

BIBLIOGRAFIA

HOLDRIDGE, R. Leslie. Manual Dendrológico para 1000 Especies Arbóreas en la República de Panamá. 1970

INSTITUTO GEOGRAFICO TOMMY GUARDIA. Atlas Nacional de la República de Panamá, III Edición, 1998.

TOSI J. Inventario y Demostraciones Forestales. Zonas de Vida, PNUD-FAO, Panamá, 1971.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA. Dirección de Estadística y Censo, Panamá en Cifras, 1997-2001.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA. Dirección de Estadística y Censo, Estadística Panameña, Situación Física, Meteorología, 1998-1999.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. Informe Ambiental, 100 p, Panamá, 1999.

INRENARE. Departamento de Vida Silvestre, La Fauna Silvestre Panameña, 1998

CANTER, W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, 839 p, segunda edición, 2000.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. Decreto Ejecutivo N° 59, por el cual se reglamenta el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, Panamá, 2000.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. Manual Operativo de Evaluación de Impacto Ambiental, Panamá, 2001.

MINISTERIO DE VIVIENDA. Normas de zonificación en la provincia de Panamá- Oeste.

**PROFESIONALES PARTICIPANTES EN LA
ELABORACIÓN DE ESTE ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL
PROYECTO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN
FRANCISCO**



ING. DIOMEDES A. VARGAS T. Ingeniero Forestal

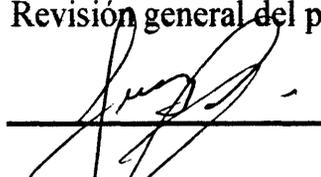
I.A.R. No. 050-98

Consultor del Proyecto

Aspectos de la Flora y Fauna

Plan de Arborización

Revisión general del proyecto

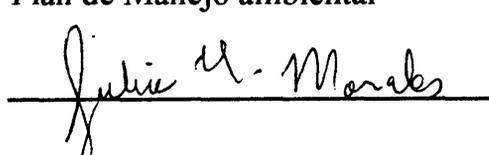

Ing. JORGE L. CARRERA- Ingeniero Agrónomo- Postgrado en
Ingeniería Ambiental.

I.R.C. No. 006-03

Aspectos Físicos y Biológicos

Análisis de Impactos

Plan de Manejo ambiental


LIC. JULIA U. MORALES- Licenciada en Ciencias de la
Educación

Cédula No. 2-139-920

Aspectos Socioeconómicos

Participación ciudadana

Encuestas

**PROYECTO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN
FRANCISCO
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

AÑO	1	2	3	4	5
ACTIVIDAD					
Aprobación del EsLA y obtención de permisos adicionales.	X				
Limpieza del área y nivelación del terreno.	X				
Lotificación del área a urbanizar.	X				
Construcción de estructuras viales.	X	X	X		
Construcción del sistema sanitario.	X	X			
Construcción del sistema pluvial.	X	X			
Construcción de viviendas		X	X	X	X
Plan de arborización		X	X	X	

VILLAS DE SAN FRANCISCO

IDENTIFICACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS GENERADOS DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO.

MEDIO	ACTIVIDAD	ETAPA	IMPACTO
1. FISICO a. Suelo	Limpieza del área y nivelación del terreno. Lotificación del área urbanizar Construcción de estructuras viales Construcción de sistema sanitario. Construcción del sistema pluvial Construcción de viviendas	II - III	Compactación Pérdida de la capa orgánica. Acumulación de desechos orgánicos. Deterioro de las vías de acceso Riesgo de accidentes Erosión
b. Aire	Limpieza del área y nivelación del terreno. Lotificación del área a urbanizar Construcción de estructuras viales Construcción del sistema sanitario Construcción del sistema pluvial Construcción de viviendas.	II - III	Aumento de ruido Emanación de partículas de polvo Disminución de la producción de oxígeno.
c. Agua	Limpieza del área y nivelación del terreno. Construcción del sistema sanitario Construcción del sistema pluvial	II - III	Reducción del proceso de absorción de aguas subterráneas. Contaminación de las aguas superficiales Mejor recolección de las aguas residuales
2. BIOTICO a. Flora	Limpieza del área y nivelación del terreno. Construcción del sistema sanitario Arborización	II - III	Pérdida de la capa orgánica del suelo. Eliminación de la vegetación Migración de especies Regeneración de la flora y microflora Regreso de especies a la zona.

VILLAS DE SAN FRANCISCO
(Continuación)

IDENTIFICACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS GENERADOS DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO.

MEDIO	ACTIVIDAD	ETAPA	IMPACTO
2. BIOTICO a. Fauna	Limpieza del área y nivelación del terreno. Lotificación del área a urbanizar Construcción de estructuras viales Construcción del sistema sanitario Construcción de viviendas. Arborización	II - III	Eliminación de la microfauna Migración de especies Regeneración de la microfauna Regreso de especies a la zona Reestablecimiento de nuevos habitantes.
3.SOCIOECONÓMICO a. Salud	Limpieza del área y nivelación del terreno Lotificación del área a urbanizar Construcción de estructuras viales Construcción del sistema sanitario Construcción de viviendas Arborización	II - III	Aumento de la generación de desechos Disminución de la producción de oxígeno. Modificación del paisaje Disposición segura de las aguas residuales.
b. Empleomanía	Estudio preliminar Confección de Estudio de Impacto Limpieza del área y nivelación del terreno Lotificación del área a urbanizar Construcción de estructuras viales Construcción del sistema sanitario Construcción de vivienda Arborización	II - III	Generación de plazas de trabajo durante las diferentes etapas del proyecto. Aumento del ingreso familiar Oferta de residencias a precios módicos.

VILLAS DE SAN FRANCISCO
CARACTERIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS.

IMPACTO	CARACTE R	INTENSIDAD (I)	EXTENSIÓN (E)	MOMENTO (M)	PERSISTENCIA (P)	REVERSIBILIDAD ®	IMPORTANCIA
Compactación	Negativo	Alta	Parcial	Inmediato	Pertinaz	Irreversible	-36
Contaminación del suelo por hidrocarburos.	Negativo	Media	Puntual	Medio Plazo	Pertinaz	Reversible	-15
Perdida de la capa orgánica.	Negativo	Muy alta	Parcial	Inmediato	Pertinaz	Irreversible	-48
Acumulación de desechos orgánicos.	Negativo	Media	Puntual	Inmediato	Fugaz		
Deterioro de las vías de acceso.	Negativo	Media	Parcial	Medio plazo	Temporal	Recuperable	-15
Riesgo de accidentes laborales.	Negativo	Media	Puntual	Medio plazo	Temporal	Recuperable	-13
Erosión	Negativo	Media	Puntual	Medio plazo	Temporal	Reversible	-13
Aumento de ruido	Negativo	Alta	Puntual	Inmediato	Temporal	Recuperable	-19
Emanación de gases de hidrocarburos	Negativo	Alta	Puntual	Inmediato	Temporal	Recuperable	-23
Emancipación de partículas de polvo.	Negativo	Muy alta	Parcial	Inmediato	Temporal	Recuperable	-35
Disminución de la producción de oxígeno.	Negativo	Media	Parcial	Largo plazo	Pertinaz	Reversible	-16
Reducción del proceso de absorción de aguas subterráneas.	Negativo	Media	Puntual	Largo plazo	Pertinaz	Reversible	-16
Contaminación de las aguas superficiales	Negativo	Muy alta	Parcial	Medio plazo	Pertinaz	Reversible	-35
Mejor recolección de las aguas residuales	Positivo	Alta	Parcial	Medio plazo	Permanente	Recuperable	27
Eliminación de hábitat	Negativo	Media	Puntual	Inmediato	Temporal	Reversible	-15
Migración de especies	Negativo	Media	Puntual	Inmediato	Temporal	Reversible	-15
Modificación del paisaje	Negativo	Alta	Parcial	Largo plazo	Permanente	Irreversible	-37
Perdida de vegetación	Negativo	Alta	Parcial	Inmediato	Temporal	Reversible	-20
Regeneración de la flora y microflora	Positivo	Media	Puntual	Largo plazo	Permanente	Reversible	18
Regreso especies a la zona.	Positivo	Media	Puntual	Largo plazo	Permanente	Reversible	15

**VILLAS DE SAN FRANCISCO
(CONTINUACIÓN)**

CARACTERIZACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS.

IMPACTO	CARACTE R	INTENSIDAD (I)	EXTENSIÓN (E)	MOMENTO (M)	PERSISTENCIA (P)	REVERSIBILIDAD ®	IMPORTANCIA
Eliminación de microfauna	Negativo	Alta	Parcial	Medio Plazo	Pertinaz	Reversible	-23
Regeneración de la micro fauna	Positivo	Media	Puntual	Medio Plazo	Permanente	Reversible	15
Restablecimiento de nuevos hábitat	Positivo	Media	Puntual	Largo Plazo	Permanente	Reversible	14
Acumulación de desechos inorgánicos.	Negativo	Media	Puntual	Inmediato	Temporal	Recuperable	-15
Restablecimiento del paisaje	Positivo	Media	Puntual	Largo plazo	Permanente	Reversible	18
Disposición segura de las aguas residuales	Positivo	Media	Puntual	Inmediato	Temporal	S/C	14
Generación de plazas de trabajo.	Positivo	Alto	Parcial	Inmediato	Temporal	S/C	22
Aumento del ingreso familiar	Positivo	Alta	Parcial	Medio Plazo	Temporal	S/C	20
Oferta de residencias a precios módicos	Positivo	Alta	Parcial	Medio Plazo	Permanente	S/C	25

S/C : Sin calificación.

VILLAS DE SAN FRANCISCO

PLAN DE MITIGACION

IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACION	ETAPA DEL PROYECTO	RESPONSABLE DE LA ACCION	RESPONSABLE DE INSPECCIONAR	COSTO
Compactación de suelo	-Trazar rutas de transito para los vehículos y maquinarias en la zona del proyecto. -Roturar el suelo destinado para áreas verdes y arborización. - Siembra de planta gramíneas.	Construcción Operación	Promotor	ANAM- MIVI- IDAAN	I/C
Perdida de la capa orgánica	Utilizar abono orgánico en las áreas a reforestar. Roturar el suelo para áreas verdes. Sembrar plantas gramíneas.	Construcción	Promotor	ANAM – MIVI- IDAAN	I/C
Erosión	Establecer barrera de protección Sembrar plantas gramíneas y arborizar	Construcción	Promotor	ANAM - MIVI	I/C
Emanación de gases de hidrocarburos	Revisar constantemente los sistemas de carburación y escape del equipo rodante	Construcción Operación	Promotor	ANAM	I/C
Emanación de partículas de polvo	Mantener el área constantemente húmedo Cubrir con lona los camiones de transporte de material. Dar mantenimiento a la vía de acceso	Construcción Operación	Promotor	ANAM	I/C
Contaminación de las aguas superficiales	Construcción de lagunas de tratamiento Mantenimiento del sistema sanitario en buenas condiciones.	Operación	Promotor	ANAM -IDAAN	I/C
Modificación de paisaje	Arborizar	Abandono	Promotor	ANAM	I/C
Eliminación de la fauna	Arborizar	Abandono	Promotor	ANAM	I/C

VILLAS DE SAN FRANCISCO

PLAN DE SEGUIMIENTO VIGILANCIA Y CONTROL

ETAPA DEL PROYECTO	ACCION A MONITOREAR	RESPONSABLE	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL
1. Planificación	*El estudio de impacto ambiental ha sido aprobado	Promotor, ANAM- MIVI				X
2. Construcción	*La capa de suelo orgánica removida ha sido acumulada en el sitio adecuado.	Promotor, MOP –ANAM				X
	*El equipo rodante se encuentra en buenas condiciones mecánicas	Promotor ANAM- MOP	X			X
	*Las rutas de transito han sido debidamente trazadas.	Promotor ANAM- MOP				X
3. Operación	*El sitio del trabajo se mantiene húmedo	Promotor ANAM-MIVI	X			
	*Los camiones de transporte de material portan la lona en forma reglamentaria	Promotor ANAM-MOP	X			
	*Existe un buen mantenimiento de la vías de acceso al proyecto.	Promotor ANAM- MOP			X	
	*El equipo rodante se encuentra en buenas condiciones mecánicas.	Promotor ANAM- MOP	X			X
	*Las barreras de protección han sido construidas	Promotor ANAM				X
4. Durante la vida útil del proyecto	*El suelo del sitio a arborizar ha sido roturado	Promotor ANAM				X
	*Se ha iniciado la arborización	Promotor ANAM			X	
	*Se esta cumpliendo con el plan de arborización	Promotor ANAM				X

VILLAS DE SAN FRANCISCO

PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGO

RISGO	FORMA DE PREVENCIÓN	ETAPA	RESPONSABLE	APOYO	COSTO
Derrumbes	-Capacitar a los trabajadores en cuanto a las acciones a tomar en estos casos. -Contar con equipo adecuado para afrontar este tipo de accidentes	Operación	Promotor	ANAM-BOMBEROS	I/C
Incendios	- Capacitar a los trabajadores. - Contar con el equipo para sofocar el fuego y equipo de primeros auxilios. - Contar con un buen equipo de comunicación.	Construcción , operación y abandono.	Promotor	BOMBEROS -ANAM- SINAPROF Y MINSA.	I/C
Derrame de hidrocarburos.	- Mantener el equipo rodante y estacionario en buenas condiciones mecánicas. - Acondicionar un área especial para el manejo de estos productos.	Construcción	Promotor	SINAPROF - ANAM- BOMBEROS	I/C
Accidentes laborales	- Capacitar al personal - Contar con equipo de seguridad laboral y equipo de primeros auxilios.	Construcción Y operación	Promotor	BOMBERO - SINAPROF-MINSA	I/C
Accidentes vehiculares	-Colocar letteros para guiar el trafico dentro del área de trabajo. -Mantener equipo rodante en buenas condiciones. - Los camiones deberán contar con buen sistema de señalización.	Operación - construcción	Promotor	DIRECCIÓN DE TRANSITO- SINAPROF- ANAM	I/C

I/C : Costo incluido en el presupuesto total.

VILLAS DE SAN FRANCISCO

PLAN DE CONTINGENCIA

RIESGO	ACCION A SEGUIR	RESPONSABLE	APOYO
Derrumbe	<ul style="list-style-type: none">- Desalojar el área de trabajo- Dar primeros auxilios a los heridos- Traslado de heridos a hospital cercano.- Contactar a las autoridades	Promotor	SINAPROF-BOMBEROS-MINSA-AUTORIDADES LOCALES.
Derrame de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none">- Detectar el origen del derrame- Aislar la zona afectada- Proceder a descontaminar el área- Comunicar a las autoridades competentes.	Promotor	SINAPROF-BOMBEROS-AUTORIDADES LOCALES.
Accidentes laborales	<ul style="list-style-type: none">- Prestar los primeros auxilios- Traslado de heridos a hospital más cercano- Determinar la causa del accidente- Comunicar a las autoridades locales.	Promotor	MINSA-BOMBERO-SINAPROF
Accidente vehiculares	<ul style="list-style-type: none">- Brindar primeros auxilios a los heridos- Traslado de los heridos al hospital.- Comunicar a las autoridades competentes.	Promotor	AUTORIDAD DEL TRANSITO-MINSA-BOMBERO.

ANEXOS

FOTO # 1 Y 2



Vista de la calle de acceso camino hacia Río Congo por donde se llega al proyecto.

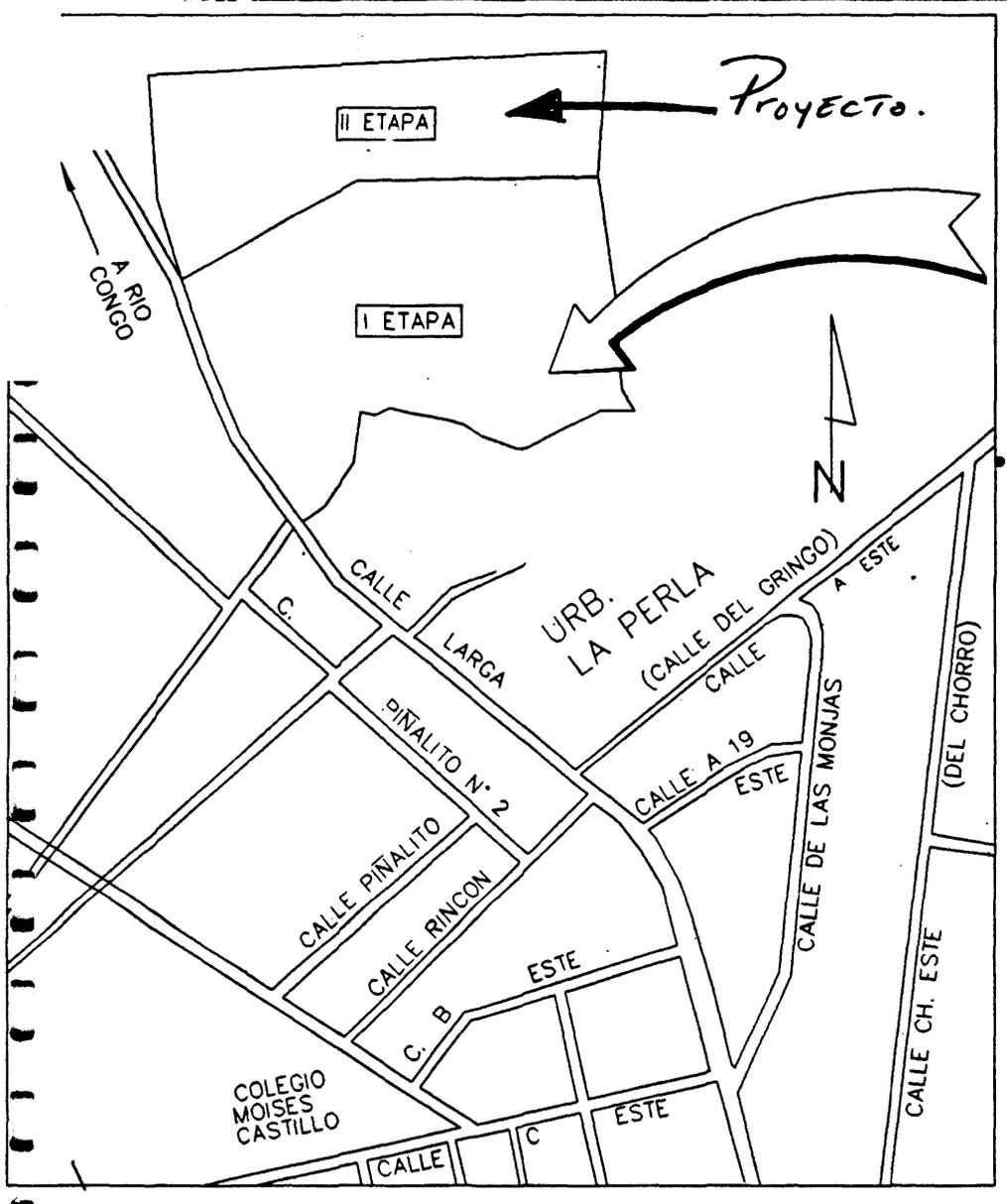


Esta es la escuela primaria privada que comunica con el proyecto en el lado Norte

FOTO # 3



Vista general del globo de terreno a urbanizar.

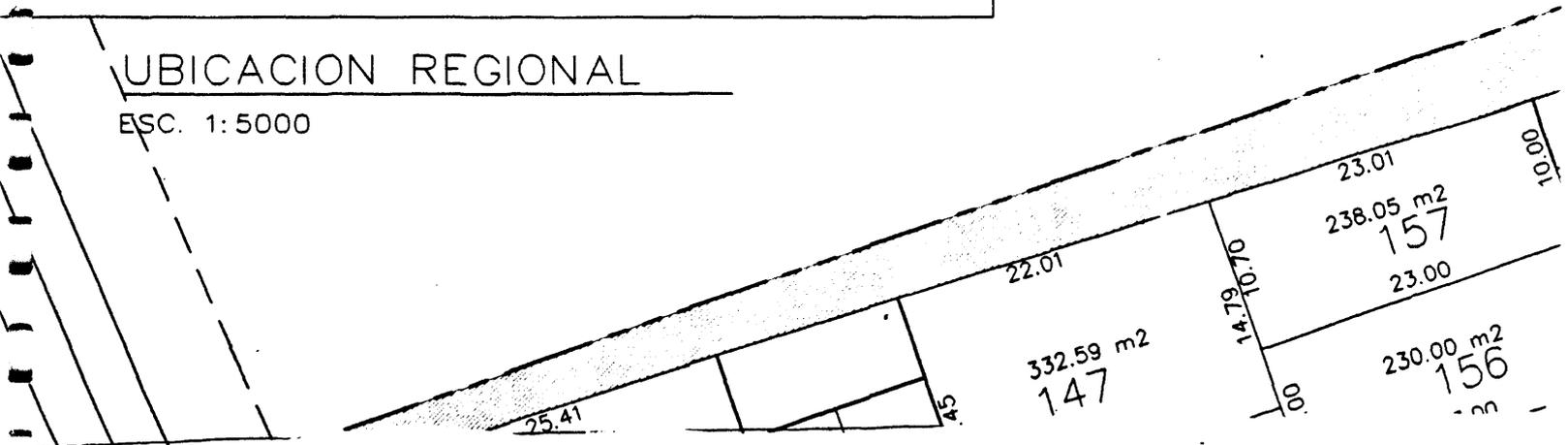


DATOS REGISTRADOS	
FINCA #	
ASIENTO	
DOCUMENTO	
AREA DE FINCA	

DESGLOSE DE AREA E A DESARROLLAR II	
USOS	SUPERF
LOTES RESID.	16,780
USO PUBLICO	4478
SERV. VIAL	5357
T. SEPTICO	880
TOTAL	27,496

UBICACION REGIONAL

ESC. 1:5000



REPUBLICA DE PANAMA
TRIBUNAL ELECTORAL

REGISTRO TATIANA LARREA

EDUARDO MEDRANO
DE AVILES
CALLE DE
CLEMENTE CHIRRE

FECHA 29 NOV. 1969

NUMERO 5822805 SERIA 6 - 24 - 229

Tatiana M. de Aviles





REPUBLICA DE PANAMA REGISTRO PUBLICO DE PANAMA

CON VISTA A LA SOLICITUD 462367
C E R T I F I C A

----- QUE LA SOCIEDAD : -----

T. B. INVESTMENT, S.A.
SE ENCUENTRA REGISTRADA EN LA FICHA: 338038 ROLLO: 57155 IMAGEN: 8
DESDE EL VEINTE DE NOVIEMBRE DE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y SIETE ,

- QUE LA SOCIEDAD SE ENCUENTRA VIGENTE

- QUE SUS SUSCRIPTORES SON:
(1) FELIPE DE CASTRO
(2) SIMON HANONO

- QUE SUS DIRECTORES SON:
1) TATIANA M. DE AVILES
2) JAIME VENTURA
3) SONIA ALVAREZ DE VENTURA
4) TERESITA MEDRANO M.

- QUE SUS DIGNATARIOS SON:
PRESIDENTE : TATIANA M. DE AVILES
TESORERO : TERESITA MEDRANO M.
SECRETARIO : SONIA ALVAREZ DE VENTURA
VICE-PRESIDENTE : JAIME VENTURA

- QUE LA REPRESENTACION LEGAL LA EJERCERA:
EL PRESIDENTE

- QUE SU AGENTE RESIDENTE ES: FELIPE DE CASTRO

- QUE SU CAPITAL ES DE *****10,000.00 DOLARES AMERICANOS.

- DETALLE DEL CAPITAL :
EL CAPITAL SOCIAL DE LA SOCIEDAD ES LA SUMA DE DIEZ MIL DOLARES
(US\$10,000.00) DIVIDIDO EN CIEN ACCIONES NOMINATIVAS O AL PORTA-
DOR CON UN VALOR NOMINAL DE CIEN DOLARES CADA ACCION.

- QUE SU DURACION ES PERPETUA
- QUE SU DOMICILIO ES PANAMA

EXPEDIDO Y FIRMADO EN LA PROVINCIA DE PANAMA , EL DIEZ DE OCTUBRE
DEL DOS MIL TRES A LAS 09:47:11, A.M.

NOTA: ESTA CERTIFICACION PAGO DERECHOS
POR UN VALOR DE B/. 30.00
COMPROBANTE NO. 462367
NO. CERTIFICADO: S. ANONIMA - 505918
FECHA: Viernes 10, Octubre DE 2003

// ELEN //



Irma I. Garcia P.
Lcda. Irma I. Garcia P
CERTIFICADORA



REPUBLICA DE PANAMA
REGISTRO PUBLICO DE PANAMA

CON VISTA A LA SOLICITUD NO. 462366

BREG

13/10/2003

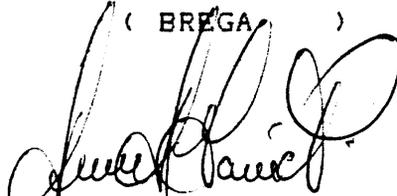
C E R T I F I C A

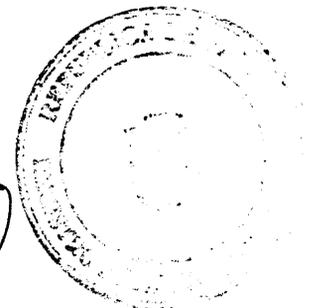
QUE T.B. INVESTMENT, S.A., ES PROPIETARIA DE LAS FINCA: 66603, INSCRITA AL TOMO 1543, FOLIO 100; 66470, INSCRITA AL TOMO 1550, FOLIO 362, ACTUALIZADAS AL ROLLO 27562, DOCUMENTO 4; 68487, INSCRITA AL TOMO 1547, FOLIO 292, ACTUALIZADA AL ROLLO 27349, DOCUMENTO 3; 87286, INSCRITA AL ROLLO 1367, DOCUMENTO 8, TODAS DE LA SECCION DE PROPIEDAD, PROVINCIA DE PANAMA QUE LA FINCA 87286, ROLLO 1367, DOCUMENTO 8 SE ENCUENTRA LIBRE DE GRAVAMENES A LA FECHA.-----

QUE LAS FINCAS: 66603, INSCRITA AL TOMO 1543, FOLIO 100; 66470, INSCRITA AL TOMO 1550, FOLIO 362, ACTUALIZADAS AL ROLLO 27562, DOCUMENTO 4; 68487 INSCRITA AL TOMO 1547, FOLIO 292, ACTUALIZADA AL ROLLO 27349, DOCUMENTO 3, ESTAN DADAS EN PRIMERA HIPOTECA Y ANTICRESIS ESTA FINCA JUNTO CON ---OTRAS A FAVOR DEL PRIMER BANCO DEL ISTMO, S.A., CON LIMITACION DE DOMINIO, POR LA SUMA DE B/.700,000.00, CON UN PLAZO DE 24 MESES, FICHA ----289579, ASIENTO 80981 TOMO 2003, DOCUMENTO 515032, DEL 04 DE AGOSTO DE -2003.-----

EXPEDIDO Y FIRMADO EN LA PROVINCIA DE PANAMA, -EL-TRECE-DE-OCTUBRE
-DEL-DOS MIL TRES, A LAS 04:19:41 PM

NOTA: ESTA CERTIFICACION PAGO DERECHOS
POR UN VALOR DE B/. \$30.00
COMPROBANTE NO. 462366
FECHA: Lunes 13, Octubre DE 2003

(BREGA)

IRMA I. GARCIA P.
CERTIFICADOR



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

PROYECTO RESIDENCIAL VILLAS DE SAN FRANCISCO

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio y diseño de una planta de tratamiento de aguas negras para la Urbanización VILLAS DE SAN FRANCISCO, ubicada, en el Corregimiento de Barrio Colon, Distrito de Chorrera, Provincia de Panamá.

En términos generales los sistemas de tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir en dos tipos los sistemas que emplean procesos fisicoquímicos y los que se sustentan en los procesos biológicos. Los procesos biológicos se distinguen a su vez en procesos aerobios y procesos anaerobios, dependiendo de si se requiere para su operación el suministro de aire o no.

La planta de tratamiento de aguas residuales esta compuesta por procesos físicos, químicos y biológicos.

La planta de tratamiento propuesta consta de las siguientes unidades:

- Pretratamiento
- Tratamiento biológico No.1 (Reactor anaeróbico de flujo ascendente)
- Sedimentador laminar
- Tratamiento biológico No.2 (Filtro percolador de flujo ascendente)
- Sedimentador laminar
- Tanque de contacto
- Desinfección

El sistema cumplirá con las condiciones de eficiencia y fácil operación y mantenimiento para garantizar su continuidad.

II. FUNDAMENTO TEORICO

2.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales crudas son las aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior

Los diversos tipos de aguas residuales reciben nombres descriptivos según su procedencia siendo una de sus características típicas la presencia de sustancias consumidoras de oxígeno en comparación con el agua, por ejemplo, de un río En la Tabla 2.1 se puede observar los contaminantes presentes en el agua residual.

Tabla 2.1 Contaminantes en el agua residual

Contaminante	Fuente	Efectos Causados Por La Descarga Del Agua Residual En Aguas Superficiales
Sustancias que consumen oxígeno (MA* biodegradable).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
Nutrientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nitrógeno • Fósforo 	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Materia tóxica <ul style="list-style-type: none"> • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos 	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MA refractaria (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); materia resultante del decaimiento de la MA	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos <ul style="list-style-type: none"> • Cloruros • Sulfuros • pH 	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H ₂ S	Descomposición de ARD	Materia orgánica

*MA; Materia orgánica *ARD: Aguas residuales domésticas *ARI: Aguas residuales industriales; *ARA: Aguas residuales agrícolas.

2.1.1 Aguas Residuales Domésticas

En la práctica no existe una clara distinción entre las aguas residuales domésticas y las aguas residuales municipales, aunque últimamente incluyen una cantidad desconocida de agua residual industrial. En algunas ciudades, el componente industrial excede el 50 %.

2.1.2 Composición, características fisicoquímicas y biológicas del agua residual

Los constituyentes más importantes de los residuos líquidos confieren al agua residual propiedades físicas, químicas o biológicas indeseables. La composición y la concentración de estos constituyentes dependerán hasta cierto punto de las costumbres socio-económicas de la población contribuyente. En términos generales la composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente.

Las aguas residuales consisten básicamente en: agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Los sólidos son la fracción más pequeña (representan menos del 0.1 % en peso), pero representa el mayor problema a nivel del tratamiento. El agua provee sólo el volumen y el transporte de los sólidos (

Tabla 2.1 Composición típica del aguas residuales domesticas

Constituyente	Concentración			
	Unidades	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Materia orgánica libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	Nº/100 ml	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁶	10 ⁶ - 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	>400	100 - 400	<100

(1) Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro

Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

2.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Reviste mayor importancia, desde el punto de vista del saneamiento ambiental, la necesidad del tratamiento de las aguas residuales generadas por las distintas actividades de la población. Además el vertimiento de estas aguas residuales, dependiendo del grado de descarga, ocasiona problemas de contaminación en el suelo, las aguas subterráneas y el aire.

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es corregir sus características indeseables, de tal manera que disposición final pueda ocurrir de acuerdo con las reglas y criterios definidos por la legislación vigente. Los tratamientos incluirán la reducción de la concentración de por lo menos los cinco constituyentes más importantes del agua residual.

- Sólidos en suspensión.
- Material orgánico (biodegradable).
- Nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo).
- Organismos patógenos.
- Metales pesados.

Los diferentes tipos de tratamientos de las aguas residuales se han desarrollado en forma sencilla y general hacia dos propósitos: 1) La captación o separación de los sólidos de acuerdo a su sedimentabilidad. 2) La estabilización biológica de los sólidos restantes. La magnitud de estos propósitos dependerá del tipo de tratamiento empleado

Actualmente existe una gran variedad de sistemas para el tratamiento de aguas residuales sin embargo, estos deberían ser seleccionados sobre la base del contexto local específico donde serán aplicados.

Tabla 2.2 Criterios importantes para la selección de tratamientos de aguas residuales

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. El método debe proveer una eficiencia de tratamiento en la remoción de varias categorías de contaminantes:
Materia orgánica biodegradable (DBO), SS, y compuestos orgánicos nitrogenados, fosfatos, patógenos.2. La estabilidad del sistema respecto a interrupciones en la fuente de energía, picos de carga, interrupción en la alimentación y/o contaminantes tóxicos, debe ser alta.3. La flexibilidad del proceso debe ser alta, con respecto a la escala a la cual es aplicada, posibilidades de ampliación y posibilidad de mejorar la eficiencia.4. El sistema debe ser simple en su operación, mantenimiento y control ya que una buena operación no debe depender de la presencia de operadores e ingenieros experimentados. |
|--|

5. El requerimiento de área debe ser bajo, en especial cuando no está disponible y/o el precio es alto.
6. El número de etapas de procesos (diferentes) requeridos debe ser lo más bajo posible.
7. El tiempo de vida del sistema debe ser largo.
8. La aplicación del sistema no debe sufrir ningún problema en la disposición del lodo.
9. La aplicación del sistema no debe ser acompañada con mal olor y problemas de malestar en la gente
10. Es recomendable disponer de experiencia suficiente en el manejo del sistema.

2.2.1 Tratamiento anaerobio

Un sistema de tratamiento anaerobio tenderá a desarrollar una población bacteriana compatible con la naturaleza de la materia orgánica y de las cargas hidráulicas. En un sistema de tratamiento "maduro" (que tiene una población compatible con el material orgánico del afluente) son importantes para la eficiencia de remoción del material orgánico biodegradable teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La naturaleza del material orgánico a ser digerido.
- La existencia de factores ambientales adecuados para la digestión anaerobia.
- Tamaño de la población bacteriana (eficiencia de retención de lodo en el sistema).
- Intensidad de contacto entre materia orgánica afluente y población bacteriana.
- Tiempo de permanencia del agua residual en el sistema.

2.2.1.1 Mecanismo de la digestión anaerobia

Las bacterias presentes en el agua están sometidas a diversos tipos de degradación (en términos de utilización de oxígeno). Todo tipo de bacteria presente en las aguas residuales necesita oxígeno para su respiración y alimento, estas pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas

La transformación de las macro materia orgánica a células orgánicas complejas requiere de la mediación de varios grupos diferentes de microorganismos

Se puede decir que la digestión anaerobia tiene lugar en tres etapas generales

- Primeramente los componentes de alto peso materia orgánica, tales como las proteínas y los polisacáridos, son degradados en sustancias solubles de bajo peso molecular tales como aminoácidos y azúcares, esta etapa es a veces llamada "fase de licuefacción".
- Seguidamente, los nutrientes orgánicos son convertidos en ácidos menos grasos en una fase de "fermentación ácida", la cual baja el pH del sistema.

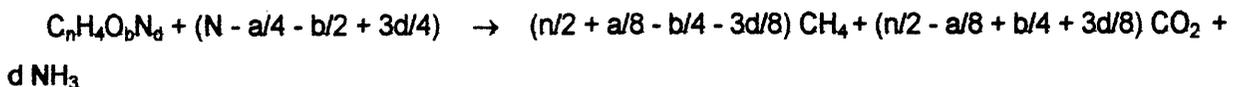
- Finalmente, en la fase de "fermentación de metano" o "metanogénica", los ácidos orgánicos son convertidos en metano, dióxido de carbono y una pequeña cantidad de hidrógeno.

Para la digestión anaerobia de proteínas, carbohidratos y lípidos, se distinguen cuatro etapas diferentes en el proceso global de conversión

- Hidrólisis: El proceso requiere la participación de las llamadas exoenzimas que son excretadas por las bacterias fermentativas y permiten el desdoblamiento de la materia orgánica
- Acidogénesis: Los compuestos disueltos, generados en el proceso de hidrólisis, son absorbidos en las células de las bacterias fermentativas y después por las acidogénicas, excretados son transformados a sustancias orgánicas simples como ácidos grasos volátiles, alcoholes, ácido láctico y compuestos minerales como CO₂, H₂, NH₃, H₂S, etc.
- Acetogénesis: En esta etapa, dependiendo del estado de oxidación del material orgánico a ser digerido, la formación del ácido acético puede ser acompañada por el surgimiento de CO₂ o H₂.
- Metanogénesis: En general es el paso que limita la velocidad del proceso de digestión. El metano es producido por las bacterias acetotróficas a partir de la reducción del ácido acético o por las bacterias hidrogenotróficas a partir de la reducción del CO₂.

Las bacterias que producen metano a partir del hidrógeno crecen más rápidamente que aquellas que usan ácido acético, de materia orgánica que las metanogénicas acetotróficas generalmente limitan la tasa de transformación de la materia orgánica compleja presente en el agua residual en biogás. Por conveniencia muchas veces los tres primeros procesos son llamados "fermentación ácida", que se completan con la "fermentación metanogénica".

La producción de metano depende principalmente del estado de oxidación del carbono en la materia orgánica. Si la composición del sustrato es conocida y es completamente convertido a CH₄ y CO₂ (y NH₃ en el caso que el sustrato contenga nitrógeno), la producción teórica de metano puede ser calculada de acuerdo a la siguiente ecuación



Generalmente el biogás obtenido contiene mucho menos CO₂ que el calculado con la ecuación anterior, debido a la alta solubilidad del CO₂ en el agua.

2.2.1.2 Factores que influyen en el tratamiento anaerobio de aguas residuales

El curso del proceso de digestión anaerobia, es afectado fuertemente por un número de factores ambientales. Para la aplicación óptima del proceso de tratamiento anaerobio de las aguas residuales, es de mucha importancia tener conocimiento suficiente sobre el efecto de estos factores

- **Temperatura:** Un importante aspecto de la temperatura en los sistemas anaerobios, es que el decaimiento de la bacteria anaerobia a temperaturas menores a 15°C es muy bajo. Esto significa que el lodo anaerobio puede ser preservado por largos períodos de tiempo, sin que pierda mucho su actividad, haciendo que el tratamiento anaerobio sea muy atractivo para aguas residuales que se descargan discontinuamente.
- **pH:** La producción de metano se desarrolla óptimamente a un valor de pH entre 6.5 a 7.5. Valores exactos para el rango de pH no pueden ser dados ya que en algunos casos la digestión del metano se desarrollará más allá de este rango.
- **Capacidad buffer:** El contenido del reactor debe tener suficiente capacidad buffer para neutralizar una eventual acumulación de ácidos grasos volátiles y por supuesto la mezcla debe ser adecuada para evitar zonas ácidas dentro del reactor.
- **Nutrientes:** El tratamiento biológico anaerobio de las aguas residuales es desarrollado por bacterias, las cuales deben crecer durante el tratamiento, de otra forma serían lavados fuera del sistema. Por esta razón el agua residual debe contener un número de compuestos a partir de los cuales la bacteria pueda sintetizar sus constituyentes celulares.
- **Toxicidad en la digestión anaerobia:** Por encima de una cierta concentración cualquier componente puede ser inhibitorio, aún los ingredientes (substratos) para los microorganismos. Sin embargo en un rango de concentración baja muchos de estos compuestos naturales pueden estimular el metabolismo de la materia orgánica de las bacterias.

La temperatura es el factor ambiental de mayor importancia en la digestión anaerobia de aguas residuales.

2.2.1.3 Procesos de alta tasa

Los sistemas de tratamiento anaerobio, también llamados sistemas de segunda generación, tienen algún mecanismo de remoción de materia orgánica, con la retención de lodo que permite la retención de una gran masa de lodo, lo que lo distingue de los sistemas clásicos. La retención de lodo es tan importante que los sistemas son generalmente clasificados según el mecanismo que permite la retención.

Existen básicamente dos mecanismos para retención de lodos en los sistemas de tratamiento de alta tasa

- Retención de lodo a través de adherencia a un material inerte de soporte. En esta categoría están: Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente o Descendente y Reactor de Lecho Fluidizado o Expandido.
- Separación sólido-líquido del afluente con retorno de los sólidos separados al reactor. En esta categoría están los procesos de contacto con un decantador externo o con un decantador interno. Casos especiales son: 1) cuando el reactor anaerobio también es decantador, es decir cuando no hay un dispositivo especial de separación de las zonas de digestión y decantación y 2) cuando los flocs de los lodos también funcionan como los gránulos de un lecho expandido o llamado lecho de lodo granulado expandido.

Si se considera una eficiencia definida y se compara varios tipos de tratamiento en función del tiempo de permanencia se obtiene la siguiente figura.

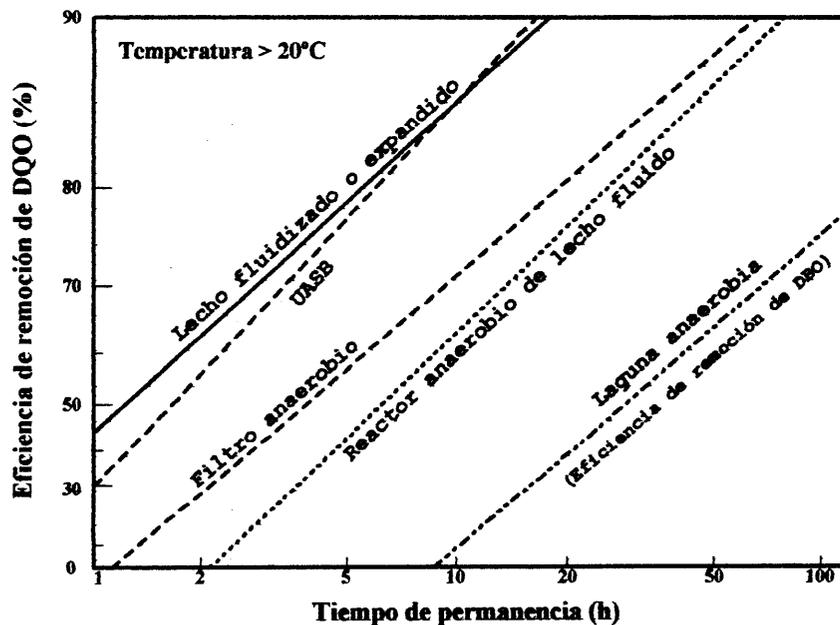


Fig. 2.1 Eficiencias de remoción de materia orgánica y TRH para diferentes sistemas de tratamiento anaerobio

Fuente: van Haandel y Lettinga (1994).

III PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTO

3.1 Reactor Anaeróbico de flujo ascendente

El reactor de flujo ascendente fue desarrollado en la década del '70 por el Prof. Lettinga y su equipo de la Universidad Agrícola de Wageningen – Holanda. Es el sistema más usado de tratamiento de aguas residuales de alta tasa.

En el sistema propuesto el agua residual ingresa por el fondo del reactor y sigue una trayectoria ascendente, pasando por la zona de digestión, hasta llegar a un vertedero en la parte superior del compartimiento y entra a la zona de sedimentación. La materia orgánica presente se mezcla con el lodo anaerobio presente en la zona de digestión, existiendo la digestión anaerobia que resulta en la producción de gas y el crecimiento de lodo.

Cuando se acumula una cantidad suficientemente grande de sólidos el peso aparente de ellos se tornará mayor que la fuerza de adherencia, de la materia orgánica y estos se deslizarán, entrando nuevamente en la zona de digestión en la parte inferior del reactor. De esta manera la presencia de una zona de sedimentación resulta en la retención de lodos, permitiendo la presencia de una gran masa en la zona de digestión, en tanto que se descarga un efluente libre de sólidos sedimentables.

- El lodo anaerobio tiene o puede tener excelentes características de sedimentabilidad, siempre que no esté expuesto a agitación mecánica fuerte. Por esta razón la mezcla mecánica es generalmente omitida en estos reactores, de ser necesario se utiliza agitación mecánica intermitente y/o suave. El contacto suficiente requerido entre lodo y agua residual, se logra aprovechando la agitación ocasionada por la producción de gas.
- Agregados de lodo de buena sedimentabilidad que son dispersados bajo la influencia de la producción de biogás (el cual es particularmente elevado a cargas altas en reactores altos), son retenidos en el reactor por separación del biogás en un sistema colector de gas colocado en la parte superior del reactor y son liberados por medio de este dispositivo del reactor.
- Agregados de lodo depositado en el compartimiento de sedimentación deben ser capaces de deslizarse dentro del compartimiento, en contra del líquido ascendente y a pesar de las altas turbulencias líquidas.
- El manto de lodo puede ser considerado como una fase semifluida, separada con características específicas propias y que puede soportar elevadas fuerzas de mezcla.
- El lavado de una capa en la interfase líquida en el compartimiento de sedimentación se puede prevenir instalando un baffle frente a la canaleta del efluente.

Tabla 3-1 Valores aproximados de carga orgánica volumétrica en relación a la temperatura

Temperatura (°C)	Carga Orgánica volumétrica Kg DQO/m ³ .d
40	15 – 25
30	10 – 15
20	5 – 10
15	2 – 5
10	1 – 3

Fuente: Lettinga *et. al.* (1983).

3.1.1 Puesta en marcha de un reactor

La puesta en marcha de un reactor anaerobio es la velocidad de crecimiento de los organismos metanogénicos y la formación de lodo granular... El arranque del proceso utilizando inóculo inadaptado o sin utilizar inóculo, generalmente toma un largo período de tiempo. Sin embargo una vez que arranca, puede ser para siempre

En general la puesta en marcha del reactor procede rápida y fácilmente cuando el inóculo utilizado es más adaptado a la composición del agua residual.

Se distinguen cuatro etapas, en el proceso de puesta en marcha de un reactor con lodo digerido:

Etapas 1: La más ligera, poco o mucho de la fracción coloidal del lodo digerido es lavado del reactor. La producción de gas incrementa rápidamente de cero al nivel correspondiente a la actividad específica del lodo residual, cuando se aplica una carga orgánica suficiente.

Etapas 2: Un ligero lavado del lodo continúa debido a la erosión de la cama de lodo, primero por el resultado del incremento de la producción de gas y segundo por el incremento en la carga hidráulica, la cama de lodo eventualmente se expandirá hasta llenar el volumen del reactor. Como resultado del efecto combinado del crecimiento bacteriano y del lavado del lodo, la actividad específica del lodo retenido incrementa.

Etapas 3: Un rápido incremento en la producción de gas (y un menor aumento en la carga hidráulica), causa que la cama de lodo sea empujada hacia fuera del reactor permitiendo un lavado del lodo floculento pesado. La actividad específica del lodo retenido rápidamente incrementa, lo que se perdió era una mezcla de lodo activo e inactivo, mientras que solamente crece lodo activo (SSV). Las partículas de lodo más pesadas son mejor retenidas y las partículas ligeras son por tanto lavadas. Los primeros lodos granulares macroscópicos aparecen, gradualmente constituyen una segunda cama en

la parte baja del reactor, haciendo que el lodo flocúleno remanente suba al manto de lodos. Esta etapa de la puesta en marcha acaba cuando el lodo retenido creciente es igual al lodo que se lava.

Etapa 4: El lodo crece mucho más y las partículas pesadas están más concentradas en la cama de lodos y exceden más el lavado de lodo. Como resultado la cantidad total de lodo activo en el reactor comienza a incrementar nuevamente, permitiendo cada vez mayor incremento en la carga orgánica, que es acompañada con una alta producción de gas. Debido a las altas cargas de alimentación la presión selectiva en las partículas de lodo incrementa y el remanente de lodo flocúleno eventualmente será lavado del reactor. El crecimiento del lodo entonces es exclusivamente en forma de lodo granular y el lavado de lodo cae a un nivel muy bajo.

La duración del periodo de puesta en marcha es definida como el tiempo necesario para obtener una calidad de efluente constante y una masa de lodo que no varía ni cualitativamente ni cuantitativamente con el tiempo. Naturalmente esa acumulación está limitada por el tamaño físico del reactor y en alguna materia orgánica después de iniciada la puesta en marcha, el lodo comenzará a aparecer en el efluente del reactor en la forma de partículas sedimentables. El reactor entonces estará lleno de lodo, en el sentido que se alcanzó la masa máxima de lodo que el reactor puede contener. A partir de este materia orgánica la masa de lodo en el reactor se mantendrá esencialmente constante y la masa de lodo generado en el reactor será igual a la masa descargada en el afluente

Tabla 3.2 Características de un inóculo inadaptado para puesta en marcha de un reactor

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">a. El lodo deriva de un proceso de tratamiento anaerobio que no tiene un separador de fases, los digestores mezclados convencionales, rumiantes, tanques sépticos o sedimentos de agua clara.b. El lodo ejerce una actividad metanogénica específica baja o menor a $0.2 \text{ Kg CH}_4\text{-DQO/Kg SSV.d}$.c. La sedimentabilidad del lodo es baja.d. La población bacteriana del lodo no está balanceada con respecto a lo composición necesitada para la digestión simultánea de todos los ingredientes del agua residual.e. El lodo no está adaptado a los inhibidores específicos del agua residual (sulfuro, materia orgánica, etc.). |
|--|

3.1.2 Consideraciones importantes con respecto al arranque de reactores

Entre los factores que pueden influir en el periodo de tiempo requerido para el arranque se pueden mencionar cuatro de mayor importancia:

1. La calidad de la semilla de lodo.
2. El contacto del agua residual con el lodo.
3. Una posible inhibición o escasez de nutrientes esenciales.
4. La tasa a la cual ocurre la pérdida de lodo (biomasa) del reactor.

3.2 Sedimentador de Placas Paralelas

El sedimentador laminar, está ubicado en la última sección del reactor llamada cámara sedimentación con el objetivo de lograr la separación eficiente de los sólidos y de la clarificación del agua por la remoción de la turbiedad con el propósito de disminuir o eliminar el peligro de taponamiento del filtro percolador.

El sedimentador laminar esta formada de una serie de placas inclinadas entre las cuales circula el agua. La carga superficial equivalente (V_{sc}) y la velocidad del flujo (V_o) entre las placas pueden ser determinadas por formulas deducidas de las relaciones geométricas existentes entre los triángulos que se forman con las paredes verticales. El sedimentador laminar será construido por módulos prefabricados con laminas de PVC o polietileno a un inclinación de 60 grados.

El sistema alcanza tasas de remoción de 91% para la DBO de 86% para la DQO. El conjunto "REACTOR-SEDIMENTADOR LAMINAR", también permite tasas de remoción de 85% para la turbiedad, de 92,68% para los sólidos suspendidos y 100% para los sólidos sedimentables.

(Emmanuel E. ERIS-USAC, Guatemala 1992)

También proponemos la utilización de un segundo sedimentador laminar después del filtro percolador para retener los solidos producidos en esta unidad y garantizar la calidad del efluente.

3.3 Filtro Percolador

El filtro percolador es la unidad de tratamiento biológico que continua después del sedimentador y esta unido por un canal que también se utiliza para la distribución uniforme dentro del filtro percolador.

El principio de funcionamiento del filtro percolador consiste en que los intersticios entre el material de soporte presente en el reactor y las bacterias unidas a las superficies externas de material de empaque ejercen la función de transformación de la materia orgánica, todavía presente en el agua.

El filtro percolador es otro modelo de reactor anaeróbico con la diferencia que existe un medio de soporte para los microorganismos

3.4 Desinfección

El proceso de desinfección se realizará mediante la aplicación de cloro o manganato de potasio, ya sea en solución por medio de una bomba dosificadora tipo diafragma, apta para trabajar con líquidos corrosivos, de accionamiento eléctrico, monofásica, o por inyección de cloro gaseoso, en cualquiera de los casos controlado desde el tablero de control. La solución de cloro se prepararía en un tanque plástico. El tanque de contacto estará estructuralmente acoplado al sedimentador. El tiempo de contacto será de 20 minutos a caudal medio. También se puede utilizar dosificador tipo tabletas o por gravedad.

