

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO CARMEN ALTO
NUEVO IMPERIAL - CAÑETE**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JORGE LUIS SALINAS MIGUEL

Lima- Perú

2012

AGRADECIMIENTO

A mi adorada madre por su apoyo incondicional ahora y desde siempre: ella es mi más grande fuente de inspiración en la vida. A mi querido hermano Carlos, cuyo amor fraterno, paciencia y bondad siempre he valorado. A mi amada esposa Maritza, que supo entender y colaborar conmigo compartiendo nuestro tiempo con la preparación de este Informe. A mis compañeros de grupo José Pereyra, Ricardo Morimoto, Jimmy Mimbela y Christian Ruiz, con quienes compartí momentos inolvidables durante el desarrollo del Curso de Titulación. Un agradecimiento especial a mi asesor, el Ing. Hugo Salazar, por su ayuda, paciencia y consejos en la corrección final de este informe.

	Pág.
ÍNDICE	1
RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE GRÁFICOS	5
LISTA DE SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	9
1.1 ANTECEDENTES.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.....	15
1.2.1 Lagunas de Estabilización.....	15
1.2.2 Lagunas Aireadas.....	20
1.2.3 Lodos Activados.....	21
1.2.4 Humedales artificiales, Biofiltros o Wetlands.....	22
1.2.5 Filtros percoladores.....	23
1.2.6 Reactores anaeróbicos de Flujo ascendente (RAFA).....	24
1.2.7 Tanques Imhoff.....	25
1.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	26
1.4 MARCO LÓGICO.....	28
1.4.1 Árbol de Problemas.....	28
1.4.2 Árbol de Objetivos.....	29
1.4.3 Alternativas de Solución.....	30
CAPÍTULO II: ESTUDIOS BÁSICOS	31
2.1 CLIMA.....	31
2.1.1 Temperatura.....	31
2.1.2 Humedad Atmosférica.....	32
2.1.3 Vientos.....	32
2.2 HIDROLOGÍA.....	33
2.2.1 Precipitaciones.....	33
2.2.2 Evaporación.....	33
2.2.3 Escorrentías.....	34
2.2.4 Aguas Subterráneas.....	35
2.3 SUELOS.....	35

2.3.1 Geomorfología.....	35
2.3.2 Unidades Geotécnicas.....	36
2.3.3 Mecánica de Suelos.....	36
2.4 TOPOGRAFÍA.....	40
CAPÍTULO III: GENERALIDADES DEL DISEÑO HIDRÁULICO.....	41
3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	41
3.1.1 Parámetros de Diseño.....	41
3.1.2 Dimensionamiento.....	48
3.1.3 Estructuración.....	52
CAPÍTULO IV: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	60
4.1 CARGAS.....	60
4.1.1 Cargas de sismo.....	60
4.1.2 Cargas del terreno.....	60
4.1.3 Cargas hidráulicas.....	61
4.2 CAPACIDAD PORTANTE DE LA CIMENTACIÓN.....	61
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS.....	61
4.4 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	61
4.5 PLANOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO.....	61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS	
ANEXO A: Registros de Ensayos de Mecánica de Suelos	
ANEXO B: Ubicación de la Planta de Tratamiento a las afueras del Centro Poblado “Carmen Alto”	
ANEXO C: Aportes per-cápita para Aguas Residuales domésticas Parámetros	
ANEXO D: Límites Máximos permisibles para los efluentes de PTAR	
ANEXO E: Planos	

RESUMEN

El Centro Poblado "Carmen Alto" está ubicado en el Distrito de Nuevo Imperial, Provincia de Cañete. Actualmente, su población se abastece de agua a través de la captación de aguas de un sub - ramal de la línea del "Canal Nuevo" de regadío aguas arriba (4 km. de recorrido) que transporta agua del río Cañete. Ésta se almacena en un reservorio ubicado en la parte alta al noreste del poblado, distribuyéndose desde allí a través de una red existente. Estas aguas no poseen un tipo de tratamiento previo adecuado antes de su consumo por la población.

Según el último censo a nivel nacional del 2007, la población en el Centro Poblado Carmen Alto ascendía a 3,038 habitantes, de los cuales alrededor de un 85% realiza la descarga de las aguas servidas hacia pozos ciegos o letrinas ubicadas en interior de sus viviendas. El resto de la población simplemente no cuenta con algún tratamiento para estas excretas. Este hecho explica en gran medida que los reportes del Puesto de Salud de la zona registren altos índices de enfermedades infecciosas, entre infecciones intestinales y a la piel como causa fundamental de morbilidad en el lugar. El bajo nivel de educación sanitaria observado en la población agudiza el problema.

Entonces; se hace indispensable - luego de establecer una red de alcantarillado que recolecte las excretas domésticas - brindar tratamiento a estas aguas servidas a través de un sistema adecuado a las condiciones del lugar y población. Para las condiciones específicas, la alternativa elegida es una Planta de Tratamiento (PTAR) conformada por Lagunas de Estabilización a las afueras del Centro Poblado.

Se realizó el diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales conformada por dos Lagunas trabajando en paralelo así como de sus obras complementarias de entrada y salida del efluente hacia un canal de regadío adyacente aguas abajo. Su gran capacidad de remoción de patógenos sin el uso de desinfectantes, hace que las lagunas de estabilización sean la alternativa más económica y favorable para nuestro país y en este caso, para centros poblados como "Carmen Alto".

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1.1 Datos Censales del Centro Poblado "Carmen Alto".....	10
Tabla N°1.2 Servicio de Agua existente en el C.P. "Carmen Alto".....	11
Tabla N°1.3 Servicio existente de Alcantarillado en el C.P. "Carmen Alto".....	12
Tabla N°1.4 Causas de Morbilidad en el C.P. "Carmen Alto".....	12
Tabla N°1.5 Definiciones importantes respecto a Lagunas de Estabilización.....	15, 16
Tabla N°1.6 Factores determinantes en el Sistema de Tratamiento con Lagunas de Estabilización.....	18
Tabla N°1.7 Comparativo de Requerimientos, consideraciones ambientales, Operativas y Costos de principales sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	29
Tabla N°2.1 Características de la Estación Meteorológica Cañete.....	31
Tabla N°2.2 Características de la Estación Meteorológica Cañete - Periodo de Registro 1937- 1999.....	32
Tabla N°2.3 Humedad Relativa Media Mensual en Estación Cañete.....	32
Tabla N°2.4 Estación Cañete-Periodo de Registro 1937- 1999 Precipitación Media Mensual.....	33
Tabla N°2.5 Estación Cañete – Periodo de Registro 1937- 1999 Evaporación Media Mensual.....	33
Tabla N°2.6 Registro de Calicatas.....	37
Tabla N°2.7 Análisis Químico.....	37
Tabla N°2.8 Contenido de Sales Permisibles.....	38
Tabla N°3.1 Valores para estimar la cantidad de Material Cribado.....	54
Tabla N°4.1 Parámetros Sísmicos.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N°1.1 Vista Panorámica del Centro Poblado "Carmen Alto".....	10
Gráfico N°1.2 Vista Panorámica de una calle del Centro Poblado "Carmen Alto".....	13
Gráfico N°1.3 Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú.....	14
Gráfico N°1.4 Representación esquemática de los Procesos presentes en las Lagunas de Estabilización Facultativas.....	17
Gráfico N°1.5 Lagunas Aireadas en Planta San Bartolo.....	20
Gráfico N°1.6 Sistema con Lodos Activados en Puente Piedra.....	21
Gráfico N°1.7 Modelo de Funcionamiento de un Biofiltro.....	22
Gráfico N°1.8 Acantilados de la Costa Verde y del Parque María Reiche, regados con Efluentes de la Planta de Tratamiento de Filtros Percoladores de Miraflores.....	23
Gráfico N° 1.9 RAFA del Centro de Investigación en Tratamientos de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR – UNI).....	24
Gráfico N° 1.10 Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas mediante Tanque Imhoff...	25
Gráfico N° 1.11 Tipos de Tecnologías de Tratamiento VS Costo \$/m ³	26
Gráfico N° 1.12 Árbol de Problemas.....	28
Gráfico N° 1.13 Árbol de Objetivos.....	29
Gráfico N° 1.14 Alternativas de Solución.....	30
Gráfico N° 2.1 Cuencas de la Quebrada Pócoto y del Río Cañete.....	34
Gráfico N° 2.2 Mapa Geológico de Lima, Provincia de Cañete.....	36
Gráfico N° 2.3 Foto de la Calicata C-1', ubicada en la Zona de la Planta de Tratamiento.....	40
Gráfico N° 3.1 Modelo de Flujo Pistón.....	42
Gráfico N° 3.2 Modelo de Flujo Disperso.....	42
Gráfico N° 3.3 Sección Transversal de la Laguna.....	50
Gráfico N° 3.4 Sección Longitudinal de la Laguna.....	50

LISTA DE SIGLAS

	Pág.
INEI = Instituto Nacional de Estadística e Informática.....	10
SUNASS = Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.....	14
SEDAPAL = Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.....	20
SENAMHI = Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.....	31
INDECI = Instituto Nacional de Defensa Civil.....	34
ASTM = American Society for Testing and Materials	37
CITRAR = Centro de Investigación en Tratamientos de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos.....	60

INTRODUCCIÓN

En el presente Informe de Suficiencia titulado "DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO CARMEN ALTO NUEVO IMPERIAL - CAÑETE", se ha identificado como causa de los altos índices de enfermedades infecciosas - entre infecciones gastrointestinales y a la piel - a la falta de un adecuado tratamiento de las aguas servidas de la población de "Carmen Alto"; lo cual genera por consiguiente el deterioro de la calidad de vida de los pobladores.

Con el propósito de reducir esta incidencia se ha realizado el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales conformada por dos Lagunas de Estabilización en paralelo y sus obras complementarias ubicada a las afueras del Centro Poblado, hacia donde una red de alcantarillado transportará y entregará dichas excretas.

Para la realización del presente Informe se ha recabado información primaria existente relacionada con el centro poblado Carmen Alto. Se han recolectado datos de campo de la localización propuesta gracias a varias visitas realizadas a la zona. Asimismo, se han recopilado y revisado las Normas correspondientes así como diseños y estudios de proyectos similares que puedan servir de guía al diseño propuesto.

El Informe de Suficiencia está dividido en Cinco capítulos:

En el Capítulo I se describen brevemente los tipos de tratamiento de aguas que se utilizan en la actualidad, se comparan las alternativas de tratamiento para el caso del Centro poblado de Carmen Alto y se presenta el Marco Lógico. En el Capítulo II se reportan los Estudios Básicos (Clima, Hidrología, Suelos y Topografía)

En el Capítulo III se presentan las generalidades del Diseño Hidráulico, una memoria descriptiva de los cálculos realizados: parámetros de diseño, dimensionamiento, estructuración y esquema hidráulico. El objetivo del diseño es

mantener los parámetros más significativos del efluente final - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Número de coliformes fecales (NMP CF/100ml) - dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente del Ministerio del Ambiente para ser entregados a un cuerpo de agua.

En el capítulo IV se presentan aspectos del diseño de las estructuras de la planta de tratamiento de tal manera que permita que las Lagunas de Estabilización - como las obras complementarias-tengan un buen desempeño ante solicitaciones sísmicas y en condiciones de servicio tomando en cuenta las cargas del terreno, cargas hidráulicas, la capacidad portante de la cimentación, características de los muros, etc. Se llevó a cabo una visita a una Planta de Tratamiento con Lagunas de Estabilización en la ciudad de Lima para examinar in situ las variables a considerar para que el diseño propuesto tome en cuenta aspectos importantes como son la construcción y puesta en operación.

Finalmente, en el Capítulo V se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron luego de realizado el diseño propuesto.

Para el diseño de las estructuras de las Lagunas de Estabilización se ha tomado en cuenta lo dispuesto en el RNE, en sus capítulos de: Norma de diseño Sismo-Resistente E-030 y Norma de Suelos y Cimentaciones E-050. Para el esquema hidráulico y dimensionamiento del sistema se ha tomado en cuenta lo establecido por la Norma OS.090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales" del RNE y estudios llevados a cabo en la ejecución de proyectos similares. Asimismo, se han seguido las recomendaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

En este capítulo se describen los antecedentes que establecen el marco referencial, se describen los tipos de tratamiento de aguas residuales utilizados en el Perú, se comparan las características, ventajas y desventajas de estas alternativas de tratamiento y; finalmente, se elaboran los árboles de problemas y objetivos que conducen a elegir la solución adecuada para el problema planteado en el Centro Poblado "Carmen Alto".

1.1 ANTECEDENTES

En el Perú, a fines de 2007, según reportes de La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) el 63,6% de la población urbana total tuvo servicio de alcantarillado administrado por empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS); el resto fue administrado directamente por las municipalidades, comités de agua o simplemente, no cuenta con dicho servicio.

Durante ese año los sistemas de alcantarillado recolectaron aproximadamente 747,3 millones de metros cúbicos de aguas residuales de los usuarios conectados al servicio. De ese volumen, sólo 29,1% ingresaron a algún sistema de tratamiento de aguas residuales. El volumen restante se descargó directamente al mar, ríos o lagos, se infiltró en el suelo o se usó clandestinamente para fines agrícolas. Es decir, al menos 530,0 millones de metros cúbicos de aguas residuales pasaron a contaminar los cuerpos de agua superficial que se usan para la agricultura, la pesca, recreación e incluso para el abastecimiento de agua potable, poniendo en peligro la salud pública y generando deterioro de ecosistemas.¹

En ese contexto, si bien en los últimos años el Gobierno central sigue desarrollando numerosos proyectos de abastecimiento de agua y alcantarillado, es necesaria la implementación de Plantas de Tratamiento como parte del proceso sanitario, con efluentes que cumplan los parámetros requeridos para poder considerar su reúso o vertimiento controlado a cuerpos de agua.

¹Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución - 2008 © SUNASS

DATOS CENSALES DEL CENTRO POBLADO “CARMEN ALTO”

El Centro Poblado “Carmen Alto” se ubica en el distrito de “Nuevo Imperial”, provincia de Cañete, departamento de Lima. Según el último Censo de Población y Vivienda del año 2007, tenía una población de 3,038 habitantes con una densidad poblacional por vivienda de 3.44 hab/viv con una extensión de 1.07 Km² que representa el 0.32% del área superficial del distrito de Nuevo Imperial. La tasa de crecimiento intercensal en el distrito es de 1.2%.

Tabla N°1.1 Datos Censales del Centro Poblado “Carmen Alto”

	Área Territorial (Km ²)	Población
Provincia de Cañete	4,574.91	172,896
Distrito de Nuevo Imperial	329.30	14,671
Centro Poblado “Carmen Alto”	1.07	3,038

Fuente: INEI, censo población y vivienda 2007

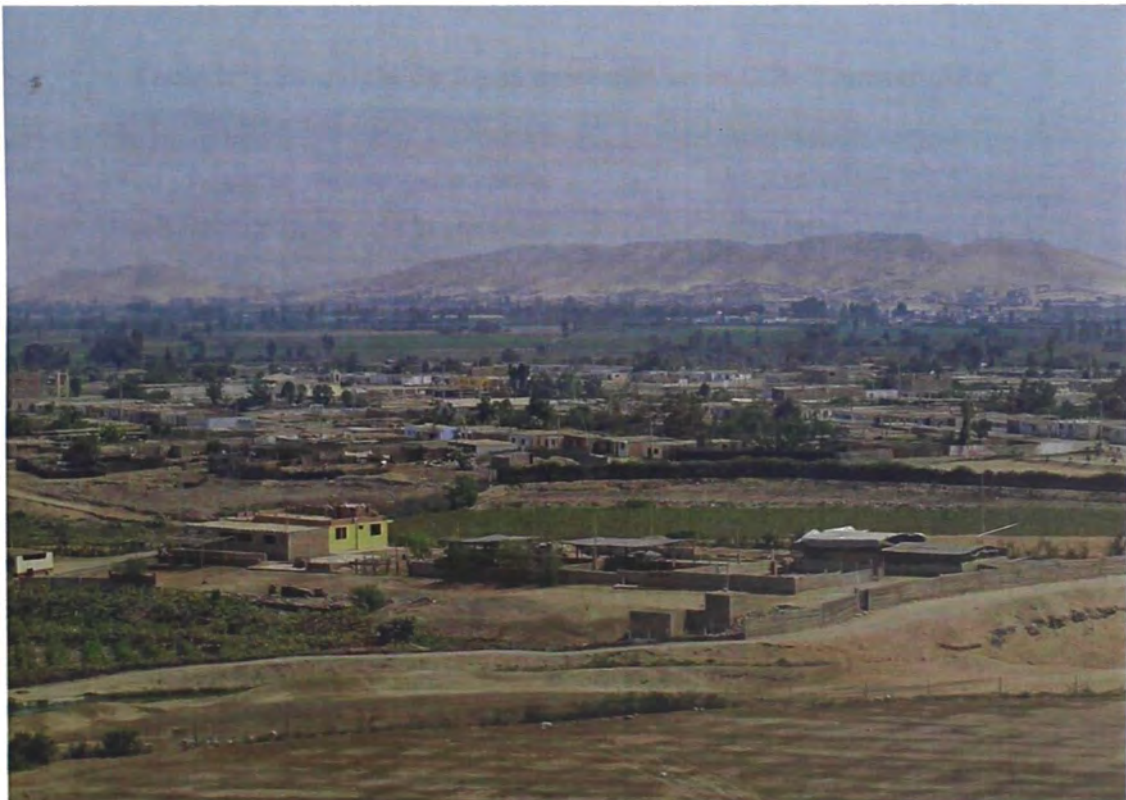


Gráfico N°1.1 Vista Panorámica del Centro Poblado “CARMEN ALTO”

Fuente: Propia

Respecto a las actividades económicas, el 71.4% de la PEA (población económicamente activa) del C.P. Carmen Alto está dedicada a la agricultura y a

la ganadería. Le sigue el comercio menor, básicamente con Imperial y Nuevo Imperial. Los trabajos que desempeñan los pobladores son como obrero con un 67.5%, trabajadores independientes con un 20.2%, siendo el resto empleados.

Entre los principales cultivos se tienen el maíz y el algodón. También los frutales como la granadilla, peral, manzano, durazno, palta, naranja y algunos estacionales como el ají, ajo, alverja, camote, caña de azúcar, coliflor, etc.

SANEAMIENTO

Se pudo verificar que las viviendas tienen un sistema inadecuado de agua potable para consumo proveniente principalmente del “Canal Nuevo”, mediante una toma directa. Estas aguas se almacenan en un Tanque elevado ubicado en las afueras, al cual se le administra cloro para controlar las impurezas, que no son eliminadas eficientemente, reflejándose así en los problemas de salud que se vienen presentando en el poblado.

Tabla N°1.2 Servicio de Agua existente en el C.P. “Carmen Alto”

VIVIENDAS QUE CUENTAN CON SERVICIO	%
Río , Acequia , Manantial o similar	32.86%
Red Pública dentro de la vivienda	30.66%
Red Pública fuera de la vivienda	27.30%
Vecino	7.50%
Pila de uso público	0.91%
Pozo	0.65%
Otro	0.13%
Total	100%

Fuente: INEI, Censo Población y Vivienda 2007

Con respecto al tema del alcantarillado, en la actualidad este servicio no existe. La mayoría de pobladores hace uso de letrinas o pozos sépticos ubicados muy cercanos a los domicilios, y un porcentaje considerable utiliza el campo para la disposición de sus excretas. Se visualizó en las visitas realizadas que los niños se encuentran en constante contacto con estos focos infecciosos y se percibieron malos olores en varias zonas del centro poblado.

Tabla N°1.3 Servicio existente de Alcantarillado en el C.P. "Carmen Alto"

VIVIENDAS QUE CUENTAN CON EL SERVICIO	%
Pozo ciego o negro / letrina	85.00%
Pozo séptico	5.56%
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	1.42%
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	0.78%
Río, acequia o canal	0.39%
No tiene	6.85%
TOTAL	100%

Fuente: INEI, censo población y vivienda 2007

ENERGIA ELECTRICA

El servicio ya existe en Carmen Alto, se cuenta con servicio de alumbrado público y suministro de energía eléctrica durante el día.

SAŁUD E HIGIENE

Las enfermedades digestivas, infecciosas y parasitarias constituyeron alrededor del 44% de los casos entre los años 2007 y 2008 seguidas de las enfermedades relacionadas al sistema respiratorio. Las dos primeras mencionadas están estrechamente relacionadas con la falta de un adecuado sistema de agua potable y alcantarillado, objeto de estudio en este Informe.

Tabla N°1.4 Causas de Morbilidad en el C.P. "Carmen Alto"

ITEM	CASOS AÑO 2007	CASOS AÑO 2008
Enfermedades respiratorias	35.30%	32.57%
Enfermedades digestivas	28.02%	24.60%
Enfermedades infecciosas y parasitarias	16.04%	19.03%
Enfermedades del sistema genitourinario	5.54%	4.78%
Enfermedades de la piel	4.12%	3.14%
Endocrinas y nutricionales	1.81%	1.72%
Traumatismos	1.66%	1.66%
Síntomas y signos	1.53%	1.45%
Enfermedades del sistema osteo-muscular	0.60%	0.90%

Enfermedades del ojo	0.36%	0.87%
Otros	5.03%	9.29%
Total	100%	100%

Fuente: Puesto de Salud de C.P.M Carmen Alto

CATASTRO

El C.P.M Carmen Alto cuenta con planos de catastro Urbano que muestra la existencia de 965 lotes, distribuidos un 57.29% en áreas de vivienda, 45% en áreas de comercio y un 11.72% las áreas urbanas (recreación pública, parques, áreas deportivas, servicios complementarios). Se pudo observar que el Centro poblado ya está lotizado prácticamente en su totalidad. Respecto al material de las viviendas, predomina el adobe.



Gráfico N°1.2 Vista Panorámica de una calle del Centro Poblado “CARMEN ALTO”

Fuente: Propia

En estas condiciones, se hace indispensable implementar un sistema de alcantarillado y una Planta de Tratamiento de aguas residuales -considerando las condiciones propias existentes en el C.P. Carmen Alto - adecuada para procesar estas excretas siendo a la vez económicamente viable. A la fecha, se

encuentra aprobado un proyecto en el Ministerio de Economía dentro del marco del SNIP (con número 125602) que considera como primera opción – respecto a la planta de tratamiento - la construcción de Lagunas de estabilización facultativas y como segunda alternativa Tanques Imhoff, ambos a las afueras de la ciudad.

Las lagunas de estabilización son la tecnología más empleada en el Perú (alrededor del 92% de todas las PTAR²) sobre todo por sus bajos costos de inversión, operación y mantenimiento y a la elevada eficiencia en la remoción de la materia orgánica y microorganismos patógenos en comparación a otros sistemas. Por ello, en el caso del C.P Carmen Alto, es la opción elegida para el diseño a desarrollar en el presente Informe.

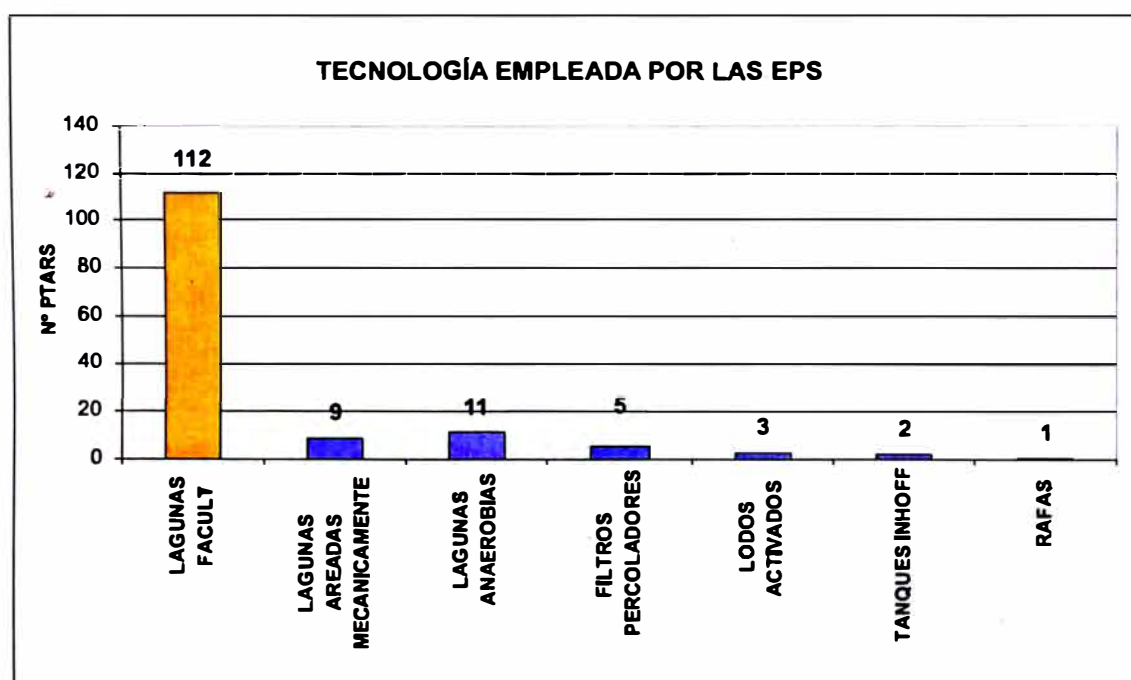


Gráfico N°1.3 Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú

Fuente: Información recopilada por la SUNASS de las EPS en septiembre de 2007.

²Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución - 2008 SUNASS

1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Las tecnologías empleadas en la actualidad para tratar aguas residuales son muy variadas, dependiendo su aplicación mayormente de los costos de inversión y O&M sobre todo en países en desarrollo como el nuestro. A continuación se detallan los conceptos más importantes para entender el sistema de tratamiento con lagunas de estabilización - la opción elegida para el C.P "Carmen Alto" – y se hace un breve resumen del resto de las tecnologías empleadas en el Perú.

1.2.1 Lagunas de Estabilización

Una laguna de estabilización es una estructura simple que embalsa aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Consiste en una laguna artificial excavada y/o conformada en el terreno natural, de poca profundidad (2 a 4 m), donde desembocan las aguas residuales del sistema de alcantarillado. Estas aguas permanecen almacenadas varios días. En ese tiempo se realizará en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como "estabilización natural", en el que ocurren complejos fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico.³ Al final del periodo de almacenamiento se obtiene un efluente con mejores características orgánicas y microbiológicas.

Estas lagunas son conocidas también como "lagunas de oxidación" porque la materia orgánica se degrada a través de oxidación bioquímica en mayor o menor medida.

Tabla N°1.5 Definiciones importantes respecto a Lagunas de Estabilización

Aerobio	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
Anaerobio	Condición en la cual no hay presencia de oxígeno
Bacterias	Grupo de organismos unicelulares que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica.
Coliformes	Bacterias gran-positivas no esporuladas de forma alargada. Su número/100mL es un indicador de contaminación bacteriológica.

³Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS

Tabla N°1.5 Definiciones importantes respecto a Lagunas de Estabilización

Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)	Cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la sustancia orgánica. Sirve para medir de forma indirecta la cantidad de materia utilizable como alimento biológico durante la oxidación.
Infiltración	Efecto de penetración o infiltración del agua en el suelo.
Lodos	Sólidos que se encuentran en el fondo de la laguna de estabilización.
Nata	Sustancia espesa que se forma sobre el agua almacenada en la laguna de estabilización, y compuesto por residuos grasos y otro tipo de desechos orgánicos e inorgánicos flotantes.
Periodo de retención	Tiempo teórico que tarda una partícula que entra a una unidad en salir de ella. Equivale al volumen de la unidad dividido por el caudal, y se expresa en unidades de tiempo.

Fuente: Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS

La estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales se puede realizar en forma aeróbica o anaeróbica según haya o no la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Existen algunos organismos con capacidad de adaptación a ambos ambientes, que reciben el nombre de facultativos. Así, dependiendo del proceso predominante, las lagunas se consideran anaerobias, aerobias o facultativas.

Las lagunas que reciben agua residual cruda se denominan lagunas primarias; las que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, etc. A las lagunas de grado más allá del segundo también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.

Procesos Bioquímicos en las lagunas de estabilización facultativas

Las capas de la laguna facultativa (aerobia y anaerobia) no son constantes, estas interactúan entre sí, dependen de la radiación solar. Durante el día la capa aerobia es la que predomina en la laguna y durante la noche la capa anaerobia.

Las algas tienen un rol sumamente importante en el proceso biológico de las lagunas de estabilización, pues son los organismos responsables de la producción de oxígeno molecular, elemento vital para las bacterias que participan en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.

La presencia de las algas en niveles adecuados, asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas, cuando se pierde el equilibrio ecológico se corre con el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema.

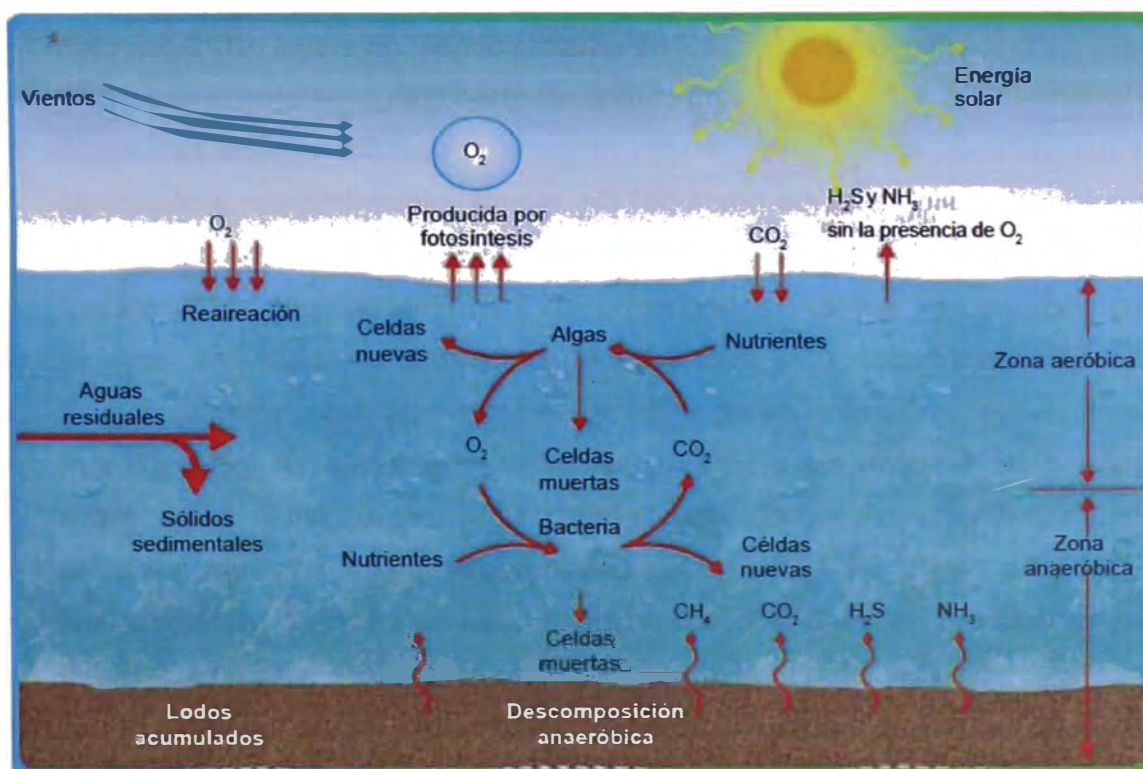


Gráfico N°1.4 Representación esquemática de los Procesos presentes en las Lagunas de Estabilización Facultativas

Fuente: Comisión Nacional del Agua Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de México - Diseño de Lagunas de Estabilización

Tabla N°1.6 Factores determinantes para el Diseño en un Sistema de Tratamiento con Lagunas de Estabilización

Temperatura	A mayor temperatura, mayor será el crecimiento de microorganismos y viceversa.
Ph	A PH en un rango bajo, es decir ácido, va traer como consecuencia que los microorganismos no sobrevivan.
Microorganismos y materia orgánica	Se tiene que cuidar el exceso de carga (DBO), porque originaría un mal funcionamiento de la laguna.
Inhibidores	Presencia de metales pesados, sulfatos, pesticidas, etc, ocasionan un decrecimiento de bacterias.
Nutrientes	Principalmente nitrógeno y fósforo. De encontrarse en exceso podrían ocasionar la eutroficación.

Fuente: CEPIS/OPS

Ventajas y desventajas del uso de Lagunas de Estabilización

Ventajas

- Bajo capital de inversión, especialmente en los costos de construcción.
- Bajo consumo de energía y costo de operación.
- Esquemas sencillos de flujo.
- Operación y mantenimiento, simple. No requieren equipos de alta tecnología y por tanto, no es necesario personal calificado para estas labores.
- Debido a los tiempos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.
- Pueden recibir y retener grandes cantidades de agua residual, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tratamientos.
- No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.
- En las lagunas no hay necesidad de desinfección con cloro, la desinfección es natural.

Desventajas

- Requieren de grandes áreas de terreno.
- Es un sistema sensible a las condiciones climáticas.

- Su funcionamiento depende de las condiciones ambientales tales como la temperatura, la irradiación solar, la velocidad del viento, etc., que son propiedades aleatorias.
- Riesgo de contaminación de acuíferos por infiltración, particularmente en lagunas construidas sobre suelos arenosos.
- Puede producir vectores.
- No permite modificaciones en las condiciones de proceso.
- Generación de olores desagradables por la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) resultante de los procesos anaerobios cuando no hay un buen manejo del sistema o cuando se sobrecargan las lagunas.

Dependiendo, de las condiciones del problema por resolver, las lagunas de estabilización pueden utilizarse solas, combinadas con otros procesos de tratamiento biológico, o bien, entre ellas mismas. Es frecuente el uso de lagunas para complementar ("pulir") el tratamiento biológico de sistemas de lodos activados y filtros percoladores, por ejemplo.

Antes de entregarse a las lagunas de estabilización, las aguas residuales deben pasar por un tratamiento primario que involucra estructuras complementarias llegadas como cámara de rejillas, sedimentadores y distribuidores de caudales, así como estructuras de llegada y salida del efluente.

Para evaluar el desempeño de las lagunas de estabilización y la calidad de sus efluentes, los parámetros empleados son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables; en suspensión y disueltos.

Para el dimensionamiento de lagunas facultativas y sus estructuras complementarias se tomarán en consideración los criterios de la Norma S090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Construcción y las recomendaciones de los documentos publicados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

1.2.2 Lagunas Aireadas

Las lagunas aireadas son una mejora del proceso de lagunas de estabilización en el cual el oxígeno es inyectado por acción mecánica o difusión de aire comprimido con sistemas artificiales de aireación. Por lo común, son tanques con profundidad de 2 a 6 m, y requieren mucho menos área superficial que las lagunas de estabilización. Se emplean en el tratamiento de residuos domésticos de pequeñas y medianas cantidades así como de efluentes industriales (papelera, procesamiento de alimentos y petroquímica). Requieren cortos tiempos de retención y se permite la producción de un efluente con una mejor calidad y más constante durante todo el año.

Al 2007, las tres PTAR más grandes del Perú emplean el sistema de lagunas aireadas⁴. La planta ubicada en San Bartolo es la más grande del Perú con una capacidad para tratar 1,700 l/s. y recibe las aguas residuales del sur de Lima. Luego está la PTAR Covicorti en Trujillo con 880 l/s y la de San Juan de Miraflores con 800 l/s.⁵



Gráfico N°1.5 Lagunas Aireadas en Planta San Bartolo

Fuente: SEDAPAL - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Bartolo

⁴ Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución - 2008 SUNASS.

⁵ Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao - IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.

1.2.3 Lodos Activados

Es una versión mejorada del sistema de tratamiento con lagunas aireadas que también emplean aireación artificial para la degradación aeróbica de la materia orgánica. Generalmente constan de un tanque de aireación y un tanque sedimentador.⁶ Al agitar el agua residual en presencia de oxígeno se forman flóculos de lodo en el que se desarrollan muchas bacterias y organismos vivos, con lo que dicho flóculo se vuelve activo, oxidando y absorbiendo materia orgánica. De aquí que se denomina *lodo activado*. Posteriormente los flóculos se sedimentan en el tanque de clarificación o *sedimentador*.⁷

En Lima, están operando ocho plantas que tratan 178 l/s, (16% del agua residual tratada) y sirven principalmente para las áreas verdes dentro de la ciudad. La más grande y reciente es la Planta de Puente de Piedra que trata 137 l/s que son utilizados parcialmente en el riego de 60 Ha de la zona agrícola de Chuquitanta y el resto del caudal descargado al río Chillón. Plantas de reciente instalación son las que operan en Villa El Salvador en las denominadas Alamedas de la Solidaridad y la Juventud y una tercera en Carabaylo. Sirven para regar las bermas centrales de importantes avenidas.⁸

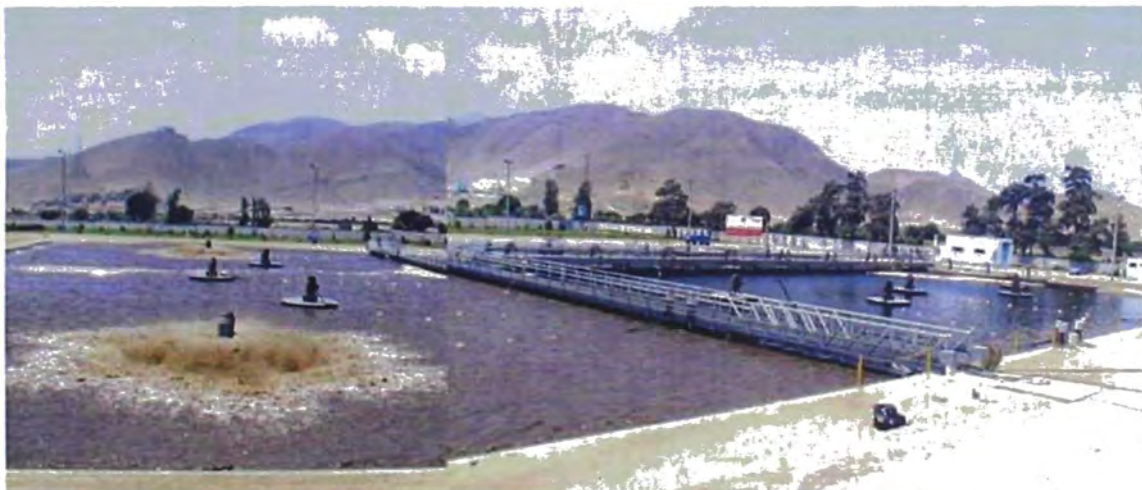


Gráfico N°1.6 Sistema con Lodos Activados en Puente Piedra

Fuente: SEDAPAL - Planta de Tratamiento de AR de Puente Piedra

⁶GUITAR - Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Vladimir Arana Ysa - Lima Perú

⁷Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales Fundación ICA – México.

⁸Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao - IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.

1.2.4 Humedales artificiales, Biofiltros o Wetlands

Son áreas que se saturan periódicamente con aguas residuales de forma superficial o subterránea, conformados por medios filtrantes de piedras, grava y arena de espesores inferiores a 60 cm. y sembrados con vegetación nativa (carrizo, juncos, papiros entre otros) La selección de la vegetación es clave en el funcionamiento del humedal artificial pues son sus propiedades las que permiten la depuración de las aguas residuales.

Una experiencia con este tipo de tratamiento es la implementada por el Asentamiento Humano Oasis de Villa, que trata 3 l/s para regar su parque y campo deportivo. Otro caso importante es un sistema de saneamiento ecológico implementado en un grupo de viviendas del Centro poblado de Nievería en Huachipa, que promueve la separación de excretas, orina y aguas grises. Estas aguas son derivadas en cada vivienda a un lecho filtrante con plantas ornamentales que aprovecha los nutrientes a manera de micro humedales artificiales.

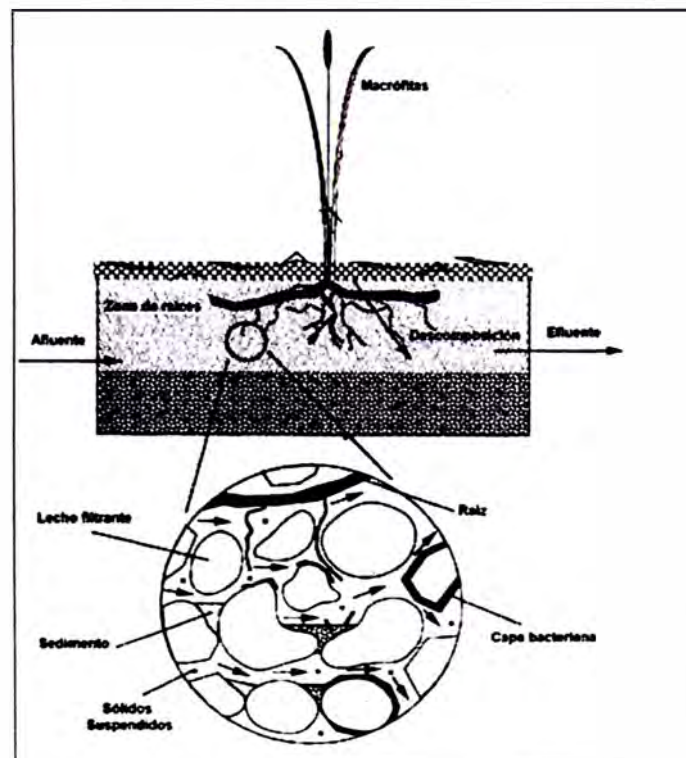


Gráfico N°1.7 Modelo de Funcionamiento de un Biofiltro

Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2 007. Biofiltros: Tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas - UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

1.2.5 Filtros percoladores

El sistema consiste está basado en un tanque cilíndrico relleno un lecho compuesto por un material inerte muy permeable y poroso -piedra gruesa y material sintético- sobre el cual se rocía agua residual a través del movimiento circular de brazos distribuidores. Este tipo de entrega favorece el aporte del oxígeno para mantener las condiciones aerobias. Sobre el material inerte se forma una película de microorganismos que degradan la materia orgánica del agua residual.

Dos grandes PTAR a nivel nacional han incorporado filtros percoladores en su sistema de tratamiento: la Planta La Totora en Huamanga y la Planta San Jerónimo en Cusco⁹. En Lima, Miraflores desde hace 15 años la municipalidad implementó este sistema para tratar un caudal de 1.5 l/s y regar 4 ha de los bordes del acantilado litoral de la Costa Verde.¹⁰



Gráfico N°1.8 Acantilados de la Costa Verde y del Parque María Reiche, regados con Efluentes de la Planta de Tratamiento de Filtros Percoladores de Miraflores
Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes –Ministerio del Ambiente

⁹Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución - 2008 SUNASS.

¹⁰Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao - IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.

1.2.6 Reactores anaeróbicos de Flujo ascendente (RAFA)

Consiste en una unidad de tratamiento, cuyo diseño permite mantener en suspensión el agua residual a tratar, haciendo ingresar el afluente por la parte inferior a través de un sistema de distribución localizado en el fondo de la unidad. El agua residual que ingresa asciende lentamente, atravesando un manto de lodos conformado por microorganismos de tipo anaerobio, estabilizándose parcialmente. En la parte superior existe una campana que facilita la separación de la fase líquida y gaseosa (gas metano), de modo que el efluente clarificado sale hacia el post-tratamiento.¹¹

En la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) opera desde hace varios años un sistema con RAFA, complementado por lagunas de estabilización. Las aguas residuales generadas por los asentamientos humanos ubicados en las laderas del cerro “El Milagro”, contiguo al campus universitario, ingresan a una cámara de derivación que recibe un caudal promedio de 10l/s. Las aguas son usadas para riego de las áreas verdes de la universidad y del distrito del Rímac.



Gráfico N° 1.9 RAFA del Centro de Investigación en Tratamientos de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR – UNI)

Fuente: Propia

¹¹GUITAR - Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales Vladimir Arana Ysa - Lima Perú

1.2.7 Tanques Imhoff

Son Tanques que integran la sedimentación primaria de sólidos suspendidos en su parte superior con la digestión de lodos en la parte inferior. El Tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

Son muy utilizados en todo el Perú, pero debido a su baja remoción de la DBO y coliformesse requiere enviar el efluente hacia un tratamiento secundario - como el de lagunas facultativas - para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.



Gráfico N° 1.10 Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas mediante Tanque Imhoff
Fuente: Manual para Municipios Ecoeficientes –Ministerio del Ambiente

1.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Conocidas las características de las principales tecnologías empleadas en el Perú para el tratamiento de aguas residuales, para la elección de la más adecuada debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Costos de inversión y Operación y Mantenimiento de la tecnología a emplear.
- Eficiencia de tratamiento, necesidad de procesos complementarios.
- Área superficial requerida.
- Condiciones climáticas.
- Cantidad de población a servir.
- Impacto en el medio ambiente circundante.
- Sostenibilidad en el tiempo, tanto técnica como operativa.

En países en desarrollo como el nuestro, los costos de un proyecto de inversión suelen ser los que definen la elección de una u otra alternativa. Sin embargo, debe tenerse siempre presente que el objetivo final del diseño es mantener los parámetros más significativos del efluente final - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Número de coliformes fecales (NMP CF/100ml) - dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente del Ministerio del Ambiente para ser entregados a un cuerpo de agua o ser reusados.

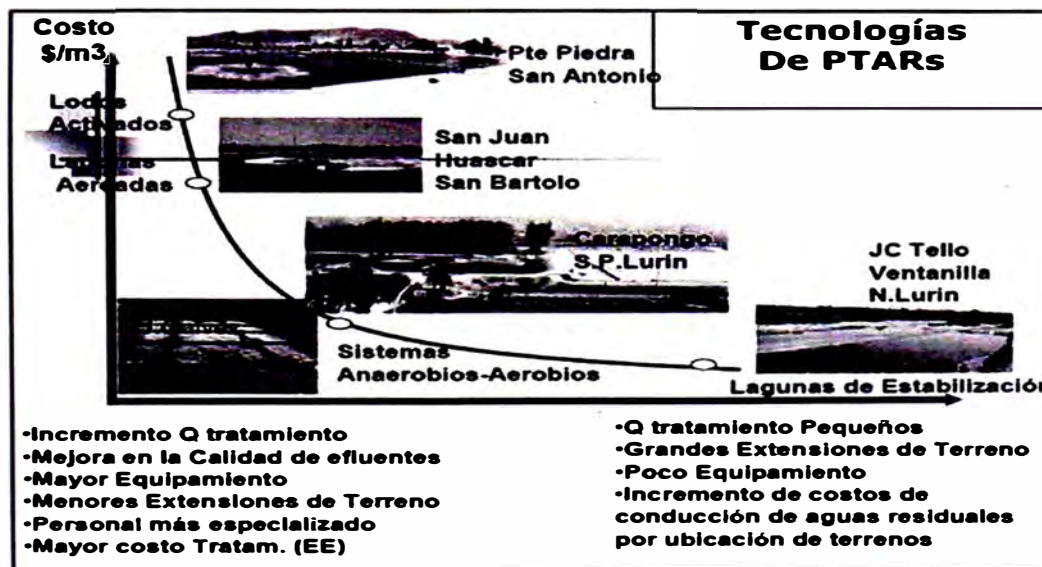


Gráfico N° 1.11 Tipos de Tecnologías de Tratamiento VS Costo \$/m³

Fuente: Modelos de calidad de agua - Curso de Actualización de Conocimientos 2011-
IMSc. Ing. Rosa Elena Yaya Beas.

Tabla N°1.7 Comparativo de Requerimientos, consideraciones ambientales, operativas y costos de principales Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

TECNOLOGÍA	TIPO DE TRATAMIENTO	REQUERIMIENTOS			CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y OPERATIVAS												COSTO APROXIMADO HABITANTE*			COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL
		ÁREA MÍNIMA (ha o m ²)	DISTANCIA MÍN A POBLACIÓN (m.)	DISTANCIA MÍN A AGUAS SUPERF. O SUBTERRÁNEAS (m.)	TENDENCIA A PRESENTAR MALOS OLORES	PRESENCIA DE INSECTOS Y ROEDORES	INCREMENTO DE VEGETACIÓN	LIMPIEZA DE LODOS	GRAN CANTIDAD DE LODOS	TECNOLOGÍA COMPLEJA	PERSONAL OPERATIVO 24h	ALTO CONSUMO DE ENERGÍA	PUEDEN REQUERIRSE QUÍMICOS	DISEÑO MODULAR EXPANDIBLE	CONTAMINACIÓN VISUAL	FUERTE INVERSIÓN INICIAL	MÍNIMO (US\$)	MÁXIMO (US\$)		
1	PRIMARIO	4	100	50	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	30	118	\$15,000 ~ \$40,000	
2	SECUNDARIO	3	100	50	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	100	654	Desde \$20,000	
3	TERCIARIO	2	100	50	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	60	110	Desde \$20,000	
4	REUSO	0.3 a 0.5	50	30	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	16	248	\$4,000 ~ \$8,000	
5	PRIMARIO	1	100	30	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	92		Desde \$6,000	
6	SECUNDARIO	3	100	30	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	17	190	\$18,750 ~ \$20,000	
7	TERCIARIO	2	100	50	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	192	334	\$5,200 ~ \$10,000	

Fuente: GUITAR - Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales

1.4 MARCO LÓGICO

1.4.1 Árbol de Problemas

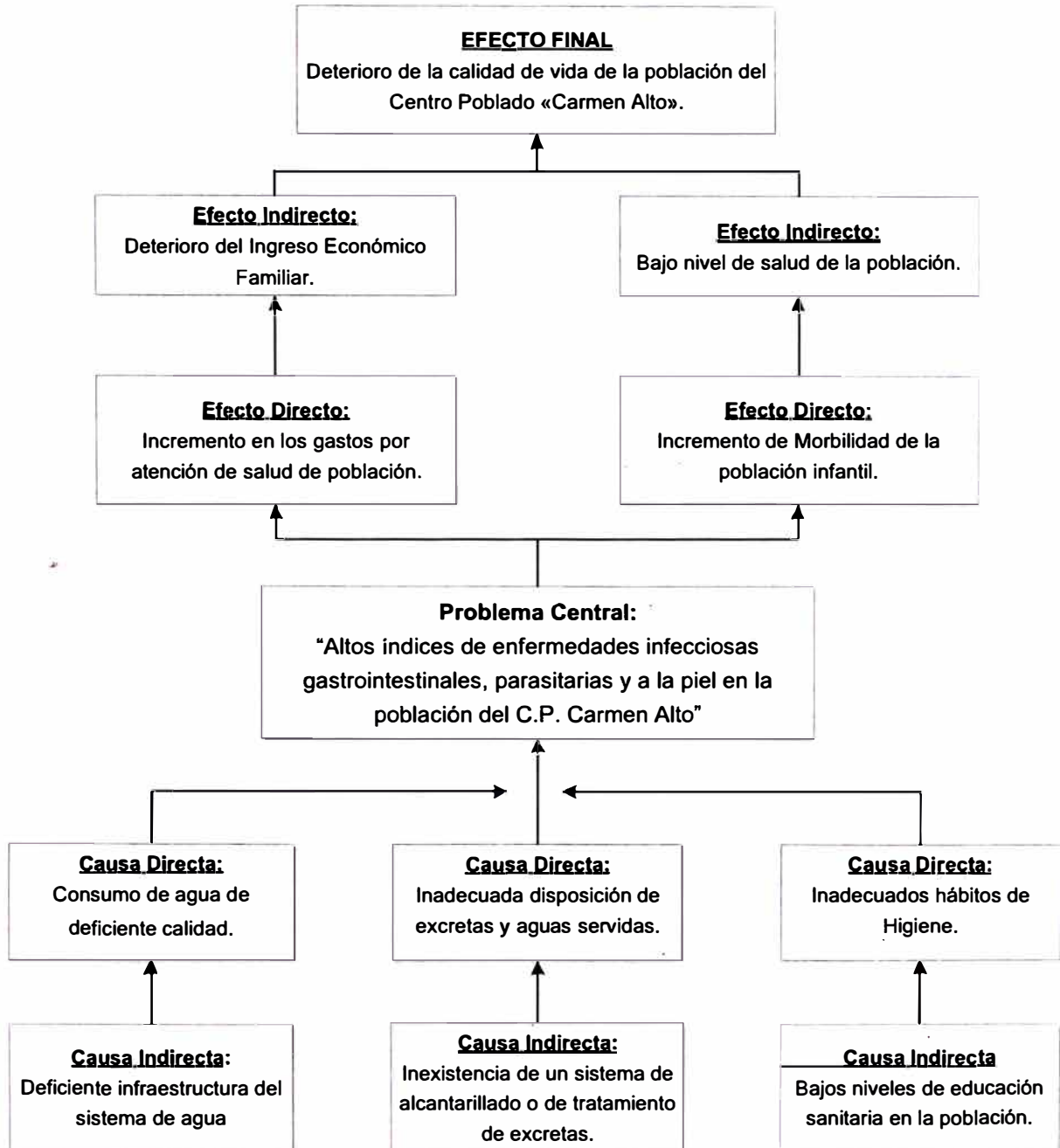


Gráfico N° 1.12 Árbol de Problemas

Elaboración: Propia

1.4.2 Árbol de Objetivos

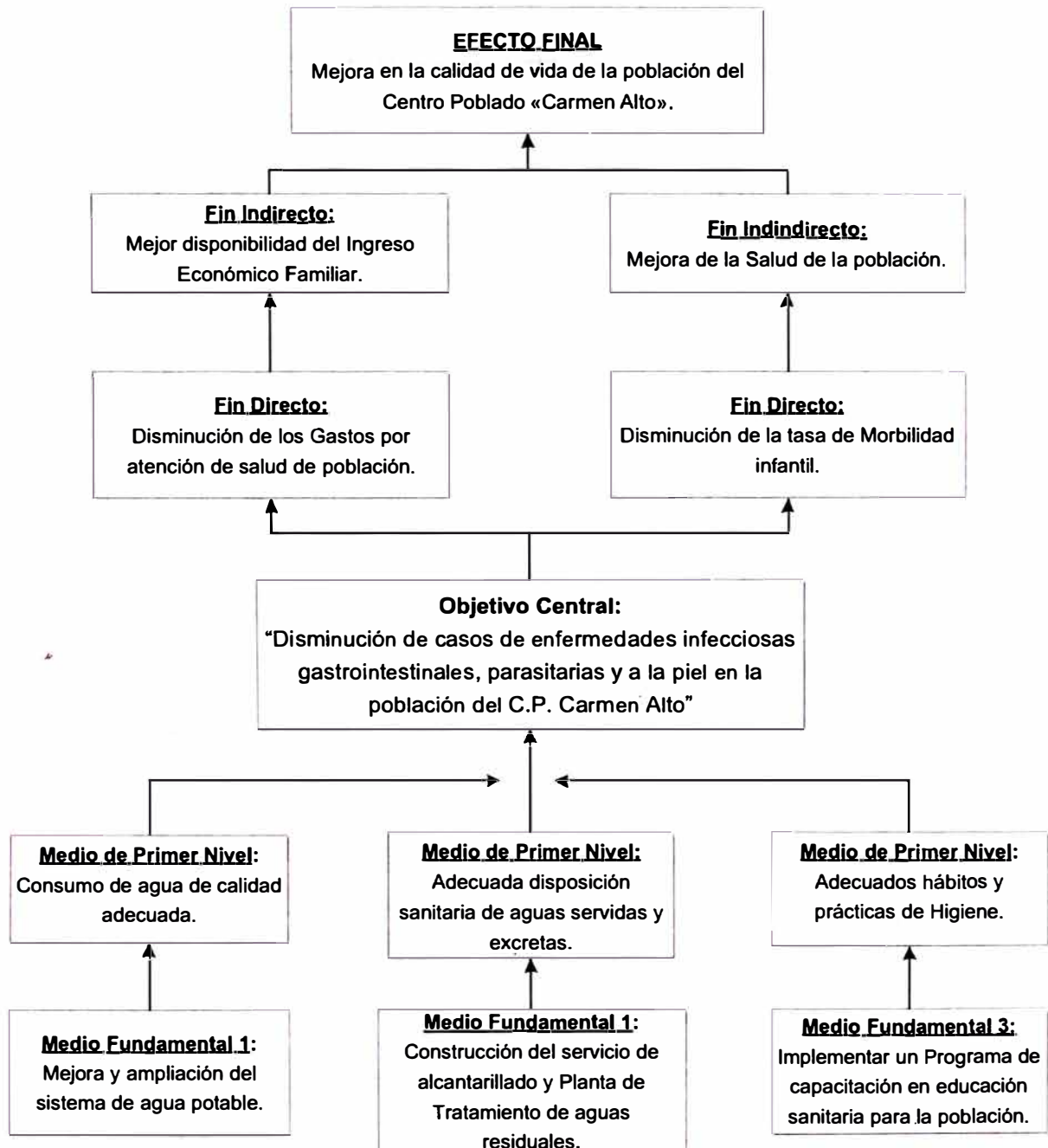


Gráfico N° 1.13 Árbol de Objetivos

Elaboración: Propia

1.4.3 Alternativas de Solución

La alternativa N°01: La construcción de un sistema con Lagunas de Estabilización por ser la opción que combina una alta eficiencia en la remoción de organismos patógenos a bajos costos de inversión y O&M.

La alternativa N°02: Un sistema de tratamiento con Tanques Imhoff, interesante desde el punto de vista económico y con menor requerimiento de área superficial. Requiere tratamiento adicional del efluente (con lagunas de estabilización secundarias)

Para la Planta de Tratamiento del C.P. "Carmen Alto", se elige la alternativa N°01 con Lagunas de Estabilización porque de acuerdo a información recibida del Municipio de Nuevo Imperial, ya se tiene propiedad del terreno con área suficiente destinado a éstas, eliminando de los costos de inversión del proyecto los posibles costos por la adquisición de terrenos y simplificando la ejecución de la planta de tratamiento por solamente requerir lagunas.

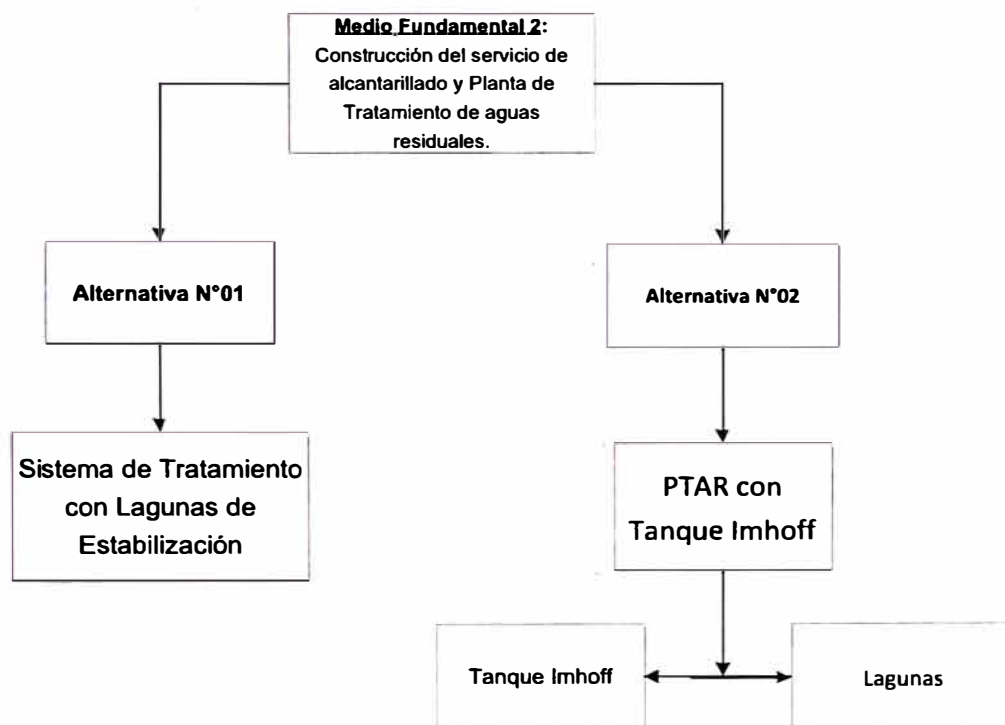


Gráfico N° 1.14 Alternativas de Solución

Elaboración: Propia

CAPÍTULO II: ESTUDIOS BÁSICOS

En el presente capítulo se reportan los estudios básicos realizados y toda la información recopilada referente al entorno geográfico en el cual se ubica el C.P. "Carmen Alto". Esta información es importante para definir varios parámetros que rigen el diseño de la Planta de Tratamiento de aguas residuales. Se resumen de forma general, los aspectos climáticos, hidrológicos, de mecánica de suelos y topográficos, con resultados de algunos estudios realizados en campo, información necesaria para definir las condiciones de su emplazamiento.

2.1 CLIMA

2.1.1 Temperatura

La región se caracteriza por ser una zona árida, soleada y cálida durante el verano, de diciembre a marzo y ser templada y nublada durante los meses de invierno. Las temperaturas en el invierno oscilan entre los 16.9 °C y 17.8 °C. En el verano las temperaturas bordean los 30 °C. La temperatura mínima promedio del mes más frío según registros del SENAMHI del 1937- 1999 es de 16.9°C.¹²

La temperatura promedio en el distrito de Nuevo Imperial, donde se encuentra el C.P. "Carmen Alto" es de 20 °C y la media anual de temperatura máxima y mínima es 24.2 °C y 16.4 °C respectivamente.

Las temperaturas extremas varían cuando se presentan fenómenos extraordinarios como "El Niño", el cual aumenta sensiblemente la temperatura, pero no modifica la condición desértica del lugar.

Tabla N°2.1 Características de la Estación Meteorológica Cañete

Estaciones	Latitud Sur	Latitud Este	Altitud (msnm)	Periodo de Registro	Distrito	Cuenca
Cañete	13°06'	76°20'	150	1937 - 1999	Nuevo Imperial	Cañete

Fuente: SENAMHI, 2000 – Proyecto Especial del Sur Medio

¹²SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete, 1980

Tabla N°2.2 Características de la Estación Meteorológica Cañete – Periodo de Registro 1937- 1999

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura Media (°C)	23.8	24.6	24.5	22.8	20.5	17.8	17	16.9	17.2	18.6	20	22	20.48

Fuente: SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete, 1980.

2.1.2 Humedad Atmosférica

La humedad relativa más baja se presenta durante los meses de verano (77% a 84%), mientras que los valores más altos se registran entre los meses de julio y setiembre (85%). Sin embargo, esta humedad no es suficiente para mantener vegetación silvestre de lomas en los cerros aledaños.

Tabla N°2.3 Humedad Relativa media mensual en la Estación Cañete

ESTACIÓN	TEM	PROMEDIO MENSUAL (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CAÑETE (150 msnm)	Max	83.0	84.0	84.0	88.0	89.0	92.0	90.0	90.0	89.0	87.0	86.0	85.0
	Min	82.0	80.0	79.0	81.0	83.0	82.0	83.0	85.0	85.0	82.0	83.0	79.0
	Prom. Mes	79.3	78.3	78.3	79.4	82.3	84.3	84.2	84.3	84.2	83.2	81.2	80.2

Fuente: SENAHMI-2007

2.1.3 Vientos

La velocidad promedio del viento en la zona es mayor en verano que en invierno, comúnmente es mayor durante el día que en la noche. La máxima velocidad ocurre en las primeras horas de la tarde y la mínima en las primeras horas de la mañana, antes de la salida del sol. Teniendo en cuenta los registros de viento disponibles, se tiene que la velocidad del viento promedio es de 2 y 5 m/s, en tanto que la máxima velocidad puede alcanzar valores hasta de 17 m/s. La dirección predominante del viento en la estación Cañete es sur y el mayor valor se presenta en el mes de junio con 2,3 m/s. Los vientos de dirección oeste alcanzan su mayor velocidad en enero y los vientos con dirección suroeste presentan los mayores valores en los meses de agosto a diciembre con velocidades de 2,4 m/s. ¹³

¹³SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete.

La presencia de vientos favorece el comportamiento aerobio de la capa superior de las lagunas de estabilización, gracias al efecto de mezcla que produce. La configuración en el terreno de las lagunas sigue la dirección suroeste que predomina en el régimen de vientos en la zona para aprovechar este efecto.

2.2 HIDROLOGÍA

2.2.1 Precipitaciones

La precipitación resulta sumamente exigua, ya que se trata del desierto costero peruano, uno de los más áridos del planeta. Se observa la prácticamente no presencia (por períodos de muchos años) de lluvias; casi la totalidad de las reducidas precipitaciones que ocurren son horizontales, producto de la humedad atmosférica del aire que domina buena parte del año, especialmente durante los meses de invierno, de julio a setiembre cuando ocurren ligeras garúas.

De la información registrada en la estación “Cañete” ubicada en el Distrito de Imperial, la más cercana al centro poblado “Carmen Alto”, se calcula una precipitación media mensual histórica de 1.46 mm.

**Tabla N°2.4 Estación Cañete-Periodo de Registro 1937- 1999
Precipitación Media Mensual**

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación (mm)	0.4	0.8	0.4	0.3	1.9	4.0	1.8	2.4	2.6	1.1	1.1	0.8	17.5

Fuente: SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete, 1980.

2.2.2 Evaporación

La evaporación que ocurre en la zona se calcula en una media mensual histórica de 101 mm. de la información mostrada en la Tabla N°2.5.

**Tabla N°2.5 Estación Cañete – Periodo de Registro 1937- 1999
Evaporación Media Mensual**

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Evaporación (mm)	137.6	133.8	141.7	128.8	90.3	54.4	53.7	59.8	73.4	96.8	109.4	132.1	1211.8

Fuente: SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete, 1980.

2.2.3 Escorrentías

El Centro Poblado de “Carmen Alto”, Nuevo Imperial se enmarca dentro de la cuenca de la quebrada Pócoto y parte de la cuenca del río Cañete.

Las escorrentías del río Cañete, se originan como consecuencia de las precipitaciones pluviales estacionarias y el deshielo de numerosos nevados y glaciares ubicados en la cuenca alta. Cabe destacar que dentro del conjunto de los ríos de la cuenca del Pacífico, el río de Cañete es uno de los que no se secan, presentando una descarga mínima relativamente elevada aún en los meses de estiaje.

Según datos de la estación hidrológica de Socsi, el río Cañete presenta una descarga máxima de 900 m³/seg y una mínima de 52 m³/seg. El volumen máximo anual ha sido de 4009,9 miles de metros cúbicos (MMC), el mínimo anual de 713,7 MMC y el promedio anual de 1652,7 MMC.

Existen dos periodos marcados de descargas: el periodo de avenidas (diciembre-abril) y el periodo de estiaje (mayo- noviembre).

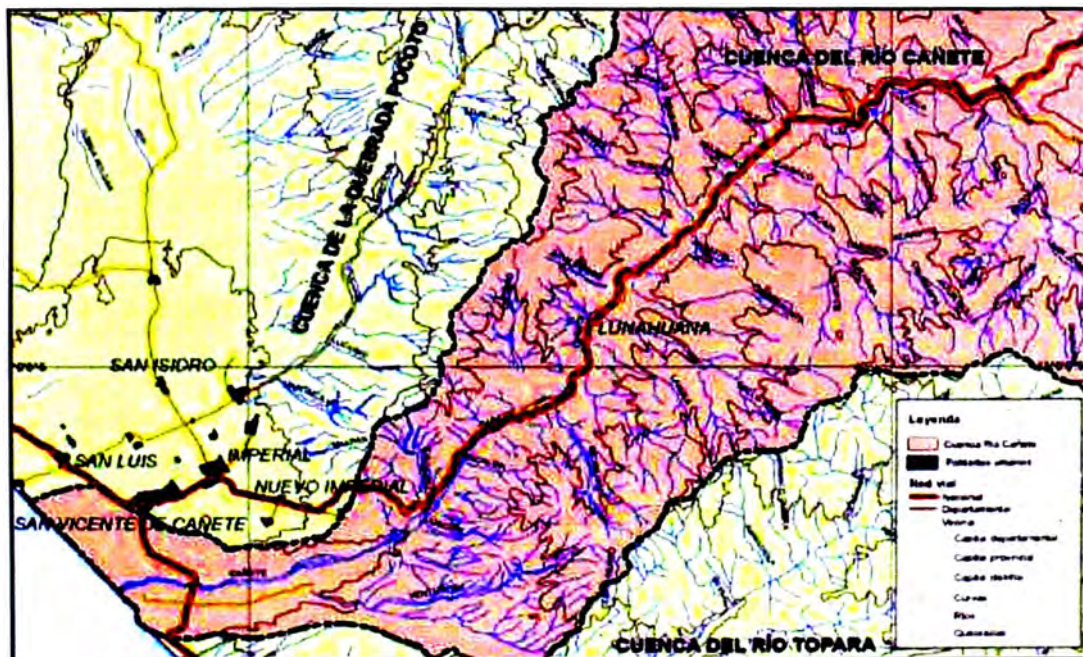


Gráfico N° 2.1 Cuencas de la Quebrada Pócoto y del Río Cañete

FUENTE: INDECI; "Mapa de Peligros, Plan de Usos del suelo ante desastres y medidas de Mitigación de San Vicente de Cañete, Imperial y Nuevo Imperial"; Lima-Cañete, 2008.

2.2.4 Aguas Subterráneas

En Nuevo Imperial existen en la actualidad cinco pozos, de los cuales tres pozos son tubulares y 2 pozos son a cielo abierto. Estos pozos son explotados mediante sistema de bombeo y son utilizados para el consumo humano. Por información brindada por los pobladores, se sabe que el menos profundo de dichos pozos tiene una profundidad de 10m., valor que se asume como referencial de la ubicación del nivel freático en la zona del C.P. "Carmen Alto"

2.3 SUELOS

2.3.1 Geomorfología

Geológicamente, el área de estudio se encuentra emplazada en la planicie costera, la misma que se caracteriza por presentar un relieve esencialmente plano con algunas lomadas y colinas aisladas. Esta planicie se desarrolla como una faja paralela a la costa, limitada al oeste por el litoral y al este por el conjunto de cerros bajos correspondientes a las primeras estribaciones andinas occidentales. Localmente se ubica sobre una ladera pequeña relativamente uniforme de pendiente baja con inclinaciones variables de 3 a 10%, donde se encuentra cubierto por gravas limosas y arenas gravosas.

Circundante a la pequeña ladera donde se ubica el área del proyecto se presentan colinas y cerros con diferencias de niveles de 50 m con respecto a las laderas, caracterizados por presentar pendientes variables de 5% conformando principalmente un afloramiento rocoso de naturaleza volcánicas

El sector del área en estudio se encuentra completamente desprovisto de vegetación y se trata de terrenos estables debido a la pendiente baja de las laderas y el material coluvial ubicados en el sector.

Las características litológicas de las unidades sedimentarias observados en el área de estudio son: Grupo Morro Solar: (Ki-ms), Formación Paracas: (Ti-pa), Formación Cañete: (Qp-c), Depósitos Aluviales: (Qr-a), Depósitos Coluviales: (Qr-co).

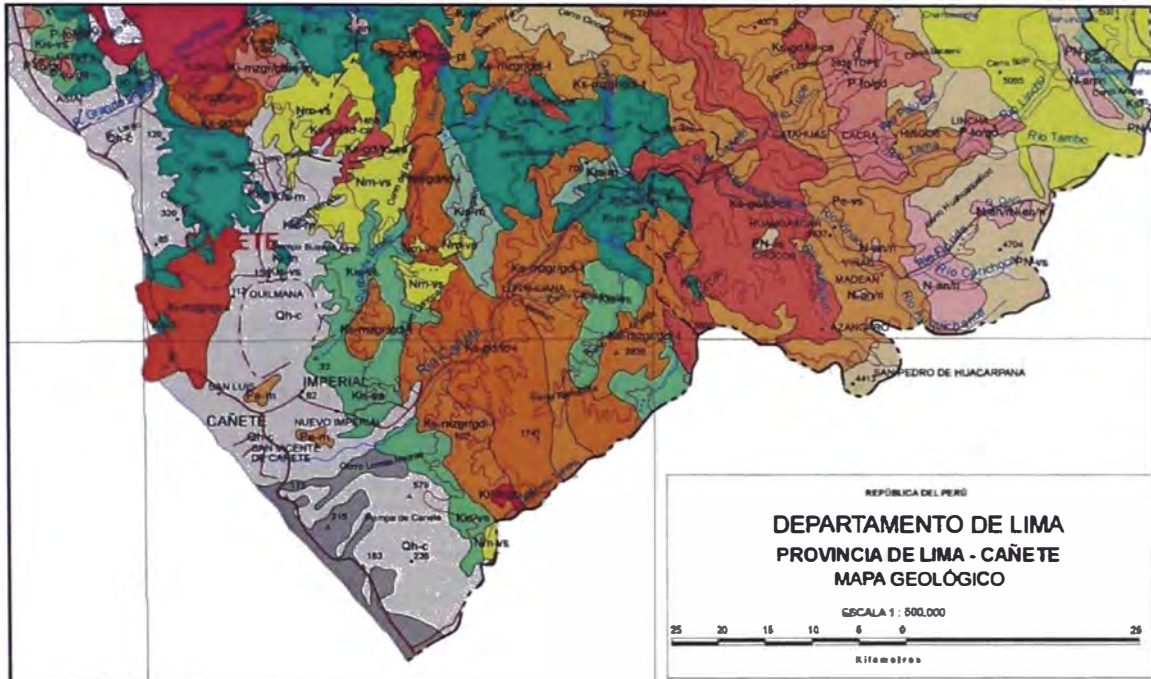


Gráfico N° 2.2 Mapa Geológico de Lima, Provincia de Cañete

FUENTE: www.ingemmet.gob.pe/paginas/mapa_geol_dept/lima.htm

2.3.2 Unidades Geotécnicas

Se diferenciando unidades geotécnicas, que son descritas a continuación:

Unidad Geotécnica I: Depósitos Coluviales

Unidad consiste en horizontes de materiales predominantemente constituida por gravas arenosas, gravas limosas y arenas gravosas en estado medianamente denso a denso, no plásticos, con gravas angulosas de tamaño variado, de baja a nula humedad.

Unidad Geotécnica II: Depósitos aluviales.

Esta unidad fue detectada en la zona de donde se ubicará la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Lagunas de Estabilización) encontrándose grava subredondeada.

2.3.3 Mecánica de Suelos

Se hizo el reconocimiento de la zona donde se ubicarán las Lagunas de Estabilización y se excavaron tres calicatas con la finalidad de identificar el perfil estratigráfico del área así como recabar muestras de suelo para análisis de laboratorio.

De estas calicatas se obtuvieron muestras representativas a las cuales se realizaron ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los ensayos realizados fueron: análisis químico de sales agresivas al concreto, límite líquido (según ASTM D-423) y límite plástico (según ASTM D-424)

Tabla N°2.6 Registro de Calicatas

Ubicación	Calicata N°	Coordenadas		Profundidad Total (m)	Suelo de Fundación	Nivel de Agua
		Este	Norte			
PLANTA DE TRATAMIENTO	C-1'	355,072.0	8,557,944.0	2.00	Granulares	No encontrada
PLANTA DE TRATAMIENTO	C-2'	354,989.0	8,557,951.0	2.00	Granulares	No encontrada
PLANTA DE TRATAMIENTO	C-3'	355,096.0	8,557,993.0	2.00	Granulares	No encontrada

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Análisis Químico de Sales Agresivas al Concreto

El resultado del análisis químico efectuado a la muestra representativa obtenida de las calicatas efectuadas en la zona, se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N°2.7 Análisis Químico

Calicata N°	Profundidad (m)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Sales Totales (ppm)
C-1'	1.30 –2.00	98	1,786	1,931

Fuente: Laboratorio Químico de la FIC.- Análisis Físico Químico - Informe S11-413.

Elaboración: Propia.

Al comparar los valores obtenidos de cloruros y sulfatos con los del cuadro X del ACI; se observa que la cantidad de cloruros no es perjudicial para las armaduras del concreto. Respecto al contenido de sulfatos, denota un grado de alteración moderado, pudiendo ocasionar un ataque químico considerable al concreto de la cimentación de las obras complementarias de la Planta de Tratamiento. Por ello se recomienda emplear cemento Pórtland tipo V para las obras de concreto armado con una relación máxima agua cemento de 0.50.¹⁴

¹⁴ American Concrete Institute ACI

Tabla N°2.8 Contenido de Sales Permisibles

PRESENCIA EN EL SUELO DE	p.p.m.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACION
SULFATOS (*)	0 - 1,000 1,000 - 2,000 2,000 - 20,000 > 20,000	Leve Moderado Severo Muy severo	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
CLORUROS (**)	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras y elementos metálicos
SALES SOLUBLES TOTALES (**)	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por lixiviación

Fuente: American Concrete Institute ACI - 318

Descripción del Perfil Estratigráfico

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se desprende la siguiente conformación:

- En el sector de la calicata C1' se presenta una primera capa de arcilla en estado compacto hasta una profundidad de 1.30 m. continuando con 67 % de grava subredondeada con tamaño máximo hasta de 20" con un 30% de matriz de arena de color beige en estado suelto grava bien graduada limosa, conteniendo 3.1% de finos, hasta una profundidad de 2.00 m.
- En el sector de la calicata C2' se presenta una primera capa de arcilla en estado compacto hasta una profundidad de 0.60 m. continuando con 70 % de grava subredondeada con tamaño máximo hasta de 15" con un 25% de matriz de arena de color beige en estado suelto grava bien graduada limosa, hasta una profundidad de 2.00 m.
- En el sector de la calicata C3' se presenta una primera capa de arcilla en estado compacto hasta una profundidad de 1.00 m. continuando con 60 % de grava subredondeada con tamaño máximo hasta de 6" con un 30% de matriz de arena de color beige en estado suelto grava bien graduada limosa, hasta una profundidad de 2.00 m.

A partir de la revisión de antecedentes disponibles, pruebas decampo y resultados de laboratorio, se ha efectuado la caracterización geotécnica del suelo existente, estimándose la capacidad portante del terreno.

De acuerdo a la descripción del perfil estratigráfico y a las exploraciones realizadas se encontró que la grava se encuentra a partir de los 0.90 m. hasta una profundidad de 2.00 m. y de acuerdo a características de la zona se infiere que puede encontrarse pasando los 5.00 m. de profundidad. En este intervalo se ubicarán los cimientos de las obras de concreto a realizar, es decir se ubicarán sobre grava bien graduada, suelo tipo GW, cuyas características de resistencia están en función de su ángulo de fricción.

De acuerdo esta clasificación, se asume un ángulo de fricción que se encuentra entre 30° a 35°, estimándose una capacidad portante mínima de 2.5 kg/cm². Se asume además un asentamiento inmediato de 1 cm. Los asentamientos no influirán mayormente en el diseño, debido a la rigidez del material de fundación.

Los registros de la exploración de campo obtenidos in situ de las calicatas perforadas y las fichas de análisis químico de laboratorio, se muestran en los Anexos.



Gráfico N° 2.3 Foto de la Calicata c-1', ubicada en la Zona de la Planta de Tratamiento. Se observa grava con matriz de arena, material de origen aluvial.

2.4. TOPOGRAFÍA

Para el levantamiento topográfico del C.P. "Carmen Alto", la Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial se encargó directamente del estudio. La información recabada consistió en un levantamiento general de la zona del proyecto plasmado en un archivo digital que contiene: curvas de nivel, ubicación de manzanas y perfiles de las calles principales para el proyecto general de Alcantarillado del Centro Poblado. El Informe de Topografía que sustenta dicho levantamiento, no fue uno de los entregables del estudio.

Por ello, para la distribución de las lagunas de estabilización como de sus unidades complementarias, se ha trabajado sólo con la información recibida en estos planos. En los Anexos, dentro del plano en planta de la PTAR, se muestran las curvas de nivel de la zona donde se ubicará la Planta de Tratamiento de aguas residuales.

CAPÍTULO III: GENERALIDADES DEL DISEÑO HIDRÁULICO

En el presente capítulo se presentan los aspectos considerados en el diseño hidráulico de las Lagunas de Estabilización para el tratamiento de las aguas residuales del C.P "Carmen Alto". Se detallan los cálculos realizados en el dimensionamiento de las lagunas en base a los parámetros que establece la Norma Peruana OS-90 y la bibliografía especializada al respecto. Como fin último del diseño se busca obtener un efluente que cumpla los requerimientos establecidos por el Ministerio del Ambiente para su vertimiento a cuerpos de agua.

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS

3.1.1 Parámetros de Diseño

La eficiencia del proceso de tratamiento del agua residual en las Lagunas de Estabilización depende de las características hidráulicas, en especial, de la geometría (forma, tamaño y profundidad), el tiempo de retención hidráulica y el patrón de flujo hidráulico que se presentará.

Modelos de Flujo

Los modelos que simulan el comportamiento del flujo de las aguas servidas son el flujo pistón, flujo con mezcla completa y flujo disperso. De ellos, el modelo de flujo disperso es el que se emplea para el diseño según la Norma OS-90.

Flujo con mezcla completa:

Las concentraciones de DBO y microorganismos patógenos es la misma en cualquier punto de la laguna. Se alcanza en lagunas cuadradas o circulares con adecuada distribución del afluente. Se rige por la ecuación:

$$\frac{C_f}{C_o} = \frac{1}{1 + K_e t}$$

Donde:

C_f: Concentración de DBO y microorganismos en el efluente.

C_o: Concentración de DBO y microorganismos en el afluente.

K_e: Coeficiente de remoción de DBO a la temperatura del líquido.

t : Tiempo de retención hidráulica.

Flujo pistón:

Las concentraciones de DBO y microorganismos patógenos varían longitudinalmente, pero se mantienen constantes a lo ancho de la laguna.

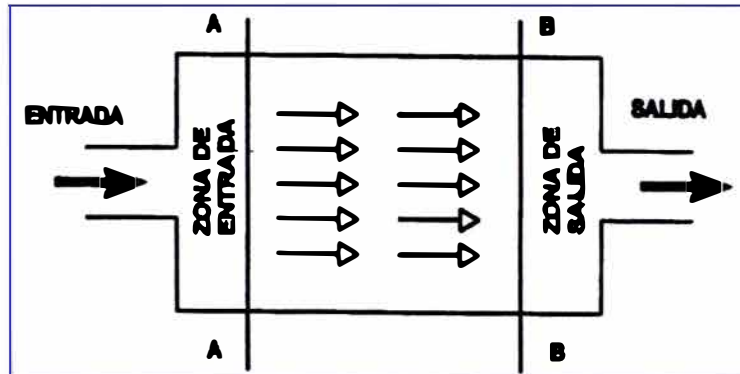


Gráfico N° 3.1 Modelo de Flujo Pistón

Fuente: Comisión Nacional del Agua Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de México - Diseño de Lagunas de Estabilización

Se rige por la ecuación:

$$\frac{C_f}{C_o} = e^{-K_e * t}$$

Flujo disperso:

Modelo a utilizar según la Norma peruana OS-90; es una variación del flujo pistón con cierto grado de mezcla conforme el flujo avanza hacia la salida.

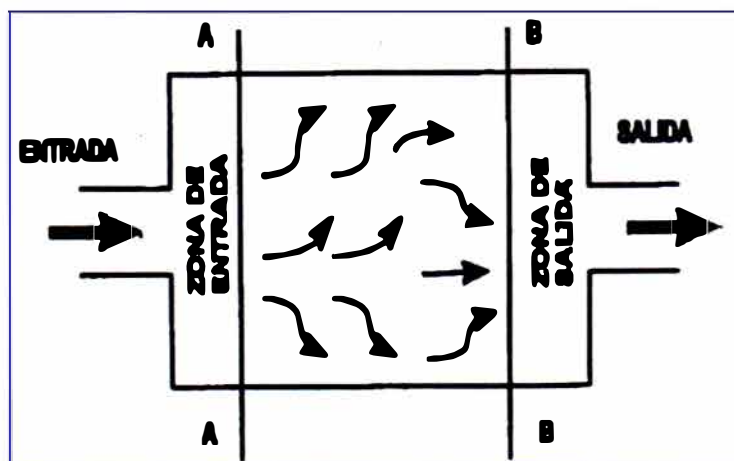


Gráfico N° 3.2 Modelo de Flujo Disperso

Fuente: Comisión Nacional del Agua Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de México - Diseño de Lagunas de Estabilización

Se rige por la ecuación:

$$\frac{Cf}{Co} = \frac{4ae^{\frac{(1-a)}{2d}}}{(1+a)^2}$$

Donde:

Cf : Concentración de DBO y microorganismos en el efluente.

Co: Concentración de DBO y microorganismos en el afluente.

a : Parámetro utilizado en la integración de la ecuación de flujo.

d : Coeficiente de dispersión (adimensional)

Balance Hídrico en la laguna

Factor muy importante en el diseño. La mayoría de las lagunas que no han funcionado bien ha sido por un balance hídrico inadecuado. Son pocas las lagunas que han fallado por aplicarles una carga orgánica mal calculada, pues el diseño por carga orgánica es más flexible que por balance hídrico. El balance hídrico puede ser dado por la ecuación:

$$Qe = Qa + (Pr + Pc) - (E + Pe)$$

Donde:

Qe= Caudal efluente.

Qa=Caudal afluente.

Pr= Precipitación que cae sobre la laguna

Pc= Infiltración de aguas subterráneas hacia la laguna.

E=Evaporación.

Pe= Pérdidas por percolación.

Caudal de diseño (Qp, en m³/día)

La siguiente expresión se utiliza para calcular el caudal de diseño. Se considera el caudal para el periodo de diseño del sistema. Viene a ser el mismo caudal calculado para la red de alcantarillado.

$$Qp = \frac{(Población\ de\ diseño) * Dotación}{1000} * (\%Contribución\ al\ desague = 80\%)$$

Geometría

Para lagunas facultativas se recomiendan formas rectangulares alargadas, con una relación largo - ancho mínima de 2. Respecto a las pendientes de los diques

que conforman la laguna, deben estar entre 1:1.5 a 1:3 si desea minimizar al mínimo la erosión causada por las olas debidas al viento.

Profundidad de las lagunas

Deberá encontrarse entre 1.5 a 2.5 m., en el caso de una laguna primaria se debe tener en cuenta una profundidad adicional para la acumulación de lodos entre periodos de limpieza de 5 a 10 años.

Volumen de Lodos

Los lodos que se acumulan al fondo de la laguna se calculan con la expresión:

$$VL = \frac{Pf \cdot TAL \cdot PLG}{n}$$
, Donde: Pf es la población futura (de diseño), TAL es la tasa de acumulación de lodos (usualmente de 0.10 a 0.12 m³/hab/año), PLG es el periodo de limpieza de la laguna y n es el número de lagunas en serie.

Periodo de retención:

El periodo de retención es el parámetro más importante en la remoción de coliformes fecales. Para una adecuada remoción de parásitos del sistema de lagunas requerirá un periodo de retención nominal de 10 a 15 días como mínimo en una de las unidades, con esto se aseguraría porcentajes adecuados de remoción de parásitos (coliformes fecales, huevos de estos parásitos). Se calcula con la expresión:

$$PRT = \frac{W \times L \times Z}{Q_e}$$
; donde: W, L y Z son el ancho, largo y profundidad útil de la

laguna respectivamente. Q_e es el caudal del efluente en una laguna, obtenido luego de hacer el balance hídrico.

Este valor debe castigado con un "factor de corrección hidráulica" (FCH) para obtener el tiempo de retención en la laguna (TRL) que depende de las condiciones de entrada y salida de aguas residuales. Este valor varía en la práctica de 0.3 a 0.8.¹⁵

¹⁵Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización
Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS

Contribución per-cápita de DBO:

Cuando no hay datos de medición de DBO en las aguas residuales, se utilizan valores per-cápita. En nuestro caso la Norma OS-90 recomienda 50 g / (hab.d)

Carga Orgánica (C en KgDBO/día)

La siguiente expresión se utiliza para calcular la carga orgánica en unidades función a los Kg de DBO presentes por día.

$$C = \frac{(Población\ de\ diseño) \times Contribución\ Per - Cápita (grDBO/Hab * día)}{1000}$$

Temperatura del Agua

Se emplean las siguientes correlaciones cuando no se dispone de información de la temperatura del agua residual:

Si $T^{\circ} < 25^{\circ}C$, $T^{\circ}agua = T^{\circ}ambiental + 1^{\circ}C$

Si $T^{\circ} > 25^{\circ}C$, $T^{\circ}agua = T^{\circ}ambiental - 1^{\circ}C$

Carga Superficial en la Laguna en KgDBO/(Haxdía)

La carga de diseño para las lagunas facultativas se determinará con la siguiente expresión¹⁶:

$$C_s\ diseño = 250 * 1.05^{T-20}$$

Donde:

Cs es la carga superficial de diseño en KgDBO/(Haxdía)

T es la temperatura promedio del agua del mes más frío en °C.

Remoción de Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno

Remoción de Coliformes fecales:

• Factor de dispersión del flujo (d)

Bajo el modelo de flujo disperso, mediante la ecuación de Saenz¹⁷ se calcula el factor de dispersión:

$$d = \frac{1.158 * (TRL * (W + 2Z))^{0.489} * W^{1.511}}{(T + 42.5)^{0.734} * (LxZ)^{1.489}} < 2$$

¹⁶ Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

¹⁷ Lagunas de Estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales-1985. Ing. Rodolfo Saenz Forero – CEPIS/OPS

Donde:

TRL: Tiempo de retención en la laguna.

W,L y Z: Ancho, largo y profundidad de la laguna respectivamente.

T: Temperatura del agua en °C.

- Constante de Remoción de Coliformes Fecales (Kb)

Es el coeficiente de mortalidad de las bacterias a una temperatura determinada.

Se calcula con la fórmula: $Kb = K20 * 1.05^{T-20}$; donde T es la temperatura del agua y K20 es el coeficiente de mortalidad a 20°C que varía entre 0.6 a 1 día⁻¹

- Parámetro (a)

Se emplea la siguiente fórmula $a = \sqrt{(1 + 4 * Kb * TRL * d)}$

- Número de Coliformes en el afluente NMP/100ML (No)

Indica la cantidad de coliformes fecales - el indicador más importante de contaminación bacteriológica - en el afluente. Se expresa en unidades de "Número Más Probable" por cada 100 ML (NMP/100ML). Valores de 10⁶ a 10⁹ NMP/100ML son los recomendados.¹⁸

- Número de Coliformes en el efluente NMP/100ML (N)

Una vez calculadas las constantes anteriores, se halla la cantidad de coliformes fecales en el efluente con la expresión:

$$N = \frac{No * 4 * a * e^{((1-a)/2d)}}{(1 + a)^2}$$

- Eficiencia en la remoción de Coliformes fecales

Se mide con: $e_{Coliformes} = \frac{(No-N)}{No} * 100\%$

Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno:

- Factor de dispersión del flujo (d)

Se emplea el mismo valor calculado para la remoción de coliformes fecales.

¹⁸Wastewater Treatment for Pollution Control and Reuse, Soli. J Arceivala (2006)

- Constante de Remoción de la DBO (K_b)

Es el coeficiente de remoción de la DBO a una temperatura determinada. Se calcula con la fórmula: $K_b = K_{20} * 1.05^{T-20}$; donde T es la temperatura del agua y K_{20} es el coeficiente de remoción a 20°C que varía entre 0.2 a 0.3 día⁻¹

- Parámetro (a)

Se emplea la misma fórmula anterior $a = \sqrt{(1 + 4 * K_b * TRL * d)}$, con el respectivo valor de K_b para remoción de DBO.

- DBO teórica en el afluente (DBO_a)

Si no se cuenta con datos de campo respecto a la DBO presente en las aguas residuales, se hallará una DBO teórica de la siguiente forma:

$$DBO_a = \frac{COP}{Dot \times 0.8} \times 1000 \text{ en mg/L}$$

- Factor de características de sedimentación (F_{cs})

Parámetro cuyo valor varía entre 0.5 a 0.8 en lagunas primarias y está muy cerca de 1.00 en lagunas secundarias y de acabado.

- Factor intrínseco de algas (F_{ia})

Las algas que mueren en las lagunas ejercen una DBO que debe ser tomada en cuenta incluyendo el valor de F_{ia} en la ecuación que se emplea para calcular la DBO en el efluente. El valor adimensional de F_{ia} varía entre 0 y 1.2 correspondiendo los valores bajos a lagunas primarias y los altos a lagunas de maduración.

- DBO soluble (L_o)

La DBO soluble es la que se encuentra en suspensión en el afluente. Se obtiene multiplicando el factor de características de sedimentación (F_{cs}) a la DBO teórica. Así: $L_o = DBO_{teórica} * F_{cs}$

- DBO en el efluente (L)

El modelo empleado es similar al utilizado para la remoción de coliformes fecales más una corrección de la DBO por el factor intrínseco de algas:

$$L = \frac{L_0 * 4 * a * e^{((1-a)/2d)}}{(1 + a)^2} + L_0 * Fia$$

- Eficiencia en la remoción de la DBO

Se mide con: $e_{DBO} = \frac{(L_0 - L)}{L_0} * 100\%$

Obtenidos los valores de N y L, deben compararse con los Límites Máximos Permisibles vigentes establecidos por el Ministerio del Ambiente para poder verter los efluentes a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM). Se establecen como límites 10^4 NMP/100ML para los coliformes fecales y 100 mg/L para la DBO.

3.1.2 Dimensionamiento

Datos Previos:

• Carga Orgánica Percápita (COP)	50	(grDBO/ha	NormaOS-90
<i>(Carga Orgánica aportante por hab/día)</i>		b/día)	
• Temperatura ambiental del mes más frío	16.9	°C	SENAMHI
• Temperatura del agua del mes más frío(T)	17.9	°C	
• Relación Largo/Ancho de la laguna (LW)	3		
• Tasa de acumulación de lodos (TAL)	0.11	m³/hab/año	(0.1-0.12)
• Periodo de Limpieza de la Laguna (PLG)	5	años	(5 a 10 años)
• Número de Lagunas en Paralelo (n)	2	und.	
• Dotación de Agua Potable (Dot)	150	lt./hab./día	

No se cuenta con mayores datos poblacionales del centro poblado anteriores al 2007. Según dato del Perfil SNIP para el proyecto de alcantarillado aprobado el 2009, "Carmen Alto" contaba con 3,203 Hab. De estos dos registros y al no contar con mayor información, se obtiene un ratio de crecimiento de 2.72%. Para fijar el año 2011 como el año "cero", la población calculada al 2011 por el método aritmético sería de 3,377 Hab.

Datos Poblacionales:

• Población último Censo	3,038	Hab.	(INEI 2007)
• Población Perfil SNIP 2009	3203	Hab.	
• Tasa de crecimiento Poblacional (r)	2.72	%	(Anual)
• Población calculada al 2011	3,377	Hab.	(Año "cero")
• Periodo de diseño del sistema (t)	20	Años	

a) Población Futura (población de diseño): $Pf = P_{2011}(1 + rt) = 5,214$ hab.

b) Caudal de Diseño: $Qd = 0.8 * \frac{Pf * Dot}{1000} = 625.68$ m³/día

c) Carga Orgánica Total: $COT = \frac{COP * Dot}{1000} = 260.70$ kgDBO/día

d) Carga superficial de diseño a temperatura más baja:

$$CSD = 250 * 1.05^{T-20} = 224.56 \text{ kgDBO/día}$$

e) Área mínima superficial de Lagunas (Am): $Am = \frac{COT}{CSD} = 1.16$ Ha.

f) Área de cada Laguna (Ac): $Ac = \frac{Am}{n} = 0.58$ Ha.

g) Dimensiones promedio de una Laguna:

$$\text{Áncho: } W = \sqrt{\frac{Ac * 10000}{L/W}} = 43.99 = 45 \text{ m.}$$

$$\text{Largo: } L = W * (L/W) = 131.96 = 135 \text{ m.}$$

Estas son las dimensiones de la laguna a la mitad de la altura total.

Otros datos geométricos:

• Profundidad efectiva de la Laguna (Z)	2.50	m.	(1.5 - 2.5 m.)
• Talud (Zp)	2.00		(1.5 – 3)
Borde Libre (BL)	0.50	m.	(Mínimo recomendado ¹⁹)

h) Volumen de Lodos acumulados (VL): $VL = Pf * TAL * PLG = 2867.70$ m³

i) Volumen de Lodos por Laguna (VLc): $VLc = \frac{VL}{n} = 1433.85$ m³

j) Área superficial de Lodos por Laguna (AL):

$$AL = (W - Zp * Z) * (L - Zp * Z) = 5200.00 \text{ m}^2 \text{ (Área del fondo de laguna)}$$

k) Altura de Lodos (ZL): $ZL = VLc / AL = 0.28 = 0.30$ m.

¹⁹Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS

Dimensiones propuestas de las Lagunas:

Ancho:

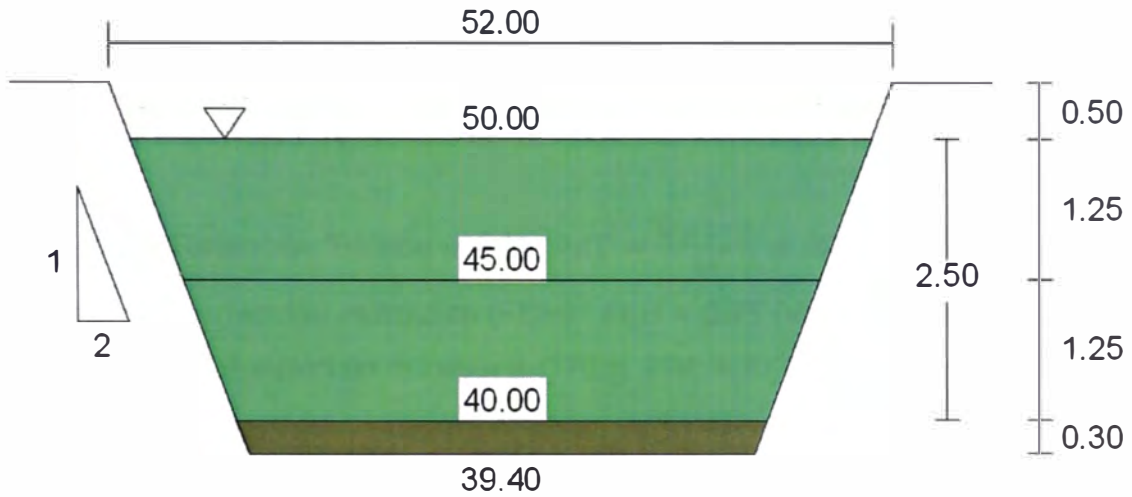


Gráfico N° 3.3 Sección Transversal de la Laguna

Elaboración: Propia

Largo:

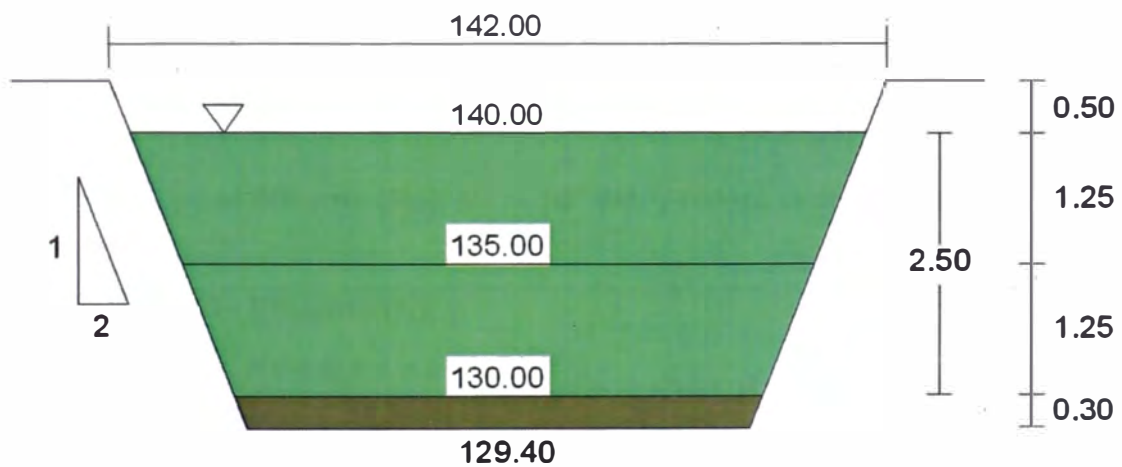


Gráfico N° 3.4 Sección Longitudinal de la Laguna

Elaboración: Propia

Nota: Dimensiones en metros.

Balance Hídrico en cada una de las Lagunas:

$$Q_e = Q_a + (P_r + P_c) - (E + P_e) = 289.62 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Caudal Afluente de una Laguna (Q_a): 312.84 m³/día
- Precipitación sobre la laguna (P_r): 0.34 m³/día
- Infiltración de aguas subterráneas hacia la laguna (P_c): - m³/día

- Evaporación (E): 23.56 m³/día
- Pérdidas por percolación (Pe): -- m³/día

Se descartan la infiltración de aguas subterráneas hacia la laguna como las pérdidas de aguas embalsadas, por considerarse en el diseño que la superficie del fondo y los taludes se recubrirán con geomembranas.

l) Periodo de Retención Teórico (PRT): $PRT = \frac{W \times L \times Z}{Q_e} = 52.44$ días

m) Factor de Corrección Hidráulica (FCH): $FCH = 0.75$ (Varía de 0.3 a 0.8)

n) Tiempo de Retención en la Laguna (TRL): $TRL = FCH \times PRT = 40$ días

Remoción de Coliformes Fecales

- Constante de Remoción de Coliformes Fecales (Kb):

$$Kb = K20 * 1.05^{T-20} = 0.722; \text{ Donde: } K20 = 0.80 \text{ (Varía entre } 0.6 \text{ a } 1 \text{ d}^{-1}\text{)}$$

- Factor de dispersión del flujo (d): $d = \frac{1.158 * (Rx(W+Z))^{0.489} * W^{1.511}}{(T+42.5)^{0.734} * (LxZ)^{1.489}} = 0.127$

- Parámetro (a): $a = \sqrt{(1 + 4xKbxRxd)} = 3.96$

- Coliformes en el Afluente (No): $No = 10^9 \text{ NMP}/100\text{ML}$ (Varía entre 10^6 a 10^9)

Coliformes en el Efluente (N):

$$N = \frac{No * 4 * a * e^{((1-a)/2d)}}{(1 + a)^2} = 5.63 \times 10^3 \text{ NMP}/100\text{ML}$$

$N < \text{LMP} = 10^4 \text{ NMP}/100\text{ML}$. Cumple con el D.S. N°003-2010 MINAM.

Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- Constante de Remoción de DBO (Kb):

$$Kb = K20 * 1.05^{T-20} = 0.27; \text{ Donde: } K20 = 0.80 \text{ (Varía entre } 0.2 \text{ a } 0.3 \text{ día}^{-1}\text{)}$$

- Factor de dispersión del flujo (d): $d = \frac{1.158 * (Rx(W+Z))^{0.489} * W^{1.511}}{(T+42.5)^{0.734} * (LxZ)^{1.489}} = 0.127$

- Parámetro (a): $a = \sqrt{(1 + 4 * K_b * R * d)} = 2.55$
- DBO teórica en el afluente (DBOa): $DBOa = \frac{COP}{Dot \times 0.8} \times 1000 = 416.67 \text{ mg/L}$
- DBO en el afluente (DBO_{teórica}): $DBO_{teórica} = \frac{COP}{Dot \times 0.8} \times 1000 = 416.67 \text{ mg/L}$
- Factor de características de sedimentación (Fcs) = 0.5 (0.5 a 0.8 en primarias)
- Factor intrínseco de algas (Fia) = 0.18 (0 a 1.2, valores bajos en primarias)
- DBO soluble (Lo): $Lo = DBO_{teórica} \times Fcs = 208.33 \text{ mg/L}$

DBO en el efluente (L):

$$L = \frac{Lo * 4 * a * e^{((1-a)/2d)}}{(1 + a)^2} + Lo * Fia = 37.88 \text{ mg/L}$$

L < LMP = 100 mg/L. Cumple con el D.S. N°003-2010 MINAM.

Como el efluente cumple con los LMP vigentes establecidos por el MINAM, se puede verter en un cuerpo de agua próximo, en este caso un canal de tierra adyacente a la zona de las Lagunas de Estabilización, a las afueras del C.P “Carmen Alto”.

3.1.3 Estructuración

La Planta de tratamiento de aguas residuales con Lagunas de estabilización para el C.P. “Carmen Alto” está compuesta por los siguientes elementos:

- Captación desde el colector de aguas residuales.
- Sistema de Pre- tratamiento
 - Cámara de Rejas
 - Desarenador
- Medidor de caudales (vertedero Sutro)
- Distribuidor de Caudales
- Estructuras de entrada a las Lagunas
- Lagunas de Estabilización.
- Estructuras de salida de las Lagunas
- Estructura de entrega del efluente de la PTAR hacia un canal de tierra adyacente.

Captación desde el colector de aguas residuales.

Consiste en captación del colector final que recolecta las aguas residuales del sistema de alcantarillado del C.P. a la zona de las Lagunas de estabilización. A través de un buzón, que se denomina buzón de entrega, se derivan las aguas servidas hacia el sistema de pre-tratamiento.

Sistema de Pre- tratamiento

El sistema de Pre-tratamiento tiene como objetivo preparar el afluente para ser entregado a las lagunas de estabilización, interceptando elementos inadecuados con la Cámara de Rejas y precipitando en condiciones de flujo lento partículas grandes en el Desarenador. De esta manera se puede entregar a las lagunas de estabilización, un afluente con características más homogéneas, apto para ser “estabilizado”.

• Cámara de Rejas

Es una estructura de concreto ubicada al inicio del sistema, luego de la captación de aguas residuales del colector, que consiste en una pequeña cámara donde se ubica un emparrillado o “rejillas” de manera oblicua al flujo de aguas servida para retener los elementos usualmente presentes en las aguas residuales de nuestro país como restos de comida, papeles, artículos plásticos, elementos sólidos, etc. - que no deben entrar al sistema de tratamiento - para su posterior eliminación.

Diseño:

Se considera un canal con una parrilla de rejas de acero inoxidable con by pass para el caso de emergencia o mantenimiento. El diseño se realiza siguiendo las indicaciones de la Norma OS-90.

El caudal de diseño será el caudal máximo horario $Q_{m\acute{a}x}$ (m^3/s)

$$Q_{m\acute{a}x} = K_2 * (\text{Población de diseño}) * (\text{Dotación}) \times (\% \text{Contribución}) / (1000 * 86400)$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 2 * 5,214 \text{ hab} * 150 \text{ lt/hab/día} * 0.8 / (1000 * 86400) = 0.014 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

$$K_2 = 2 \text{ (Dato Emapa Cañete)}$$

La cantidad de material cribado se determinará de acuerdo con la Tabla N° X.

Tabla N°3.1 Valores para estimar la cantidad de Material Cribado

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m ³ de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

Fuente: Norma OS-90

Para el caso de 25mm (la abertura mínima recomendada por la Norma OS90) la cantidad de material cribado será 0.023 lt/m³ de agua residual.

Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de las barras y a través de ellas sea adecuada. Asumiendo barras de 12.5mm x 50mm dentro de los rangos de la Norma.

Espaciamiento entre barras (a)= 20mm = 0.020m.

Espesor de las barras (e) = 1/2"= 12.5mm = 0.0125m.

"Eficiencia de Barras": $E = a / (a + e) = 0.62$

Velocidad de paso entre Rejas V (m/s)

La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0.60m/s a 0.75 m/s (basado en caudal máximo horario)

Según lo anterior se define una velocidad $V = 0.60$ m/s

Área útil de las rejas (A_u), $= Q_{m\acute{a}x} / V = 0.014 / 0.60 = 0.023$ m²

Área Total aguas arriba de las rejas (A) = $A_u / E = 0.023 / 0.62 = 0.037$ m²

Se escoge un ancho del Canal (B) = 0.30m

Calculo del tirante Máximo (Y) = $A / B = 0.037 / 0.30 = 0.123$ m = 13 cm

Determinadas las dimensiones, se calcula la velocidad del canal antes de las rejas (V_a) la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s.

Velocidad del Canal antes de las Rejas (V_a) = $E * V = 0.62 * 0.60 = 0.37$ m/s

Numero de Barras para las Rejas: $N = (B-a) / (a+e) = 0.375 / 0.0375 = 8.60$ barras

Se usan 9 barras.

El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será 60° con respecto a la horizontal, para el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejas serán instaladas en guías laterales con perfiles metálicos, descansando en el fondo en un perfil o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto según se verá en los planos de diseño.

• Desarenador

Es una estructura de concreto en la cual mediante condiciones de flujo adecuadas se separan del agua residual las arenas y partículas gruesas en suspensión (superiores a 0,2 mm.) con el fin de evitar se produzcan depósitos y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento.

Se diseñan dos desarenadores en paralelo como canales de forma alargada y de sección rectangular. Cada uno diseñado para el caudal máximo horario, de tal manera que pueda dejarse fuera de servicio uno de ellos por mantenimiento.

Caudal de diseño: caudal máximo horario $Q_{\text{máx}}$ (m^3/s) = $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocidad del flujo horizontal (V_h) m/s = 0.30 m/s según recomienda la Norma.

Dimensionamiento

Se considera que los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm.

Área Máxima de sección transversal (A_{st}) m^2 : $Q_{\text{máx}} / V_h = 0.014 / 0.30 = 0.047 \text{ m}^2$

Tirante Máximo de descarga en el canal ($Y_{\text{máx}}$) $\text{m} = A_{st} / B$

Tomando $B = 0.40 \text{ m}$.

$H = Y_{\text{máx}} = 0.047 / 0.40 = 0.12 \text{ m}$.

Área Superficial del Desarenador: (A_s) $\text{m}^2 = Q_{\text{máx}} / T_{ad}$

$Q_{\text{máx}} = 0.014 \text{ m}^3/\text{s} = 50.4 \text{ m}^3/\text{hora}$

Tasa de aplicación de desagüe: (T_{ad}), $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hab}$

La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m³/m²/h, debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario.

Se define $T_{ad} = 45.0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

$A_s = 50.40 / 45.0 = 1.12 \text{ m}^2$ área útil del desarenador.

Longitud útil del desarenador (L), m.

A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica.

$L = A_s/B = 1.12 / 0.40 = 2.80 \text{ m}$.

$L = 3.50 \text{ m}$. con el adicional del 25%

La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25.

$L/H \geq 25$, $L/H = 3.50 / 0.12 = 29.17$ cumple $L/H \geq 25$ de la Norma.

Medidor de Caudales

Sirven para medir el caudal que ingresa a la Planta de Tratamiento información importante para comprobar si la capacidad de las unidades es aún suficiente en función de la población servida. En el caso del C.P. "Carmen Alto", se empleará un vertedero tipo Sutroluego del desarenador, además de vertederos triangulares en las entradas y salidas de otras unidades sólo por propósitos de verificación.

Distribuidor de Caudales

Consiste en una cámara de concreto en la que el caudal que entra, sale dividido proporcionalmente en número de vertederos iguales. Sirve para distribuir el caudal uniformemente en cada laguna de estabilización. Deben emplearse vertederos triangulares, más apropiados para aguas servidas que los rectangulares.²⁰

²⁰ Teoría y dimensionamiento de procesos: Consideraciones Hidráulicas en Plantas de Tratamiento de aguas servidas.

Estructuras de entrada a las Lagunas

La descarga del agua residual hacia las lagunas será a través de tuberías elevadas ligeramente sobre el nivel del líquido para asegurar - gracias a la turbulencia originada por la caída del afluente - una buena mezcla y condiciones de dispersión adecuadas del afluente en el cuerpo de agua. Tiene la ventaja además de facilitar el control visual de los caudales aproximados desde cualquier punto de la coronación del dique.

Lagunas de Estabilización

Consideraciones técnicas y de diseño importantes adicionales en la configuración de las lagunas:

• Diques

Su diseño deberá ser realizado por un especialista con la información completa del estudio de suelos, para un adecuado funcionamiento de los diques y verificar las formas de impermeabilización. Deberá verificarse que no se produzca volteamiento y que exista estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vaciado rápido y sismo.

Se deberán calcular las subpresiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada y determinar la necesidad de controles como: impermeabilización, recubrimientos o filtros de drenaje.

El talud en el lado seco y la faja sobre el nivel del agua en el lado húmedo deberán protegerse con semilla de hierba (césped por ejemplo) contra la erosión. Una angosta faja desnuda, de alrededor de 0,2 m, deberá mantenerse entre el césped y el nivel del agua, para evitar que se cree un hábitat de larvas y otros tipos de animales.

La coronación del dique deberá ser hecha lo suficientemente ancha como para permitir el fácil tráfico de camionetas o camiones en grandes instalaciones, considerando que en instalaciones pequeñas todo lo que se necesita es un sendero de 1,0 m de ancho y de por lo menos 3,0 m en instalaciones mayores para el acceso de vehículos.

La parte de la coronación deberá consolidarse adecuadamente para evitar su deterioro como consecuencia del tránsito y tener una geométrica curva que evite la acumulación del agua de lluvia.

• Revestimiento de la laguna

Dadas las características del suelo presente en el lugar y para asegurar el equilibrio hidráulico del sistema de lagunas, se impermeabilizará el fondo y los taludes mediante el uso de geomembranas. Se prefiere esta opción por técnicamente más eficiente y sobre todo por la ventaja en costos respecto a impermeabilizar con una capa de arcilla, que en el caso del C.P. "Carmen Alto" se halla en una cantera muy alejada de la zona.

Estructuras de salida de las Lagunas

La estructura de salida de una laguna determina el nivel del agua dentro de ella y podrá colocarse en cualquier punto del borde, ordinariamente al pie del dique y opuesto a la tubería de entrada.

Hay diferentes tipos de estructuras de salida. La mayoría contempla el tendido de una tubería en el fondo de la laguna que atraviesa el dique. Esto permite vaciar completamente la laguna en caso necesario.

El dispositivo de salida más sencillo consta de una tubería vertical cuyo extremo superior alcanza el punto del nivel de agua deseado. El extremo inferior se conecta a la tubería de descarga.

Las tuberías de descarga que atraviesan los diques deberán instalarse con anterioridad a la construcción de los mismos a fin de evitar cortes y rellenos en una obra recién construida, corriéndose el peligro de debilitar algún punto.

Las estructuras de salida más convenientes son con dispositivos para variar el nivel del agua con fines operativos. Tal dispositivo de salida puede consistir simplemente de una caja cuadrada vertical cuya base repose sobre el fondo, al pie del dique, y su extremo superior sobresalga sobre el nivel del agua. Uno de los lados de esta caja se construye parcialmente y se colocan planchas de

contención, que pueden ponerse o quitarse a voluntad, a manera de un vertedero de altura variable.

Cada salida o interconexión deberá contar con una compuerta de fondo ajustable seguido por un verterdero rectangular. La compuerta de fondo sirve para remover la nata flotante y para ajustar el nivel de descarga debajo de la banda máxima concentración de algas; con este diseño se puede obtener la mejor calidad del efluente en términos de sólidos suspendidos. También debe contar con una compuerta para drenar una laguna.

En la salida se instalará un dispositivo simple de medición de caudal (vertedero triangular), con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la unidad.

Se recomienda la instalación de una pantalla alrededor del dispositivo de salida para impedir que penetre materia flotante y espuma en el efluente y la consiguiente salida de huevos y quistes de parásitos.

Estructura de entrega del efluente de la PTAR hacia un canal de tierra adyacente.

Consiste en una obra de concreto que adapte la salida de las lagunas para entregar el efluente a un curso de agua adyacente a la zona, un canal de tierra.

CAPÍTULO IV: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En el presente capítulo se presentan aspectos a considerar en el diseño de las estructuras presentes en la Planta de Tratamiento de tal manera que permita que las Lagunas de Estabilización - como las obras complementarias- tengan un buen desempeño ante sollicitaciones sísmicas y en condiciones de servicio tomando en cuenta las cargas del terreno, cargas hidráulicas y la capacidad portante de la cimentación. Se llevó a cabo una visita a la Planta de Tratamiento CITRAR- UNI (Ex-UNITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima, para reconocer in situ las variables a considerar en el diseño propuesto de Lagunas de Estabilización.

4.1 CARGAS

4.1.1 Cargas de sismo

Según el mapa de distribución de isoaceleraciones, los mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y la Norma Sismo-Resistente E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la provincia de Cañete se encuentra comprendida en la Zona 3, correspondiéndole una sismicidad alta.

Los parámetros sísmicos a utilizarse se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla N°4.1 Parámetros Sísmicos

FACTOR DE ZONA Z	TIPO DE SUELO	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA, S	PERIODO DE VIBRACIÓN PREDOMINANTE, T _p
0.40	S3	1.40	0.90

Fuente: Norma E030 Sismorresistente

Elaboración: propia

4.1.2 Cargas del terreno

Las cargas a considerar serán las producidas por el empuje activo del terreno sobre las estructuras semi-enterradas que conforman la Planta de Tratamiento como son las estructuras de llegada: la cámara de rejillas, el desarenador y los distribuidores de caudales.

4.1.3 Cargas hidráulicas

Se consideran las cargas por flujo, por almacenamiento temporal de las aguas residuales en caso de atoros. Como se observa de los valores obtenidos en el dimensionamiento de la cámara de rejillas y desarenador, las alturas de líquido son considerablemente pequeñas, no presentando mayor influencia sobre la estructura de las obras complementarias.

4.2 CAPACIDAD PORTANTE DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo a la clasificación realizada en el Capítulo II, el ángulo de fricción se encuentra entre 30 y 35° estimándose una capacidad portante mínima asumida de 2.5 kg/cm². Respecto a los asentamientos, se estima un asentamiento inmediato de 1 cm. Este valor constituye una buena aproximación para usarse en el cálculo de la cimentación de las obras de concreto presentes en la Planta de Tratamiento de "Carmen Alto", ya que éstas no están sometidas a mayores cargas que las del terreno, a profundidades de alrededor de 1.20 m.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS

En el caso de las lagunas de estabilización de la planta de Tratamiento del C.P. "Carmen Alto", no se emplean muros de concreto armado. Corresponde hablar de diques de tierra, cuyo diseño deberá ser realizado por un especialista con la información completa del estudio de suelos. Deberá verificarse además que no se produzca volcamiento y que exista estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vaciado rápido de las lagunas de las lagunas y sismo.

4.4 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

- Cámara de Rejas
 - Desarenador
- Estructuras mostradas en Planos (Anexos)

4.5 PLANOS ESTRUCTURALES DE DISEÑO

Los Planos de la Cámara de rejillas y desarenador se muestran en los Anexos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La causa principal del alto índice de infecciones gastrointestinales y a la piel presente en el C.P. Carmen Alto es la inadecuada disposición de excretas y aguas servidas, al no contar con un Sistema de Alcantarillado. La población hace uso de letrinas, pozos sépticos adyacentes a sus domicilios o utiliza el campo para la disposición de sus excretas.
- Las lagunas de estabilización son la tecnología más empleada en el Perú por sus bajos costos de inversión, operación y mantenimiento, con una elevada eficiencia en la remoción de la materia orgánica y microorganismos patógenos en comparación a otros sistemas. Es la alternativa elegida para la Planta de Tratamiento del C.P. "Carmen Alto".
- La eficiencia del proceso de tratamiento del agua residual en las Lagunas de Estabilización depende de las características hidráulicas, en especial, de la geometría (forma, tamaño y profundidad), el tiempo de retención hidráulica y el patrón de flujo hidráulico que se presentará.
- Los modelos que simulan el comportamiento del flujo de las aguas servidas son el flujo pistón, flujo con mezcla completa y flujo disperso. De ellos, el modelo de flujo disperso es el que se emplea para el diseño según Norma Peruana OS-90.
- En el diseño de lagunas de estabilización, el Balance Hídrico es un factor determinante, siendo que la mayoría de las lagunas que no han funcionado bien ha sido por un balance hídrico inadecuado.
- El periodo de retención es el parámetro más importante para asegurar una adecuada remoción de coliformes fecales del sistema de lagunas, requiriéndose un periodo de retención nominal de 10 a 15 días como mínimo en cada una de las unidades.

- Los parámetros más importantes para evaluar el desempeño de las lagunas de estabilización y la calidad de sus efluentes, son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) "L" que caracteriza la carga orgánica y el Número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml) "N", que caracteriza la contaminación microbiológica. El objetivo final del diseño es mantener los valores de "N" y "L" dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente del Ministerio del Ambiente para ser entregados a un cuerpo de agua o ser reusados.
- El valor de coliformes fecales a la salida de la Planta es de 5.63×10^3 NMP/100ML < 10^4 NMP/100ML establecido por el D.S. N°003-2010 del MINAM.
- El valor de DBO a la salida de la Planta es de 37.88 mg/L < 100 mg/L establecido por el D.S. N°003-2010 del MINAM.
- Las estructuras de Pre-tratamiento tienen como objetivo preparar el afluente para ser entregado a las lagunas de estabilización con características más homogéneas; interceptando elementos inadecuados con la Cámara de Rejas y precipitando en condiciones de flujo lento partículas grandes, en el Desarenador.
- El revestimiento del fondo y taludes de las lagunas de estabilización con geomembranas permite asegurar el equilibrio hidráulico del sistema y representa la opción más ventajosa en costos respecto a impermeabilizar con una capa de arcilla, que en el caso del C.P. "Carmen Alto" se halla en una cantera muy alejada de la zona.
- En el Perú, la mayor parte del volumen de aguas residuales producidas, se descarga sin algún tipo de tratamiento previo hacia el mar, ríos, lagos, o es usado para fines agrícolas; poniendo en peligro la salud pública y contaminando los ecosistemas circundantes.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de suelos más completo, incluyendo pruebas de permeabilidad del terreno en la zona de las lagunas.
- Para lograr un adecuado funcionamiento de los diques que conforman las lagunas, deben ser diseñados por un especialista quien debe verificar el sistema de impermeabilización y que no se produzca volcamiento; existiendo estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vaciado rápido y sismo.
- Se recomienda tomar muestras de las aguas residuales producidas por el C.P. Poblado y realizar ensayos de laboratorio que midan el DBO y NMP/100ML iniciales para verificar los valores asumidos de diseño.
- La coronación del dique central deberá ser hecha lo suficientemente ancha, de por lo menos 3,0 m, para el fácil acceso de camiones o vehículos que realizarán labores de limpieza.
- El talud en el lado seco y la faja sobre el nivel del agua en el lado húmedo debe protegerse con semilla de hierba (césped por ejemplo) contra la erosión.
- En estructura de salida del efluente de las Lagunas se debe instalar un dispositivo sencillo de medición de caudal (vertedero triangular), con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la Planta.
- Se recomienda la instalación de una pantalla alrededor del dispositivo de salida para impedir que penetre materia flotante y espuma en el efluente y la consiguiente salida de huevos y quistes de parásitos.
- Se deberán calcular las subpresiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada y determinar la necesidad de controles como impermeabilización, recubrimientos o filtros de drenaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución - 2008 © SUNASS.
- Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS.
- Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao - IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.
- GUITAR - Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Vladimir Arana Ysa - Lima Perú.
- Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales Fundación ICA – México.
- Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao - IPES Promoción del Desarrollo Sostenible.
- SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete, 1980.
- SENAMHI, 2000 - ONERN Inventario y Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Cañete.
- American Concrete Institute ACI.
- Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Lagunas de Estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales-1985. Ing. Rodolfo Sáenz Forero – CEPIS/OPS.
- Wastewater Treatment for Pollution Control and Reuse, Soli. J Arceivala (2006)
- Especificaciones Técnicas para la Construcción de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS/OPS.

ANEXOS

ANEXO A: Registros de Ensayos de Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

ANALISIS FISICO-QUIMICO

SOLICITANTE: GRUPO N°2 CURSO DE TITULACION 2011-I-FIC-UNI

REGISTRO: S11-413

OBRA: "RED DE ALCANTARILLADO Y PTAR"


UBICACIÓN: DIST. CARMEN ALTO, PROV. DE CAÑETE, DPTO DE LIMA

MUESTRA: CALICATA: C-4, M-2

FECHA: 20 DE MAYO DEL 2 011

ANALISIS DE :	CLORUROS Cl ⁻ ASTM D 3370:1999 NTP:339.177 2002 ppm	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ASTM E 275:2001 NTP:339.178 2002 ppm	SALES SOLUBLES TOTALES ASTM D 1888 MTC E 219-200 ppm
MATERIAL:			
CALICATA: C-4 M-2	98	1 786	1 931


CARMEN M. REYES CUBAS
ING ANALISTA DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI


ROSA ALTAMIRA
ING JEFE DEL LABORATORIO
Lab. Químico de la FIC-UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Peru Telefax 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

INFORME N° S11-413-4

SOLICITANTE : GRUPO N°02. CURSO DE TITULACION. CICLO 2011 - I FIC-UNI
PROYECTO : RED DE ALCANTARILLADO Y PTAR
UBICACIÓN : CARMEN ALTO-CAÑETE-LIMA
FECHA : 23 DE MAYO 2011

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-4
Muestra : M-1
Prof (m) : 0.00-1.30

ENSAYO DE LABORATORIO LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D-4318

LIMITE LIQUIDO (%) : 22.59
LIMITE PLASTICO (%) : NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%) : NP

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Tec. Mario Solís

ING. JUAN ESTHER SOLÍS LUCAS
LABORATORIO N° 2 - UNI - FIC
Mecánica de Suelos y Pavimentos

ANEXO B: Ubicación de la Planta de Tratamiento a las afueras del Centro Poblado “Carmen Alto”



ANEXO C: Aportes per-cápita para Aguas Residuales domésticas - Parámetros

DBO 5 días, 20°C, g / (hab.d)	50
Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
Fósforo total, g/(hab.d)	3
Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2×10^{11}
Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1×10^8
Nematodos intestinales N° de huevos / (hab.d)	4×10^5

Fuente: Norma OS-90 para Plantas de Tratamiento de Aguas residuales

ANEXO D: Límites Máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM

ANEXO E: Planos

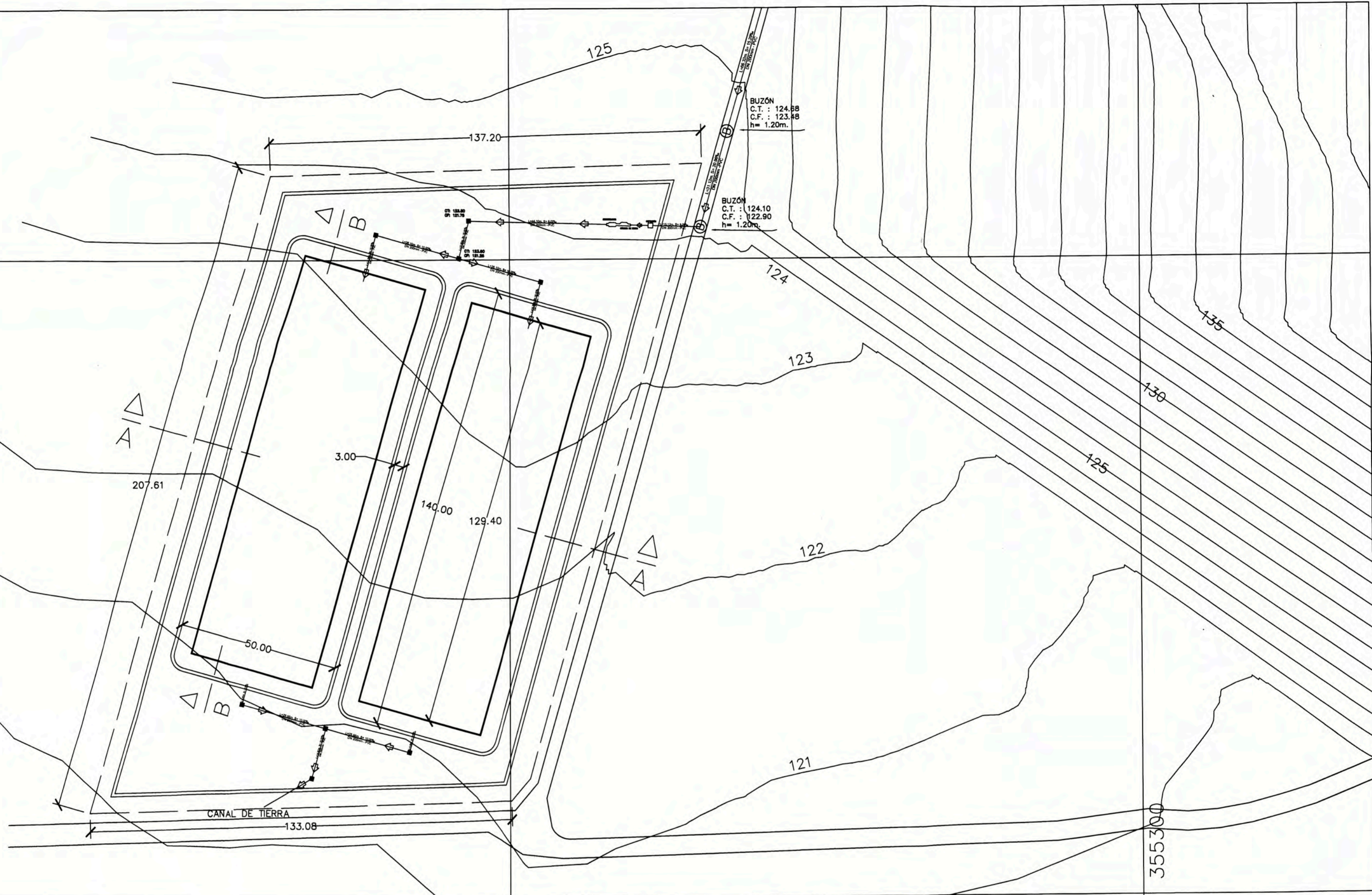


8558100

8557900

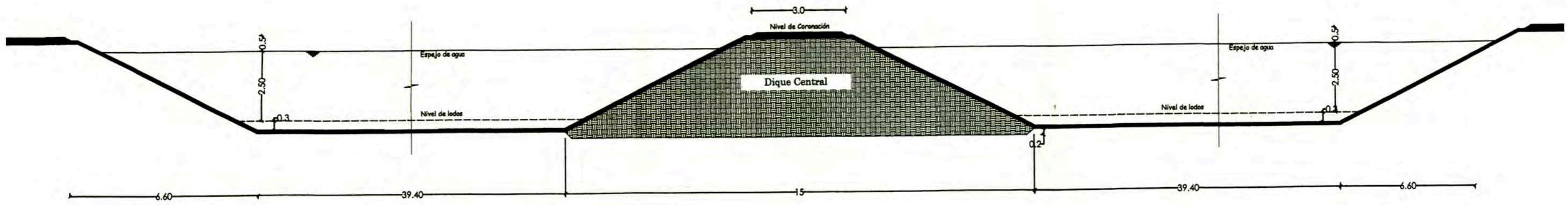
354900

355100



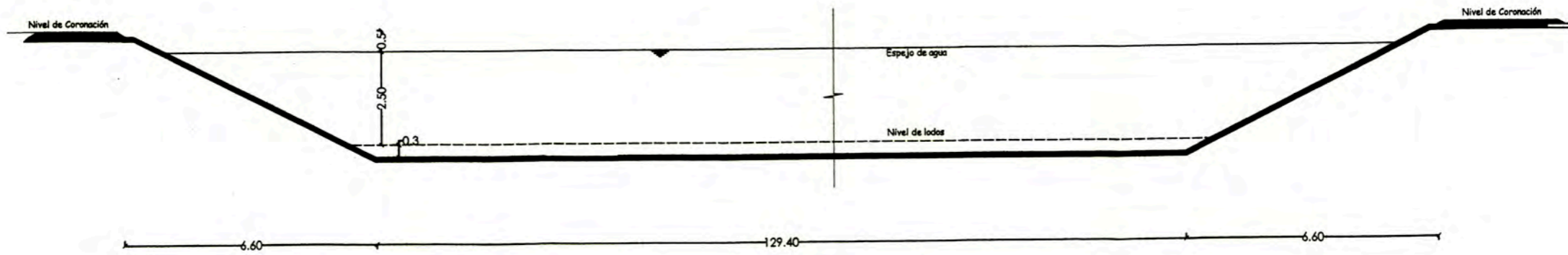
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN:		PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO "CARMEN ALTO"		
C.P. : "CARMEN ALTO"		PLANO		
DIST : NUEVO IMPERIAL		LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: PLANTA DISTRIBUCIÓN		
PROV : CAÑETE	ELABORADO: JORGE SALINAS MIGUEL	FECHA: JULIO - 2012	ESC: 1/20	LAMINA:
DPTO : LIMA	REVISADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA	APROBADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA		PT-01



CORTE A - A

ESC 1:500

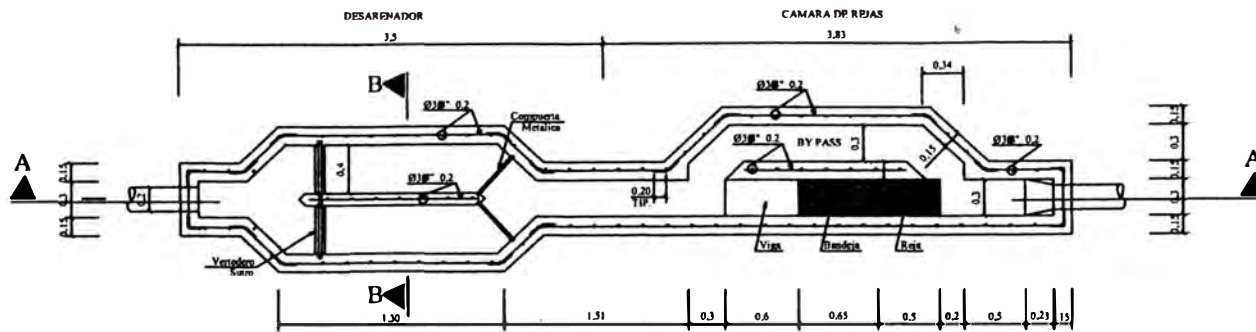


CORTE B - B

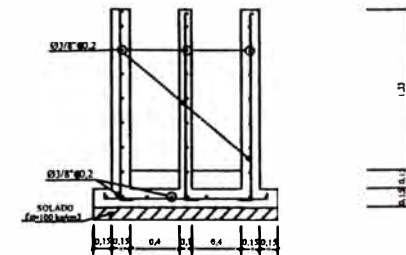
ESC 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

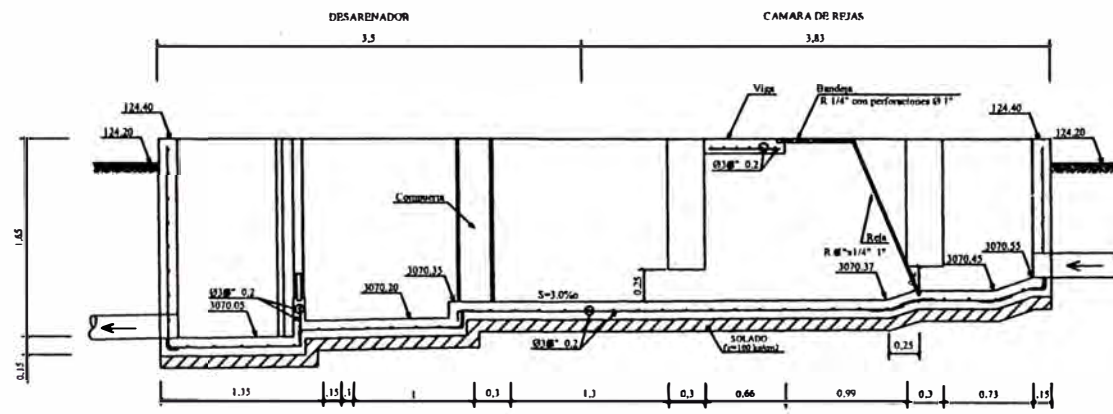
UBICACIÓN:		PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO "CARMEN ALTO"			
C.P. : "CARMEN ALTO"		PLANO: LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: CORTES			
DIST : NUEVO IMPERIAL		ELABORADO: JORGE SALINAS MIGUEL	FECHA: JULIO - 2012	ESC: INDICADA	LAMINA: PT-02
PROV : CAÑETE		REVISADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA	APROBADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA		
DPTO : LIMA					



PLANTA
ESC. 1/25



CORTE B-B
ESC. 1/25



CORTE A-A
ESC. 1/25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
UBICACIÓN:		PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO POBLADO "CARMEN ALTO"		
C.P.: "CARMEN ALTO"		PLANO: LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: CÁMARA DE REJAS Y DESARENADOR		
DIST.: NUEVO IMPERIAL		ELABORADO: JORGE SALINAS MIGUEL	FECHA: JULIO - 2012	ESC.: INDICADA
PROV.: CAJETA		DPTO.: LAMA		LAMINA: PT-03
REVISADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA		APROBADO: ING. HUGO SALAZAR NEIRA		