

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**



**“DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO DE  
AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA DE APORTE DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN LUIS”**

**Por:**

**ANELL VELASQUEZ FERNANDEZ**

**Semestre I/2019  
TARIJA-BOLIVIA**

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

**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO DE**  
**AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA DE APORTE DE**  
**LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN LUIS**

**Por:**

**ANELL VELASQUEZ FERNANDEZ**

Proyecto de Grado presentado a mi consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.

**Semestre I/2019**  
**TARIJA-BOLIVIA**

-----  
**M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez**  
**DECANO FACULTAD**  
**DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

-----  
**M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa**  
**VICEDECANA FACULTAD**  
**DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNALES:**

-----  
**Ing. Adel Gonzalo Cortez Maire**

-----  
**Ing. Nelson Rodriguez Lezana**

-----  
**Ing. Iván Baldivieso Subieta**

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo la misma únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Freddy Velasquez y Paulina Fernandez, por ser lo más importante de mi vida y el origen de mi existencia, por la comprensión, el amor que me han brindado a lo largo de mi vida, por darme su apoyo incondicional para alcanzar los objetivos que me he propuesto, y levantarme en cada tropiezo que he tenido. Ensenándome a enfrentar los retos que me impone el día a día, con perseverancia y dedicación para cumplir mis metas.

A mis hermanos Eddy Freddy, Jheysson y Reymar por su apoyo, confianza y cariño durante mi periodo académico y por las experiencias compartidas a lo largo de mi vida.

A mi sobrino Dreyck que alegro mis días al llegar a casa, con su ternura e inocencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por estar junto a mí en cada paso, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en el camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante mis estudios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres, quienes en todo momento me brindaron su apoyo y ayuda incondicional. Gracias por darme la oportunidad de estudiar.

A mis hermanos, por su compañía, por sus alegrías y por siempre estar allí dándome consejos para salir adelante.

A mis tías, Olga y Mari por ser parte importante y especial en mi vida. Quienes siempre han estado a mi lado, por sus mensajes de aliento y por su excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de esta vida.

A toda mi familia, que de alguna manera siempre estuvieron ahí para darme su apoyo incondicional.

A Even que estuvo a mi lado en los últimos años apoyándome y siempre acompañándome en todo momento.

Al personal que conforma la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho", por abrirme las puertas a estudiar esta carrera, fomentándonos no solamente de manera académica, sino inculcándonos de principios éticos para ser buenos profesionales.

A la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento (COSAALT), por brindarme la información de manera incondicional en la ejecución de este trabajo de investigación.

Finalmente a mis compañeros, amigos/as y a quienes directa o indirectamente me ayudaron a culminar esta meta.

Gracias totales a cada uno de ustedes.

## ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Planteamiento del problema .....	3
1.4 Hipótesis del trabajo .....	3
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivo General .....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	3
1.6 Metodología .....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Coeficiente de Retorno .....	6
2.1.1 Importancia del Coeficiente de Retorno .....	6
2.2 Contribuciones de aguas residuales .....	7
2.2.1 Domésticas (QMD) .....	7
2.2.2 Industriales (QI) .....	8
2.2.3 Comerciales (QC) .....	8
2.2.4 Instituciones públicas (QIP) .....	8
2.2.5 Infiltración lineal (QINF) .....	9
2.2.6 Conexiones erradas (QCE) .....	9
2.2.7 Coeficientes de punta (M) .....	10
2.3 Caudal máximo horario doméstico (QMH) .....	12
2.4 Caudal de diseño (QDT) .....	12
2.5 Plantas de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Bolivia .....	13
2.6 Fuentes de agua .....	14
2.7 Dotación de agua potable Tarija .....	17
2.8 Consumo de agua potable .....	18
2.9 Cobertura de sistema de alcantarillado .....	19
2.10 Planta de tratamiento de aguas residuales de San Luis .....	20
2.11 Canal Parshall .....	25
2.11.1 Características del canal Parshall .....	25

2.11.2 Dimensiones del medidor Parshall .....	27
2.11.3 Usos del medidor Parshall .....	28
2.11.4 Puntos de medición .....	29
2.11.5 Fórmulas y tablas para el cálculo del caudal en un medidor Parshall .....	31
2.12 Población .....	33
<b>CAPÍTULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE APORTE DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN EL DISTRITO 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 .....</b>	<b>36</b>
3.1 Localización.....	36
3.2 Micro localización .....	37
3.3 Análisis de la información disponible por COSAALT LTDA .....	39
3.4 Catastro de la red de alcantarillado .....	39
3.4.1 Mapa de delimitación.....	40
3.4.2 Determinación actualizada del área de aporte del sistema de alcantarillado que aportan sus aguas residuales a la Planta de Tratamiento de San Luis .....	41
<b>CAPÍTULO IV: CUANTIFICACIÓN DEL CAUDAL DE CONSUMO DE AGUA POTABLE DEL ÁREA QUE APORTAN SUS AGUAS RESIDUALES A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN LUIS .....</b>	<b>61</b>
4.1 Análisis información catastral .....	61
4.2 Análisis de base de datos de micro medición realizado por COSAALT LTDA	61
4.3 Cuantificación de consumos de agua potable .....	62
<b>CAPÍTULO V: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA DE APORTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE SAN LUIS .....</b>	<b>68</b>
5.1 Consumos de agua potable .....	68
5.2 Producción de aguas residuales .....	69
3.1 Determinación del Coeficiente de Retorno de aguas residuales .....	70
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2.1. Coeficientes de infiltración en tuberías - qinf (L/s/m) .....	9
Tabla 2.2. Valores del coeficiente de Pöpel .....	11
Tabla 2.3. Valores del coeficiente k2 .....	12
Tabla 2.4. Volúmenes diarios de producción en los diferentes sistemas de agua mmm ...	16
Tabla 2.5. Dotación media (l/hab/d) .....	18
Tabla 2.6. Dotación de la ciudad de Tarija .....	18
Tabla 2.7. Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm .....	28
Tabla 2.8. Rango de Caudales de operación en canales Parshall .....	29
Tabla 2.9. Valores de exponente "n" y coeficiente "K" .....	32
Tabla 2.10. Caudales en medidores Parshall en l/s .....	33
Tabla 2.11. Zonas de la ciudad de Tarija que aportan sus aguas a la Planta de Tratamiento de San Luis .....	34
Tabla 3.1 Aforos - Enero 2018 .....	44
Tabla 3.2 Aforos - Febrero 2018 .....	45
Tabla 3.3 Aforos - Marzo 2018 .....	46
Tabla 3.4 Aforos - Abril 2018 .....	47
Tabla 3.5 Aforos - Mayo 2018 .....	48
Tabla 3.6 Aforos – Junio 2018 .....	49
Tabla 3.7 Aforos - Julio 2018 .....	50
Tabla 3.8 Aforos - Agosto 2018 .....	51
Tabla 3.9 Aforos - Septiembre 2018 .....	52
Tabla 3.10 Aforos - Octubre 2018 .....	53
Tabla 3.11 Aforos - Noviembre 2018 .....	54
Tabla 3.12 Aforos - Diciembre 2018 .....	55
Tabla 3.13 Aforos de una semana (l/s) 2019 .....	56
Tabla 3.14 Resumen de Caudal de aguas residuales – gestión 2018 .....	60
Tabla 4.1 Observaciones por código de alcantarillado .....	62
Tabla 4.2 Consumo de agua potable – gestión 2018 .....	64
Tabla 5.1 Consumos de agua potable en m <sup>3</sup> /mes 2018 .....	68
Tabla 5.2 Volumen de aguas residuales – gestión 2018 .....	69
Tabla 5.3 Coeficiente de Retorno de aguas residuales .....	71

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. 1 Ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales Tarija. . . . .	2
Mapa 2. 1. Ubicación de PTAR en Bolivia y categorización de las EPSA . . . . .	13
Mapa 2. 2. Lagunas de oxidación planta de tratamiento de aguas residuales San Luis. . . . .	24
Mapa 3. 1 Ubicación general de las lagunas de oxidación. . . . .	37
Mapa 3. 2 Lagunas de oxidación . . . . .	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 3.1 Información del área de aporte a la Planta de Tratamiento de San Luis ....	40
Ilustración 3.2 Delimitación de la red de la cámara sépticas .....	41
Ilustración 3.3 Delimitación del área de aporte a la planta de tratamiento de San Luis ....	42
Ilustración 4.2 Diagrama caudal de aguas residuales por mes-gestión 2018 .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Cobertura de agua – gestión 2018 .....	19
Figura 2. 2 Cobertura de alcantarillado – gestión 2018 .....	20
Figura 2. 3. Ralph Parshall tomando medidas de flujo (1946) .....	25
Figura 2. 4 Partes del medidor Parshall (perfil) .....	26
Figura 2. 5 Partes del medidor Parshall (planta) .....	26
Figura 2. 6 Dimensiones del medidor Parshall .....	27

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 2.1. Canal Parshall en la entrada a la planta de tratamiento de San Luis .....	21
Fotografía 2.2. Laguna Anaeróbica N°1 con algas .....	22
Fotografía 2.3. Laguna Anaeróbica N°1 entrada de aguas residuales .....	22
Fotografía 2.4. Laguna Anaeróbica N°2 .....	23
Fotografía 2.5. Laguna Anaeróbica N°2 entrada de aguas residuales .....	23
Fotografía 3. 1 Estructura partidora de caudal a las lagunas .....	21
Fotografía 3. 2 Canal Parshall al ingreso a la planta .....	43
Fotografía 4. 1 Medidor de Agua Potable .....	63
Fotografía 5. 1 Cámaras de inspección destruidas .....	73
Fotografía 5. 2 Medición del caudal de aguas residuales .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 3.1 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Enero 2018.....	44
Gráfico 3.2 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Febrero 2018 .....	45
Gráfico 3.3 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Marzo 2018 .....	46
Gráfico 3.4 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Abril 2018 .....	47
Gráfico 3.5 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Mayo 2018 .....	48
Gráfico 3.6 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Junio 2018 .....	49
Gráfico 3.7 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Julio 2018.....	50
Gráfico 3.8 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Agosto 2018 .....	51
Gráfico 3.9 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Septiembre 2018 .....	52
Gráfico 3.10 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Octubre 2018 .....	53
Gráfico 3.11 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Noviembre 2018 .....	54
Gráfico 3.12 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Diciembre 2018 .....	55
Gráfico 3.13 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Lunes 2019.....	56
Gráfico 3.14 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Martes 2019 .....	57
Gráfico 3.15 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Miércoles 2019 .....	57
Gráfico 3.16 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Jueves 2019 .....	58
Gráfico 3.17 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Viernes 2019 .....	58
Gráfico 3.18 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Sábado 2019 .....	59
Gráfico 3.19 Aguas Residuales, Caudal vs. Tiempo – Domingo 2019 .....	59