

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
AMBIENTALES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS EN EL VALLE
DE CONCEPCIÓN (MUNICIPIO DE URIONDO)**

Por:

MIGUEL ANGEL ANGULO CASTAÑÓN

**Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Agosto de 2017

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

Ing. Ernesto Álvarez Gozávez

DECANO

Ing. Silvana Paz Ramírez

VICEDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing Jorge Luis Tejerina Oller

Ing René Emilio Michel Cortés

Ing Gustavo Ramón Moreno López

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Dedicado a mi esposa y a mi hijo, que fueron mi motivación para alcanzar mis objetivos y a mi familia, que gracias a su apoyo y paciencia alumbraron mi camino

AGRADECIMIENTOS:

A todos los docentes que me ayudaron en aclaración de dudas y por el apoyo incondicional que me brindaron en la realización del presente trabajo. A mis compañeros de curso y carrera por su amistad y compañía y que siempre fueron un apoyo a la hora de aprender.

GLOSARIO

TÉRMINO	SIGNIFICADO	UNIDAD	ACRÓNIMO
AGUAS NATURALES	Aquellas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana	-	AN
AGUAS RESIDUALES CRUDAS	Aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso.	-	ARC
AGUAS RESIDUALES TRATADAS	Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas.	-	ART
AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, MDSMA, a nivel nacional, y la Prefectura a nivel departamental.	-	-
ÁREA DE DESCARGA	Área de influencia directa de la descarga de aguas residuales crudas o tratadas a un cuerpo receptor que incluye a los puntos de descarga y de dilución o al sistema de drenaje o alcantarillado.	-	AD
CLASIFICACION	Establecimiento del nivel de calidad existente o el nivel a ser alcanzado y/o mantenido en un cuerpo de agua	-	-
CONDICIÓN	Calificación del nivel de calidad presentado por un cuerpo de agua, en un determinado momento, en términos de su aptitud de uso en correspondencia a su clase.	-	-
CONTAMINACION DE AGUAS	Alteración de las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar o su medio ambiente.	-	-

TÉRMINO	SIGNIFICADO	UNIDAD	ACRÓNIMO
CUENCA	Zona geográfica que contribuye con la esorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural	-	-
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	Serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano		STARD
CUERPO DE AGUA	Arroyos, ríos, lagos y acuíferos, que conforman el sistema hidrográfico de una zona geográfica	-	-
CUERPO RECEPTOR	Medio donde se descargan aguas residuales crudas o tratadas.	-	CR
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	Cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días.	mg/l	DBO ₅
DESCARGA	Vertido de aguas residuales crudas o tratadas en un cuerpo receptor.	-	-
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas.	mg/l	DQO
EFLUENTE CONTAMINADO	Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia inorgánica y/u orgánica o energía, que no cumpla los límites establecidos en el presente reglamento.	-	-
EFLUENTE SANITARIO	Aguas residuales crudas o tratadas provenientes del uso doméstico.	-	-
FANGOS O LODOS	Parte sólida que se produce, decanta o sedimenta durante el tratamiento de aguas	-	-
LÍMITE PERMISIBLE	Concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua, para preservar la salud y el bienestar humanos y el equilibrio	-	-

TÉRMINO	SIGNIFICADO	UNIDAD	ACRÓNIMO
	ecológico, en concordancia con las clases establecidas.		
LIXIVIADOS	Líquido resultante del proceso de disolución de los metales, por efecto de la lluvia y agentes químicos y/o biológicos.	-	-
MEDIDORES INDIRECTOS DE CAUDAL	Escalas con las que se mide el tirante del agua en el canal de sección triangular, trapezoidal o rectangular, permitiendo definir por cálculo, mediante una fórmula hidráulica previamente establecida, el caudal correspondiente.	-	-
MONITOREO	Evaluación sistemática cualitativa y cuantitativa de la calidad del agua.	-	-
NAPA FREÁTICA	Acuífero más cercano a la superficie del suelo.	-	-
NIVEL PIEZOMÉTRICO	Profundidad a la que se encuentra el nivel del agua en un pozo.	-	-
ORGANISMOS SECTORIALES COMPETENTES	Ministerios vinculados con el medio ambiente que representan a sectores de la actividad nacional.	-	-
PUNTO SIN IMPACTO	Punto fuera del área de descarga en un curso de agua, aguas arriba, donde no existe impacto de la descarga de aguas residuales crudas o tratadas.	-	-
RECURSO HÍDRICO	Cuerpo de agua que cumple con los límites establecidos para cualesquiera de las clases A, B, C o D.	-	-
REPRESENTANTE LEGAL	Persona natural o colectiva, pública o privada, que solicita una autorización relativa a un proyecto, obra o actividad, respecto a todas sus fases, en materia ambiental.	-	-
PREVENCIÓN	Disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro de la calidad del agua.	-	-
REUSO	Utilización de aguas residuales tratadas que cumplan la calidad requerida por el presente Reglamento.	-	-

TÉRMINO	SIGNIFICADO	UNIDAD	ACRÓNIMO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	Volumen que ocupan las partículas sólidas contenidas en un volumen definido de agua, decantadas en dos horas; su valor se mide en mililitros por litro (ml/l).	mg/l	SS
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Peso de las partículas sólidas suspendidas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro N° 42.	mg/l	SST
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Es la medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones.	-	pH
COLIFORMES FECALES	Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos	NMP/100	-
METRO	Unidad de longitud del Sistema Internacional, de símbolo <i>m</i> , que equivale a la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante 1/299 792 458 de segundo; es la base del sistema métrico decimal	m	m
LITRO	Unidad de volumen del Sistema Internacional, de símbolo l o L, que equivale a 1 decímetro cúbico	l	l

ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen ejecutivo	
Glosario	

INTRODUCCIÓN

I.1. ANTECEDENTES	1
I.1.1. HISTORIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	1
I.1.2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	2
I.2. OBJETIVOS	3
I.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
I.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
I.3. JUSTIFICACIÓN	4
I.3.1 JUSTIFICACIÓN GLOBAL	4
I.3.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	4
I.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	5
I.3.4. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA	5
I.3.5. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	5
I.3.6. JUSTIFICACIÓN PERSONAL	6

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.1.1. CARACTERIZACIÓN APARENTE DE LAS AGUAS RESIDUALES	7
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL STARD	8
1.2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR	8
1.2.2.1. SEPARACIÓN DE GRANDES SÓLIDOS.	8
1.2.2.2. DESBASTE	10
1.2.2.3. REJAS DE LIMPIEZA MANUAL	10
1.3. TRATAMIENTO PRIMARIO	12
1.3.1. TANQUE SÉPTICO	13
1.3.1.1. CAPACIDAD DEL TANQUE SÉPTICO	14
1.3.2. TANQUE IMHOFF	15
1.3.3. PROCESO ANAEROBIO DE CONTACTO	16
1.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO	17
1.4.1. FANGOS ACTIVOS	17
1.4.2. CAMAS FILTRANTES (CAMAS DE OXIDACIÓN)	18

1.4.3. PLACAS ROTATIVAS Y ESPIRALES	19
1.4.4. REACTOR BIOLÓGICO DE CAMA MÓVIL	19
1.4.5. FILTROS AIREADOS BIOLÓGICOS	19
1.4.6. REACTORES BIOLÓGICOS DE MEMBRANA	20
1.4.7. SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA	20
1.5. TRATAMIENTO TERCIARIO	20
1.5.1. FILTRACIÓN	20
1.5.2. LAGUNAJE	21
1.5.3. HUMEDALES ARTIFICIALES	21
1.5.4. REMOCIÓN DE NUTRIENTES	22
1.5.5. DESINFECCIÓN	23

CAPÍTULO II PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	26
2.2. LOCALIZACIÓN	31
2.3. AGUAS RESIDUALES A TRATAR	33
2.4.1. USO DEL SUELO	33
2.4.2. CLIMA	34
2.4.3. PRECIPITACIONES PLUVIALES	34
2.4.4. VEGETACIÓN	35
2.4.5. FAUNA	35
2.5. MEDIO RECEPTOR	36
2.6. SITIOS DE VALOR HISTÓRICO CULTURAL	37
2.6.1. MEMORIA HISTÓRICA. ÉPOCA PREHISPÁNICA	38
2.6.2. ÉPOCA COLONIAL	39
2.6.3. DATOS HISTÓRICOS DEL VALLE DE LA CONCEPCIÓN	39
2.7. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN Y SUS ACTIVIDADES	39
2.8. ÁREAS DE RIESGO	40

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

3.1. METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES	41
3.1.1. MÉTODO DE LA CADENA DE VALOR	41
3.1.2. MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES	41
3.1.3. MÉTODO DE CUMPLIMIENTO DE REGULACIONES	41
3.1.4. MÉTODO DEL FLUJO DE PROCESO	42
3.2. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	42

3.2.1. CRITERIOS Y PONDERACIÓN DE IMPACTOS	43
3.2.1.1. GRAVEDAD (G)	43
3.2.1.2. FRECUENCIA (F)	44
3.2.1.3. LEGISLACIÓN APLICABLE (LA)	44
3.2.1.4. REVERSIBILIDAD – REMEDIACIÓN (RE)	44
3.2.1.5. COMUNIDAD (CO)	45
3.3. IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	46
3.4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL	53
3.5. RIESGOS AMBIENTALES	58
3.6 CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	65
3.6.1 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	71
3.7. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSPORTE DEL AGUA RESIDUAL DEL STAR AL RÍO CAMACHO.	72
3.8. APLICACIÓN DE NORMAS Y LEYES	72

CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCIONES

4.1. ANÁLISIS DE ACCIONES A REALIZAR	73
4.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS, TECNOLOGÍAS, DISEÑO Y OPERACIÓN	73
4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO	74
4.3.1. DISEÑO DEL BIOFILTRO Y DEL CLARIFICADOR	74
4.3.2. CÁLCULO DEL NÚMERO DE DEFLECTORES:	78
4.4. TRATAMIENTO Terciario	80
4.4.1. DISEÑO DEL CLARIFICADOR	80
4.4.2.1 PARÁMETROS PARA DESINFECCIÓN.	81
4.4.2.2. LOS SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN	82
4.4.2.3. PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN DE CLORO	82
4.4.2.4. CONTENIDO DE CLORO RESIDUAL.	83
4.4. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y SEMISÓLIDOS	83
4.4.1 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LAS REJILLAS	85
4.4.2. LUGAR DE ACOPIO TEMPORAL	85
4.4.3. TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS	85

CAPÍTULO V ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL

5.1. PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS	87
5.2 PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y CONTINGENCIAS	88

5.2.1 INSPECCIONES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL STAR	89
5.2.1.1 INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA	89
5.2.1.2 INSPECCIÓN VISUAL INTERNA	90
5.3. PLAN DE MEDIDAS COMPENSATORIAS, RESTAURADORAS U OTRAS	90

CAPÍTULO VI SISTEMAS DE SEGUIMIENTO, VIGILANCIA Y CONTROL

6.1. CONTROL	91
6.2 SEGUIMIENTO	91

CAPÍTULO VII RESULTADOS OBTENIDOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. RESULTADOS OBTENIDOS	92
---------------------------	----

CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES	96
8.2. RECOMENDACIONES	97

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

CAPÍTULO II ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Tabla II-1 Caracterización del Agua Residual	33
Tabla II-2 Uso del suelo	34
Tabla II-3 Vegetación de la Zona	35
Tabla II-4 Fauna de la Zona	36
Tabla II-7 Características del Medio Receptor	37
Tabla II-8 Caudal del Río Camacho	37

CAPITULO III IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Tabla III-1 Aspectos Ambientales	42
Tabla III-2 Impactos Ambientales	43
Tabla III-3 Criterios de Gravedad	43
Tabla III-4 Criterios de frecuencia	44
Tabla III-5 Criterios de Legislación Aplicable	44
Tabla III-6 Criterios de Reversibilidad - Remediación	45
Tabla III-7 Criterios de Comunidad	45
Tabla III-8 Identificación de actividades por procesos	48
Tabla III-9 Identificación de Aspectos Ambientales	49
Tabla III-10 Identificación de Impactos	49
Tabla III-11 Ponderación de los Impactos	51
Tabla III-12 Riesgos Ambientales de Mayor Relevancia	58
Tabla III-13 Caudal de Salida del STAR	65
Tabla III-14 PARÁMETROS DE SALIDA ACTUAL STAR	66
Tabla III-15 Parámetros estándar de caudal y cargas contaminantes por persona día	66
TABLA III-16 Parámetros del agua del río Camacho antes de la descarga de las aguas residuales	66
TABLA III-17 Valores máximos permitidos de parámetro en cuerpos receptores	67
TABLA III-18 Caracterización de tipo de medio receptor que es el río Camacho	68
Tabla III-19 Cambio de clase del río Camacho por contaminación de DBO ₅	68
Tabla III-20 Cambio de clase del río Camacho por contaminación de DQO	69
Tabla III-21 Cambio de clase del río Camacho por contaminación de Coliformes Fecales	69
Tabla III-22 Comparación de parámetros del Río Camacho antes y después de la descarga	70
Tabla III-23 Composición típica de aguas residuales urbanas	71

CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCIONES

Tabla IV-1 Proyección de la población y del caudal al 2025	74
--	----

Tabla IV-2 Parámetros de diseño (Coliformes Fecales)	74
Tabla IV-3 Resumen de dimensiones del biofiltro	79

CAPÍTULO V ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL

Tabla V-1 Plan de Mitigación	87
Tabla V-2 Actividades de Contingencia	89

CAPÍTULO VII RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla VII-1 Resultados de las AR al ingreso del STAR	92
Tabla VII-2 Resultados de las AR a la salida del tanque sedimentador	92
Tabla VII-3 Resultados del tratamiento de las AR a la salida del STAR	92
Tabla VII-4 Resultados de las Aguas del Río Camacho antes del punto de Descarga	93
Tabla VII-5 Resultados de las Aguas del Río Camacho en el punto de descarga	93
Tabla VII-6 Resultados de las Aguas del Río Camacho después del punto de descarga	93

CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tabla VIII – 1 Eficiencia de remoción de contaminante del tanque sedimentador	96
Tabla VII – 2 Eficiencia de remoción de contaminante del filtro de grava	96

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

Figura 1-1 Ingreso de aguas residuales al STAR	7
--	---

Figura 1-2 Sistema de Separación de Grandes Sólidos.	9
Figura 1-3 Sistema Manual de Rejillas con dos Cámaras.	11
Figura 1-4 Tanque o cámara Séptica.	15
Figura 1-5 Tanque Imhoff.	16
Figura 1-6 Proceso anaerobio de contacto.	17
Figura 1 -7 Filtro oxidante en una planta rural.	18
Figura 1-8 Esquema de una depuradora por lagunaje.	21
Figura 1-9 Humedal artificial.	22

CAPÍTULO II ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Figura 2-1 Esquema de Árbol de problemas	28
Figura 2-2 Rejilla de separación de sólidos.	28
Figura 2-3 Tanque sedimentador.	29
Figura 2-4 Filtro de cascajo.	30
Figura 2-5 Distancia entre STAR y el cuerpo receptor.	31
Figura 2-6 Ubicación del STAR.	32
Figura 2-7 Áreas de riesgo.	40

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

Figura 3-1 Esquema general del STAR.	46
Figura 3-2 Proceso de separación de sólidos gruesos.	47
Figura 3-3 Proceso del Tanque Sedimentador.	47
Figura 3-4 Proceso del Filtro de Cascajo.	48
Figura 3-5 Diagrama del proceso del STAR.	53

CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCIONES

Figura 4-1 Sólidos gruesos de las rejillas.	84
Figura 4-2 Semisólidos provenientes del tanque sedimentador.	84

CAPÍTULO VII RESULTADOS OBTENIDOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Figura 7-1 Distancia del STAR y el Punto de unión.	95
--	----