ m}^3$$

2ª Etapa

$$V_{nec} = 31.869 \text{ m}^3/\text{día} \times 1 \text{ día} = 31.869 \text{ m}^3$$

$$\text{Se fija un tirante líquido } h = 4,00 \text{ m}$$

Se adopta en primera etapa dos unidades, las cuales funcionarán en paralelo, cuyas dimensiones a nivel medio serán:

$$a = 32 \text{ m} \quad l = 64 \text{ m}$$

previéndose la instalación de 8 equipos de aeración en cada Celda.

Para segunda etapa se adicionará dos Celdas, cuyas dimensiones serán también:

$$a = 32 \text{ m} \quad l = 64 \text{ m} \quad h_{\text{total}} = 4,00 \text{ m}$$

previéndose la colocación de 8 equipos de aeración en cada una de las celdas.

Para determinar la eficiencia aplicamos la siguiente expresión de ECKENFELDER:

$$S_e = \frac{S_o}{1 + K X_v t}$$

donde:

S_e = DBO efluente

S_o = DBO afluente

K = 0,017 a 0,03

t = permanencia en día.

Aplicando dicha expresión se tiene

$$S_e = \frac{260}{1 + 0,017 \times 3.500 \times 1} = 4,3 \text{ mg/l}$$

de donde resulta una eficiencia del 98,3 % en remoción de DBO.

La recirculación mínima la obtenemos aplicando la siguiente expresión:

$$r = \frac{X_v}{X_{vb} - X_v}$$

donde:

X_{vb} = concentración de sólidos suspendidos en la recirculación, la cual se fija en 7.000 mg/l.

$$r = \frac{3.500}{7.000 - 3.500} = 1, \text{ ó sea } 100\% \text{ de } Q_{\text{efluente medio}}$$

4.4.- Sedimentadores Secundarios.

La carga hidráulica por unidad de superficie en el caso de sistemas de Barros Activados del tipo Aeración Extendida se refiere al caudal efluente del sedimentador respecto de la superficie útil del mismo, sin tener en cuenta la recirculación.

A continuación se indica los límites establecidos para este parámetro:

- NORMAS DE LOS 10 ESTADOS (4):

Para Plantas Aeración Extendida ($F/M = 0,05$)
 $300 \text{ g/d.ft}^2 = 0,51 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

- MANUAL N° 8 WPCF (7)

Para barros activados sin distinguir tipo de procesos
 $800 \text{ gal/ft}^2.\text{d} = 1,36 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

- G.L.U.M.R.E. (cit. en 19):

Para barros activados convencionales, como caudal pico:
 $2,04 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

- ENTE DE PROTECCION AMBIENTAL DE EE.UU. - EPA (20):

Para Plantas de Aeración Extendida:

Caudal medio $0,34 - 0,68 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$
Caudal pico $1.36 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$

Siendo las Normas de los 10 Estados y EPA las que definen con mayor precisión las cargas hidráulicas para Aeración Extendida, se adopta:

./.

$$C_H = 0,51 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$$

Para 1ª Etapa

El caudal de cálculo es $Q_b \text{ med} = 870 \text{ m}^3/\text{h}$

de donde:

$$\text{Sup. nec.} = \frac{870 \text{ m}^3/\text{h}}{0,51 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}} = 1.705,9 \text{ m}^2$$

Para 2ª Etapa

$$\text{Sup. nec.} = \frac{1.740 \text{ m}^3/\text{h}}{0,51 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}} = 3.411,80 \text{ m}^2$$

Se adopta en 1ª Etapa 2 unidades y para 2ª Etapa se agregan otras dos, o sea cuatro en total.

Teniendo en cuenta la superficie del sector central de un diámetro de 3 m, resulta:

$$D = 33,09 \text{ m} \quad \text{Se adopta: } 33,00 \text{ m}$$

En Segunda Etapa el diámetro sera igual al de los de la primera.

A continuación se verifica la carga de sólidos por unidad de superficie, para lo cual se tiene en cuenta el caudal de recirculación.

El caudal de recirculación es del 100 % del caudal medio afluente, de donde:

$$1^\circ \text{ Etapa} \quad Q_R = 689 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{Se Adopta } 680 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$2^\circ \text{ Etapa} \quad Q_R = 1.328 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{Se Adopta } 1.320 \text{ m}^3/\text{h}$$

de donde los caudales de cálculo de los Sedimentadores serán:

1ª Etapa

$$Q_c = 870 \text{ m}^3/\text{h} + 680 \text{ m}^3/\text{h} = 1.550 \text{ m}^3/\text{h}$$

2ª Etapa

$$Q_e = 1.740 \text{ m}^3/\text{h} + 1.320 \text{ m}^3/\text{h} = 3.060 \text{ m}^3/\text{h}$$

El valor recomendado de carga de sólidos en METCALF y EDDY (6) para concentraciones de SSLM mayores de 2.000 mg/l, es como máximo :
146 Kg/m².d

La carga de sólidos que se obtiene de acuerdo al caudal de cálculo, concentración de sólidos y superficie de los sedimentadores, es la siguiente:

$$\text{Area de cada sedimentador} = 855,3 \text{ m}^2$$

$$C_{s\phi 1} = \frac{1.550 \text{ m}^3/\text{h} \times 3,5 \text{ kg/m}^3 \times 24 \text{ h/día}}{2 \times 855,3 \text{ m}^2} = 76,1 \text{ kg/m}^2/\text{d}$$

que resulta inferior al máximo valor arriba indicado.

La carga hidráulica por metro de vertedero resulta:

$$Q_{mv} = \frac{1.550 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/día}}{2 \times \pi \times 33} = 179,4 \text{ m}^3/\text{m.día}$$

que es inferior a los valores establecidos en

$$\text{MANUAL N° 8 WPCF} : 125 \text{ a } 250 \text{ m}^3/\text{m.día}$$

$$\text{METCALF y EDDY} : 248 \text{ m}^3/\text{m.día}$$

Para el cálculo de la profundidad se adopta la permanencia recomendada por EPA (20) que para procesos de Aeración Extendida es de 4 horas para caudales medios.

Para el caudal de cálculo del Sedimentador se considera la incidencia del 60% del caudal de recirculación:

$$Q_e = Q_m + 0,6 Q_R = 870 \text{ m}^3/\text{h} + 0,6 \times 680 \text{ m}^3/\text{h} = 1.278 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_e \text{ de cada Sedimentador} = \frac{1.278 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 639 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Vol} = 639 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ h} = 2.556 \text{ m}^3$$

de donde la altura perimetral será:

$$h = \frac{2.556 \text{ m}^3}{855,3 \text{ m}^2} = 2,99 \text{ m}$$

Se adopta $h = 3,00 \text{ m}$

Esta profundidad se encuadra dentro de los límites indicados en el MANUAL N° 8 WPCF, que son entre un mínimo de 2,10 m y un máximo de 4,20 m.

Para el caudal de bombeo máximo resulta:

$$Q_c = Q_{b\max} + Q_R = 1.305 + 0,6 \times 680 = 1.713 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q \text{ cada sediment} = 856,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

de donde:

$$p = \frac{2.565,9 \text{ m}^3}{856,5 \text{ m}^3/\text{h}} = 2,99 \text{ h}$$

Valor de permanencia que puede considerarse aceptable.

4.5.- Barro Excedente.

Para operar adecuadamente una Planta de Tratamiento resulta necesario mantener en el sistema (dentro de cierto rango) la concentración de sólidos suspendidos de diseño.

El aporte de sólidos inertes y volátiles ingresados con el líquido crudo y el crecimiento de la masa biológica propia del proceso, hacen que en forma continua o periódica se deba extraer barro del sistema.

Para el sistema del tipo en estudio (Aeración extendida) la bibliografía indica tasas de producción de barro excedente de 0,15 a 0,30 Kg/Kg DBO removida (WPCF MANUAL N° 8 (7)).

Estos valores, tradicionalmente adoptados para el cálculo de barros excedentes en aeración extendida, resultan, de acuerdo a recientes investigaciones, demasiado optimistas.

Efectivamente, SCHULTZ, HEGG y RAKNES (16) realizan un cuidadoso estudio sobre el tema, en 16 plantas de ese tipo funcionando en condiciones de operación y con eficiencias comparables (13 mg/l de DBO y 15 mg/l de SST en el efluente, como promedio). El valor real de producción de barro excedente fue, como valor medio de las 16 plantas, de 0,86 Kg SST/Kg DBO removida.día.

Se estimó asimismo que el 10% de esa producción diaria se perdía por el vertedero final.

CHUDOKA y TUCEK (17) posteriormente realizan una detallada formulación teórica para describir cinéticamente mediante un balance de masas, la composición de barro en ese tipo de tratamiento, diferenciando al barro producido biológicamente del primero, y a su vez cada uno de los componentes: orgánicos degradables, orgánicos no degradables, y minerales.

La aplicación del modelo matemático a condiciones típicas de desague cloacal en aeración extendida (permanencia hidráulica de dos días) y para períodos de retención de sólidos entre 5 y 100 días, indicaron producciones diarias entre 0,657 Kg/Kg DBO removida (SRT = 100 días) y 0,895 Kg/Kg DBO removida (SRT = 5 días).

Estos valores coinciden así en forma muy ajustada con los estudios de campo de SCHULTZ y otros.

Aplicando las expresiones de CHUDOKA-TUCEK (17), la concentración de equilibrio del Barro Activado debido al barro primario está dada por:

$$X_1 = \frac{f_o \cdot X_o \cdot \phi_x}{\phi} \left(\alpha + \frac{1 - \alpha}{f_o} \right)$$

donde:

X_o = concentración de sólidos suspendidos primarios: 440 mg/l.

f_o = fracción orgánica de SSV primarios = 0,73 (Valor medio para desagues cloacales.)

α = fracción no degradable de sólidos orgánicos primarios = entre 0,3 y 0,4 (Para desague cloacal: se adopta 0,30).

ϕ = permanencia hidráulica en las Celdas de Aeración = 1 día

ϕ_x = permanencia de sólidos en el sistema (edad del barro), de 10 a 40 días según Manual WPCF N°8 (7).

La biomasa total sintetizada (orgánica degradable, orgánica no degradable, y mineral) está dada por la siguiente expresión:

$$X_b = \frac{Y_o S_r \phi_x}{\phi} \left(\frac{1 + \beta K_d \phi_x}{1 + K_d \phi_x} + \frac{f_m^o}{1 - f_m^o} \right)$$

donde

Y_o = coeficiente de producción total de biomasa orgánica = 0,65

S_r = DBO removida 98,3 % = 255,6 mg/l para este calculo se adopta 95% DBO_r = 247 mg/l

β = fracción no degradable de biomasa orgánica, entre 0,185 y 0,24. Se adopta 0,20.

f_m^o = fracción no degradable de biomasa formada = 0,05

K_d = constante de descomposición de la porción degradable de biomasa a la temperatura del líquido

$$K_d = K_d(20^\circ\text{C}) \cdot C^{(T-20)}$$

Calculamos a continuación K_d

$K_d(20^\circ\text{C})$ varía entre 0,12 y 0,15 día⁻¹

El coeficiente C varía entre 1,02 y 1,075.

Se adopta $K_d(20^\circ\text{C}) = 0,15$ y $C = 1,047$

de donde:

$$K_d = 0,15 \cdot 1,047^{T-20}$$

Las condiciones más desfavorables son en invierno, y según cálculos efectuados la temperatura del desagüe de 18°C disminuye a 16°C en las Celdas, de donde resulta:

$$K_d = 0,15 \times 1,047^{16-20} = 0,125$$

La producción de barro excedente se calcula con la ecuación:

$$SSP = \frac{X_t \cdot \phi}{S_r \cdot \phi_x}$$

El cálculo se efectúa por aproximaciones sucesivas, adoptando un ϕ_x , calculando el barro excedente y con éste el ϕ_x que debe ser igual al adoptado.

Adoptando un $\phi_x = 12$ días se tiene

$$X_1 = \frac{0,73 \times 0,44 \times 12}{1} \left(0,3 + \frac{1 - 0,73}{0,73} \right) = 2,58 \text{ Kg/m}^3$$

$$X_b = \frac{0,65 \times 0,247 \times 12}{1} \left(\frac{1 + 0,2 \times 0,125 \times 12}{1 + 0,125 \times 12} + \frac{0,05}{1 - 0,05} \right) = 1,103$$

$$X_T = 3,68 \text{ Kg/m}^3$$

Valor que aproximadamente coincide con el adoptado inicialmente de 3.500 mg/l.

La producción de barro será

$$SSP = \frac{3,68 \times 1}{0,247 \times 12} = 1.242 \text{ kg/kg DBO}_{rem}$$

$$\begin{aligned} \text{Prod. de barro} &= 1.242 \text{ kg/kg DBO}_{rem} \times 15.352 \text{ m}^3/\text{día} \times \\ &\times 0,260 \text{ kg DBO/m}^3 \times 0,95 = 4.709 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

$$\phi_x = \text{SRT} = \frac{V \cdot C_o}{\text{Barro exc}} = \frac{16.500 \text{ m}^3 \times 3,68 \text{ kg/m}^3}{4.709 \text{ kg/día}}$$

$$\phi_s = \text{SRT} = 12,9 \text{ días}$$

Valor que concuerda aproximadamente con el adoptado.

Para el cálculo de la edad del barro en el caso de Aeración Extendida se desprecia el barro retenido en los Sedimentadores Secundarios.

Para la Segunda Etapa el barro excedente resulta

$$\text{Barro exc} = 1.242 \times 30.581 \times 0,260 \times 0,95 = 9.381 \text{ kg/día}$$

De acuerdo a experiencia en operación de plantas y a información bibliográfica, el 10% de la producción de barro escapa con el efluente tratado, de donde resulta que el barro excedente será:

1ª Etapa

$$\text{Barro exc} = 4.709 \text{ kg/día} \times 0,9 = 4.238 \text{ kg/día}$$

2ª Etapa

$$\text{Barro exc} = 9.381 \text{ kg/día} \times 0,9 = 8.443 \text{ kg/día}$$

4.6.- Equipos Aireadores.

Requerimiento de oxígeno.

Para el cálculo de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de la materia orgánica afluyente y la actividad biológica, empleamos la expresión de ECKENFELDER:

$$\text{kg O}_2/\text{día} = a' \text{ kg DBO removida} + b' \text{ kg SSVLM}$$

Los valores de los coeficientes a' y b' , son de acuerdo a diferentes autores, los siguientes:

AUTOR	a' Kg O ₂ /Kg DBO _r	b' Kg O ₂ /Kg SSLM
ECKENFELDER (5)	0,48	0,08
LOGAN Y BUDD (7)	0,52	0,09
QUIRK (7)	0,53	0,15
ARCEIVALA (9)	0,3 - 0,52	0,05 - 0,14

Se adopta con carácter conservativo

$$a' = 0,52 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_{rem}$$

$$b' = 0,14 \text{ kg O}_2/\text{kg SSVLM}$$

En base a la eficiencia calculada de 98,3 % se tiene:

* Primera Etapa:

$$\begin{aligned} \text{kg DBO}_{rem} &= 15.352 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,260 \text{ kg DBOm}^3 \times 0,983 = \\ &= 3.923,6 \text{ kg DBO/día} \end{aligned}$$

Se adopta SSVLM = 0,80 SSLM como valor conservativo, de acuerdo a Manual N° 8 de WPCF (7), de donde resulta:

$$\begin{aligned} \text{kg O}_2/\text{día} &= 0,52 \times 3.923,6 + 0,14 \times 3,5 \text{ kg/m}^3 \times 16.500 \text{ m}^3 \times \\ &\times 0,80 = 8.500 \text{ kg O}_2/\text{día} = 354 \text{ kg O}_2/\text{h} \end{aligned}$$

Dado que se previó la colocación de 8 equipos en cada Cámara, la capacidad de cada uno será:

$$\text{kg O}_2 \text{ cada equipo} = 22,1 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

* Segunda Etapa:

$$\begin{aligned} \text{kg DBO}_{\text{rem}} &= 30.581 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,260 \text{ kg DBO/m}^3 \times 0,983 = 3.923,6 = \\ &= 3.892,3 \text{ kg DBO/día} \end{aligned}$$

De donde los equipos aireadores para la segunda etapa tendrán igual capacidad que los de la primera etapa.

Potencia de los equipos aireadores.

Para el cálculo de la potencia aplicamos la misma expresión que para barros activados del tipo Convencional:

$$N = N_o \cdot \frac{C_{\text{aw}} - C_L}{C_s} \cdot \theta^{(T-20)} \cdot \alpha$$

donde:

N_o = 1,7 kg O_2 /HP.h Relación de transferencia en condiciones Standard (De acuerdo a determinaciones realizadas en el INTI, para equipos de fabricación nacional, de eje vertical de baja velocidad.)

$$\theta = 1,024$$

$$C_{\text{aw}} = \beta C_{\text{ss}}$$

$$C_{\text{ss}} = 9,1 \text{ mg/l para } T = 21^\circ\text{C}$$

$$C_s = 9,17 \text{ mg/l para } T = 20^\circ\text{C}$$

$$C_L = \text{Concentración de } O_2 \text{ en condiciones de operación} = 2 \text{ mg/l}$$

Con SRT = 12 días se determinan los valores α y β en el ábaco del MANUAL N° 8 WPCF y se tiene:

$$\alpha = 0,90 \quad \beta = 0,95$$

Aplicando los coeficientes arriba indicados se tiene:

./.

$$N = 1,7 \frac{0,95 \times 9,1 - 2}{9,17} \times 1,024^{21-20} \times 0,90 = 1,135 \text{ kg } O_2/\text{HP.h}$$

La potencia de cada equipo será:

$$P = \frac{22,1 \text{ kg } O_2/\text{h}}{1,135 \text{ kg } O_2/\text{HP}} = 19,5 \text{ HP}$$

Se adoptan equipos de 20 HP.

A continuación se verifica si la potencia de los equipos cumple con los valores mínimos de mezcla.

Para mantener los sólidos en suspensión se requieren las siguientes potencias mínimas:

- H. PARKER (2) 20 HP/1.000 m³
- ECKENFELDER (3) 20 a 26 HP/1.000 m³

Se adopta 25 HP/1.000 m³; como cada cámara tiene un volumen de 8.250 m³ la potencia necesaria será:

$$\frac{25 \text{ HP} \times 8.250 \text{ m}^3}{1.000 \text{ m}^3} = 206 \text{ HP}$$

Es decir cada equipo debería tener 25,75 HP, que resulta mayor a los 20 HP determinados por necesidades de incorporación de oxígeno; por lo tanto se adoptan equipos de 25 HP cada uno, por disponibilidad comercial.

4.7.- Concentradores de Barro.

La cantidad de barro excedente determinada es:

1° Etapa : Barro Excedente = 4.238 Kg/día.

2° Etapa : Barro Excedente = 8.443 Kg/día.

La carga de sólidos por unidad de superficie, parámetro básico de diseño para este tipo de unidades, puede obtenerse de la siguiente información:

- METCALF y EDDY (6).....= 1,6 a 3,2 kg/m².h
- MANUAL N°8 WPCF (8).....= 20 a 30 kg/m².d
- EPA (20).....= 6 a 10 lb/ft².d
- ECKENFELDER - O'CONNOR (26)....= 8 lb/ft².d

Se adopta: 8 lb/ft².d = 39 kg/m².d

De donde el area necesaria para 1° Etapa será:

$$A_{nec} = \frac{4.238 \text{ kg/día}}{39 \text{ kg/m}^2/\text{día}} = 108,7 \text{ m}^2$$

Se adopta para primera etapa 2 unidades en paralelo, cuyo diámetro incluyendo el sector central será:

$$D^{\circ} = 8,37 \text{ m} \quad \text{Se adopta } D^{\circ} = 8,50 \text{ m}$$

Se fija de acuerdo a lo indicado en MANUAL N° 8 WPCF una altura útil periférica de 3 m.

Para Segunda Etapa se prevé la construcción de dos unidades adicionales, cuyas dimensiones serán:

$$\text{Barro exc.} = 8.443 \text{ kg/día}$$

$$A_{nec} = \frac{8.443 - 4.238}{39} = 107,82 \text{ m}^2$$

De donde resultarán dos unidades de:

$$D^{\circ} = 8,50 \quad h = 3 \text{ m}$$

La concentración de sólidos del barro efluente del Concentrador será de aproximadamente 5 %, por lo que el volumen a disponer será:

1ª Etapa:

$$V = \frac{4.238 \text{ kg/día}}{1.015 \text{ kg/m}^3 \times 0,05} = 83,5 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa:

$$V = \frac{8.443 \text{ kg/día}}{1.015 \text{ kg/m}^3 \times 0,05} = 166,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.8.- Deshidratación del Barro.

Igual que para la Alternativa I, se adopta deshidratación mediante centrifugas, previéndose la instalación de dos equipos en paralelo, ubicados en un local para tal efecto.

4.9.- Digestión.

La edad del barro que resulta de los cálculos es como mínimo de 12 días, por lo que se considera que el barro está suficientemente digerido y estabilizado, deshidratándose sin producir problemas ambientales, lo cual está corroborado por la experiencia obtenida en la operación de Plantas de Tratamiento de desagües industriales y cloacales del tipo Aeración Extendida en funcionamiento en el país.

4.10.- Cloración.

Es igual a la de la Alternativa I.

4.11.- Pozo de Bombeo para Recirculación de Barro.

Los caudales de recirculación determinados son:

1ª Etapa:

$$Q_R = 680 \text{ m}^3/\text{h}$$

2ª Etapa:

$$Q_R = 1.320 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adoptan electrobombas de motor sumergido, y se ha previsto la construcción de dos pozos de bombeo, uno para la 1ª Etapa y otro para la 2ª Etapa, siendo el número y capacidad de las bombas el siguiente:

1ª Etapa:

Se instalarán 3 electrobombas de 340 m³/h c/u, funcionando 2 y quedando una de reserva.

2ª Etapa:

Se instalarán 3 electrobombas de 320 m³/h c/u, funcionando 2 y quedando una de reserva.

Para el cálculo del pozo de aspiración se fija una permanencia de 3 minutos, para el caudal de bombeo, debido a que el funcionamiento de las electrobombas es continuo, siendo el caudal afluyente igual al de bombeo.

Por lo tanto el volumen del pozo será:

$$\text{Vol.} = \frac{680 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 3 \text{ min.}}{60 \text{ min.}/\text{h}} = 34 \text{ m}^3$$

Se Adopta por razones constructivas las siguientes dimensiones:

$$a = 2,50 \text{ m} \quad l = 5 \text{ m} \quad \text{tirante liquido} = 2,70 \text{ m}$$

La cañería de impulsión se calcula para el caudal de bombeo, de lo que resulta:

$$\text{Para } Q = 680 \text{ m}^3/\text{h} = 0,189 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$D^{\circ} = 0,450 \text{ m} \quad J = 0,0028 \quad V = 1,20 \text{ m/seg.}$$

.Altura de bombeo.

$$Q_{\text{bombeo}} = 680 \text{ m}^3/\text{h} = 189 \text{ l/seg.}$$

./.

D° Cañería de Impulsión =	0,450 m	
Perdida de Carga =	0,0028	
Cota Nivel Liquido cámara Partidora =		230,70
Cota Nivel Liquido minimo en Pozo de Bombeo =		224,60
Altura geométrica de bombeo		6,10
Perdida por fricción en Cañería = 100 m . 0,0028 =		0,28
Perdida de carga localizada	$= \frac{8 \cdot 1,2^2}{19,62} =$	0,59
Margen		0,50
Altura elevación de las bombas		7,47

Se adopta una ADT de bombeo de 7,50 m de columna de agua.

4.12.- PERFIL HIDRAULICO ALTERNATIVA II.

Cota intrados cañería de Descarga = NL máx. Río 225,98

1ª Etapa $Q_{max} = 1.305 = 0,362 \text{ m}^3/\text{seg}$

D° 0,600 $j = 0,0022$ $V = 1,3 \text{ m/seg}$

$\delta h^j = 600 \text{ m} \times 0,0022 = 1,32$

$\delta h^L = 4,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,39$ 1,71

Margen 0,21

Cota intrados cañ. salida C. de Clor. 227,90
= NL Cám. Cloración

Margen 0,10

Cota umbral vertedero aforo entrada C. de Clorac. 228,00

hvert de aforo para b = 0,80 m 0,40

Cota NL en Cámara Aforo 228,40

Pérdida entre Cám. de Clorac. y Sed. Secundario

$$q = \frac{Q}{2} = 181 \text{ l/seg}$$

$$D = 0,400 \quad j = 0,0045 \quad V = 1,45 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 60 \text{ m} \times 0,0045 = 0,27$$

$$\delta h_L = 2 \times \frac{1,45^2}{19,6} = 0,21 \quad 0,48$$

Cota NL en canaleta Salida Sed. Secundario. 228,88

$$\text{Pérdida en canaleta} . . . = 0,02$$

$$\text{Margen} = 0,10$$

$$\text{hregulación} = 0,05$$

$$\text{hvert. salida} = 0,05 \quad 0,22$$

Cota NL Sed. Secundario 229,10

Pérdida entre Celda Aireada y Sed. Secundario

$$Q = \frac{1.305}{2} + \frac{680}{2} = 992,5 \text{ m}^3/\text{h} = 276 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} = 0,500 \quad j = 0,0032 \quad V = 1,45 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 50 \text{ m} \times 0,0032 = 0,16$$

$$\delta h_L = 2 \times \frac{1,45^2}{19,6} = 0,21 \quad 0,37$$

Cota NL Salida Cámara Regulación Nivel 229,47

$$\text{Margen} = 0,10$$

$$h_{\text{regulacion}} = 0,15$$

$$h_v \text{ para } b=2 \text{ m} = 0,18 \quad 0,43$$

Cota NL Celda Aireada 229,90

Pérdida entre Celda Aireada y Cám. Partidora

$$Q = \frac{1.305}{2} + 340 = 992,5 \text{ m}^3/\text{h} = 276 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,500 \quad j = 0,0036 \quad V = 1,5$$

$$\delta h_j = 40 \text{ m} \times 0,0033 = 0,13$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{1,5^2}{19,6} = 0,17 \quad 0,30$$

Cota NL salida Cámara Partidora 230,20

$$\text{margen} = 0,10$$

$$h_{\text{vert part para } b=150} = 0,17 \quad 0,27$$

Cota NL Cámara Partidora 230,47

Pérdida entre Cámara Partidora y Desarenador

$$Q = 362 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,3$$

$$\delta h_j = 80 \text{ m} \times 0,0022 = 0,176$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,129 \quad 0,30$$

Cota N LÍq. salida Desarenador 230,77

$$\text{margen} = 0,10$$

$$h_{\text{vert. regulación}} . . . = 0,90 \quad 1,00$$

Cota NL en Desarenador 231,77

Pérdida entre Desarenador y E. Elevadora

$$Q = 2.610 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D^{\circ} 0,700 \quad j = 0,0057 \quad V = 1,80 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 70 \times 0,0057 = 0,40$$

$$\delta h_L = 6 \times \frac{1,8^2}{19,6} = 1,00 \quad 1,40$$

Cota piezométrica salida Estación Elevadora 233,17

$$\text{Volumen barro acumulado : } \frac{3.033.420 \text{ kg/mes}}{1.060 \text{ kg/m}^3} = 2.862 \text{ m}^3/\text{mes}$$

o sea 716 m³/mes en cada una de las lagunas aireadas facultativas. Este valor mensual representa el 2,2 % del volumen de dichas unidades.

5.4. - Deshidratación de Barro.

El barro que se acumula en el fondo de las Lagunas Aireadas Facultativas se extraerá semanalmente, con una electrobomba de motor sumergido ubicada en una balsa móvil, bombeándolo a recintos donde se deshidratará, favorecido por las condiciones climáticas propicias.

El tiempo de deshidratación se fija en 20 días, el líquido sobrenadante que se origina por la compactación del barro en los recintos se bombeará a la entrada de la Laguna Facultativa.

No considerando en los cálculos la compactación, asignándola como un margen de seguridad, se tiene:

1ª Etapa:

$$\text{Vol} = 716 \text{ m}^3/\text{mes} \times 2 = 1.428 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Vol. a des.} = 1.428 \text{ m}^3/\text{mes} \times \frac{20 \text{ d}}{30 \text{ d/mes}} = 952 \text{ m}^3$$

Se fija un tirante de 0,7 m.

$$\text{Area neces} = \frac{952 \text{ m}^3}{0,7 \text{ m}} = 1.360 \text{ m}^2$$

Se adoptan recintos de 6 m de ancho por 25 m de largo, obteniéndose el siguiente número de recintos:

$$N = \frac{1.360 \text{ m}^2}{25 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = 9,06 \text{ o sea } \underline{9 \text{ recintos}}$$

El barro que se extrae de las lagunas está estabilizado y digerido, lo cual está corroborado por la experiencia obtenida en el funcionamiento de sistemas de tratamiento similares en el país.

El barro deshidratado será extraído de los recintos con palas frontales mecánicas, y cargado en camiones para su transporte a los lugares seleccionados para su disposición final, como relleno o abono de predios con especies forestales.

5.5.- PERFIL HIDRAULICO ALTERNATIVA III.

Se fija cota fondo Laguna Aireada Facultativa a 0,80 m sobre nivel napa freática: 225,30 + 0,80	226,10
h liq. laguna	3,65
Cota NL Laguna Aireada Facultativa	229,75
Pérdida entre L.A. Facult. y L.A. Mezcla Completa	

$$Q = \frac{1.305}{2} = 652,5 \text{ m}^3/\text{h} = 181 \text{ l/seg}$$

$$D = 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 25 \text{ m} \times 0,0015 = 0,037$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,92^2}{19,6} = 0,065 \quad 0,10$$

Cota NL en salida Cám. Reg. Nivel	229,85
Margen	0,05

./.

h regulación	0,10	
h _v para b = 4,50 m . . .	0,08	0,23
<hr/>		

Cota NL en Lag. Aireada Mezcla Completa 230,08

Pérdida entre Cám. Partidora y Lag. Air. M. Completa

$$Q = 181 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 80 \text{ m} \times 0,0015 = 0,12$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,92^2}{19,6} = 0,06 \quad 0,18$$

Cota NL Salida Cám. Partidora 230,26

$$\text{Margen} 0,10$$

$$h_v \text{ partidor } b = 1,80 \quad 0,15 \quad 0,25$$

Cota NL Cám. Partidora 230,51

Pérdida entre C. Part. y Desarenador

$$Q = 362 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} = 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,3 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 60 \text{ m} \times 0,0022 = 0,132$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,129 \quad 0,26$$

Cota NL Salida Desarenador 230,77

./.

Margen	0,10	
hvertadero	0,90	1,00
<hr/>		
Cota NL en Desarenador		231,77

Perfil entre Lag. Aireada Facultativa y Descarga al Río Negro.

Cota NL Laguna Aireada Facultativa		229,75
hvert salida b = 2 m =	0,15	
hregulación =	0,10	
margen =	0,05	0,30
<hr/>		
Cota NL en Cámara Salida		229,45

Pérdida en Cañ. entre Laguna y Cám. Cloración

$$Q = 181 \text{ l/seg}$$

$$D = 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92$$

$$\delta h_j = 80 \text{ m} \times 0,0015 = 0,12$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,92^2}{19,6} = 0,06 \quad 0,18$$

Cota NL en Cámara Aforo		229,27
hvert aforo para b = 0,00		0,40
margen		0,10
<hr/>		
Cota NL Cámara Cloración		228,77

./.

hvertedero salida y margen 0,30

Pérdida en Conducto de Descarga

$$Q = 362 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} = 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,30$$

$$\delta h_j = 800 \text{ m} \times 0,0022 = 1,76$$

$$\delta h_L = 4,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,39 \quad \underline{\underline{2,15}}$$

Cota Nivel Liq. máx. de descarga 226,62

Valor que es mayor a la cota intrados cañería existente 225,98.

6.- ALTERNATIVA IV - LAGUNA ANAEROBICA Y AIREADAS EN SERIE.

Esta Alternativa consiste en la implementación como primera etapa del tratamiento, Lagunas Anaeróbicas, seguidas por Lagunas Aireadas de Mezcla Completa y como afinamiento Lagunas Aireadas Facultativas.

Se trata de un sistema de tratamiento muy simple y seguro para tratar desagües cloacales, con un equipamiento electromecánico mínimo.

Las lagunas se diferenciarán en condiciones de funcionamiento normal, en unidades de primera etapa, segunda etapa y de afinamiento.

Las primeras serán de tipo Anaeróbicas, es decir con ausencia total de oxígeno en toda la masa líquida, a lo sumo en la superficie libre y sin mayor significación.

En los procesos anaeróbicos, como es sabido, la materia orgánica es licuada, gasificada, mineralizada y transformada en materia orgánica mas estable, destacándose en este complejo proceso dos etapas, la licuación y la gasificación.

Los sólidos orgánicos sedimentaran y sufrirán una digestión también anaerobica a largo periodo de tiempo, concentrándose en el fondo de estas lagunas.

Una vez por año se deberá poner fuera de servicio cada una de estas lagunas, para proceder a extraer el barro acumulado. Esta operación consistirá en bombear el liquido con bombas portátiles de motor sumergido, sustentadas desde una unidad flotante, a las otras lagunas. Luego se dejaría deshidratar el manto de barro contando con las condiciones climáticas favorables del lugar, hasta adquirir las características adecuadas para su extracción con palas frontales, cargándolo en camiones para su disposición final en áreas a forestar o para rellenos, dada su condición de mineralización resultante de los largos periodos de digestión.

Las Lagunas de segunda etapa son del tipo Aireadas de Mezcla Completa (Aeróbicas), es decir con oxígeno disuelto en toda la masa líquida, siendo por lo tanto el proceso del tipo biológico Aerobico. La potencia de los equipos aireadores es la necesaria como para mantener en suspensión los sólidos contenidos en el líquido afluente y los conformados biológicamente, los cuales pasaran a las Lagunas Aireadas Facultativas.

Como se indico, como ultima etapa del sistema de tratamiento, se ubicaron Lagunas Aireadas Facultativas, en las cuales la potencia de los

equipos aireadores es la necesaria para tener oxígeno disuelto en toda la masa líquida, pero no es suficiente para mantener los sólidos biológicamente conformados en suspensión, los cuales sedimentarán, y donde seguirán un lento y prolongado proceso de estabilización anaeróbica.

La forma rectangular y la ubicación de los equipos aireadores en la zona de ingreso, permitirán obtener un efluente sin sólidos en suspensión y de óptima calidad a lo largo de todo el año.

El barro acumulado en el fondo de estas Lagunas será extraído mediante bombas portátiles de motor sumergido, para barros, sustentadas desde unidades flotantes, y será bombeado a las Lagunas Anaeróbicas. De acuerdo a los cálculos efectuados, esta tarea se debería realizar aproximadamente cada tres meses.

El efluente tratado, también en este caso, será sometido a una desinfección previo a su descarga en el Río Negro, para lo cual se le dosificará hipoclorito de sodio en la cabecera de la Cámara de Cloración.

También la operación del sistema de esta Alternativa, requiere un mínimo de personal, limitado a tareas de limpieza, conservación de taludes, corte de malezas y pasto, además debe agregarse las operaciones de manejo de barro. Por supuesto a todo lo anterior debe sumarse las tareas de control y supervisión del sistema por parte del Encargado de Planta.

Este sistema estará constituido, para el periodo final de diseño (año 2022), por 6 lagunas Anaeróbicas iguales, 4 lagunas aireadas de mezcla completa, y 4 lagunas aireadas facultativas.

Para esta etapa de Anteproyecto Preliminar se considera que los volúmenes de las Lagunas de la Primera y Segunda Etapa son iguales, y que se ajustarán al desarrollar el Anteproyecto Definitivo.

6.1 Dimensiones de las Lagunas.

6.1.1 Lagunas Anaeróbicas.

Se utiliza para el cálculo la fórmula de Vincent (29) que permite evaluar la eficiencia del sistema en condiciones de verano (temperaturas de líquido = 20 - 22°C).

5.- ALTERNATIVA III - LAGUNAS AIREADAS EN SERIE.

Con excepción de las Lagunas de Estabilización -descartadas por el espacio requerido- son las Lagunas Aireadas uno de los sistemas más sencillos y seguros para tratar efluentes cloacales.

La simplicidad del equipamiento electromecánico requerido y la gran capacidad para absorber variaciones en caudal y calidad las hacen uno de los sistemas más utilizados y experimentados en el país y en el exterior tanto para tratar efluentes sanitarios como industriales.

El mayor inconveniente que presentan es la reducción de eficiencia en baja temperatura, pero un diseño adecuado que contemple esa circunstancia obvia todo inconveniente en ese sentido.

Las lagunas se diferenciarán para funcionamiento normal, en unidades de Primera y Segunda Etapa de tratamiento.

Las primeras serán de tipo aeróbico, es decir con oxígeno disuelto disponible en toda la masa líquida. El requerimiento de potencia para esa condición hace que un alto porcentaje de los sólidos contenidos en el líquido crudo y conformados biológicamente se mantenga en suspensión y pase a las Lagunas de Segunda Etapa. Estas serán del tipo Aireadas Facultativas, es decir con una capa inferior en la que predominan las condiciones anaeróbicas, cubierta por la capa superior netamente aeróbica, y en la que los sólidos decantados siguen un largo y lento proceso de estabilización: gasificación, licuación y parcial "mineralización" de la materia orgánica.

La forma rectangular y la ubicación de los equipos aireadores en la zona de ingreso permitirán una adecuada decantación y clarificación del efluente en el sector de salida.

Los barros acumulados en el fondo de las Lagunas, fundamentalmente en las de Segunda Etapa, se extraerán mediante bombas portátiles de motor sumergido, para barros, sustentadas desde una unidad flotante. De acuerdo a los cálculos realizados mas adelante, la tarea se llevara a cabo una vez por semana, y el material extraído se dispondrá en Recintos de deshidratación de escasa profundidad (0,70 m) donde contarán con condiciones climáticas muy favorables y vientos continuos, para adquirir una característica tal que resulten manejables con una pequeña pala frontal. Se trata de material que por sus características resultará ideal para mejorar los suelos a forestar en el Área.

El efluente tratado pasara por una unidad de desinfección: Cámara de Cloración, en la que se dosificara como agente activo el hipoclorito de sodio.

El liquido tratado descargara por gravedad en el Río Negro.

Sin perjuicio del resultado de la comparación técnico-económica de alternativas, efectuada mas adelante, se mencionan a continuación las ventajas de tipo operativo que presenta esta Alternativa.

La explotación del sistema utiliza un mínimo de personal, el que además no se requiere sea de alta calificación. El personal de la Planta estará limitado a un encargado y algunos operarios destinados a tareas de campo: limpieza, conservación de taludes, riego de las especies arbóreas y arbustivas previstas y a una mínima y discontinua tarea de movimiento de barro, la que se ejecutará con un pequeño equipo de maquinaria para movimiento de suelos. Por supuesto a esto se agrega la tarea de supervisión y control del sistema por parte del encargado.

Este sistema estará constituido por 4 líneas iguales y paralelas de 2 unidades en serie cada una, para el periodo final de diseño (Año 2022).

Para esta etapa de Anteproyecto Preliminar se considera que los volúmenes de las Lagunas de la Primera y Segunda Etapa son iguales, y que se ajustaran al desarrollar el Anteproyecto Definitivo.

5.1.- Dimensiones de las Lagunas.

5.1.1.- Laguna Aireada Mezcla Completa.

Se utiliza la siguiente expresión de Eckenfelder, aplicable a sistemas biológicos de mezcla completa sin recirculación:

$$DBO_{\bullet} = \frac{DBO_{\bullet}}{1 + K_t * t}$$

Donde:

- . DBO_{\bullet} = DBO del liquido tratado.
- . DBO_{\bullet} = DBO del liquido que ingresa a la unidad.
- . K_t = Constante de remoción de DBO a una temperatura dada.

./.

$$t = \text{Permanencia Hidráulica} = \frac{\text{Volumen de la unidad}}{\text{Caudal Tratado}}$$

Adoptando K_t a $20^\circ\text{C} = 2,5 \text{ días}^{-1}$, según recomendación de EPA (EE UU) (28), y considerando la formula de Arrhenius modificada para su corrección a diversas temperaturas, resulta:

$$K_t = 2,5 \times \theta^{T-20^\circ\text{C}}$$

Donde: θ es el coeficiente de Temperatura, que vale según:

- ECKENFELDER (5)	1,06 a 1,08
- METCALF-EDDY (6)	1,06
- U.S. EPA (28)	1,085

Adoptamos para el Calculo : $\theta = 1,08$

En esas condiciones, consideramos una laguna de mezcla completa de 2 días de permanencia t , con lo cual resulta:

$$\text{Volumen total de lagunas mezcla completa } V = Q \cdot t$$

$$\text{o sea } V (\text{m}^3) = 31.869 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 2\text{d} = 63.738 \text{ m}^3$$

Adoptando una profundidad de 3,65 m resulta una superficie media total de:

$$A = \frac{63.738 \text{ m}^3}{3,65 \text{ m}} = 17.462 \text{ m}^2$$

Para esta etapa de Anteproyecto Preliminar se considera que el volumen de las Lagunas de la 1ª y 2ª Etapa son iguales.

Luego, cada una de las 4 lagunas de mezcla completa tendrá las siguientes dimensiones:

./.

$$V_{c/u} = \frac{63.738 \text{ m}^3}{4} = 15.934 \text{ m}^3$$

$$A_{c/u} = 4.365,5 \text{ m}^2$$

Adoptando para las lagunas sección cuadrada (relación largo/ancho = 1) y taludes 1:2 las medidas a nivel de la superficie serán:

$$l = 73 \text{ m.}$$

$$a = 73 \text{ m}$$

$$S_i = 5.330 \text{ m}^2$$

$$S_i \text{ TOTAL} = 4 \times 5.330 = 21.320 \text{ m}^2$$

A los efectos de calcular la eficiencia de estas lagunas en las condiciones críticas de invierno es necesario, previamente, determinar la temperatura de cada una de ellas, aplicando la fórmula de Mancini y Barnhart:

$$T_{enf1} = T_{iao} \text{ (}^\circ\text{C)} = \frac{A \text{ (m}^2\text{)} \times f \times T_{amb} \text{ (}^\circ\text{C)} + Q \text{ (m}^3\text{/d)} \times T_{enf1} \text{ (}^\circ\text{C)}}{A \text{ (m}^2\text{)} \times f + Q \text{ (m}^3\text{/d)}}$$

$$A = S_i \text{ TOTAL} = \text{Area de lagunas} = 21.320 \text{ m}^2$$

$$Q = \text{Caudal diario} = 31.869 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$f = \text{Constante edimensional, igual a } 0,5 \text{ (28)}$$

$$T_{enf1} = \text{Temperatura del liquido cloacal en invierno} = 18^\circ\text{C} \\ \text{(de acuerdo a información suministrada)}$$

$$T_{amb} = \text{Temperatura ambiente del mes mas frío} : 5^\circ\text{C (de acuerdo a información meteorológica)}$$

Por consiguiente:

$$T_{iao} = \frac{21.320 \times 0,5 \times 5 + 31.869 \times 18}{21.320 \times 0,5 + 31.869} = 14,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

./.

Por lo tanto: $K = K_{20^{\circ}\text{C}} \times \theta^{(T-20)} = 2,5 \times 1,08^{(14,7-20)}$

$$K = 1,66 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{y } \text{DBO}_{\text{efluente}} = \frac{260}{1 + 1,66 \times 2} = 60 \text{ mg/l}$$

Para condiciones de verano:

$$T_{\text{Lag}} = \frac{21.320 \times 0,5 \times 22 + 31.869 \times 21}{21.320 \times 0,5 + 31.869} = 21,3^{\circ}\text{C}$$

Luego: $k = 2,76 \text{ día}^{-1}$

$$\text{y } \text{DBO}_{\text{efluente}} = \frac{260}{1 + 2,76 \times 2} = 40 \text{ mg/l}$$

5.1.2 Laguna Aireada Facultativa.

Se aplica la misma expresión ya vista:

$$\text{DBO}_e = \frac{\text{DBO}_a}{1 + k_e \cdot t}$$

Por seguridad de operación, se postula que bajo cualquier condición climática se cumpla: $\text{DBO}_e \leq 40 \text{ mg/l}$.

En este tipo de lagunas:

$$k_e (20^{\circ}\text{C}) = 0,35 \text{ día}^{-1} \quad (\text{GLOYNA}) (29), \text{PACHECO} (30)$$

Como antes : $\theta = 1,08$

Adoptando una Laguna Aireada Facultativa de 4 días de permanencia, resulta:

$$\text{Volumen total : } V(m^3) = 31.869 \times 4 = 127.476 m^3$$

o sea: 4 lagunas de $31.869 m^3$ cada una.

Adoptando una profundidad de 3,65 m resulta una superficie media total de:

$$A (m^2) = \frac{127.476}{3,65} = 34.925 m^2 \text{ o } 8.731 m^2 \text{ para cada una de las lagunas.}$$

Considerando que las lagunas serán de sección rectangular (relación largo/ancho = 3) y con taludes 1:2, resultan las siguientes medidas a nivel de superficie:

$$\text{ancho : } 61 \text{ m} \qquad \text{longitud : } 183 \text{ m}$$

$$S_1 = 11.163 m^2$$

$$S_1 \text{ TOTAL} = 4 \times 11.163 = 44.652 m^2$$

Las temperaturas extremas medias de las lagunas serán:

En invierno:

$$T_{LAB} = \frac{44.652 \times 0,5 \times 5 + 31.869 \times 14,7}{44.652 \times 0,5 + 31.869} = 10,7^\circ C$$

En verano:

$$T_{LAB} = \frac{44.652 \times 0,5 \times 22 + 31.869 \times 21,3}{44.652 \times 0,5 + 31.869} = 21,6^\circ C$$

Por lo tanto:

./.

$$k_{10,7^{\circ}\text{C}} = 0,35 \times 1,08^{(10,7-20)} = 0,17 \text{ día}^{-1}$$

$$k_{21,6^{\circ}\text{C}} = 0,35 \times 1,08^{(21,6-20)} = 0,40 \text{ día}^{-1}$$

La DBO del liquido tratado será:

Condiciones de invierno:

$$\text{DBO}_{\text{in}} = \frac{61}{1 + 0,17 \times 4} = 36 \text{ mg/l}$$

Condiciones de verano:

$$\text{DBO}_{\text{ver}} = \frac{40}{1 + 0,4 \times 4} = 15 \text{ mg/l}$$

Por lo tanto, en cualquier condición de temperatura ambiente la DBO del liquido tratado será inferior al limite pre-establecido en el cálculo (40 mg/l).

5.2. - Equipos Aireadores.

Se adoptan, para ambos tipos de lagunas, aireadores mecánicos superficiales del tipo eje vertical y baja velocidad, por su mayor eficiencia en mezcla y mayor rendimiento en incorporación de oxígeno (aire) por kW consumido.

El oxígeno consumido es, de acuerdo a ECKENFELDER (5):

$$\text{kg O}_2 = a' \text{ kg DBO removida}$$

$$a' = 0,9 - 1,4 \text{ (ECKENFELDER)}$$

Para ambas lagunas se adoptara un valor conservativo ($a' = 1,2 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO removida}$) realizando el cálculo en las condiciones más desfavorables, es decir, el verano, donde las temperaturas en aquellas son

mayores y, por lo tanto, menores las concentraciones de saturación de oxígeno disuelto en la masa líquida.

5.2.1 Equipos aireadores lagunas de mezcla completa.

$$\text{kg O}_2 = 1,2 \times (0,260 - 0,040) \times 30.581 = 8.073 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

El calculo del coeficiente de transferencia de oxígeno (kg O₂/HP) se obtiene de la conocida expresión:

$$N = N_o \frac{\beta C_{\infty} - C_o}{C_{\infty}} \theta^{T-20} \cdot \alpha$$

donde:

N_o = 1,8 kg O₂/HP.h (valor medio de acuerdo a certificaciones realizadas por el INTI sobre equipos de fabricación nacional, en agua limpia a 20°C)

C_∞ = concentración de saturación de O₂ a la temperatura y presión del líquido = 8,8 mg/l a 21°C y 1 atm.

C_o = concentración de O₂ disuelto en condiciones de operación en la laguna = 1 a 2 mg/l. Se adopta: 1,5 mg/l.

C_∞ = concentración de O₂ a 20°C y nivel del mar = 9,17 mg/l.

T = temperatura del líquido = 21°C.

θ = coeficiente de temperatura = 1,024

α = 0,90 para lagunas aireadas

β = 1 para lagunas aireadas

Se desprecia la influencia de la presión barométrica por la escasa altura de la ciudad respecto al nivel del mar.

./.

Luego:

$$N = 1,8 \times \frac{8,8 - 1,5}{9,17} \times 1,024^{(21-20)} \times 0,90$$

$$N = 1,32 \text{ kg } O_2/\text{HP.h}$$

La potencia total requerida será entonces:

$$P = \frac{8.073 \text{ kg } O_2/\text{d}}{1,32 \text{ kg } O_2/\text{HP.h} \times 24 \text{ h/d}} = 255 \text{ HP}$$

Para mantener los sólidos en suspensión se requiere como mínimo:

2,5 W/m³ - ECKENFELDER (31) o sea:

$$0,0034 \text{ HP/m}^3$$

$$\text{Potencia calculada: } \frac{255 \text{ HP}}{63.738 \text{ m}^3} = 0,0040 \text{ HP/m}^3 > 0,0034$$

Por lo tanto, se adopta, para cada una de las lagunas de mezcla completa: Potencia = 64 HP, por disponibilidad comercial el Valor adoptado final es: Cuatro equipos aireadores de 15 HP cada uno.

5.2.2 Equipos aireadores lagunas aireadas facultativas.

Se aplica el mismo criterio seguido en el cálculo anterior, utilizándose un coeficiente α' igual a 1,2.

$$\therefore \text{ kg } O_2/\text{d} = 1,2 \times (0,040 - 0,015) \times 30.581 = 918 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

./.

La relación de transferencia corregida es, en este caso:

$$N = 1,8 \times \frac{8,99 - 1,5}{9,17} \times 1,024^{(21,4-20)} \times 0,90$$

$$N = 1,37 \text{ kg } O_2/\text{HP.h}$$

La potencia total requerida será, entonces:

$$N = \frac{918}{1,37 \times 24} = 29 \text{ HP}$$

Para mantener toda la masa líquida de la laguna con oxígeno disuelto, permitiendo, asimismo, la sedimentación de sólidos biológicos, se requiere un nivel mínimo de $0,7 \text{ W/m}^3$, o sea $0,94 \text{ HP/1.000 m}^3$, según ECKENFELDER (31).

Por lo tanto:

$$0,94 \times \frac{127.476}{1.000} = 119, \text{ HP} > 28 \text{ HP}$$

Se adopta entonces 120 HP. Considerando que hay 4 lagunas resulta, para cada una de ellas: 30 HP.

Valor adoptado final (por disponibilidad comercial) : 30 HP, instalándose 4 equipos de 7,5 HP cada uno.

5.3 - Barros Acumulados.

Los sólidos suspendidos aportados en el afluente conjuntamente con los generados biológicamente en la laguna aireada de mezcla completa, sedimentarán en el fondo de la laguna aireada facultativa, donde sufrirán un doble proceso de concentración y digestión anaeróbica.

- Sólidos suspendidos aportados por el afluente : 440 mg/l.
- Volátiles (70 %) : $440 \times 0,7 = 308 \text{ mg/l}$
- Fijos (30 %) : $440 \times 0,3 = 132 \text{ mg/l}$

Según CHUDORA (17), la fracción degradable de volátiles en un líquido cloacal crudo es 60-70 %. Adoptando 65 % resulta:

- Sólidos suspendidos volátiles degradables : $0,65 \times 308 = 200 \text{ mg/l}$
- " " " " no degradables: $0,35 \times 308 = 108 \text{ mg/l}$

Por otra parte según Eckenfelder y Metcalf-Eddy la concentración de sólidos suspendidos volátiles biológicos en una laguna aireada varia entre 50 y 150 mg/l. Adoptando un valor medio de 100 mg/l resulta, finalmente, el siguiente aporte total de sólidos suspendidos a la laguna aireada facultativa:

- Orgánicos degradables: $200 \text{ mg/l} + 100 \text{ mg/l} = 300 \text{ mg/l}$
- Orgánicos no degradables: 108 mg/l
- Fijos. : 132 mg/l (aporte del líquido)
- Fijos : 25 mg/l (asociados a los sólidos biológicos $X_v = 100 \text{ mg/l}$)

Suponiendo que la concentración de sólidos suspendidos en la laguna aireada facultativa por el bajo nivel de agitación es de 50 mg/l con 80 % de contenido de volátiles, resulta la siguiente acumulación de barro en la misma:

- Orgánicos degradables : $300 - 0,8 \times 50 = 260 \text{ mg/l}$
- Orgánicos no degradables : 108 mg/l
- Fijos : $157 - 0,2 \times 50 = 147 \text{ mg/l}$

Para un caudal total de 30.581 m³/d resulta:

- Orgánicos degradables : $0,26 \times 30.581 = 7.951 \text{ kg/día}$
- Orgánicos no degradables : $0,147 \times 30.581 = 4.495 \text{ kg/día}$

Los sólidos orgánicos degradables se descomponen, anaeróbicamente en el fondo de la laguna, según la siguiente ecuación:

$$W_t = W_0 e^{-k_d \cdot t} \quad (6)$$

./.

donde:

W_t = masa de sólidos orgánicos no degradada luego de un periodo t

W_0 = masa inicial de sólidos orgánicos degradables

k_d = coeficiente de decaimiento

t = tiempo

Entre el 40 y 60 % de los sólidos orgánicos degradables depositados pueden degradarse en un año (29).

Adoptamos un valor de 60 % de degradación anual

$$k_d = - \frac{\ln W_t/W_0}{t}$$

En 1 año : $W_t/W_0 = 0,40$ con lo cual

$$k_d \text{ (1/mes)} = - \frac{\ln 0,40}{12} = 0,076/\text{mes}$$

En 1 mes = $W_0 = 7.951 \text{ kg/d} \times 30 \text{ d/mes} = 238.530 \text{ kg/mes}$

$$W_t = 238.530 \times e^{-0,076 \times 1} = 221.073 \text{ kg/mes}$$

Como, además, se acumulan sólidos orgánicos no degradables y sólidos fijos, resulta:

Acumulación total: $(3.303 + 4.495) \times 30 + 221.073 = 455.013 \text{ kg/mes}$

Suponemos una compactación del 15 %:

$$\text{kg barro húmedo/mes} = \frac{455.013}{0,15} = 3.033.420 \text{ kg/mes}$$

o sea:

./.

$$t = \left(\frac{DBO_{cr}}{DBO_{cr}} - 1 \right) \left(\frac{1}{\frac{DBO_{cr}}{6} \left(\frac{4.8}{DBO_{cr}} \right)} \right)$$

donde:

t (días) = permanencia

DBO_{cr} = DBO líquido crudo

DBO_{tr} = DBO líquido tratado

Adoptando t = 9,4 días resulta una eficiencia de remoción de DBO del 55 %, con lo cual:

$$DBO_{cr} = 260 \text{ mg/l} ; DBO_{tr} = 117 \text{ mg/l}$$

Por lo tanto para Segunda Etapa:

$$\text{Volumen Lagunas Anaeróbicas} = 31.869 \text{ m}^3/\text{d} \times 9,4 \text{ d} = 299.569 \text{ m}^3$$

Adoptando una profundidad de 4,3 m resulta:

$$\text{Area Lagunas Anaeróbicas} = 69.667 \text{ m}^2.$$

Verificación Carga orgánica aplicada:

$$\frac{\text{kg DBO}}{1.000 \text{ m}^3/\text{d}} = \frac{0,260 \text{ kg DBO/m}^3 \times 30.581 \text{ m}^3/\text{d}}{299.569 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 26,5$$

Este valor se encuentra dentro del rango recomendado (25 - 30 kg DBO/1.000 m³/día). (32)

En condiciones de invierno se asume que el líquido contenido en la laguna tendrá una temperatura T_{Lag} intermedia entre el ambiente (5°C) y el líquido cloacal crudo (18°C); se adopta: $T_{Lag} = 10^\circ\text{C}$.

En estas condiciones, la remoción de DBO será similar a la de una sedimentación simple, o sea en el orden del 35 %. Así, se tendrá:

$$DBO_{\text{ar}} = 0,65 DBO_{\text{ar}} = 0,65 \times 260 = 169 \text{ mg/l}$$

Para el periodo final de diseño se construirán 6 lagunas Anaeróbicas en paralelo, a los efectos de facilitar las tareas de remoción de barro acumulado sin afectar en forma sensible la eficiencia global del sistema de tratamiento.

$$\text{Luego: volumen de cada laguna: } \frac{299.569}{6} = 49.928 \text{ m}^3$$

$$\text{Area media de cada laguna : } \frac{69.667}{6} = 11.611 \text{ m}^2$$

Adoptando sección rectangular con relación largo:ancho ~ 2 resulta:

largo = 155 m; ancho = 75 m (nivel medio de líquido).

Con un talud 1:2 resulta, a nivel superficial:

$$a = 83,60 \text{ m} \quad l = 163,60 \text{ m}$$

6.1.2 Laguna Aireada Mezcla Completa.

Los criterios de diseño ya fueron explicados anteriormente (ver Alternativa III)., Este sistema de 4 lagunas en paralelo recibe el efluente de las Lagunas Anaeróbicas, o sea:

$$\text{Invierno : } DBO_{\text{ar}} = 169 \text{ mg/l ; } T_{\text{ar}} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Verano : } DBO_{\text{ar}} = 117 \text{ mg/l ; } T_{\text{ar}} = 21^{\circ}\text{C}$$

Se adopta una permanencia $t = 2$ días; resulta:

./.

Para Segunda Etapa:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} : 31.869 \times 2 = 63.738 \text{ m}^3$$

Si la profundidad es 3,60 m resulta:

$$\text{Area (m}^2\text{)} : 17.705 \text{ m}^2$$

Tomando 4 unidades resulta, para cada una:

$$V = \frac{63.738}{4} = 15.934 \text{ m}^3$$

$$A = \frac{17.705}{4} = 4.426 \text{ m}^2$$

Adoptando sección cuadrada resulta, a nivel medio del líquido: lado = 66,5 m; considerando taludes 1:2 las medidas a nivel de superficie serán, para cada laguna:

$$\text{lado} = 74 \text{ m} ; \text{ area} = 5.476 \text{ m}^2$$

o sea, en total:

$$4 \times 5.476 = 21.904 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

- En condiciones de invierno:

$$T_{\text{lag}} = T_{\text{lag}}(^{\circ}\text{C}) = \frac{A(\text{m}^2) \times f \times T_{\text{amb}}(^{\circ}\text{C}) + Q(\text{m}^3/\text{d}) \times T_{\text{ag}}(^{\circ}\text{C})}{A(\text{m}^2) \cdot f + Q(\text{m}^3/\text{d})}$$

$$T_{\text{Lag}} = \frac{21.904 \times 0,5 \times 5 + 31.869 \times 10}{21.904 \times 0,5 + 31.869} = 8,7^{\circ}\text{C}$$

Luego:

./.

$$k_{8.7-c} = 2,5 \times 1,08^{(8.7-20)} = 1,05 \text{ día}^{-1}$$

$$\therefore \text{DBO}_{5T} = \frac{169}{1 + 1,05 \times 2} = 55 \text{ mg/l}$$

- En condiciones de verano:

$$T_{Lag} = \sim 22^{\circ}\text{C} \quad (T_{\text{ambiente}})$$

$$k_{22} = 2,5 \times 1,08^{(22-20)} = 2,9 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{DBO}_{5T} = \frac{117}{1 + 2,9 \times 2} = 17 \text{ mg/l}$$

6.1.3 Laguna Aireada Facultativa.

En esta laguna se completará el tratamiento hasta alcanzar una DBO ≤ 40 mg/l, sedimentando asimismo los sólidos biológicos generados en la laguna aireada de mezcla completa.

Se adopta una permanencia $t = 3$ días; resulta:

$$\text{Volumen total} : 31.869 \text{ m}^3/\text{d} \times 3 \text{ d} = 95.607 \text{ m}^3$$

Tomando una altura de nivel líquido : $H = 3,6 \text{ m}$ resulta:

$$\text{Superficie} : A = 26.557 \text{ m}^2$$

Considerando 4 lagunas en paralelo resulta, para cada una de ellas:

$$A = 6.639 \text{ m}^2 ; \quad V : = 23.901 \text{ m}^3$$

Adoptando sección rectangular con relación largo:ancho = 3 y un talud 1:2 resultan, finalmente, las siguientes dimensiones a nivel de superficie líquida:

$$\text{Longitud} = 150 \text{ m} \quad \text{ancho} = 54 \text{ m}$$

Superficie cada laguna : 8.100 m² ; Superficie total : 32.400 m²

Por lo tanto:

- En condiciones de invierno:

$$T_{Lao} = \frac{32.400 \times 0,5 \times 5 + 31.869 \times 8,7}{32.400 \times 0,5 + 31.869} = 7,4^{\circ}\text{C}$$

$$k_{7,4} = 0,35 \times 1,08^{\frac{7,4-20}{55}} = 0,13 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{Resulta: } \text{DBO}_{5T} = \frac{55}{1 + 0,13 \times 3} = 39,6 \text{ mg/l} < 40 \text{ mg/l}$$

Cumple con la condición impuesta ($\text{DBO}_{5T} \leq 40 \text{ mg/l}$).

- En condiciones de verano:

$$T_{Lao} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$k_{22} = 0,35 \times 1,08^{(22-20)} = 0,41 \text{ día}^{-1}$$

$$\text{Resulta: } \text{DBO}_{5T} = \frac{17}{1 + 0,41 \times 3} = 7,6 \text{ mg/l}$$

6.2 Equipos Aireadores.

Se adoptan, para ambos tipos de lagunas, aireadores mecánicos superficiales del tipo eje vertical y baja velocidad por las razones ya expresadas anteriormente (ver Alternativa III). Valen, entonces, las mismas consideraciones que las efectuadas oportunamente.

6.2.1 Equipos Aireadores Lagunas de Mezcla Completa.

El O₂ requerido por el proceso biológico es:

$$\text{kg O}_2/\text{d} = 1,2 \text{ kg} \times \text{DBO removida} =$$

$$1,2 (117 - 17) \times 10^{-3} \times 30.581 = 3.670 \text{ kg O}_2/\text{día}$$

Además:

$$N = N_0 \frac{\beta C_{\infty} - C_0}{C_{\infty}} \theta^{T-20} \cdot \alpha ; \text{ resulta:}$$

$$N = 1,8 \cdot \frac{8,99 - 1,5}{9,17} \times 1,024^{(22-20)} \times 0,9 = 1,39 \text{ kg O}_2/\text{HP.h}$$

$$\text{Potencia total requerida: } P = \frac{3.670}{1,39 \times 24} = 110 \text{ HP.}$$

Como se vio anteriormente, para mantener todos los sólidos en suspensión se requieren por lo menos: 0,0033 HP/m³, o sea:

$$0,0033 \times 63.738 \text{ m}^3 = 210 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se adopta este valor como potencia requerida.

Cada una de las 4 lagunas tendrá, entonces: Cuatro equipos de 13,5 HP cada una, y una potencia instalada de 54 HP.

6.2.2 Equipos Aireadores Lagunas Aireadas Facultativas.

Dados los bajos valores de DBO involucrados y el volumen de las lagunas resulta evidente, en este caso, que la energía a suministrar limitante es la requerida para mantener un nivel de oxígeno disuelto en toda la laguna, permitiendo solo una zona anaeróbica en el fondo para la descomposición de los sólidos biológicos que sedimenten.

Por tanto, como se vio anteriormente, se requieren:

$$0,94 \text{ HP}/1.000 \text{ m}^3, \text{ o sea: } 0,94 \times \frac{95.607}{1.000} = 90 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se instalará en cada laguna cuatro equipos de 5 HP cada uno.

6.3 Barros acumulados.

6.3.1 Laguna Anaeróbica.

Los sólidos suspendidos aportados por el liquido afluente sedimentaran en el fondo de la laguna, donde sufrirán un doble proceso de concentración y digestión anaerobica.

Como se vio anteriormente en la Alternativa III, los sólidos suspendidos aportados por el afluente son:

Sólidos suspendidos volátiles	:	308 mg/l
" " degradables	:	200 "
" " no degradables	:	108 "
" " fijos	:	132 "

En un mes, la carga de sólidos será:

Volátiles degradables (W_0) =

$$0,200 \text{ kg/m}^3 \times 30.581 \text{ m}^3/\text{d} \times 30 \text{ d/mes} = 183.486 \text{ kg/mes}$$

Volátiles no degradables:

$$0,108 \times 30.581 \times 30 \text{ d/mes} = 99.082 \text{ kg/mes}$$

$$\text{Fijos: } 0,132 \times 30.581 \times 30 \text{ d/mes} = 121.101 \text{ kg/mes}$$

Asumiendo un 60 % de degradación anual resulta:

$$W_t = W_0 e^{-k_d t} ; \quad k_d = 0,076/\text{mes, como ya se vio anteriormente (Alternativa III)}$$

W_t = volátiles no degradados al cabo de 1 mes; resulta:

$$W_t = 183.486 \cdot e^{-0,076 \times 1} = 170.058 \text{ kg/mes}$$

El total de barro acumulado al cabo de 1 mes será:

$$170.058 + 121.101 + 99.082 = 390.241 \text{ kg/mes}$$

Suponiendo una compactación del 15 % y una densidad de barro de 1.060 kg/m³ resulta:

$$\text{Volumen barro acumulado} = \frac{390.241}{0,15 \times 1.060} = 2.454 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Representa el 0,82 % del volumen de Lagunas Anaeróbicas.

En Primera Etapa el volumen de barro acumulado será = 1.227 m³/mes.

La extracción del barro acumulado en las Lagunas Anaeróbicas se efectuara aproximadamente una vez por año, y consistirá en bombear el líquido de la laguna a las otras lagunas hasta vaciar totalmente su contenido.

El barro almacenado se deshidratara por evaporación, lo cual es viable dadas las condiciones climáticas locales muy favorables, por lo menos durante 6 meses al año.

Una vez deshidratado el barro a un tenor de humedad de aproximadamente 50 %, se lo retirará con palas frontales y se lo cargará en camiones para su transporte a los lugares seleccionados para su disposición final, que puede ser abono de terrenos con especies forestales o a terrenos áridos cercanos.

El barro que se extraerá ha sufrido una digestión anaerobica a largo periodo, que asegura una óptima calidad para su disposición sin problemas ambientales.

6.3.2 Laguna Aireada Facultativa.

Como la eficiencia en remoción de sólidos suspendidos sedimentables es del orden del 100 % en las Lagunas Anaeróbicas, las Aireadas Facultativas recibirán sólo los sólidos biológicos generados en las de Mezcla Completa.

Por lo tanto, la carga de sólidos será, asumiendo (Eckenfelder) una concentración de sólidos suspendidos totales en las Lagunas de Mezcla Completa de 125 mg/l, con 80 % de volátiles (100 mg/l) y 20 % de fijos (25 mg/l):

Volátiles degradables:

$$0,100 \text{ kg/m}^3 \times 30.581 \text{ m}^3/\text{d} = 3058,1 \text{ kg/d}$$

Fijos:

$$0,025 \text{ kg/m}^3 \times 30.581 \text{ m}^3/\text{d} = 764,5 \text{ kg/d}$$

Suponiendo que, con un adecuado diseño, se logra una concentración de sólidos suspendidos totales de 50 mg/l en la salida de las Lagunas Aireadas Facultativas (Eckenfelder) resulta la siguiente acumulación de sólidos en las mismas:

Volátiles :

$$(0,100 - 0,040) \times 30.581 \times 30 = 55.046 \text{ kg/mes}$$

Fijos:

$$(0,025 - 0,010) \times 30.581 \times 30 = 13.761 \text{ kg/mes}$$

Con un 60 % de degradación anual de sólidos orgánicos resulta:

$$W_e = 55.046 \cdot e^{-0,074} = 51.018 \text{ kg/mes}$$

Por lo tanto se acumularán en el fondo de la laguna:

$$51.018 + 13.761 = 64.779 \text{ kg/mes}$$

Con un 15 % de compactación y para una densidad de 1.060 kg/m³ resulta:

$$\text{Volumen barro acumulado} : 407 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Este valor representa el 0,42 % del volumen total de Lagunas Aireadas Facultativas.

Este barro se extraerá aproximadamente cada tres meses con una electrobomba de motor sumergido, que se ubicará en una balsa móvil, y se lo bombeará a las Lagunas Anaeróbicas.

6.4.- PERFIL HIDRAULICO ALTERNATIVA IV.

Se fija cota fondo Laguna Aireada Facultativa a 0,55 m sobre nivel napa freáticas: 225,30 + 0,55	225,85
h liq. laguna	3,60
Cota NL Laguna Aireada Facultativa	229,45
Pérdida entre Lag. Air. Fac. y Lag. Aireada I	

$$Q = \frac{1.305}{2} = 652,5 \text{ m}^3/\text{h} = 181 \text{ l/seg}$$

$$D = 0,600 \quad j = 0,00055 \quad V = 0,64 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 150 \text{ m} \times 0,0005 = 0,075$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,64^2}{19,6} = 0,031 \quad 0,10$$

Cota NL en Cámara salida Lag. Aireada I	229,55
Margen	0,05
h regulación	0,05
h _v para b = 4,50 m	0,08
	0,18

Cota NL en Lag. Aireada I	229,73
-------------------------------------	--------

Pérdida entre Lag. Air. I y Lag. Anaeróbica II

$$1^{\text{er}} \text{ tramo} \quad Q = 181 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,600 \quad j = 0,00055 \quad V = 0,64 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 160 \text{ m} \times 0,00055 = 0,088$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,64^2}{19,6} = 0,031$$

$$2^{\circ} \text{ tramo} \quad Q = 90 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,450 \quad j = 0,0006 \quad V = 0,57 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 90 \text{ m} \times 0,0006 = 0,054$$

$$\delta h_L = 1 \times \frac{0,57^2}{19,6} = 0,016 \quad 0,19$$

Cota NL cámara salida Laguna Anaeróbica II 229,92

h_{vertedero salida} b = 4,50 0,08

Cota NL Laguna Anaeróbica II 230,00

Pérdida entre Lag. Anaeróbica y C. Partidora

$$Q = 181 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} = 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92$$

$$\delta h_j = 90 \text{ m} \times 0,0015 = 0,135$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,92^2}{19,6} = 0,064 \quad 0,20$$

Cota NL Salida Cámara Partidora 230,20

Margen 0,15

h_v para b = 1,80 0,15

Cota NL en Cámara Partidora 230,50

Pérdida entre C. Partidora y Desarenador

$$Q = 1.305 \text{ m}^3/\text{h} = 362 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,30 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 20 \text{ m} \times 0,0022 = 0,044$$

$$\delta h_L = 1,5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,129 \quad 0,17$$

Cota NL Salida Desarenador 230,67

Margen 0,10

h_{vertedero} 0,90 1,00

Cota NL en Desarenador 231,67

Pérdida entre Desarenador y E. Elevadora

$$Q = 1.305 \text{ m}^3 = 181 \text{ l/seg}$$

$$D^{\circ} 0,500 \quad j = 0,0014 \quad V = 0,93$$

$$\delta h_j = 310 \text{ m} \times 0,0014 = 0,43$$

$$\delta h_L = 3 \times \frac{0,93^2}{19,6} = 0,13 \quad 0,56$$

Cota piezométrica salida E. Elevadora 232,23

Perfil Hidráulico entre Laguna Aireada Facultativa (LA II)
y Descarga al Río Negro.

Cota NL Laguna Aireada II 229,45

$h_{vert \text{ salida para } b = 2 \text{ m}} = 0,15$

$h_{regulación} = 0,10$

margen = 0,05 0,30

Cota NL Cámara Salida LA II 229,15

Pérdida en cañería entre LA II y Cámara de Cloración

$Q = 181 \text{ l/seg}$

$D = 0,500 \quad j = 0,0015 \quad V = 0,92 \text{ m/seg}$

$\delta h_j = 80 \text{ m} \times 0,0015 = 0,12$

$\delta h_L = 1,5 \times \frac{0,92^2}{19,6} = 0,06$ 0,18

Cota Nivel LÍq. en Cámara Aforo 228,97

$h_v \text{ para } b = 0,80 0,40$

margen 0,05

Cota NL en Cámara de Cloración 228,52

$h_{vertedero \text{ salida}} 0,20$

Cota NL salida C. de Cloración 228,32

Pérdida en Conducto de descarga

$Q = 362 \text{ l/seg}$

$$D = 0,600 \quad j = 0,0022 \quad V = 1,3 \text{ m/seg}$$

$$\delta h_j = 950 \times 0,0022 = 2,09$$

$$\delta h_L = 2.5 \times \frac{1,3^2}{19,6} = 0,21 \quad 2,30$$

Cota NL máx. Río Negro 226,02

Cota que es mayor al intrados de la Cañería de descarga
existente = 225,98

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
<u>ALTERNATIVA I - LECHOS PERCOLADORES.</u>				
<u>I - Primera Etapa</u>				
<u>I.1 Obra Civil</u>				
- Excavación	m ³	7.600	7,67	58.292
- Relleno	m ³	10.600	5,90	62.540
- Hormigón pobre	m ²	5.000	22,31	111.550
- Hormigón simple	m ³	35	125,20	4.385
- Hormigón Armado	m ³	1.900	779,16	1.480.404
- Revoque impermeable	m ²	9.500	8,94	84.930
- Sistema de drenaje de Lechos percola- dores	m ²	1.610	280	450.800
- Manto piedra Lechos Percoladores	m ³	3.850	120	462.000
- Piso mortero de cemento	m ²	220	11,28	2.482
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	45	89,20	4.014
- Cañerías de interconexión				
CAC D° 0,600 m	m	155	185	28.675
CA D° 0,700 m	m	15	350	5.250
CHF D° 0,200 m	m	120	702,25	84.270
CHF D° 0,150 m	m	750	488,84	366.630

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
CPRFV D° 0,700 m	m	65	286	18.590
CPRFV D° 0,600 m	m	430	220	94.600
CPRFV D° 0,500 m	m	150	174,43	26.165
CPRFV D° 0,450 m	m	100	154,65	15.465
CPRFV D° 0,150 m	m	400	34	136
CPVC D° 0,200 m	m	50	34,32	1.716
CPVC D° 0,100 m	m	230	16,13	3.710
CPVC D° 0,013 m	m	80	3,15	252
- Múltiples de acero en Estaciones Eleva- doras y Pozos de Bombeo	G1	-	-	27.000
- Piezas especiales y montaje cañerías de Galería de Conductos	G1	-	-	92.000
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	130.000
- Chapas vertedero tapas de chapa, etc.	G1	-	-	35.000
- Cerco perimetral	m	1.600	30	48.000
- Obras civiles (Locales)	m²	760	520	395.200
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	55.000
Total				4.154.908

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
<u>I.2 Equipos electromecánicos</u>				
- Barredor Sedimenta- dor Primario	Nº	2	30.000	60.000
- Equipos distribuidores para Lechos Percola- dores	Nº	2	60.000	120.000
- Barredor Sedimenta- dores Secundarios	Nº	2	45.000	90.000
- Barredores Concentra- dores de Barro	Nº	2	15.000	30.000
- Cubierta flotante de Digestores	Nº	2	75.000	150.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	Nº	4	20.000	80.000
- Electrobombas para bombeo de barro primario	Nº	2	15.000	30.000
- Electrobombas barro secundario	Nº	2	8.500	17.000
- Electrobombas para recirculación	Nº	3	18.000	54.000
- Electrobomba sobre- nadante	Nº	1	5.000	5.000
- Electrobombas a pistón	Nº	4	75.000	300.000
- Calderas intercam- biador de calor	Nº	2	105.000	210.000
- Centrífugas para deshidratación de barro	Nº	2	150.000	300.000
- Bombas dosificadoras				

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
hipoclorito	Nº	2	2.000	4.000
Total				1.450.000
I.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	-	-	500.000
TOTAL 1ª ETAPA				6.104.908

II - Segunda Etapa

II.1 Obra Civil

- Excavación	m³	4.600	7,67	35.282
- Relleno	m³	6.400	5,90	37.760
- Hormigón pobre	m²	2.750	22,31	61.353
- Hormigón Armado	m³	1.100	779,16	857.076
- Revoque impermeable	m²	5.600	8,94	50.064
- Sistema de drenaje de Lechos percola- dores	m²	805	280	225.400
- Manto piedra Lechos Percoladores	m³	1.925	120	231.000
- Piso mortero de cemento	m²	220	11,28	2.482
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	20	89,20	1.784
- Cañerías de interconexión				

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
CHF D° Ø,150 m	m	750	488,84	366.630
CFRFV D° Ø,700 m	m	65	286	18.590
CFRFV D° Ø,600 m	m	350	220	77.000
CFRFV D° Ø,500 m	m	60	174,43	10.466
CFRFV D° Ø,450 m	m	100	154,65	15.465
CFRFV D° Ø,150 m	m	400	34	13.600
CFVC D° Ø,200 m	m	40	34,32	1.373
CFVC D° Ø,100 m	m	220	16,13	3.549
CFVC D° Ø,013 m	m	80	3,15	252
- Múltiples de acero en Estaciones Eleva- doras y Pozos de Bombeo	G1	-	-	3.500
- Piezas especiales y montaje cañerías de Galería de Conductos	G1	-	-	92.000
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	40.000
- Chapas vertedero, etc.	G1	-	-	20.000
- Obras civiles (Locales)	m²	335	520	174.200
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	20.000
Total				2.364.678

II.2 Equipos electromecánicos

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Barredor Sedimenta- dor Primario	Nº	1	30.000	30.000
- Equipo distribuidor Lecho Percolador	Nº	1	60.000	60.000
- Barredor Sedimenta- dor Secundario	Nº	1	45.000	45.000
- Barredores Concentra- dores de Barro	Nº	2	15.000	30.000
- Cubierta flotante de Digestores	Nº	2	75.000	150.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	Nº	4	30.000	120.000
- Electrobombas para bombeo de barro primario	Nº	1	15.000	15.000
- Electrobombas barro secundario	Nº	2	8.500	17.000
- Electrobombas para recirculación	Nº	2	18.000	36.000
- Electrobomba sobre- nadante	Nº	1	5.000	5.000
- Electrobombas a pistón	Nº	4	75.000	300.000
- Calderas intercam- biador de calor	Nº	2	105.000	210.000
- Centrífugas para deshidratación de barro	Nº	2	150.000	300.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	Nº	2	2.000	4.000

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
Total				1.322.000
II.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	--	--	200.000
TOTAL 2ª ETAPA				3.886.678

III - Tercera Etapa

III.1 Obra Civil

- Excavación	m³	2.900	7,67	22.243
- Relleno	m³	3.400	5,90	42.303
- Hormigón pobre	m²	2.100	22,30	46.830
- Hormigón Armado	m³	600	779,16	467.496
- Revoque impermeable	m²	2.750	8,94	24.585
- Sistema de drenaje de Lechos percola- dores	m²	805	280	225.400
- Manto piedra Lechos Percoladores	m³	1.925	120	231.000
- Cañerías de Inter- conexión:				
CHF D° 0,200 m	m	70	702,25	49.158
CPRFV D° 0,600 m	m	90	220,00	18.800
CPRFV D° 0,500 m	m	90	174,43	15.699
CPRFV D° 0,350 m	m	35	103,10	3.609
- Chapas vertedero, etc.	Gl	--	--	20.000

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Caminos enripiados y veredas	Gl	-	-	20.000
		Total		1.187.123
 III.2 <u>Equipos electromecánicos</u>				
- Barredor Sedimentador	Nº	1	30.000	30.000
- Equipo distribuidor Lecho Percolador	Nº	1	60.000	60.000
- Barredor Sedimenta- dor Secundario	Nº	1	45.000	45.000
- Electrobombas para bombeo de barro primario	Nº	1	15.000	15.000
- Electrobombas para recirculación	Nº	1	18.000	18.000
		Total		168.000
 III.3 <u>Instalación de Fuerza Motriz (estimado)</u>				
	Gl	-	-	120.000
		TOTAL 3ª ETAPA		1.475.123

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
-------------	--------	----------	--------------------	--------------------

ALTERNATIVA II - AERACION PROLONGADA.

I - Primera Etapa

I.1 Obra Civil

- Excavación	m ³	19.500	7,67	149.565
- Terraplenamiento	m ³	13.500	5,90	79.650
- Hormigón pobre	m ²	2.400	22,31	53.544
- Hormigón Reforzado	m ³	1.250	550,0	687.500
- Hormigón Armado	m ³	1.050	779,16	818.118
- Revoque impermeable	m ²	3.300	8,94	29.502
- Piso mortero de cemento	m ²	550	11,28	6.204
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	570	89,20	50.844
- Cañerías de interconexión				
CAC D° 0,600 m	m	160	185	29.600
CA D° 0,700 m	m	15	350	5.250
CA D° 0,100 m	m	120	66,16	7.939
CPRFV D° 0,600 m	m	240	220	52.800
CPRFV D° 0,500 m	m	50	174,43	8.722
CPRFV D° 0,450 m	m	100	140	14.000
CPRFV D° 0,400 m	m	110	125	13.750

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
CPRFV D° 0,300 m	m	70	98	6.860
CPRFV D° 0,150 m	m	100	34	3.400
CPVC D° 0,200 m	m	40	34,32	1.373
- Múltiples de acero en Estaciones Eleva- doras y Pozos de Bombeo	G1	-	-	30.000
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	115.000
- Chapas vertedero tapas de chapa, etc.	G1	-	-	27.500
- Cerco Perimetral	m	1.600	30	48.000
- Obras civiles (Locales)	m²	525	520	273.000
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	47.000
Total				2.564.973

I.2 Equipos electromecánicos

- Equipos Aireadores	N°	16	27.000	432.000
- Barredor Sedimenta- dores Secundarios	N°	2	45.000	90.000
- Barredores Concentra- dor de Barro	N°	2	15.000	30.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	N°	4	20.000	80.000
- Electrobombas para recirculación de barro	N°	3	22.000	66.000

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Electrobombas barro concentrado	Nº	2	15.000	30.000
- Electrobombas pozos Bombeo Nº1 y Nº2	Nº	2	5.000	10.000
- Centrífugas para deshidratación de barro	Nº	2	150.000	300.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	Nº	2	2.000	4.000
Total				1.042.000
I.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	-	-	650.000
TOTAL 1ª ETAPA				4.256.973

II - Segunda Etapa

II.1 Obra Civil

- Excavación	m³	9.400	7,67	72.314
- Terraplenamiento	m³	7.600	5,90	44.840
- Hormigón pobre	m²	1.350	22,31	30.119
- Hormigón Reforzado	m³	600	550	330.000
- Hormigón Armado	m³	600	779,16	467.496
- Revoque impermeable	m²	2.400	8,94	21.456
- Piso mortero de cemento	m²	380	11,28	4.286

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	320	89,20	28.544
- Cañerías de interconexión				
CPRFV D° 0,600 m	m	180	220	39.600
CPRFV D° 0,500 m	m	30	174,43	5.233
CPRFV D° 0,450 m	m	120	140	16.800
CPRFV D° 0,400 m	m	80	125	10.000
CPRFV D° 0,300 m	m	40	98	3.920
CPRFV D° 0,150 m	m	100	34	3.400
CA D° 0,100 m	m	120	34,32	4.118
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	65.000
- Chapas vertedero, etc.	G1	-	-	17.000
- Obras civiles (Locales)	m ²	100	520	52.000
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	17.000
Total				1.238.978
II.2 <u>Equipos electromecánicos</u>				
- Equipos Aireadores	N°	8	27.000	216.000
- Barredor Sedimenta- dor Secundario	N°	1	45.000	45.000
- Barredores Concentra- dores de Barro	N°	2	15.000	30.000

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Electrobombas para Estación Elevadora	Nº	4	30.000	120.000
- Electrobombas Recir- culacion de Barro	Nº	2	22.000	44.000
- Electrobomba Barro Concentrado	Nº	1	15.000	15.000
- Electrobombas Fozos Nº1 y Nº2	Nº	2	5.000	10.000
- Centrífugas para Des- hidratacion de Barro	Nº	2	150.000	300.000
- Bombas Dosificadoras	Nº	2	2.000	<u>4.000</u>
			TOTAL	= 784.000
II.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	-	-	<u>300.000</u>
			TOTAL 2ª ETAPA	2.322.978

III - Tercera Etapa

III.1 Obra Civil

- Excavación	m³	8.900	7,67	68.263
- Terraplenamiento	m³	5.900	5,90	34.810
- Hormigón pobre	m²	950	22,31	21.195
- Hormigón Reforzado	m³	600	550	330.000
- Hormigón Armado	m³	350	779,16	272.706
- Revoque impermeable	m²	2.400	8,94	21.456
- Piso Mortero de Ce- mento	m²	160	11,28	1.805

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Barandas	m	270	89,20	24.084
- Cañerías de Inter- conexión:				
CPRFV D° 0,500 m	m	30	174,43	5.233
CPRFV D° 0,400 m	m	40	125	5.000
CPRFV D° 0,300 m	m	30	98	2.940
- Chapas vertedero, etc.	G1	-	-	12.000
- Caminos enripiados y veredas	G1	-	-	15.000
		Total		814.492
III.2 Equipos electromecánicos				
- Equipos Aireadores	N°	8	27.000	216.000
- Barredor Sedimenta- dor Secundario	N°	1	45.000	45.000
- Electrobombas para recirculación de Barro	N°	1	22.000	22.000
- Electrobomba Barro Concentrado	N°	1	15.000	15.000
		Total		298.000
III.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	G1	-	-	150.000
		TOTAL 3ª ETAPA		1.262.492

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
<u>ALTERNATIVA III - LAGUNAS AIREADAS EN SERIE.</u>				
I - <u>Primera Etapa</u>				
I.1 <u>Obra Civil</u>				
- Excavación	m ³	65.000	6,38	414.700
- Terraplenamiento	m ³	30.000	5,90	177.000
- Hormigón pobre	m ²	300	22,31	6.693
- Hormigón Reforzado	m ³	170	550	93.500
- Hormigón Armado	m ³	650	779,16	506.454
- Revoque impermeable	m ²	1.700	8,94	15.198
- Piso mortero de cemento	m ²	530	11,30	5.989
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	750	89,20	66.900
- Cañerías de interconexión				
CAC D° 0,600 m	m	80	185	14.800
CA D° 0,700 m	m	40	350	14.000
CA D° 0,100 m	m	70	66,2	4.634
CPRFV D° 0,600 m	m	800	220	160.000
CPRFV D° 0,500 m	m	350	174,4	61.040
CPRFV D° 0,200 m	m	50	37,80	1.890
CPRFV D° 0,150 m	m	150	34,00	5.100

7.- FRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
CPVC D° 0,100 m	m	470	11,50	5.405
- Múltiples de acero en Estacion Eleva- dora	G1	-	-	25.000
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	100.000
- Cerco perimetral	m	2.300	30	69.000
- Obras civiles (Locales)	m²	320	520	166.400
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	75.000
Total				1.994.555

I.2 Equipos electromecánicos

- Equipos Aireadores Lag.Aireada I	N°	8	27.000	216.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	N°	8	15.000	120.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	N°	4	20.000	80.000
- Electrobombas para bombeo de barro	N°	1	5.000	5.000
- Electrobombas pozos N°1 y N°2	N°	2	5.000	10.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	N°	2	2.000	4.000
Total				435.000

I.3 Instalación de Fuerza

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
Motriz (estimado)	G1	-	-	300.000
TOTAL 1ª ETAPA				2.729.555

II - Segunda Etapa

II.1 Obra Civil

- Excavación	m³	35.000	6,38	223.300
- Terraplenamiento	m³	20.000	5,90	118.000
- Hormigón pobre	m²	250	22,30	5.575
- Hormigón Reforzado	m³	100	550	55.000
- Hormigón Armado	m³	420	779,16	327.264
- Revoque impermeable	m²	1.350	8,94	12.069
- Piso mortero de cemento	m²	420	11,30	4.746
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	400	89,20	35.680
- Cañerías de interconexión				
CPRFV D° 0,600 m	m	600	220	132.000
CPRFV D° 0,500 m	m	230	174,4	40.112
CPRFV D° 0,150 m	m	150	34	5.100
CPVC D° 0,100 m	m	220	11,5	2.530
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	15.000

7.- FRESUFUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Obras civiles (Locales)	m ²	102	520	53.040
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	25.000
Total				1.060.268
II.2 <u>Equipos electromecánicos</u>				
- Equipos Aireadores Lag. Aireada I	N°	4	27.000	108.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	N°	4	15.000	60.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	N°	4	30.000	120.000
- Electrobombas pozos Bombeo N°1	N°	1	5.000	5.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	N°	2	2.000	4.000
Total				297.000
II.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	G1	-	-	150.000
TOTAL 2ª ETAPA				1.507.268

III - Tercera Etapa

III.1 Obra Civil

- Excavación	m ³	30.000	6,38	191.400
- Terraplenamiento	m ³	11.000	5,90	64.900

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Hormigón pobre	m ²	150	22,30	3.345
- Hormigón Reforzado	m ³	100	550	55.000
- Hormigón Armado	m ³	85	779,20	66.232
- Piso Mortero de Ce- mento	m ²	210	11,30	2.373
- Barandas	m	400	89,2	35.680
- Cañerías de Inter- conexión:				
CPRFV D° 0,500 m	m	120	174,4	20.928
CPVC D° 0,100 m	m	90	11,5	1.035
- Caminos enripiados y veredas	G1	-	-	15.000
		Total		455.893

III.2 Equipos electromecánicos

- Equipos Aireadores Lag.Aireada I	N°	4	27.000	108.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	N°	4	15.000	60.000
		Total		168.000

II.3 Instalación de Fuerza
Motriz (estimado)

G1	-	-	100.000
----	---	---	---------

TOTAL 2ª ETAPA 723.893

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
<u>ALTERNATIVA IV - LAGUNAS ANAEROBICAS Y AIREADAS EN SERIE.</u>				
<u>I - Primera Etapa</u>				
<u>I.1 Obra Civil</u>				
- Excavación	m ³	125.000	6,38	797.500
- Terraplenamiento	m ³	37.000	5,90	218.300
- Hormigón pobre	m ²	300	22,30	6.690
- Hormigón Reforzado	m ³	165	550	90.750
- Hormigón Armado	m ³	320	779,10	249.312
- Revoque impermeable	m ²	1.700	8,94	15.198
- Piso mortero de cemento	m ²	400	11,30	4.520
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	650	89,90	58.435
- Cañerías de interconexión				
CAC D° 0,600 m	m	150	185	27.750
CPRFV D° 0,600 m	m	1.100	220	242.000
CPRFV D° 0,500 m	m	1.170	174,4	204.048
CPRFV D° 0,200 m	m	40	37,80	1.512
CPVC D° 0,100 m	m	350	11,50	4.025
- Múltiples de acero en Estacion Eleva-				

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
dora	G1	-	-	75.000
- Válvulas esclusas y de retención	G1	-	-	85.000
- Cerco perimetral	m	2.300	30	69.000
- Obras civiles (Locales)	m²	320	520	166.400
- Caminos interiores enripiados y veredas	G1	-	-	85.000
Total				2.406.292

I.2 Equipos electromecánicos

- Equipos Aireadores Lag. Aireada I	Nº	8	22.000	176.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	Nº	8	10.000	80.000
- Electrobombas para Estación Elevadora	Nº	4	20.000	80.000
- Electrobombas pozos Nº1	Nº	1	5.000	5.000
- Electrobombas para bombeo de barro	Nº	1	5.000	5.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	Nº	2	2.000	4.000
Total				350.000

I.3 Instalación de Fuerza
Motriz (estimado)

G1	-	-	250.000
----	---	---	---------

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
TOTAL 1ª ETAPA				3.006.292
II - Segunda Etapa				
II.1 Obra Civil				
- Excavación	m ³	73.000	6,38	465.740
- Terraplenamiento	m ³	22.500	5,90	132.750
- Hormigón pobre	m ²	220	22,30	4.906
- Hormigón Reforzado	m ³	100	550	55.000
- Hormigón Armado	m ³	260	779,10	202.566
- Revoque impermeable	m ²	1.420	8,94	12.694
- Piso mortero de cemento	m ²	350	11,30	3.955
- Sistema de drenaje Playas de Secado	m ²	110	53,20	5.852
- Baranda	m	270	89,90	24.273
- Cañerías de interconexión				
CPRFV D° 0,600 m	m	900	220	198.000
CPRFV D° 0,500 m	m	740	174,40	129.056
CPRFV D° 0,200 m	m	40	37,80	1.512
CPVC D° 0,100 m	m	350	11,5	4.025
- Obras civiles (Locales)	m ²	102	520	53.040
- Caminos interiores enripiados y veredas	Gl	-	-	25.000

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
Total				1.318.369
II.2 <u>Equipos electromecánicos</u>				
- Equipos Aireadores Lag.Aireada I	Nº	4	22.000	88.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	Nº	4	10.000	40.000
- Electrobombas para Estacion Elevadora	Nº	4	30.000	120.000
- Electrobombas pozos Bombeo Nº1	Nº	1	5.000	5.000
- Bombas dosificadoras hipoclorito	Nº	2	2.000	4.000
Total				257.000
II.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	-	-	130.000
TOTAL 2ª ETAPA				1.705.369

III - Tercera Etapa

III.1 Obra Civil

- Excavación	m³	51.000	6,38	325.380
- Terraplenamiento	m³	10.500	5,90	61.950
- Hormigón pobre	m²	120	22,30	2.676
- Hormigón Reforzado	m³	65	550	35.750
- Hormigón Armado	m³	50	779,10	38.955

7.- PRESUPUESTO DE OBRAS.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
- Piso Mortero de Ce- mento	m ²	150	11,30	1.695
- Barandas	m	270	89,9	24.273
- Cañerías de Inter- conexión:				
CPRFV D° 0,600 m	m	180	220	39.600
CPRFV D° 0,500 m	m	270	174,40	47.088
CPVC D° 0,100 m	m	60	11,5	690
- Caminos enripiados y veredas	Gl	-	-	15.000
		Total		593.057
III.2 <u>Equipos electromecánicos</u>				
- Equipos Aireadores Lag.Aireada I	N°	4	22.000	88.000
- Equipos Aireadores Laguna Aireada Facul- tativa	N°	4	10.000	40.000
		Total		128.000
II.3 Instalación de Fuerza Motriz (estimado)	Gl	-	-	70.000
		TOTAL 2ª ETAPA		791.057

8.- EVALUACION ECONOMICA PARA LA SELECCION DE ALTERNATIVAS.

8.1.- GENERALIDADES.

8.1.1.- Criterio Principal.

Las diferentes alternativas de solución técnica elaboradas para cada una de las Plantas de tratamiento, proporcionan igual satisfacción al problema planteado, de manera que se ha supuesto que los beneficios son idénticos para cada una de las mismas. Por tal motivo, no solo no se han computado esos beneficios, sino que se ha establecido metodológicamente que, desde el punto de vista económico, la solución mas conveniente será aquella que arroje un valor presente neto menor para sus inversiones y gastos de operación y mantenimiento.

8.1.2.- Método utilizado.

La tarea de evaluación y selección de las alternativas se realizará por el cálculo del Valor Presente de las Inversiones y Gastos que demanda el Proyecto.

Este procedimiento se justifica por cuanto las alternativas presentadas en cada caso generan iguales beneficios, es decir, están destinadas a satisfacer las necesidades de la población y desde ese punto de vista son equivalentes.

Dado que, para cada Planta, las cuatro alternativas suponen 3 etapas de inversión, una inmediata, otra a los 15 años y la tercera a los 22 años de funcionamiento, cuando el crecimiento poblacional requiera la expansión del sistema, desde el punto de vista económico y por ende para la evaluación, se visualizan las alternativas como flujos de desembolsos durante el período bajo análisis. Por este motivo, la utilización de un criterio como el propuesto, de Valor Presente, permite comparar hoy, esos flujos distintos.

Es conocida la expresión matemática del Valor Presente, que consiste en sumar los componentes del flujo, descontados a una tasa preestablecida, según esta fórmula:

$$V P = \sum_{t=1}^u \frac{Dt}{(1+i)^t}$$

donde:

- V P = valor presente
- Dt = desembolsos (inversiones más gastos) de cada periodo
- i = tasa de descuento
- u = vida útil del proyecto u horizonte de análisis
- t = periodo (en este caso, un año)

En todos los casos se adoptó un horizonte de evaluación de 30 años de operaciones, de manera que dicho análisis culmina en el año 32.

En consecuencia, una vez adoptado el criterio, que en su faz operativa recomienda elegir aquella alternativa cuyo valor presente sea el menor, lo que interesa desarrollar y analizar son las Inversiones requeridas por cada Alternativa en cada una de las etapas y para cada una de las Plantas de Tratamiento, los gastos anuales de Operación y Mantenimiento, y los criterios de Depreciación y Valor Residual para hacer homogéneas las comparaciones.

8.1.3.- Tasa de descuento.

La utilización del método del Valor Presente Neto (VPN) para la comparación de alternativas, supone la elección de una tasa de descuento.

Teniendo en cuenta la similitud en los cuadros de inversión de las alternativas, y pautas existentes en la materia, se resolvió adoptar las tasas del 4% al 12% anual.

8.1.4.- Cronograma de Inversiones.

Se ha supuesto que la construcción de cada una de las etapas demanda dos años, de manera que si cada proyecto se inicia en el año 1, en el año 3 esta operando.

Para facilitar el desarrollo de los flujos y el análisis de las reposiciones y valores residuales, se ha supuesto también que los gastos de inversión derivados de la ejecución de las Obras Civiles, Equipos Electromecánicos y Fuerza Motriz, corresponden al 50% por año de ejecución, para la 1ª Etapa.

La vida útil de los componentes, que es variable, se asume por año de funcionamiento.

Con estos elementos, se tiene el siguiente cuadro o cronograma de inversiones:

Año 1 - 50% de Obra Civil y Equipamiento Electromecánico 1ª Etapa

Año 2 - 50% de Obra Civil y Equipamiento Electromecánico 1ª Etapa y 100% Fuerza Motriz

Año 3 en adelante - Operación

Año 16 - Construcción Obra Civil 2ª Etapa y Equipos Electromecánicos de 2ª Etapa

Año 22 - Construcción Obra Civil 3ª Etapa y Equipos Electromecánicos de 3ª Etapa

Año 32 - Último año de operación u horizonte de evaluación

8.1.5.- Reposiciones y amortizaciones.

El horizonte de evaluación mencionado en el punto 8.1.2. coincide con la vida útil adoptada para las obras civiles.

Con respecto al equipamiento electromecánico de las Plantas de Tratamiento, tiene distinta vida útil según la clase de que se trate: lo hay de 15 años y de 10 años de vida útil.

Así, las electrobombas de las estaciones elevadoras, las electrobombas para barro y para recirculación de las Plantas de Tratamiento y las instalaciones eléctricas y de fuerza motriz, tanto de las Estaciones Elevadoras como de las Plantas de Tratamiento, se han considerado con una vida útil de 15 años.

El resto del equipamiento se consideró con una vida útil de 10 años.

Dado que el horizonte de evaluación, por las razones ya comentadas, se extiende hasta el año 32, no hay reposición de las obras civiles de la primera etapa -precisamente correspondería su reemplazo en el año 33- pero existe remanente de vida útil de la segunda etapa.

Por razones análogas, los reequipamientos electromecánicos de todas las etapas, se van sucediendo durante el período de evaluación, y se llega al año límite, con distintos grados de extinción de la vida útil.

Para todos estos casos comentados, y en estrecha coherencia con el criterio de depreciación lineal adoptado, se procedió al cálculo de la siguiente manera: la inversión total fue dividida por el número de años de vida útil, y el valor anual multiplicado por los años de vida útil remanentes en cada caso, se incorporó con signo negativo en el año 32. Esto significa que, al completarse el período de análisis, los valores de inversión no utilizados se restan -en ese año final- de las inversiones totales. Por este procedimiento, el flujo de inversiones y gastos, que al ser actualizado dará el valor presente neto de cada alternativa, y por ende permitirá su comparación hoy, ha sido despojado de los valores no utilizados.

8.1.6.- Criterio para las depreciaciones.

Se ha supuesto que las Obras Civiles tienen un valor residual equivalente al 20% (veinte por ciento) de la Inversión original, y que el 80% restante se deprecia en forma lineal.

Igual criterio se adoptó para el Equipamiento Electromecánico y las Instalaciones de Fuerza Motriz, excepto que en este caso, el Valor Residual adoptado es del 10% (diez por ciento).

Cabe advertir que, cuando el transcurso del tiempo hace necesario reponer el Equipamiento Electromecánico, la cifra que aparece en el año respectivo es el saldo neto de la Inversión Total menos el Valor Residual del Equipo sustituido.

8.1.7.- Gastos de Operación y Mantenimiento.

Este tipo de gastos, que en las planillas técnicas aparecen como gasto diario, luego anualizado por 365 días, también tienen una ley uniforme, pues a medida que se incorporan las etapas restantes crecen.

Para todas las Alternativas, los costos estimados diarios se multiplican por 365 días.

8.2.- INVERSIONES Y GASTOS ANUALES.

El cálculo de Inversiones y Gastos anuales se efectuó en base a los Presupuestos Estimativos de cada una de las Alternativas de la Planta de Tratamiento, que se incluyen en el punto 7.

A continuación se resumen las inversiones y gastos de operación y mantenimiento para cada Alternativa.

8.2.1.- ALTERNATIVA I - LECHOS PERCOLADORES.

Cuadro de Inversiones.

CONCEPTO	E T A P A		
	1°	2°	3°
TERRENO	30.000	-	-
OBRA CIVIL V.U. 30 años	4.154.908	2.364.678	1.187.123
Equipamiento V.U. 10 años	960.000	825.000	135.000
Equipamiento V.U. 15 años	990.000	697.000	153.000
TOTAL	6.134.908	3.886.678	1.475.123

Análisis del Consumo de Energía.

- Primera Etapa.

- * Sedimentadores Primarios
2 Equipos Barredores 10 HP c/uno 20 HP
- * Sedimentadores Secundarios
2 Equipos Barredores 10 HP c/uno 20 HP
- * Pozo de Bombeo de Recirculación

2 electrobombas 20 HP c/una	40 HP
* Pozo de Bombeo de Barro Primario y Secundario	
3 electrobombas de 10 HP c/una	30 HP
* Concentradores de Barro	
2 equipos de 5 HP c/uno	10 HP
* Pozo de bombeo sobrenadante	
electrobomba de 5 HP.	5 HP
* Galeria de Digestores	
2 bombas a émbolo 30 HP c/una	60 HP
* Deshidratación de Barros	
centrífuga de 40 HP	40 HP
* Cloración equipos varios	5 HP
T O T A L	230 HP

Energía Consumida

$$230 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 4.062,7 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$4.062,7 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 194,6 \text{ \$/dia}$$

$$\text{Carga fijo} = \frac{7,82 \times 300 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 57,55 \text{ \$/dia}$$

$$\text{T O T A L} = 252,15 \text{ \$/dia}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

La potencia se calcula con la siguiente expresión:

$$P(\text{HP}) = \frac{Q(\text{l/seg}) \times H(\text{m})}{50}$$

Costo de energía consumida:

$$\begin{aligned} C &= P \times 0,736 \times 24 \text{ h/día} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = \\ &= 0,8461 \times P(\text{\$/día}) \end{aligned}$$

En cuadro N°1 se detalla el costo de energía de la Estación Elevadora para los distintos años.

- Segunda Etapa.

- * Sedimentadores Primarios
3 Equipos Barredores 10 HP c/uno. 30 HP
- * Sedimentadores Secundarios
3 Equipos Barredores 10 HP c/uno 30 HP
- * Pozo de Bombeo de Recirculación
3 electrobombas 20 HP c/una 60 HP
- * Pozo de Bombeo de Barro Primario y Secundario
6 electrobombas de 10 HP c/una 60 HP
- * Concentradores de Barro
3 equipos de 5 HP c/uno 15 HP
- * Pozo de bombeo sobrenadante
2 electrobombas de 5 HP c/una 10 HP

7*

./.

* Galería de Digestores	
4 bombas a émbolo 30 HP c/una	120 HP
* Deshidratación de Barros	
2 centrífugas de 40 HP	80 HP
* Cloración equipos varios	5 HP
T O T A L	410 HP

Energía Consumida

$$410 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 7.242,2 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$7.242,2 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 346,9 \text{ \$/dia}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 500 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 95,9 \text{ \$/dia}$$

$$\text{T O T A L} = 442,8 \text{ \$/dia}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°1.

— Tercera Etapa.

[illegible]

Energía Consumida

$$455 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 8.037,1 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$8.037,1 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 385 \text{ \$/día}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 550 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 105,5 \text{ \$/día}$$

$$\text{T O T A L} = 490,5 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estacion Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°1.

Costo Disposición de Barros

De acuerdo al cálculo realizado en 3.7 se tiene las siguientes cantidades de barro digerido:

° Etapas:

$$P = 5.123 \text{ kg/día}$$

2° Etapa:

$$P = 10.204 \text{ kg/día}$$

Este barro será deshidratado, previamente a su disposición, en centrifugas que reducirán el contenido de humedad a un tenor del 75%, resultando un barro que puede transportarse en contenedores.

El volumen de barro deshidratado a transportar se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$V = \frac{P}{d \times (1 - \mu_d)}$$

1ª Etapa:

$$V_e = \frac{5.123 \text{ kg/día}}{1.070 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,75)} = 19,1 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa:

$$V_e = \frac{10.204 \text{ kg/día}}{1.070 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,75)} = 38,1 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este volumen de barro se cargará en contenedores de 8 m³ de capacidad, los cuales serán cargados en camiones para su transporte al lugar seleccionado para su disposición final, tomándose como distancia media de transporte entre ida y vuelta la de 15 km, y un tiempo aproximado para carga, descarga y transporte de 2 horas.

El número de viajes diarios será:

1ª Etapa:

$$N_v = \frac{19,1}{8} = 2,39 \text{ viajes/día}$$

2ª Etapa:

$$N_v = \frac{38,1}{8} = 4,76 \text{ viajes/día}$$

El costo anual de transporte será:

1ª Etapa:

$$2,39 \text{ viajes/día} \times 365 \text{ d/año} \times 2 \text{ hs/viaje} \times 10,51 \text{ \$/h} = \\ = 18.337 \text{ \$/año}$$

2ª Etapa:

$$4,76 \text{ viajes/día} \times 365 \text{ d/año} \times 2 \text{ hs/viaje} \times 10,51 \text{ \$/h} = \\ = 36.485 \text{ \$/año}$$

Gastos de Operación y Mantenimiento.

En base a información obtenida se fijará la siguiente escala de salarios para el cálculo de los costos de operación:

Jefe de Planta	=	800	\$/mes
Encargado	=	550	\$/mes
Técnicos	=	400	\$/mes
Operarios Especializados	=	375	\$/mes
Operarios	=	300	\$/mes

* Primera Etapa

Jefe	800	\$/mes
Encargado	550	\$/mes
Téc. Químico	400	\$/mes
Téc. Mecánico	400	\$/mes
6 Operarios Especializados	2.250	\$/mes
12 Operarios	3.600	\$/mes
Reparación y Mantenimiento	<u>400</u>	<u>\$/mes</u>

$$12 \text{ m/año} \times 8.400 \text{ \$/mes} = 100.800 \text{ \$/año}$$

$$\text{Energía} \quad 365 \text{ d/año} \times 252,15 \text{ \$/día} = 92.035 \text{ \$/año}$$
$$\text{Disposición de Barros} = \underline{18.337 \text{ \$/año}}$$

$$\text{TOTAL} = 211.172 \text{ \$/año}$$

En Cuadro N°1 se detalla el costo de Energía de la Estación Elevadora y en Cuadro N° 5 el costo de Cloración.

* Segunda Etapa.

Personal 1ª Etapa	8.000 \$/mes	
1 Operario Especializado	400 \$/mes	
4 Operarios	1.200 \$/mes	
Reparación y Mantenimiento	600 \$/mes	
12 m/año x	10.200 \$/mes	= 122.400 \$/año
Energía	365 d/año x 442,8 \$/mes	= 161.622 \$/año
Disposición de Barros		36.485 \$/año
TOTAL		= 320.507 \$/año

* Tercera Etapa.

Personal 2ª Etapa	9.600 \$/mes	
4 Operarios	1.200 \$/mes	
Reparación y Mantenimiento	800 \$/mes	
12 m/año x	11.600 \$/mes	= 139.200 \$/año
Energía	365 d/año x 490,5 \$/dia	= 179.032 \$/año
Disposición de Barro		36.485 \$/año
TOTAL		= 354.717 \$/año

En el Cuadro N°6 se resumen los Costos de Operación y Mantenimiento para los distintos años.

8.2.2.- ALTERNATIVA II - AERACION EXTENDIDA.

Cuadro de Inversiones.

CONCEPTO	E T A P A		
	1°	2°	3°
TERRENO	30.000	-	-
OBRA CIVIL V.U. 30 años	2.564.973	1.238.978	814.492
Equipamiento V.U. 10 años	852.000	591.000	261.000
Equipamiento V.U. 15 años	840.000	493.000	187.000
TOTAL	4.286.973	2.322.978	1.262.492

Análisis del Consumo de Energía.

- Primera Etapa.

- * Celdas Aireadas
16 Equipos de Aeración 25 HP c/uno.400 HP
- * Sedimentadores Secundarios
2 Equipos Barredores 10 HP c/uno20 HP
- * Pozo de Bombeo de Recirculación de Barro

2 electrobombas 20 HP c/una	40 HP
* Concentradores de Barro	
2 equipos de 5 HP c/uno	10 HP
* Pozo de bombeo de barro a centrífugas	
electrobomba de 10 HP	10 HP
* Pozos de Bombeo N°1 y N°2	
2 electrobombas de 2,5 HP c/una	5 HP
* Deshidratación de Barros	
centrífuga de 40 HP	40 HP
* Cloración equipos varios	5 HP
T O T A L	530 HP

Energía Consumida

$$530 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 9.361,9 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$9.361,9 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 448,4 \text{ \$/dia}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 550 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 105,5 \text{ \$/dia}$$

$$\text{T O T A L} = 553,9 \text{ \$/dia}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

En Cuadro N°2 se detalla el costo de energía de la Estación Elevadora para los distintos años.

- Segunda Etapa.

* Celdas Aireadas	
24 Equipos de Aeración 25 HP c/uno	600 HP
* Sedimentadores Secundarios	
3 Equipos Barredores 10 HP c/uno	30 HP
* Pozo de Bombeo de Recirculación de Barro	
3 electrobombas 20 HP c/una	60 HP
* Concentradores de Barro	
3 equipos de 5 HP c/uno	15 HP
* Pozo de bombeo de Barro a Centrífugas	
2 electrobombas de 10 HP c/una	20 HP
* Pozos de Bombeo N°1 y N° 2	
4 electrobombas de 2,5 HP c/una	10 HP
* Deshidratación de Barros	
2 centrífugas de 40 HP c/una	80 HP
* Cloración equipos varios	5 HP
T O T A L	820 HP

Energía Consumida

$$820 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 14.484,5 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$14.484,5 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 693,8 \text{ \$/dia}$$

$$\text{Carga fijo} = \frac{7,82 \times 850 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 163,1 \text{ \$/dia}$$

$$\text{T O T A L} = 856,9 \text{ \$/dia}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°2.

- Tercera Etapa.

- * Celdas Aireadas
32 Equipos Aireadores 25 HP c/uno 800 HP
- * Sedimentadores Secundarios
4 Equipos Barredores 10 HP c/uno 40 HP
- * Pozo de Bombeo de Recirculación de Barro
4 electrobombas 20 HP c/una 80 HP
- * Concentradores de Barro
4 equipos de 5 HP c/uno 20 HP
- * Pozo de bombeo de barro a Centrífugas
2 electrobombas de 10 HP c/una 20 HP
- * Pozo de Bombeo N°1 y N°2
4 bombas de 2,5 HP c/una. . . . 10 HP

* Deshidratación de Barros	
2 centrífugas de 40 HP c/una	80 HP
* Cloración equipos varios	5 HP
T O T A L	1.055 HP

Energía Consumida

$$1.055 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 18.635,5 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$18.635,5 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 892,6 \text{ \$/dia}$$

$$\text{Carga fijo} = \frac{7,82 \times 1.100 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 211,0 \text{ \$/dia}$$

$$\text{T O T A L} = 1.103,6 \text{ \$/dia}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°2.

Costo Disposición de Barros

La cantidad de barro excedente determinada a deshidratar es la siguiente:

1ª Etapa: $P = 4.238 \text{ Kg/día}$

2ª Etapa: $P = 8.443 \text{ Kg/día}$

El volumen de barro deshidratado será:

1ª Etapa:

$$V_e = \frac{4.238 \text{ kg/día}}{1.070 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,75)} = 15,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

2ª Etapa:

$$V_e = \frac{8.443 \text{ kg/día}}{1.070 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,75)} = 31,6 \text{ m}^3/\text{día}$$

El número de viajes diarios será:

1ª Etapa:

$$N_v = \frac{15,8}{8} = 1,98 \text{ viajes/día}$$

2ª Etapa:

$$N_v = \frac{31,6}{8} = 3,95 \text{ viajes/día}$$

El costo anual de transporte será:

1ª Etapa:

$$\begin{aligned} & 1,98 \text{ viajes/día} \times 365 \text{ d/año} \times 2 \text{ hs/viaje} \times 10,51 \text{ \$/h} = \\ & = 15.191 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

2ª Etapa:

$$3,95 \text{ viajes/día} \times 365 \text{ d/año} \times 2 \text{ hs/viaje} \times 10,51 \text{ \$/h} = \\ = 30.306 \text{ \$/año}$$

Gastos de Operación y Mantenimiento.

* Primera Etapa

Jefe	800	/mes	
Encargado	550	/mes	
Téc. Químico	400	/mes	
Téc. Mecánico	400	/mes	
Operarios Especializados	375	/mes	
12 Operarios	3.600	/mes	
Reparación y Mantenimiento	400	/mes	
12 m/año	x	6.525	/mes = 78.300 \\$/año
Energía	365 d/año	x 553,9	\\$/dia = 202.173 \\$/año
Disposición de Barros			= 15.191 \\$/año
TOTAL			= 295.664 \\$/año

En Cuadro N°2 se detalla el costo de Energía de la Estación Elevadora y en Cuadro N°5 el costo de Cloración.

* Segunda Etapa.

Personal 1ª Etapa	6.125	/mes	
Operario Especializado	375	/mes	
4 Operarios	1.200	/mes	
Reparación y Mantenimiento	800	/mes	
12 m/año	x	8.500	/mes = 102.000 \\$/año
Energía	365 d/año	x 856,9	\\$/d = 312.768 \\$/año
Disposición de Barros			= 30.306 \\$/año
TOTAL			= 445.074 \\$/año

* Tercera Etapa.

Personal 2ª Etapa	7.700 \$/mes	
4 Operarios	1.200 \$/mes	
Reparación y Mantenimiento	<u>1.200 \$/mes</u>	
12 m/año x	10.100 \$/mes	= 121.200 \$/año
Energía	365 d/año x 1.103,6 \$/dia	= 402.814 \$/año
Disposición de Barro		<u>30.306 \$/año</u>
TOTAL		= 554.320 \$/año

En el Cuadro N°7 se resumen los Costos de Operación y Mantenimiento para los distintos años.

8.2.3.- ALTERNATIVA III - LAGUNAS AIREADAS EN SERIE.

Cuadro de Inversiones.

CONCEPTO	E T A P A		
	1°	2°	3°
TERRENO	50.000	-	-
OBRA CIVIL V.U. 30 años	1.994.555	1.060.268	455.893
Equipamiento V.U. 10 años	336.000	168.000	168.000
Equipamiento V.U. 15 años	399.000	279.000	100.000
TOTAL	2.779.555	1.507.268	723.893

Análisis del Consumo de Energía

... Primera Etapa

* Lagunas Aireadas I1 y I2	
8 Equipos Aireadores 15 HP c/uno	120 HP
* Lagunas Aireadas II1 y II2	
8 Equipos Aireadores de 7,5 HP c/uno	60 HP
* Extracción de Barros	
Bomba portátil.	10 HP
* Pozos Bombeo N°1 y N°2	
2 electrobombas de 2,5 HP c/uno	5 HP
* Dosificación de Hipoclorito de sodio	
Bomba dosificadora	<u>1 HP</u>
T O T A L	= 196 HP

Energía Consumida

$$196 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 3.462,1 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$3.462,1 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 165,8 \text{ \$/día}$$

$$\text{CARGO FIJO} = \frac{7,82 \times 220 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 42,2 \text{ \$/dia}$$

2014

T O T A L = 208,0 \$/dia

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°3.

- Segunda Etapa

* Lagunas Aireadas II, II2 y II3	
12 Equipos Aireadores 15 HP c/uno	180 HP
* Lagunas Aireadas III1, III2 y III3	
12 Equipos Aireadores de 7,5 HP c/uno	90 HP
* Extracción de Barros	
2 Bombas portátiles de 10 HP c/una	20 HP
* Pozos Bombeo N°1 y N°2	
4 electrobombas de 2,5 HP c/uno	10 HP
* Dosificación de Hipoclorito de sodio	
2 Bombas dosificadoras	2 HP
T O T A L =	302 HP

Energía Consumida

$$302 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 5.334,5 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$5.334,5 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 255,5 \text{ \$/día}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 350 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 67,1 \text{ \$/día}$$

$$\text{T O T A L} = 322,6 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°3.

- Tercera Etapa

* Lagunas Aireadas I	
16 Equipos Aireadores 15 HP c/uno	240 HP
* Lagunas Aireadas II	
16 Equipos Aireadores de 7,5 Hp c/uno	120 HP
* Extracción de Barros	
2 Bombas portátiles de 10 HP c/una	20 HP
* Pozos Bombeo N°1 y N°2	
4 electrobombas de 2,5 HP c/uno	10 HP
* Dosificación de Hipoclorito de sodio	
2 Bombas dosificadoras	2 HP
T O T A L =	392 HP

Energía Consumida

$$392 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 6.924,3 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$6.924,3 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 325,4 \text{ \$/día}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 450 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 86,3 \text{ \$/día}$$

$$\text{T O T A L} = 411,7 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°3.

Costo Disposición de Barros.

De acuerdo al cálculo realizado, el peso total de barro acumulado en las Lagunas Aireadas Facultativas es, para la Primera Etapa, 227.506 Kg/mes.

En esas condiciones se los dispondrá en los Recintos de Deshidratación, donde perderán humedad hasta alcanzar una concentración en sólidos del 30% (Manual de Operación de Plantas de Tratamiento de Desagües Cloacales, OSH-OSP y EIS, 1966), tornándose "manejables" con máquinas para movimientos de suelos y carga en camión volcador.

Una vez deshidratado el volumen remanente será:

$$V_t = \frac{227.506 \text{ kg/mes}}{1.080 \text{ kg/m}^3 (1 - 0,70)} = 702 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Para camiones de 10 m³ se requeriran:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{viajes} &= \frac{702 \text{ m}^3/\text{mes}}{10 \text{ m}^3/\text{viaje}} = 70,2 \text{ viajes/mes} \end{aligned}$$

Se adopta un valor de cálculo de 70 viajes en total. La carga de los camiones se efectuará con una pala frontal con un rendimiento de 30 m³/h, y una dotación de 3 camiones, o sea, se cargarán 3 camiones por hora, resultando:

$$\text{Tiempo de trabajo} = \frac{70 \text{ camiones}}{3 \text{ cam./h}} = 23,33 \text{ hs.}$$

Los costos de disposición anual incluirán:

$$\begin{aligned} 3 \text{ cam.} \times 23,33 \text{ hs.de camión/mes} \times 10,51 \text{ \$/h} \times 12 \text{ mes/año} &= \\ &= 8.827 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 23,33 \text{ hs.de pala frontal} \times 24,3 \text{ \$/h} \times 12 \text{ mes/año} &= \\ &= 6.803 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

$$\text{TOTAL} = 8.827 \text{ \$/año} + 6.803 \text{ \$/año} = 15.630 \text{ \$/año}$$

Para la 2ª Etapa el peso de barro acumulado mensual en las Lagunas será 455.012 kg/mes, o sea el doble, siendo también doble el costo de transporte, de donde resulta:

$$\text{Costo Transporte} = 31.260 \text{ \$/año}$$

Gastos de Operación y Mantenimiento.

* Primera Etapa

Encargado	550 \\$/mes
Téc. Mecánico	400 \\$/mes
8 Operarios	2.400 \\$/mes
Reparación y Mantenimiento	400 \\$/mes
12 m/año	x 3.750 \\$/mes = 45.000 \\$/año

Energía	365 d/año x	208	\$/día =	75.920 \$/año
Disposición de Barros			=	<u>15.630 \$/año</u>
TOTAL			=	136.550 \$/año

En Cuadro N°3 se detalla el costo de Energía de la Estación Elevadora y en Cuadro N°5 el costo de Cloración.

* Segunda Etapa.

Personal 1ª Etapa	3.350 \$/mes
2 Operarios	600 \$/mes
Reparación y Mantenimiento	<u>600 \$/mes</u>
12 m/año x	4.550 \$/mes = 54.600 \$/año
Energía	365 d/año x 322,6 \$/día = 117.749 \$/año
Disposición de Barros	<u>31.260 \$/año</u>
TOTAL = 203.609 \$/año	

* Tercera Etapa.

Personal 2ª Etapa	3.950 \$/mes
2 Operarios	600 \$/mes
Reparación y Mantenimiento	<u>800 \$/mes</u>
12 m/año x	5.350 \$/mes = 64.200 \$/año
Energía	365 d/año x 411,7 \$/día = 150.270 \$/año
Disposición de Barro	<u>31.260 \$/año</u>
TOTAL = 245.730 \$/año	

En el Cuadro N°8 se resumen los Costos de Operación y Mantenimiento para los distintos años.

8.2.4.- ALTERNATIVA IV - LAGUNAS ANAEROBICAS Y AIREADAS EN SERIE.

Cuadro de Inversiones.

CONCEPTO	E T A P A		
	1°	2°	3°
TERRENO	50.000	-	-
OBRA CIVIL V.U. 30 años	2.406.292	1.318.369	593.057
Equipamiento V.U. 10 años	256.000	128.000	128.000
Equipamiento V.U. 15 años	344.000	259.000	70.000
TOTAL	3.056.292	1.705.369	791.057

Análisis del Consumo de Energía

- Primera Etapa

- * Lagunas Aireadas I y II
8 Equipos Aireadores de 13,5 HP c/uno108 HP
- * Lagunas Aireadas Facultativas I y II
8 Equipos Aireadores de 5 HP c/uno40 HP
- * Pozo Bombeo N°1
electrobomba de 2,5 HP2,5 HP

* Dosificación de Hipoclorito de sodio

1 Bomba dosificadora 1 HP

T O T A L = 151,5 HP

Energía Consumida

$$151,5 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 2.676 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$2.676 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 128,2 \text{ \$/día}$$

$$\text{Carga fijo} = \frac{7,82 \times 160 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 30,7 \text{ \$/día}$$

$$T O T A L = 158,9 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°4.

- Segunda Etapa

* Lagunas Aireadas			
12 Equipos Aireadores de 13,5 HP c/uno	.	.	162 HP
* Lagunas Aireadas Facultativas			
12 Equipos Aireadores de 5 HP c/uno	.	.	60 HP
* Pozo Bombeo N°1			
2 electrobombas de 2,5 HP c/una	.	.	5 HP
* Dosificación de Hipoclorito de sodio			
2 Bombas dosificadoras	.	.	2 HP
T O T A L			= 229 HP

Energía Consumida

$$229 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 4,045 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$4,045 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 193,7 \text{ \$/día}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 240 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 46,0 \text{ \$/día}$$

$$T O T A L = 239,7 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°4.

- Tercera Etapa

* Lagunas Aireadas	
16 Equipos Aireadores de 13,5 HP c/uno	216 HP
* Lagunas Aireadas Facultativas	
16 Equipos Aireadores de 5 HP c/uno	80 HP
* Pozo Bombeo N°1	
2 electrobombas de 2,5 HP c/una	5 HP
* Dosificación de Hipoclorito de sodio	
2 Bombas dosificadoras	2 HP
T O T A L	= 303 HP

Energía Consumida

$$303 \text{ HP} \times 0,736 \text{ kW/HP} \times 24 \text{ h/d} = 5.352,2 \text{ kWh/d}$$

Costo de la energía consumida

$$5.352,2 \text{ kWh/d} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 256,4 \text{ \$/día}$$

$$\text{Cargo fijo} = \frac{7,82 \times 350 \times 0,736}{30 \text{ d/mes}} = 67,1 \text{ \$/día}$$

$$\text{T O T A L} = 323,5 \text{ \$/día}$$

Energía Consumida en Estación Elevadora

Los costos de Energía Consumida en Estación Elevadora se detallan en el Cuadro N°4.

Costo Disposición de Barro.

— Primera Etapa

* Consumo de Energía

Bombeo del barro desde Laguna Aireada Facultativa a las Lagunas Anaeróbicas, que se realizará cada 3 meses.

$$\text{Horas de Bombeo} = \frac{204 \text{ m}^3/\text{mes} \times 12 \text{ meses/año}}{30 \text{ m}^3/\text{h}} = 81,6 \text{ h/año}$$

$$\text{Consumo de energía} = 81,6 \text{ h/año} \times 1,5 \text{ kW} = 122,4 \text{ kWh/año}$$

Vaciado Lagunas Anaeróbicas:

$$\text{Tiempo Vaciado} = \frac{49.928 \text{ m}^3/\text{año}}{70 \text{ m}^3/\text{h}} = 713 \text{ h/año}$$

$$\text{Consumo energía} = 713 \text{ h/año} \times 1,2 \text{ kW} = 855,6 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Total Consumo Energía} = 978 \text{ kWh/año}$$

Costo Energía Consumida =

$$= 978 \text{ kWh/año} \times 0,0479 \text{ \$/kWh} = 46,85 \text{ \$/año}$$

* Disposición de Barro

De acuerdo al cálculo realizado el peso total de barro acumulado en las Lagunas Anaeróbicas es para la primera etapa, el siguiente:

$$P = \frac{390.241 \text{ kg/mes} + 64.779 \text{ kg/mes}}{2} = 227.510 \text{ kg/mes}$$

Teniendo en cuenta que el barro a deshidratar se ha digerido a muy prolongados períodos de tiempo que asegura su muy buena calidad, y por las condiciones climáticas locales muy favorables, se considera factible alcanzar una concentración del 50% de sólidos, siendo en ese caso manejables con máquinas para movimiento de suelos y su carga en camiones volcadores.

Una vez deshidratado el volumen remanente será:

$$V = \frac{227.510 \text{ kg/mes}}{1.100 \text{ kg/m}^3(1-0,5)} = 413,6 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen Anual} &= 413,6 \text{ m}^3/\text{mes} \times 12 \text{ mes/año} = \\ &= 4.963,2 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Se considera que para realizar la operación de extracción y transporte del barro, se utilizará equipo del tipo vial, o sea camiones de 12 m³ y pala-frontal con rendimiento de 60 m³/h, previéndose utilizar 6 camiones, de los cuales 5 estarán operando y uno esperando.

El tiempo necesario para la remoción y transporte del barro será:

$$t = \frac{4.963 \text{ m}^3/\text{año}}{60 \text{ m}^3/\text{h}} = 82,7 \text{ hs/año}$$

Por lo tanto, el costo será:

Camiones:

$$82,7 \text{ h/año} \times 6 \text{ camiones} \times 10,51 \text{ \$/h} = 5.215,1 \text{ \$/año}$$

Pala-Frontal:

$$82,7 \text{ h/año} \times 24 \text{ \$/h} = \underline{1.984,8 \text{ \$/año}}$$

Subtotal	= 7.199,9
Costo Energia	= <u>46,8</u>
TOTAL	= 7.246,7 \$/año

Para la segunda etapa, el peso de barro acumulado mensual en las lagunas es el doble, por lo que el costo de la operación de retiro y disposición del barro será:

Costo Transporte = 14.493,4 \$/año

Gastos de Operación y Mantenimiento.

* Primera Etapa

Encargado	550 \$/mes		
Téc. Mecánico	400 \$/mes		
4 Operarios	1.200 \$/mes		
Reparación y Mantenimiento	<u>400 \$/mes</u>		
12 m/año x	2.550 \$/mes	=	30.600 \$/año
Energía	365 d/año x 158,9 \$/día	=	57.998 \$/año
Disposición de Barros		=	<u>7.246,7 \$/año</u>
TOTAL		=	95.844,7 \$/año

En Cuadro N°4 se detalla el costo de Energía de la Estación Elevadora y en Cuadro N°5 el costo de Cloración.

* Segunda Etapa.

Personal 1ª Etapa	2.150 \$/mes		
2 Operarios	600 \$/mes		
Reparación y Mantenimiento	<u>600 \$/mes</u>		
12 m/año x	3.350 \$/mes	=	40.200 \$/año
Energía	365 d/año x 239,7 \$/día	=	87.490 \$/año
Disposición de Barros		=	<u>14.493,4 \$/año</u>

TOTAL =142.183,4 \$/año

* Tercera Etapa.

Personal 2ª Etap	2.750 \$/mes	
2 Operarios	600 \$/mes	
Reparación y Mantenimiento	800 \$/mes	
12 m/año x	4.150 \$/mes=	49.800 \$/año
Energía	365 d/año x 323,5 \$/día	=118.078 \$/año
Disposición de Barro		<u>14.493,4 \$/año</u>
TOTAL		=182.371,4 \$/año

En el Cuadro N°9 se resumen los Costos de Operación y Mantenimiento para los distintos años.

8.3.- Cálculo de Amortizaciones.

* Amortizacion Obra Civil:

- Lineal
- Valor residual 20%

* Amortizacion Equipos Electromecanicos e Instalacion de Fuerza Motriz:

- Lineal
- Valor residual 10%

8.4.- Cálculo del Valor Presente.

Con los criterios y datos expresados en los apartados precedentes, se han confeccionado las planillas que se acompañan a continuación, por Alternativa, donde se obtiene el flujo anual de Inversiones y Gastos del Proyecto.

La columna total es la que se utiliza para el calculo del Valor Presente.

Aplicando las tasas 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, y 12%, se obtienen los resultados que figuran en la pagina siguiente.

A titulo ilustrativo se ha incluido en el cuadro el valor de los flujos descontados a la tasa 0% (cero por ciento), es decir el valor corriente, donde se observa que la diferencia entre las Alternativas III y IV es de aproximadamente un 15% .

Del resultado de la comparacion efectuada, surge que la ALTERNATIVA IV es la mas conveniente desde el punto de vista economico, por lo que siendo las cuatro Alternativas planteadas equivalentes en cuanto a eficiencia y considerando que esta es además la mas segura y confiable, se recomienda la ALTERNATIVA IV como la mas ventajosa.

VALOR PRESENTE NETO

TASA	ALTERN. I	ALTERN. II	ALTERN. III	ALTERN. IV
0%	20864509,5	21709866,8	11509012,6	9964379,1
2%	17152230	16914579,2	9175657,4	8202640,3
4%	14426944,4	13614547,3	7538010,7	6919703
6%	12422851,7	11304215,4	6373212,9	5981867,9
8%	10939491,8	9657407,4	5532209,5	5290676,4
10%	9830839,5	8461604,6	4915087,9	4775555,1
12%	8992301,4	7576800,1	4454506,4	4386553,9

CUADRO DE INVERSIONES Y DEPRECIACIONES

DESCRIPCION	INVERSION	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESIDUAL
* ALTERNATIVA I			
1ª Etapa			
. Terreno	30000	—	30000
. Obra Civil	4154908	110797,5	830981,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	960000	86400	96000
V.U.15 años	990000	59400	99000
2ª Etapa			
. Obra Civil	2364678	63058,1	472935,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	825000	74250	82500
V.U.15 años	697000	41820	69700
3ª Etapa			
. Obra Civil	1187123	31656,6	237424,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	135000	12150	13500
V.U.15 años	153000	9180	15300

CUADRO DE INVERSIONES Y DEPRECIACIONES

DESCRIPCION	INVERSION	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESIDUAL
* ALTERNATIVA II			
1°Etapa			
. Terreno	30000	-	30000
. Obra Civil	2564973	68399,3	512994,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	852000	76680	85200
V.U.15 años	840000	50400	84000
2°Etapa			
. Obra Civil	1238978	33039,4	247795,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	591000	53190	59100
V.U.15 años	493000	29580	49300
3°Etapa			
. Obra Civil	814492	21719,8	162898,4
. E.Elev.			
V.U.10 años	261000	23490	26100
V.U.15 años	187000	11220	18700

CUADRO DE INVERSIONES Y DEPRECIACIONES

DESCRIPCION	INVERSION	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESIDUAL
* ALTERNATIVA III			
1ª Etapa			
. Terreno	50000	—	50000
. Obra Civil	1994555	53188,1	398911
. E.Elev.			
V.U.10 años	336000	30240	33600
V.U.15 años	399000	23940	39900
2ª Etapa			
. Obra Civil	1060268	28273,8	212053,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	168000	15120	16800
V.U.15 años	279000	16740	27900
3ª Etapa			
. Obra Civil	455893	12157,1	91178,6
. E.Elev.			
V.U.10 años	168000	15120	16800
V.U.15 años	100000	6000	10000

CUADRO DE INVERSIONES Y DEPRECIACIONES

DESCRIPCION	INVERSION	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESIDUAL
* ALTERNATIVA IV			
1ª Etapa			
. Terreno	50000	—	50000
. Obra Civil	2406292	64167,8	481258,4
. E.Elev.			
V.U.10 años	256000	23040	25600
V.U.15 años	344000	20640	34400
2ª Etapa			
. Obra Civil	1318369	35156,5	263673,8
. E.Elev.			
V.U.10 años	128000	11520	12800
V.U.15 años	259000	15540	25900
3ª Etapa			
. Obra Civil	593057	15814,9	118611,4
. E.Elev.			
V.U.10 años	128000	11520	12800
V.U.15 años	70000	4200	7000

ALTERNATIVA I

AÑO	INVERSION OBRA CIVIL 30 años	EQ. ELECTROMECHANICOS		OPERACION Y MANTENIM.	TOTAL
		V.U.10 años	V.U.15 años		
1	2107454	480000	495000		3082454
2	2077454	480000	495000		3052454
3				237192	237192
4				238893	238893
5				240703	240703
6				242467	242467
7				244326	244326
8				246292	246292
9				248368	248368
10				250556	250556
11				252866	252866
12		864000		255144	1119144
13				257541	257541
14				260053	260053
15				262689	262689
16	2364678	825000	697000	265895	4152573
17			891000	377914	1268914
18				380699	380699
19				383623	383623
20				386679	386679
21				389846	389846
22		864000		392972	1256972
23				396224	396224
24	1187123	135000	153000	399575	1874698
25				437300	437300
26		742500		441394	1183894
27				444907	444907
28				448578	448578
29				452383	452383
30				456288	456288
31				460366	460366
32	-3213658,5	-734700	-257440	460366	-3745432,5

ALTERNATIVA II

AÑO	INVERSION OBRA CIVIL 30 años	EQ. ELECTROMECHANICOS		OPERACION Y MANTENIM.	TOTAL
		V.U.10 años	V.U.15 años		
1	1312486,5	426000	420000		2158486,5
2	1282486,5	426000	420000		2128486,5
3				319911	319911
4				321496	321496
5				323183	323183
6				324826	324826
7				326559	326559
8				328391	328391
9				330325	330325
10				332364	332364
11				334517	334517
12		766800		336639	1103439
13				338873	338873
14				341214	341214
15				343670	343670
16	1238978	591000	493000	346658	2669636
17			756000	498810	1254810
18				501165	501165
19				503890	503890
20				506738	506738
21				509688	509688
22		766800		512601	1279401
23				515632	515632
24	814492	261000	187000	518755	1781247
25				631275	631275
26		531900		635091	1166991
27				638365	638365
28				641785	641785
29				645330	645330
30				648970	648970
31				652769	652769
32	-1927115,2	-677460	-241760	652769	-2193566,2

ALTERNATIVA III

AÑO	INVERSION OBRA CIVIL 30 años	EQ. ELECTROMECHANICOS		OPERACION Y MANTENIM.	TOTAL
		V.U. 10 años	V.U. 15 años		
1	1047277,5	168000	199500		1414777,5
2	997277,5	168000	199500		1364777,5
3				160797	160797
4				162382	162382
5				164069	164069
6				165712	165712
7				167445	167445
8				169277	169277
9				171211	171211
10				173250	173250
11				175403	175403
12		302400		177525	479925
13				179759	179759
14				182100	182100
15				184556	184556
16	1060268	168000	279000	187544	1694012
17			359100	257105	616205
18				259700	259700
19				262425	262425
20				265273	265273
21				268223	268223
22		302400		271136	573536
23				274167	274167
24	455893	168000	100000	277290	1001183
25				322385	322385
26		151200		326201	477401
27				329475	329475
28				332895	332895
29				336440	336440
30				340080	340080
31				343879	343879
32	-1443706,4	-278880	-125800	343879	-1504507,4

ALTERNATIVA IV

AÑO	INVERSION OBRA CIVIL 30 años	EQ. ELECTROMECHANICOS		OPERACION Y MANTENIM.	TOTAL
		V.U.10 años	V.U.15 años		
1	1253146	128000	172000		1553146
2	1203146	128000	172000		1503146
3				119565	119565
4				121115	121115
5				122765	122765
6				124373	124373
7				126068	126068
8				127860	127860
9				129752	129752
10				131747	131747
11				133853	133853
12		230400		135929	366329
13				138114	138114
14				140405	140405
15				142807	142807
16	1318369	128000	259000	145729	1851098
17			309600	194515	504115
18				197054	197054
19				199719	199719
20				202506	202506
21				205392	205392
22		230400		208241	438641
23				211206	211206
24	593057	128000	70000	214261	1005318
25				257652	257652
26		115200		261385	376585
27				264588	264588
28				267933	267933
29				271403	271403
30				274963	274963
31				278680	278680
32	-1788818,9	-212480	-100900	278680	-1823518,9

COSTO ENERGIA ESTACION ELEVADORA
ALTERNATIVA I
CUADRO N°1

167

AÑO	Vol. Medio Diario m3/Día	Infiltr m3/Día	Volumen Total m3/Día	H .(m)	P Hp	Costo Energia \$/Día	Costo Energia Anual
1992	5891	1024	6915	8,08	12,933	10,943	3994,2
1993	6343	1024	7367	8,08	13,779	11,658	4255,3
1994	6825	1024	7849	8,08	14,680	12,421	4533,7
1995	7338	1024	8362	8,08	15,640	13,233	4830,0
1996	7884	1024	8908	8,08	16,661	14,097	5145,4
1997	8416	1024	9440	8,08	17,656	14,938	5452,7
1998	8977	1024	10001	8,08	18,705	15,826	5776,7
1999	9570	1024	10594	8,08	19,814	16,765	6119,3
2000	10196	1024	11220	8,08	20,985	17,755	6480,8
2001	10856	1024	11880	8,08	22,22	18,800	6862,1
2002	11553	1024	12577	8,08	23,523	19,903	7264,7
2003	12240	1024	13264	8,08	24,808	20,990	7661,5
2004	12963	1024	13987	8,08	26,160	22,134	8079,1
2005	13721	1024	14745	8,08	27,578	23,334	8517,0
2006	14516	1024	15540	8,08	29,065	24,592	8976,2
2007	15351	1156	16507	8,08	30,874	26,122	9534,7
2008	16161	1156	17317	8,08	32,389	27,404	10002,
2009	17001	1156	18157	8,08	33,960	28,733	10487,
2010	17883	1156	19039	8,08	35,609	30,129	10997,
2011	18805	1156	19961	8,08	37,334	31,588	11529,
2012	19760	1156	20916	8,08	39,120	33,099	12081,
2013	20703	1156	21859	8,08	40,884	34,592	12626,
2014	21684	1156	22840	8,08	42,719	36,144	13192,
2015	22695	1156	23851	8,08	44,610	37,744	13776,
2016	23755	1156	24911	8,08	46,592	39,422	14389,
2017	24858	1288	26146	8,08	48,902	41,376	15102,
2018	25918	1288	27206	8,08	50,885	43,054	15714,
2019	27025	1288	28313	8,08	52,955	44,805	16354,
2020	28173	1288	29461	8,08	55,102	46,622	17017,
2021	29351	1288	30639	8,08	57,306	48,486	17697,
2022	30581	1288	31869	8,08	59,606	50,433	18408,

COSTO ENERGIA ESTACION ELEVADORA
ALTERNATIVA II
CUADRO N°2

168

AÑO	Vol. Medio Diario m3/Día	Infiltr m3/Día	Volumen Total m3/Día	H .(m)	P Hp	Costo Energia \$/Día	Costo Energia Anual
1992	5891	1024	6915	4,92	7,8754	6,6633	2432,1
1993	6343	1024	7367	4,92	8,3901	7,0989	2591,1
1994	6825	1024	7849	4,92	8,9391	7,5634	2760,6
1995	7338	1024	8362	4,92	9,5233	8,0577	2941,0
1996	7884	1024	8908	4,92	10,145	8,5838	3133,1
1997	8416	1024	9440	4,92	10,751	9,0965	3320,2
1998	8977	1024	10001	4,92	11,390	9,6371	3517,5
1999	9570	1024	10594	4,92	12,065	10,208	3726,1
2000	10196	1024	11220	4,92	12,778	10,811	3946,2
2001	10856	1024	11880	4,92	13,53	11,447	4178,4
2002	11553	1024	12577	4,92	14,323	12,119	4423,5
2003	12240	1024	13264	4,92	15,106	12,781	4665,2
2004	12963	1024	13987	4,92	15,929	13,478	4919,4
2005	13721	1024	14745	4,92	16,792	14,208	5186,0
2006	14516	1024	15540	4,92	17,698	14,974	5465,7
2007	15351	1156	16507	4,92	18,799	15,906	5805,8
2008	16161	1156	17317	4,92	19,722	16,686	6090,7
2009	17001	1156	18157	4,92	20,678	17,496	6386,1
2010	17883	1156	19039	4,92	21,683	18,346	6696,3
2011	18805	1156	19961	4,92	22,733	19,234	7020,6
2012	19760	1156	20916	4,92	23,821	20,154	7356,5
2013	20703	1156	21859	4,92	24,894	21,063	7688,2
2014	21684	1156	22840	4,92	26,012	22,008	8033,2
2015	22695	1156	23851	4,92	27,163	22,983	8388,8
2016	23755	1156	24911	4,92	28,370	24,004	8761,6
2017	24858	1288	26146	4,92	29,777	25,194	9196,0
2018	25918	1288	27206	4,92	30,984	26,216	9568,8
2019	27025	1288	28313	4,92	32,245	27,282	9958,2
2020	28173	1288	29461	4,92	33,552	28,389	10361,
2021	29351	1288	30639	4,92	34,894	29,524	10776,
2022	30581	1288	31869	4,92	36,295	30,709	11208,

COSTO ENERGIA ESTACION ELEVADORA
ALTERNATIVA III
CUADRO N°3

169

AÑO	Vol. Medio Diario m3/Día	Infiltr m3/Día	Volumen Total m3/Día	H .(m)	P Hp	Costo Energia \$/Día	Costo Energia Anual
1992	5891	1024	6915	4,92	7,8754	6,6633	2432,1
1993	6343	1024	7367	4,92	8,3901	7,0989	2591,1
1994	6825	1024	7849	4,92	8,9391	7,5634	2760,6
1995	7338	1024	8362	4,92	9,5233	8,0577	2941,0
1996	7884	1024	8908	4,92	10,145	8,5838	3133,1
1997	8416	1024	9440	4,92	10,751	9,0965	3320,2
1998	8977	1024	10001	4,92	11,390	9,6371	3517,5
1999	9570	1024	10594	4,92	12,065	10,208	3726,1
2000	10196	1024	11220	4,92	12,778	10,811	3946,2
2001	10856	1024	11880	4,92	13,53	11,447	4178,4
2002	11553	1024	12577	4,92	14,323	12,119	4423,5
2003	12240	1024	13264	4,92	15,106	12,781	4665,2
2004	12963	1024	13987	4,92	15,929	13,478	4919,4
2005	13721	1024	14745	4,92	16,792	14,208	5186,0
2006	14516	1024	15540	4,92	17,698	14,974	5465,7
2007	15351	1156	16507	4,92	18,799	15,906	5805,8
2008	16161	1156	17317	4,92	19,722	16,686	6090,7
2009	17001	1156	18157	4,92	20,678	17,496	6386,1
2010	17883	1156	19039	4,92	21,683	18,346	6696,3
2011	18805	1156	19961	4,92	22,733	19,234	7020,6
2012	19760	1156	20916	4,92	23,821	20,154	7356,5
2013	20703	1156	21859	4,92	24,894	21,063	7688,2
2014	21684	1156	22840	4,92	26,012	22,008	8033,2
2015	22695	1156	23851	4,92	27,163	22,983	8388,8
2016	23755	1156	24911	4,92	28,370	24,004	8761,6
2017	24858	1288	26146	4,92	29,777	25,194	9196,0
2018	25918	1288	27206	4,92	30,984	26,216	9568,8
2019	27025	1288	28313	4,92	32,245	27,282	9958,2
2020	28173	1288	29461	4,92	33,552	28,389	10361,5
2021	29351	1288	30639	4,92	34,894	29,524	10776,5
2022	30581	1288	31869	4,92	36,295	30,709	11208,5

COSTO ENERGIA ESTACION ELEVADORA
ALTERNATIVA IV
CUADRO N°4

170

ANO	Vol. Medio Diario m3/Día	Infiltr m3/Día	Volumen Total m3/Día	H m (m)	P Hp	Costo Energia \$/Día	Costo Energia Anual
1992	5891	1024	6915	3,98	6,3707	5,3903	1967,4
1993	6343	1024	7367	3,98	6,7871	5,7426	2096,0
1994	6825	1024	7849	3,98	7,2312	6,1183	2233,2
1995	7338	1024	8362	3,98	7,7038	6,5182	2379,1
1996	7884	1024	8908	3,98	8,2069	6,9438	2534,5
1997	8416	1024	9440	3,98	8,6970	7,3585	2685,8
1998	8977	1024	10001	3,98	9,2138	7,7958	2845,4
1999	9570	1024	10594	3,98	9,7602	8,2581	3014,2
2000	10196	1024	11220	3,98	10,336	8,7460	3192,3
2001	10856	1024	11880	3,98	10,945	9,2605	3380,1
2002	11553	1024	12577	3,98	11,587	9,8038	3578,4
2003	12240	1024	13264	3,98	12,220	10,339	3773,8
2004	12963	1024	13987	3,98	12,886	10,902	3979,5
2005	13721	1024	14745	3,98	13,584	11,493	4195,2
2006	14516	1024	15540	3,98	14,316	12,113	4421,4
2007	15351	1156	16507	3,98	15,207	12,867	4696,5
2008	16161	1156	17317	3,98	15,954	13,498	4927,0
2009	17001	1156	18157	3,98	16,727	14,153	5166,0
2010	17883	1156	19039	3,98	17,540	14,841	5416,9
2011	18805	1156	19961	3,98	18,389	15,559	5679,3
2012	19760	1156	20916	3,98	19,269	16,304	5951,0
2013	20703	1156	21859	3,98	20,138	17,039	6219,3
2014	21684	1156	22840	3,98	21,042	17,803	6498,4
2015	22695	1156	23851	3,98	21,973	18,592	6786,1
2016	23755	1156	24911	3,98	22,950	19,418	7087,6
2017	24858	1288	26146	3,98	24,088	20,381	7439,0
2018	25918	1288	27206	3,98	25,064	21,207	7740,6
2019	27025	1288	28313	3,98	26,084	22,070	8055,6
2020	28173	1288	29461	3,98	27,142	22,965	8382,2
2021	29351	1288	30639	3,98	28,227	23,883	8717,4
2022	30581	1288	31869	3,98	29,360	24,842	9067,3

COSTOS DE CLORACION
CUADRO N°5

AÑO	VOL. MEDIO TOTAL (m3/Día)	DOSIS (mg/l)	CLORO kg/día	HIPO- CLORITO l/día	COSTO \$/día	COSTO ANUAL \$/Año
1	6915	5	34,575	345,75	51,862	18929,812
2	7367	5	36,835	368,35	55,252	20167,162
3	7849	5	39,245	392,45	58,867	21486,637
4	8362	5	41,81	418,1	62,715	22890,975
5	8908	5	44,54	445,4	66,81	24385,65
6	9440	5	47,2	472	70,8	25842
7	10001	5	50,005	500,05	75,007	27377,737
8	10594	5	52,97	529,7	79,455	29001,075
9	11220	5	56,1	561	84,15	30714,75
10	11880	5	59,4	594	89,1	32521,5
11	12577	5	62,885	628,85	94,327	34429,537
12	13264	5	66,32	663,2	99,48	36310,2
13	13987	5	69,935	699,35	104,90	38289,412
14	14745	5	73,725	737,25	110,58	40364,437
15	15540	5	77,7	777	116,55	42540,75
16	16507	5	82,535	825,35	123,80	45187,912
17	17317	5	86,585	865,85	129,87	47405,287
18	18157	5	90,785	907,85	136,17	49704,787
19	19039	5	95,195	951,95	142,79	52119,262
20	19961	5	99,805	998,05	149,70	54643,237
21	20916	5	104,58	1045,8	156,87	57257,55
22	21859	5	109,295	1092,95	163,94	59839,012
23	22840	5	114,2	1142	171,3	62524,5
24	23851	5	119,255	1192,55	178,88	65292,112
25	24911	5	124,555	1245,55	186,83	68193,862
26	26146	5	130,73	1307,3	196,09	71574,675
27	27206	5	136,03	1360,3	204,04	74476,425
28	28313	5	141,565	1415,65	212,34	77506,837
29	29461	5	147,305	1473,05	220,95	80649,487
30	30639	5	153,195	1531,95	229,79	83874,262
31	31869	5	159,345	1593,45	239,01	87241,387
32	31869	5	159,345	1593,45	239,01	87241,387

Costo Diario = Hipoclorito (l/día) * 0,15 \$/l

ANO	COSTO ENERGIA E.E.	COSTO CLORACION	PERSONAL Y ENERGIA	COSTO OPERACION MANTENIM.
1				
2				
3	4533,7	21486,63	211172	237192
4	4830	22890,97	211172	238893
5	5145,4	24385,65	211172	240703
6	5452,7	25842	211172	242467
7	5776,7	27377,73	211172	244326
8	6119,3	29001,07	211172	246292
9	6480,8	30714,75	211172	248368
10	6862,1	32521,5	211172	250556
11	7264,7	34429,53	211172	252866
12	7661,5	36310,2	211172	255144
13	8079,1	38289,41	211172	257541
14	8517	40364,43	211172	260053
15	8976,2	42540,75	211172	262689
16	9534,7	45187,91	211172	265895
17	10002	47405,28	320507	377914
18	10487	49704,78	320507	380699
19	10997	52119,26	320507	383623
20	11529	54643,23	320507	386679
21	12081	57257,55	320507	389846
22	12626	59839,01	320507	392972
23	13192	62524,5	320507	396224
24	13776	65292,11	320507	399575
25	14389	68193,86	354717	437300
26	15102	71574,67	354717	441394
27	15714	74476,42	354717	444907
28	16354	77506,83	354717	448578
29	17017	80649,48	354717	452383
30	17697	83874,26	354717	456288
31	18408	87241,38	354717	460366
32	18408	87241,38	354717	460366

ALTERNATIVA II - AERACION EXTENDIDA

AÑO	COSTO ENERGIA E.E.	COSTO CLORACION	PERSONAL Y ENERGIA	COSTO OPERACION MANTENIM.
1				
2				
3	2760,6	21486,63	295664	319911
4	2941	22890,97	295664	321496
5	3133,1	24385,65	295664	323183
6	3320,2	25842	295664	324826
7	3517,5	27377,73	295664	326559
8	3726,1	29001,07	295664	328391
9	3946,2	30714,75	295664	330325
10	4178,4	32521,5	295664	332364
11	4423,5	34429,53	295664	334517
12	4665,2	36310,2	295664	336639
13	4919,4	38289,41	295664	338873
14	5186	40364,43	295664	341214
15	5465,7	42540,75	295664	343670
16	5805,8	45187,91	295664	346658
17	6090,7	47405,28	445314	498810
18	6386,1	49704,78	445074	501165
19	6696,3	52119,26	445074	503890
20	7020,6	54643,23	445074	506738
21	7356,5	57257,55	445074	509688
22	7688,2	59839,01	445074	512601
23	8033,2	62524,5	445074	515632
24	8388,8	65292,11	445074	518755
25	8761,6	68193,86	554320	631275
26	9196	71574,67	554320	635091
27	9568,8	74476,42	554320	638365
28	9958,2	77506,83	554320	641785
29	10361	80649,48	554320	645330
30	10776	83874,26	554320	648970
31	11208	87241,38	554320	652769
32	11208	87241,38	554320	652769

AÑO	COSTO ENERGIA E.E.	COSTO CLORACION	PERSONAL Y ENERGIA	COSTO OPERACION MANTENIM.
1				
2				
3	2760,6	21486,63	136550	160797
4	2941	22890,97	136550	162382
5	3133,1	24385,65	136550	164069
6	3320,2	25842	136550	165712
7	3517,5	27377,73	136550	167445
8	3726,1	29001,07	136550	169277
9	3946,2	30714,75	136550	171211
10	4178,4	32521,5	136550	173250
11	4423,5	34429,53	136550	175403
12	4665,2	36310,2	136550	177525
13	4919,4	38289,41	136550	179759
14	5186	40364,43	136550	182100
15	5465,7	42540,75	136550	184556
16	5805,8	45187,91	136550	187544
17	6090,7	47405,28	203609	257105
18	6386,1	49704,78	203609	259700
19	6696,3	52119,26	203609	262425
20	7020,6	54643,23	203609	265273
21	7356,5	57257,55	203609	268223
22	7688,2	59839,01	203609	271136
23	8033,2	62524,5	203609	274167
24	8388,8	65292,11	203609	277290
25	8761,6	68193,86	245430	322385
26	9196	71574,67	245430	326201
27	9568,8	74476,42	245430	329475
28	9958,2	77506,83	245430	332895
29	10361	80649,48	245430	336440
30	10776	83874,26	245430	340080
31	11208	87241,38	245430	343879
32	11208	87241,38	245430	343879

CUADRO N°9

ALTERNATIVA IV - LAGUNAS ANAEROBICAS Y AIREADAS

AÑO	COSTO ENERGIA E.E.	COSTO CLORACION	PERSONAL Y ENERGIA	COSTO OPERACION MANTENIM.
1				
2				
3	2233,2	21486,63	95845	119565
4	2379,1	22890,97	95845	121115
5	2534,5	24385,65	95845	122765
6	2685,8	25842	95845	124373
7	2845,4	27377,73	95845	126068
8	3014,2	29001,07	95845	127860
9	3192,3	30714,75	95845	129752
10	3380,1	32521,5	95845	131747
11	3578,4	34429,53	95845	133853
12	3773,8	36310,2	95845	135929
13	3979,5	38289,41	95845	138114
14	4195,2	40364,43	95845	140405
15	4421,4	42540,75	95845	142807
16	4696,5	45187,91	95845	145729
17	4927	47405,28	142183	194515
18	5166	49704,78	142183	197054
19	5416,9	52119,26	142183	199719
20	5679,3	54643,23	142183	202506
21	5951	57257,55	142183	205392
22	6219,3	59839,01	142183	208241
23	6498,4	62524,5	142183	211206
24	6786,1	65292,11	142183	214261
25	7087,6	68193,86	182371	257652
26	7439	71574,67	182371	261385
27	7740,6	74476,42	182371	264588
28	8055,6	77506,83	182371	267933
29	8382,2	80649,48	182371	271403
30	8717,4	83874,26	182371	274963
31	9067,3	87241,38	182371	278680
32	9067,3	87241,38	182371	278680

ANALISIS DE PRECIOS

PLANILLA DE ANALISIS DE PRECIOS

Item	A.- MATERIALES								B.- MANO DE OBRA				C.-EQUIPOS				COSTO	6.6.	BENEFI	GASTOS	PRECIO	
	U	Descripción	Prec.Bás.	U	Cuántia	Cost.Orig.	Perdida	Costo A	Trans.	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo B	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo C	\$	12	18	6.6	\$
Provision cañeria	D*0.500		122,883	a	1	122,883	2,4416	124,52	7,91	Ayudante	0,15	0,3792	0,3792					132,821	15,93	14,876	10,888	174,43
P.R.F.V.	D*0.350		72,894	a	1	72,894	1,4578	74,351	3,90	Ayudante	0,1	0,2528	0,2528					78,5866	9,420	8,7927	6,3835	103,18
	D*0.200		23,8	a	1	23,8	0,476	24,276	1,43	Ayudante	0,1	0,2528	0,2528					25,9628	3,115	2,9878	2,1110	34,897
Provision de	D*0.400		41,04	a	1	41,04	0,8208	41,860	5,16	Ayudante	0,07	0,1769	0,1769					47,2817	5,664	5,2863	3,8380	61,990
Cañeria de P.V.C.	D*0.300		25,61	a	1	25,61	0,5122	26,122	2,92	Ayudante	0,07	0,1769	0,1769					29,2251	3,587	3,2732	2,3763	38,381
	D*0.200		21,215	a	1	21,215	0,4243	21,639	1,43	Ayudante	0,06	0,1516	0,1516					23,2249	2,786	2,6011	1,8884	30,581
	D*0.150		11,85	a	1	11,85	0,221	11,271	0,86	Ayudante	0,06	0,1516	0,1516					12,2836	1,474	1,3757	0,9988	16,132
	D*0.075		2,583	a	1	2,583	0,0508	2,5538	0,43	Ayudante	0,04	0,1011	0,1011					3,08418	0,370	0,3454	0,2587	4,8584
	D*0.032		1,35	a	1	1,35	0,027	1,377	0,43	Ayudante	0,04	0,1011	0,1011					1,98812	0,228	0,2137	0,1551	2,5859
	D*0.025		0,98	a	1	0,98	0,0196	0,9996	0,43	Ayudante	0,04	0,1011	0,1011					1,53872	0,183	0,1714	0,1244	2,8183
Acarreo y colocacion cañeria	D*0.500			a	1					Oficial	0,45	1,2447		Camion	0,06	0,6384	-					
P.R.F.V.	D*0.350			a	1					Ayudante	1	2,528	3,7727	Eq.Menor	0,06	0,8884	0,6388	4,41152	0,529	0,4940	0,3587	5,7937
	D*0.200			a	1					Oficial	0,35	0,9681		Camion	0,04	0,4282	-					
				a	1					Ayudante	0,8	2,8224	3,2671	Eq.Menor	0,04	0,8856	0,6368	3,98312	0,468	0,4371	0,3173	5,1260
				a	1					Oficial	0,25	0,6915		Camion	0,04	0,4282	-					
				a	1					Ayudante	0,6	1,5168	2,4849	Eq.Menor	0,04	0,8856	0,4258	2,91078	0,349	0,3260	0,2366	3,8227
Acarreo y colocacion de cañeria	D*0.400			a	1					Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,03	0,3152	-					
P.V.C.	D*0.300			a	1					Ayudante	0,8	2,8224	2,8522	Eq.Menor	0,03	0,8842	0,3194	3,17161	0,380	0,3552	0,2578	4,1653
	D*0.200			a	1					Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,03	0,3152	-					
				a	1					Ayudante	0,8	2,8224	2,8522	Eq.Menor	0,03	0,8842	0,3194	3,17161	0,380	0,3552	0,2578	4,1653
	D*0.150			a	1					Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,02	0,2101	-					
				a	1					Ayudante	0,6	1,5168	2,3466	Eq.Menor	0,02	0,8828	0,2129	2,55954	0,307	0,2866	0,2881	3,3614
	D*0.075			a	1					Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,02	0,2101	-					
				a	1					Ayudante	0,5	1,264	2,0938	Eq.Menor	0,02	0,8828	0,2129	2,38674	0,276	0,2583	0,1875	3,0294
	D*0.032			a	1					Oficial	0,2	0,5532		Camion	0,01	0,1858	-					
				a	1					Ayudante	0,3	0,7584	1,3116	Eq.Menor	0,01	0,8814	0,1864	1,41887	0,178	0,1588	0,1153	1,8623
	D*0.025			a	1					Oficial	0,2	0,5532		Camion	0,01	0,1858	-					
				a	1					Ayudante	0,3	0,7584	1,3116	Eq.Menor	0,01	0,8814	0,1864	1,41887	0,178	0,1588	0,1153	1,8623
Provision, acarreo y colocacion de Cañeria de Hormigon Simple	D*0.350			a	1					Oficial Esp	0,4	1,2892		Guinche	0,05	0,377						
	D*0.300		17,644	a	1	17,644	0,3528	17,996	6,24	Ayudante	1,7	4,2976	5,5868	Camion	0,06	0,6384						
				a	1					Eq.Menor				Guinche	0,06	0,8884	1,0158	38,7595	3,691	3,4450	2,5811	48,396
	D*0.150		14,7	a	1	14,7	0,294	14,994	4,68	Oficial Esp	0,4	1,2892		Camion	0,05	0,377						
				a	1					Ayudante	1,7	4,2976	5,5868	Eq.Menor	0,06	0,8884	1,0158	26,1966	3,143	2,9340	2,1380	34,484
				a	1					Oficial Esp	0,4	1,2892		Guinche	0,05	0,377						
				a	1					Ayudante	1,7	4,2976	5,5868	Eq.Menor	0,06	0,6384						
			18,39	a	1	18,39	0,2878	18,597	1,38	Eq.Menor				Guinche	0,05	0,377						
				a	1					Ayudante	1,7	4,2976	5,5868	Eq.Menor	0,06	0,8884	1,0158	18,5884	2,220	2,0728	1,5843	24,296

Item	A.- MATERIALES							B.- MANO DE OBRA				C.- EQUIPOS				COSTO	6.6.	BENEFI	GASTOS	PRECIO		
	U	Descripción	Prec. Bás.	U	cantidad	Cost. Orig.	Perdida	Costo A	Trans: porte	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo B	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo C	\$	12	18	6.6	\$
Provision, acarreo y colocacion de Cañeria de Hierro Fundido		D*0.150								Oficial Esp	0,4	1,2092		Guinche	0,85	0,377						
			363		1	363		363	2,7	Ayudante	1,7	4,2976	5,5068	Camion	0,86	0,6384						
		D*0.250												Eq. Menor	0,86	0,8884	1,0158	372,222	44,66	41,688	30,266	488,84
			688		1	688		688	2,7	Oficial Esp	0,4	1,2092		Guinche	0,85	0,377						
										Ayudante	1,7	4,2976	5,5068	Camion	0,86	0,6384						
														Eq. Menor	0,86	0,8884	1,0158	697,222	83,66	78,888	56,692	915,67
Provision, acarreo y colocacion de Cañeria de Acero		D*0.252	72,56		1	72,56				Oficial	0,5	1,383		Camion	0,83	0,3152	-					
		Accesorios	25,396			25,396		97,956	5,62	Ayudante	1,3	3,2864	4,6694	Eq. Menor	0,82	0,8828	0,3188	108,563	13,82	12,159	8,8275	142,57
		D*0.200	50,19		1	50,19				Oficial	0,4	1,1864		Camion	0,83	0,3152	-					
		Accesorios	17,5665			17,5665		67,756	3,15	Ayudante	1,3	3,2864	4,3928	Eq. Menor	0,82	0,8828	0,3188	75,6173	9,874	8,4691	6,1485	99,389
		D*0.152	33,33		1	33,33				Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,82	0,2181	-					
		Accesorios	11,6655			11,6655		44,995	1,94	Ayudante	0,95	2,4816	3,2314	Eq. Menor	0,81	0,8814	0,2115	58,3784	6,845	5,6423	4,8963	66,162
		D*0.182	19,27		1	19,27				Oficial	0,3	0,8298		Camion	0,81	0,1858	-					
		Accesorios	6,7445			6,7445		26,814	1,18	Ayudante	0,95	2,4816	3,2314	Eq. Menor	0,81	0,8814	0,1864	38,5323	3,663	3,4196	2,4826	48,898
		D*0.051	6,53		1	6,53				Oficial	0,2	0,5332		Camion	0,81	0,1858	-					
		Accesorios	2,2855			2,2855		8,8155	0,71	Ayudante	0,8	2,0224	2,5756	Eq. Menor	0,81	0,8814	0,1864	12,2875	1,464	1,3672	0,9926	16,832
Provision, acarreo y colocacion de Cañeria de Polietileno Flexible		D*0.013								Oficial Esp	0,025	0,0755										
			0,4		1	0,4		0,4	0,4	1/2 Oficial	0,025	0,0645		Camion	0,01	0,1858	0,1858	1,18842	0,133	0,1241	0,0981	1,4557
Provision, acarreo y colocacion de Valvula Esclusa	N*	D*0.200	490	N*	1	490		490	1,28	Oficial Esp	1	3,023						496,831	59,61	55,645	48,398	652,49
	N*	D*0.150	260	N*	1	260		260	1,28	Ayudante	1	2,528	5,551					266,831	32,81	29,885	21,696	358,43
Provision, acarreo y colocacion de Valvula de Retencion	N*	D*0.150	1800	N*	1	1800		1800	5	Oficial Esp	1,5	4,5345						1813,32	121,5	113,49	82,395	1330,8
	N*	D*0.076	650	N*	1	650		650	5	Ayudante	1,3	3,9299						662,216	79,46	74,168	53,846	869,69
Provision, acarreo y colocacion de Valvula a Diafragma	N*	D*0.200	1806	N*	1	1806		1806	1,28	Oficial Esp	1	3,023						1812,83	121,5	113,43	82,355	1330,1
	N*	D*0.150	683	N*	1	683		683	1,28	Ayudante	1	2,528	5,551					689,831	73,17	68,301	49,586	888,89
		D*0.100	312	N*	1	312		312	1,28	Oficial Esp	1	3,023						318,831	38,25	35,709	25,924	418,72
		D*0.076	230	N*	1	230		230	1,28	Ayudante	1	2,528	5,551					236,831	28,41	26,525	19,257	311,83
Excavacion a cielo abierto de cañerias										Pala Carga-												
										dora												
	m3								0,83	Oficial Esp	0,2	0,6846		Camion	0,85	1,2151						
										Ayudante	1,5	3,792	4,3966	Eq. Menor	0,85	0,8871	1,7477	6,17435	0,748	0,6915	0,5020	8,1888

Item	A.- MATERIALES							Trans.	B.- MANO DE OBRA			C.-EQUIPOS			COSTO COSTO	G.G. % C.C.	BENEF. CLOS %	GASTOS FINAN %	PRECIO UNITAR. %			
	U	Descripción	Prec.Bás.	U	cuantia	Cost.Orig.	Perdida		Costo A	Ren	Hor	Costo U	Costo B	Descripción						Ren	Hor	Costo U
Terraplenamiento con suelo selec. de aporte compact.	m3		1,5	m3	1	1,5		1,5	0,15	Oficial Esp	0,15	0,4534		Camion	0,1	1,051						
										Ayudante	0,5	1,264	1,7174	Eq.Menor	0,45	0,0639	1,1149	4,48535	0,538	0,5823	0,3647	5,8986
Excavacion a cielo abierto de Unidades	m3									Oficial Esp	0,3	0,9869		Excavadora	0,1	2,5843						
										Ayudante	0,3	0,7584	1,6653	Camion	0,15	1,5765						
														Eq.Menor	0,1	0,0142	4,175	5,8483	0,708	0,6541	0,4748	7,6781
Excavacion a de tierra para Lagunas	m3									Oficial Esp	0,2	0,6846		Carg.Frontal	0,1	2,4383						
										Ayudante	0,3	0,7584	1,363	Camion	0,1	1,051						
														Eq.Menor	0,1	0,0142	3,4955	4,8585	0,583	0,5441	0,3958	6,3887
Hormigon pobre de asiento	m2	Cemento	116	Tn	0,0045	0,522	0,0184															
		Cal	895	Tn	0,0078	6,981	0,1396															
		Arena	12	m3	0,038	0,456	0,0091															
		Polvo ladr.	42	m3	0,013	0,546	0,0189			Oficial	1	2,766										
		Cascote	14,4	m3	0,076	1,094	0,0218	9,7989	0,82	Ayudante	1	2,528	5,294	Hormigonera	0,4	1,0864	1,0864	16,9913	2,038	1,9038	1,3816	22,314
Hormigon Simple	m3	Cemento	116	Tn	0,2	23,2	0,464															
		Piedra	47,68	m3	0,48	22,886	0,4577			Oficial	10	27,66										
		Arena	12	m3	0,7	8,4	0,168	55,575	0,82	Ayudante	15	37,92	37,92	Hormigonera	0,4	1,0864	1,0864	95,4021	11,44	10,685	7,7573	125,29
Hormigon Armado	m3	Cemento	116	Tn	0,38	44,08	0,8816															
		Arena	12	m3	0,7	8,4	0,168															
		Piedra	47,68	m3	0,7	33,376	0,6675															
		Hierro	610	Tn	0,1	61	1,22															
		Clavos y Alambre	10,8	Kg	3	32,4	0,648							Hormigonera	1	2,716						
		Madera	580	m3	0,25	125	2,5			Oficial Esp	25	75,575		Camion	1	10,51						
		Aditivos	1,24	Kg	0,5	0,62	0,0124			1/2 Oficial	25	64,575		Eq.Bombeo	7	28,266						
								310,97	10,0	Ayudante	35	88,48	228,63	Eq.Menor	15	2,13	43,622	593,285	71,19	66,447	48,241	779,16
Revoque Impermeable	m2	Cemento	116	Tn	0,01	1,16	0,0232															
		Arena	12	m3	0,025	0,3	0,086			Oficial	0,5	1,383										
								1,4892	2,4	Ayudante	0,5	1,264	2,647	Hormigonera	0,1	0,2716	0,2716	6,8878	0,816	0,7624	0,5535	8,9487
Relleno de Granza de 3 cm de espesor	m2	Granza	88	m3	0,15	12	0,24	12,24	2,4	Oficial	0,5	1,383										
										Ayudante	0,5	1,264	2,647	Camion	0,6	6,386	6,386	23,593	2,831	2,6424	1,9183	30,984
Ladrillo comun para Playa Secado	m2	Ladrillo	158	mil	0,02	3	0,06	3,06	2,4	Oficial	0,5	1,383										
										Ayudante	0,5	1,264	2,647	Camion	0,6	6,386	6,386	14,413	1,729	1,6142	1,1719	18,928
Piso Cemento Rodillado	m2	Cemento	116	Tn	0,022	2,552	0,0518			Oficial	0,5	1,383										
		Arena	12	m3	0,054	0,648	0,0129	3,264	2,4	Ayudante	0,5	1,264	2,647	Hormigonera	0,1	0,2716	0,2716	8,5826	1,029	0,9612	0,6978	11,271
Camino Enripiado Completo	m	Ripio	11	m3	1	11				Oficial	0,09	0,2489		Camion	0,05	0,5255						
		Relleno	2,32	m3	1	2,32		13,32	0,15	Ayudante	0,5	1,264	1,5129	Pala Carg.	0,04	0,972	1,4975	16,4884	1,977	1,8458	1,3480	21,643
Barandas	m	Caño	26	m	2,5	65		65	0,71	Oficial	0,8	2,2128	2,2128					67,9228	0,158	7,6873	5,5229	89,203

Item	A.- MATERIALES							B.- MANO DE OBRA				C.-EQUIPOS				COSTO	6.6.	BENEFI	GASTOS	PRECIO		
	U	Descripción	Prec.Bás.	U	Cuántia	Cost.Orig.	Perdida	Costo A	Trans.	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo B	Descripción	Ren Hor	Costo U	Costo C	\$	12	18	6.6	\$
Alambrado Perimetral de 2 m de altura	m	Alamb.puas	8,88	m	3	8,24	0,0048															
	m	Alamb.liso	8,87	m	3	8,21	0,0042															
	m	Postes ref'	28	m	0,83	8,6	0,012															
	m	Postes	34,77	m	0,3	10,431	0,2086															
	m	Postes esquineros	38,2	m	0,006	0,229	0,0045															
	m	Puntales	7,2	m	0,012	0,086	0,0017															
	m	Pilotin	15,64	m	0,33	5,161	0,1032			Oficial Esp	0,7	2,1161										
		Transporte	61		1			17,296	1,14	Ayudante	0,7	1,7696	3,8857	Camion	0,85	0,5255	0,5255	22,8473	2,741	2,5589	1,8577	30,885
Tapas de Hierro Fundido	N°	Tapa	142	N°	1	142				Oficial	0,7	1,9362		Camion	0,87	0,7357						
		Varios	14,2		1	14,2		156,2	21,3	Ayudante	1,85	4,6768	6,613	Eq.Menor	0,87	0,0099	0,7456	184,858	22,18	20,704	15,031	242,77
Vereda de Loseta Premoldeada de 0.5m x 0.5m	m2	Losetas	15	m2	1	15	0,3															
	m3	Cemento	116	m3	0,0015	0,174	0,0034															
	m3	Cal	895	m3	0,0016	1,432	0,0286															
	m3	Arena	12	m3	0,012	0,144	0,0028															
	m3	Polv.Ladr.	42	m3	0,0043	0,181	0,0036			Oficial	0,7	1,9362										
		Cascote	14,4	m3	0,025	0,36	0,0072	17,636	0,82	Ayudante	1	2,528	4,4642	Hormigonera	0,4	1,0864	1,0864	24,0074	2,888	2,6888	1,9520	31,529

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) E.F. GLOYNA, "Bassins de Stabilisation des Déchets: Notions theoriques et donnees d'experience" (OMS)
- (2) HOMER W. PARKER, "Wastewater Systems Engineering", 1975.
- (3) AZEVEDO NETTO, "Lagoas de Estabilização", 1975.
- (4) "Recommended Standards for Sewage Works" 1968.
- (5) W ECKENFELDER, "Industrial Water Pollution Control", 1989.
- (6) METCALF Y EDDY, "Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal", 1972.
- (7) WPCF y ASCE, Wastewater Treatment Plant Design Manual N°8, 1977.
- (8) PURDUE UNIVERSITY, "Proceedings of the 21st. Industrial Waste Conference", 1967.
- (9) SORAB ARCEIVALA, "Simple Treatment Methods", 1973.
- (10) EPA, "Municipal Wastewater Stabilization Ponds".
- (11) LINVIL RICH, "Unit Processes of Sanitary Engineering", 1963.
- (12) BABBIT y BAUMAN, "Sewerage and Sewage Treatment", 1958.
- (13) O.S.N., O.S.P. y E.I.S., "Manual de Operación de Plantas de Tratamiento de Líquidos Cloacales", 1966.
- (14) W ECKENFELDER, "Manual of Treatment Processes", 1970.
- (15) CLARK y VIESSMAN, "Water Supply and Pollution Control", 1965.
- (16) SCHULTZ, HEGG y RAKNES, "Producción real de barro en Plantas de Barros Activados sin clarificadores primarios (Journal WPCF, Oct. 1982).
- (17) CHUDOBA y TUCEK, "Producción, degradación y composición de Barros Activados en Sistemas de Aeración sin Sedimentación Primaria (Journal WPCF, Marzo 1985.).

- (18) CASHION y KEINATH, "Influence of three factors on Clarification in the activated sludge process"(Journal WPCF, Nov. 1983).
- (19) STUKENBERG, RODMAN y TOUSLEE, "Activated sludge clarifier design improvements"(Journal WPCF, Abril 1983).
- (20) EPA, "Sludge handling and Conditioning", 1978.
- (21) CULP, WESNER y CULP, "Handbook of Advanced Wastewater Treatment", 1978.
- (22) WPCF, "Operation of wastewater Treatment Plants", 1976.
- (23) ECKENFELDER y McCABE, "Advances in Biological Waste Treatment", 1968.
- (24) AZEVEDO NETTO, "Aspectos constructivos de Lagoas de Estabilizaçao" (DAE, Marzo 1985).
- (25) RITTMANN y LANGE LAND, "Denitrificación simultanea con nitrificación en zanjas de Oxidación de Canal único" (Journal WPCF, Abril 1985).
- (26) ECKENFELDER y O'CONNOR, "Biological Waste Treatment", 1961.
- (27) O.L.SANTOS de SENA, "Lagoas de Estabilizaçao mecanicamente aeradas" (DAE, Abril 1971).
- (28) EPA, "Municipal Wastewater Stabilization Ponds"(1983).
- (29) E.F.GLOYNA, "Estanques de Estabilización de aguas Residuales" (1973). O.M.S.
- (30) PACHECO, Arruda, "Tratamiento de Esgotos Domésticos (1973). O.M.S.
- (31) ECKENFELDER W.y ADAMS, "Process Design Techinques for industrial waste treatment (1974).
- (32) INSTITUTO DE INGENIERIA SANITARIA (UBA), "Lagunas de Estabiliza ción (1971).