



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE
ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS
AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA
PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO
PANCHANA VILLON RONNY FABIÁN

TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR Mg.

La Libertad, Ecuador

2021

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO
PANCHANA VILLÓN RONNY FABIÁN

TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR Mg.

La Libertad, Ecuador

2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO** y **PANCHANA VILLON RONNY FABIÁN**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

TUTOR (A)

f. 

Ing. Lucrecia Moreno Alcivar Cristina Mg.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

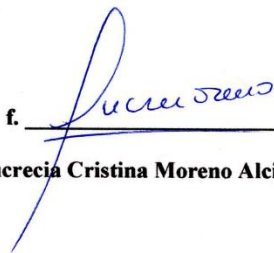
Ing. Juan Garcés Vargas Mg.

La Libertad, a los 8 días del mes de marzo del año 2021.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS”, elaborado por el Sr. SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO y el Sr. PANCHANA VILLON RONNY FABIAN, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingenieros Civiles, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar Mg.

La Libertad, al día 8 del mes de marzo del año 2021.

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Certificación de Gramatólogo

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

Magíster En Diseño Y Evaluación

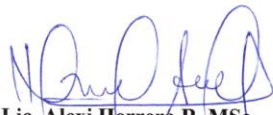
De Modelos Educativos

La Libertad, marzo 10 del 2021

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de titulación en opción al título de INGENIERO(A) CIVIL de: SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO & PANCHANA VILLÓN RONNY FABIAN, cuyo tema es: “EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS” me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para su respectiva defensa.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Herrera R, MSc.

Docente de Español A: Literatura

Cel: 0963143788

e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO** y **PANCHANA VILLON RONNY FABIÁN**.

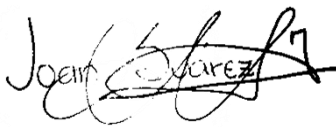
DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS** previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 8 días del mes de marzo del año 2021.

LOS AUTORES



f.

Suárez Tomalá Joan Alberto



f.

Panchana Villon Ronny Fabián

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO** y **PANCHANA VILLON RONNY FABIÁN**.

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 8 días del mes de marzo del año 2021

LOS AUTORES

f. 

Suárez Tomalá Joan Alberto

f. 

Panchana Villón Ronny Fabián

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



Universidad Estatal
Península de Santa Elena

CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL



IP-docx: D98164256

La Libertad, 12 de marzo del 2021


CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2021

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS”, elaborado por los estudiantes SUÁREZ TOMALÁ JOAN ALBERTO con C.I. 0925948705 y PANCHANA VILLON RONNY FABIÁN con C.I. 2450420449, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 8 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.
C.I.:0911164127
DOCENTE UIC



Archivo. CC.

REPORTE DE SIMILITUD

URKUND

Document Information

Analyzed document Tesis perteneciente a Suárez J. y Fanchana R. docx (D9B164256)
Submitted 3/12/2021 8:53:00 PM
Submitted by MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA
Submitter email lmoreno@upse.edu.ec
Similarity 8%
Analysis address lmoreno.upse@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1268/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-58.pdf Fetched: 2/22/2021 6:41:01 PM	12
W	URL: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26375/1/T-UG-DP-MAA-014.pdf Fetched: 12/9/2020 9:32:37 PM	3
W	URL: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39575/1/TESIS%20-%20KATHERINE%20CAMPO Fetched: 1/12/2021 8:54:53 PM	3
W	URL: https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18238/PG-2046.pdf?sequence=1 Fetched: 8/9/2020 10:45:04 PM	3
W	URL: https://docplayer.es/90620735-Universidad-nacional-del-altiplano-facultad-de-ingen... Fetched: 12/14/2019 2:59:53 PM	2
W	URL: http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1400/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-84.pdf Fetched: 1/19/2021 9:34:36 PM	6
W	URL: https://docplayer.es/90818359-Escuela-superior-politecnica-de-chimborazo.html Fetched: 11/29/2019 8:16:11 AM	4
W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1877/1/UNESUM-ECU-ING-MEDIO-2019-... Fetched: 12/9/2020 9:32:22 PM	3

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios por brindarme cada día sabiduría para culminar con este trabajo de titulación y por cuidarme todos los días que asistí a la Universidad.

A mi madre, Angela Tomalá Gonzabay por ser un pilar fundamental en mi vida, y por brindarme su apoyo incondicional en cada paso que doy.

A mi padre, Wilfrido Suárez Parrales por ser mi gran apoyo y por darme la oportunidad de ser mejor persona cada día.

A mis hermanas, Tanya Suárez y Karen Suárez por ser un gran apoyo en mis estudios universitarios.

A mis abuelos, y resto de familiares por ser un gran apoyo emocional en mi formación profesional.

A mi tutora Ing. Lucrecia Moreno Alcivar por ser uno de los pilares fundamentales en mi formación profesional y por ser guía de esta investigación.

A la universidad y a los docentes de la facultad por haberme brindado conocimientos suficientes para ser un gran ingeniero civil.

A mis amigos por ser un gran apoyo emocional en mi formación profesional y por brindarme el suficiente apoyo para lograr terminar esta investigación.

A AGUAPEN-EP por la información brindada.

A mis mascotas por ser un apoyo emocional para lograr terminar esta investigación.

Joan Alberto Suárez Tomalá.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Dios por permitirme estar un día más con vida, por gozar de buena salud en estos tiempos difíciles y por darme la oportunidad de haber llegado alcanzar una de mis metas a las que estuve dispuesto a cumplir.

A mis padres Franklin Fabián Panchana Saona y Angélica Alexandra Villon Figueroa por ser un pilar fundamental en mi vida, por enseñarme a valorar y respetar, asimismo por ayudarme económicamente en mis estudios ya que sin ellos no podría ser esto posible.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme sus puertas y poder ser parte de esta hermosa institución donde adquirí cada uno de mis conocimientos y donde me fui formando ética y profesionalmente.

A los docentes que en cada una de sus clases dieron lo mejor de sí para enseñar de una manera clara y sencilla y en base a sus experiencias darnos consejos que nos servirán de mucho en nuestra vida profesional.

A mis conocidos y amistades de Universidad por compartir buenos momentos, por darme sus apoyos y de permitirme formar una buena amistad con cada uno, así mismo de compañerismo y respeto.

Mi más sincero agradecimiento a nuestra docente y tutora Ing. Lucrecia Moreno Alcivar Cristina Mg, la cual nos ofreció su ayuda y puso su confianza en nosotros, además de guiarnos y darnos consejos para poder conseguir un buen trabajo de investigación.

A mi compañero Joan Alberto Suarez Tomalá, por ser uno de los buenos amigos que hice desde el primer semestre y por designarme como su colega para llevar a cabo este proyecto de titulación.

A la Empresa AGUAPEN E.P, por habernos otorgado la información solicitada que fue de vital importancia para poder obtener los análisis requeridos del presente estudio.

Ronny Fabián Panchana Villon.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo en primer lugar a Dios por brindarme suficientes conocimientos y salud para llevar a cabo esta investigación, en segundo lugar se la dedico con todo mi corazón a mis padres por ser un gran apoyo incondicional y nunca dejarme solo en todo este proceso, finalmente dedico este escrito a mi perro Pechi quien ha estado conmigo sin esperar nada a cambio.

Joan Alberto Suárez Tomalá.


DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación especialmente a Dios, el cual ha iluminado mi camino durante todo el trayecto de mi vida y que desde muy pequeño siempre ha estado ahí para bendecirme y darme fortaleza para poder alcanzar mis metas y objetivos a las que me he dispuesto a cumplir. A mi padre Franklin Fabián Panchana Saona, que ha sido un ejemplo e inspiración para poder seguir esta carrera y ser un gran profesional siguiendo cada uno de sus pasos. A mi madre Angélica Alexandra Villon Figueroa, la mujer que amo tanto, la que siempre está brindándonos su cariño y apoyo incondicional en los buenos y en malos momentos. A mi hermano Luis Jalmar Panchana Villon, un destacado estudiante y ejemplo de compañerismo, próximo a ser un profesional del país.

Ronny Fabián Panchana Villon.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Juan Francisco Garcés Vargas, Mg.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Mg.
TUTOR (A)

f. 
Ing. Richard Iván Ramírez Palma, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Mg.
DOCENTE DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXII
RESUMEN	XXIV
ABSTRACT.....	XXV
INTRODUCCIÓN	26
CAPÍTULO I.....	29
1. Generalidades.....	29
1.1. Antecedentes.....	29
1.2. Planteamiento del Problema.....	31
1.3. Formulación del Problema	32
1.4. Justificación	33
1.5. Objetivos de la Propuesta	34
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	34
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	34
1.6. Hipótesis.....	34
1.7. Variables	35
1.7.1. <i>Variable Independiente</i>	35
1.7.2. <i>Variable Dependiente</i>	35
1.8. Metodología	35
1.8.1. <i>Recolección de Datos</i>	35
1.8.2. <i>Análisis de Información</i>	35
1.8.3. <i>Procesamiento de Resultados y Evaluación Estadística</i>	36
CAPÍTULO II.....	37
2. Aguas Residuales.....	37
2.1. Generalidades de las Aguas Residuales	37
2.2. Composición de las Aguas Residuales.....	40
2.3. Clasificación de las Aguas Residuales.....	41
2.3.1. <i>Aguas Residuales Domésticas</i>	42
2.3.2. <i>Aguas Residuales Industriales</i>	43
2.3.3. <i>Aguas Residuales de Origen Agrícola</i>	44
2.3.4. <i>Aguas Residuales Pecuarias</i>	45
2.3.5. <i>Aguas Residuales de Escorrentía Urbana</i>	46

2.4. Tratamiento de Aguas Residuales	47
2.4.1. Tratamiento Preliminar	48
2.4.2. Tratamiento Primario	48
2.4.2.1. Remoción de Sólidos y Arenas	49
2.4.2.2. Sedimentación	49
2.4.2.3. Flotación	49
2.4.2.4. Digestión	49
2.4.2.5. Deseccación	49
2.4.3. Tratamiento Secundario	50
2.4.3.1. Filtro de Goteo	50
2.4.3.2. Estanque de Estabilización	50
2.4.3.3. Filtros Biológicos	50
2.4.4. Tratamiento Terciario	51
2.4.4.1. Remoción de Nutrientes	51
2.4.4.2. Desinfección	51
CAPÍTULO III	53
3. Normativas Referentes a Aguas Residuales en el Ecuador	53
3.1. Libro VI Tulsma Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua	53
3.1.1. Criterios de Calidad de Aguas de Uso Agrícola o de Riego	53
3.1.2. Disposiciones Generales para Descarga de Efluentes a Cuerpos de Agua Dulce	54
3.2. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayor a 1000 Habitantes	56
3.2.1. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	56
3.2.1.1. Lagunas de Estabilización	56
3.2.1.1.1. Lagunas Anaeróbias	56
3.2.1.1.2. Lagunas Facultativas	57
3.2.1.1.3. Lagunas de Maduración	58
CAPÍTULO IV	59
4. Metodología de la Investigación	59
4.1. Parámetros de Caracterización de Aguas Residuales Según TULSMA (2015)	59
4.1.1. Parámetros Físicos	59
4.1.1.1. Color Real	60
4.1.1.2. Material Flotante	60
4.1.1.3. Sólidos Suspendidos Totales	60
4.1.1.4. Sólidos Totales	60

4.1.1.5.	<i>Temperatura.</i>	61
4.1.2.	<i>Parámetros Químicos</i>	61
4.1.2.1.	<i>Potencial de hidrógeno.</i>	61
4.1.2.2.	<i>Cloro Residual.</i>	62
4.1.2.3.	<i>Aceites y Grasas.</i>	62
4.1.2.4.	<i>Compuestos fenólicos.</i>	63
4.1.2.5.	<i>Demanda Química de Oxígeno.</i>	63
4.1.2.6.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días).</i>	64
4.1.2.7.	<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo.</i>	64
4.1.2.8.	<i>Tensoactivos-Detergentes.</i>	64
4.1.2.9.	<i>Arsénico.</i>	65
4.1.2.10.	<i>Aluminio.</i>	65
4.1.2.11.	<i>Boro.</i>	66
4.1.2.12.	<i>Bario.</i>	66
4.1.2.13.	<i>Cadmio.</i>	66
4.1.2.14.	<i>Cinc.</i>	67
4.1.2.15.	<i>Cobre.</i>	68
4.1.2.16.	<i>Cobalto.</i>	68
4.1.2.17.	<i>Cromo Hexavalente.</i>	68
4.1.2.18.	<i>Estaño.</i>	69
4.1.2.19.	<i>Fósforo.</i>	69
4.1.2.20.	<i>Hierro.</i>	70
4.1.2.21.	<i>Manganeso.</i>	70
4.1.2.22.	<i>Mercurio.</i>	70
4.1.2.23.	<i>Níquel.</i>	70
4.1.2.24.	<i>Plata.</i>	71
4.1.2.25.	<i>Plomo.</i>	71
4.1.2.26.	<i>Selenio.</i>	72
4.1.2.27.	<i>Cianuros.</i>	72
4.1.2.28.	<i>Cloruros.</i>	72
4.1.2.29.	<i>Fluoruros.</i>	73
4.1.2.30.	<i>Nitrógeno Amoniacal.</i>	73
4.1.2.31.	<i>Nitrógeno total Kjeldahl.</i>	74
4.1.2.32.	<i>Sulfatos.</i>	74
4.1.2.33.	<i>Sulfuros.</i>	74
4.1.3.	<i>Parámetros Bacteriológicos o Biológicos</i>	75
4.1.3.1.	<i>Coliformes fecales.</i>	75

4.2.	Determinación de Tiempos de Retención Hidráulicos de Diseño y Reales.....	76
4.2.1.	<i>Caudales Máximos de Efluentes Distribuidos en Porcentaje</i>	76
4.2.2.	<i>Caudales Máximos de Efluentes en m³/día</i>	76
4.2.3.	<i>Volumen Total de cada Laguna</i>	76
4.2.4.	<i>Porcentaje de Lodos.....</i>	77
4.2.5.	<i>Volumen de Logos en cada Laguna</i>	77
4.2.6.	<i>Volumen de Agua Residual en cada Laguna</i>	78
4.2.7.	<i>Tiempos de Retención Hidráulica en Cada Laguna</i>	78
CAPÍTULO V		79
5.	Análisis e Interpretación de Datos	79
5.1.	Parámetros de Caracterización de Aguas Residuales según TULSMA (2015)	79
5.1.1.	<i>Parámetros de caracterización Física</i>	79
5.1.1.1.	<i>Color Real.....</i>	79
5.1.1.2.	<i>Material Flotante.....</i>	80
5.1.1.3.	<i>Sólidos Suspendidos Totales.....</i>	80
5.1.1.4.	<i>Sólidos Totales.....</i>	81
5.1.1.5.	<i>Temperatura.....</i>	81
5.1.2.	<i>Parámetros de Caracterización Química</i>	82
5.1.2.1.	<i>Aceites y Grasas.....</i>	82
5.1.2.2.	<i>Aluminio.....</i>	83
5.1.2.3.	<i>Arsénico.....</i>	84
5.1.2.4.	<i>Bario.....</i>	84
5.1.2.5.	<i>Boro.....</i>	85
5.1.2.6.	<i>Cadmio.....</i>	86
5.1.2.7.	<i>Cianuros.....</i>	86
5.1.2.8.	<i>Cinc.....</i>	87
5.1.2.9.	<i>Cloro Residual</i>	88
5.1.2.10.	<i>Cloruros.....</i>	88
5.1.2.11.	<i>Cobalto.....</i>	89
5.1.2.12.	<i>Cobre.....</i>	90
5.1.2.13.	<i>Compuestos Fenólicos.....</i>	90
5.1.2.14.	<i>Cromo Hexavalente.....</i>	91
5.1.2.15.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días).....</i>	92
5.1.2.16.	<i>Demanda Química de Oxígeno.....</i>	92
5.1.2.17.	<i>Estaño.....</i>	93
5.1.2.18.	<i>Fluoruros.....</i>	94

5.1.2.19.	<i>Fósforo</i>	94
5.1.2.20.	<i>Hierro</i>	95
5.1.2.21.	<i>Hidrocarburos Totales de Petróleo</i>	96
5.1.2.22.	<i>Manganeso</i>	96
5.1.2.23.	<i>Mercurio</i>	97
5.1.2.24.	<i>Níquel</i>	98
5.1.2.25.	<i>Nitrógeno Amoniacal</i>	98
5.1.2.26.	<i>Nitrógeno Total Kjeldahl</i>	99
5.1.2.27.	<i>Plata</i>	100
5.1.2.28.	<i>Plomo</i>	100
5.1.2.29.	<i>Potencial de Hidrógeno</i>	101
5.1.2.30.	<i>Selenio</i>	102
5.1.2.31.	<i>Sulfatos</i>	102
5.1.2.32.	<i>Sulfuros</i>	103
5.1.2.33.	<i>Tensoactivos – Detergentes</i>	104
5.1.3.	Parámetros de Caracterización Bacteriológicos o Biológicos	104
5.1.3.1.	<i>Coliformes Fecales</i>	104
5.2.	Determinación de Tiempos de Retención Hidráulicos de Diseño y Efectivos	105
5.2.1.	<i>Caudales Máximos de Efluentes Distribuidos en Porcentaje</i>	105
5.2.2.	<i>Caudales Máximos de Efluentes en m³/día</i>	106
5.2.3.	<i>Volumen Total de cada Laguna</i>	106
5.2.4.	<i>Porcentaje de Lodos</i>	106
5.2.5.	<i>Volumen de Logos en cada Laguna</i>	106
5.2.6.	<i>Volumen de Agua Residual en cada Laguna</i>	107
5.2.7.	<i>Tiempos de Retención Hidráulica en cada laguna</i>	107
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	110
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	ANEXOS	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sistema lagunar	31
Figura 2. Estero Carnero, donde se depositan las aguas residuales del Cantón Salinas	39
Figura 3. Composición típica de un agua residual doméstica.....	41
Figura 4. Tratamiento convencional de aguas residuales	48
Figura 5. Resultados de evaluación estadística de SST	80
Figura 6. Resultados de evaluación estadística de ST	81
Figura 7. Resultados de evaluación estadística de temperatura.....	82
Figura 8. Resultados de evolución estadística de Aceites y Grasas.....	83
Figura 9. Resultados de evaluación estadística de Aluminio.....	83
Figura 10. Resultados de evaluación estadística de Arsénico.....	84
Figura 11. Resultados de evaluación estadística de Bario	85
Figura 12. Resultados de evaluación estadística de Boro	85
Figura 13. Resultados de evaluación estadística de Cadmio	86
Figura 14. Resultados de evaluación estadística de Cianuros.....	87
Figura 15. Resultados de evaluación estadística de Cinc.....	87
Figura 16. Resultados de evaluación estadística de Cloro Residual	88
Figura 17. Resultados de evaluación estadística de Cloruros	89
Figura 18. Resultados de evaluación estadística de Cobalto	89
Figura 19. Resultados de evaluación estadística de Cobre	90
Figura 20. Resultados de evaluación estadística de Compuestos Fenólicos.....	91
Figura 21. Resultados de evaluación estadística de Cromo Hexavalente	91
Figura 22. Resultados de evaluación estadística de Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días).....	92
Figura 23. Resultados de evaluación estadística de Demanda Química de Oxígeno	93
Figura 24. Resultados de evaluación estadística de Estaño	93
Figura 25. Resultados de evaluación estadística de Fluoruros.....	94
Figura 26. Resultados de evaluación estadística de Fósforo.....	95
Figura 27. Resultados de evaluación estadística de Hierro.....	95
Figura 28. Resultados de evaluación estadística de Hidrocarburos Totales de Petróleo	96

Figura 29. Resultados de evaluación estadística de Manganeso.....	97
Figura 30. Resultados de evaluación estadística de Mercurio	97
Figura 31. Resultados de evaluación estadística de Níquel	98
Figura 32. Resultados de evaluación estadística de Nitrógeno Amoniacal	99
Figura 33. Resultados de evaluación estadística de Nitrógeno Total Kjeldahl.....	99
Figura 34. Resultados de evaluación estadística de Plata	100
Figura 35. Resultados de evaluación estadística de Plomo.....	101
Figura 36. Resultados de evaluación estadística de pH	101
Figura 37. Resultados de evaluación estadística del Selenio	102
Figura 38. Resultados de evaluación estadística de Sulfatos	103
Figura 39. Resultados de evaluación estadística de Sulfuros.....	103
Figura 40. Resultados de evaluación estadística de Tensoactivos - Detergentes..	104
Figura 41. Resultados de evaluación estadística de Coliformes Fecales	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de coordenadas geográficas del sistema lagunar.....	30
Tabla 2. Contaminantes en el agua residual.....	38
Tabla 3. Clasificación de las aguas residuales	39
Tabla 4. Composición de un agua residual doméstica	43
Tabla 5. Carga de contaminantes de residuos animales	46
Tabla 6. Características de los principales niveles de tratamientos de aguas residuales	52
Tabla 7. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.....	54
Tabla 8. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	55
Tabla 9. Volumen (m ³) total de lagunas.....	77
Tabla 10. Porcentajes de lodos de lagunas.....	77
Tabla 11. Resumen de Obtención de Tiempos de Retención Hidráulica.....	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Promedios de parámetros de análisis físico, químico y bacteriológico de afluentes del sistema lagunar Punta Carnero (Año 2014-2020).....	120
Anexo 2. Promedios de parámetros de análisis físico, químico y bacteriológico de efluentes del sistema lagunar Punta Carnero (Año 2014-2020).....	121
Anexo 3. Evaluación estadística de Aceites y Grasas.....	122
Anexo 4. Evaluación estadística de Aluminio	123
Anexo 5. Evaluación estadística de Arsénico	124
Anexo 6. Evaluación estadística de Bario.....	125
Anexo 7. Evaluación estadística de Boro	126
Anexo 8. Evaluación estadística de Cadmio.....	127
Anexo 9. Evaluación estadística de Cianuros	128
Anexo 10. Evaluación estadística de Cinc	129
Anexo 11. Evaluación estadística de Cloro Residual	130
Anexo 12. Evaluación estadística de Cloruros	131
Anexo 13. Evaluación estadística de Cobalto.....	132
Anexo 14. Evaluación estadística de Cobre.....	133
Anexo 15. Evaluación estadística de Coliformes Fecales	134
Anexo 16. Evaluación estadística de Compuestos Fenólicos	135
Anexo 17. Evaluación estadística de Cromo Hexavalente	136
Anexo 18. Evaluación estadística de Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)..	137
Anexo 19. Demanda Química de Oxígeno	138
Anexo 20. Evaluación estadística de Estaño.....	139
Anexo 21. Evaluación estadística de Fluoruros	140
Anexo 22. Evaluación estadística de Fósforo	141
Anexo 23. Evaluación estadística de Hierro	142
Anexo 24. Evaluación estadística de Hidrocarburos Totales de Petróleo	143
Anexo 25. Evaluación estadística de Manganeso	144
Anexo 26. Evaluación estadística de Mercurio.....	145
Anexo 27. Evaluación estadística de Níquel.....	146
Anexo 28. Evaluación estadística de Nitrógeno Amoniacal.....	147
Anexo 29. Evaluación estadística de Nitrógeno Total Kjeldahl	148
Anexo 30. Evaluación estadística de Plata	149

Anexo 31. Evaluación estadística de Plomo	150
Anexo 32. Evaluación estadística de pH.....	151
Anexo 33. Evaluación estadística de Selenio	152
Anexo 34. Evaluación estadística de Sólidos Suspendidos Totales	153
Anexo 35. Evaluación estadística de Sólidos Totales.....	154
Anexo 36. Evaluación estadística de Sulfatos	155
Anexo 37. Evaluación estadística de Sulfuros	156
Anexo 38. Evaluación estadística de Temperatura	157
Anexo 39. Evaluación estadística de Tensoactivos – Detergentes	158
Anexo 40. Esquema en porcentajes de distribución de caudal de efluente máximo de aguas residuales del sistema lagunar Punta Carnero.....	159
Anexo 41. Esquema de distribución de caudal de efluente máximo en m ³ /día de aguas residuales del sistema lagunar Punta Carnero	160

“EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS”

Autores: Suárez Tomalá Joan Alberto

Panchana Villon Ronny Fabián

Tutora: Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Mg.

RESUMEN

La presente investigación consiste en desarrollar una evaluación estadística a cada parámetro de caracterización de aguas residuales establecidos en TULSMA (2015): Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua, del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado al costado izquierdo de la vía Punta Carnero. Realizada la investigación se pudo constatar que algunos de los parámetros de análisis físico, químico y bacteriológico cumplen con la normativa establecida y tienen buena eficiencia de remoción, no obstante, en los otros parámetros su efluente no cumple con lo que establece la normativa, y su eficiencia de remoción demuestra que no tienen un correcto tratamiento. Por otra parte, los tiempos de retención hidráulica del sistema lagunar no son los óptimos, por ello se establece que las aguas residuales que ingresan a este sistema no reciben un tratamiento adecuado para ser descargados al medio ambiente.

Palabras Claves: efluente, tiempo de retención hidráulica, eficiencia de remoción, medio ambiente.

ABSTRACT

The present research consists in developing a statistical evaluation of each parameter of wastewater characterization established in TULSMA (2015): standard of Environmental Quality and effluent discharges to the water resource, of the wastewater treatment system located on the left side of the Via Punta Carnero. Carried out the research it was found that some of the parameters of physical, chemical and Bacteriological Analysis comply with the established regulations and have good removal efficiency, however, in the other parameters their effluent does not comply with what the regulations establish, and their removal efficiency shows that they do not have a correct treatment. On the other hand, the hydraulic retention times of the lagoon system are not optimal, therefore it is established that the wastewater that enters this system does not receive an adequate treatment to be discharged to the environment.

Key words: effluent, hydraulic retention time, removal efficiency, environment.

INTRODUCCIÓN

El agua presenta múltiples usos, de acuerdo con Valenzuela (2014), es una sustancia vital en la supervivencia de los seres vivos, además es de importante relevancia, en actividades agrícolas, industriales y de minería. Según De la Lanza (1999) se caracteriza por ser un compuesto inorgánico incoloro, inodoro e insípido; su disponibilidad en la tierra, para el consumo humano, como lo hace notar Figuera (2014), está en los cuerpos de aguas superficiales (ríos, lagunas, lagos, represas y en manantiales subterráneos (aguas freáticas). Según Muñoz (2008) el hombre a lo largo del tiempo ha utilizado el agua no sólo para su consumo, sino también, para su comodidad y confort. Citando a Blum and De los Ángeles (2013), el acceso tanto al agua potable como al saneamiento adecuado, se los considera recursos esenciales para el desarrollo de una población.

Teniendo en cuenta a Romero (2004), Lozano (2012) y a Rojas (2002), la generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. (M. Bermeo, 2016) indica que tienen composición variada provenientes de las descargas de usos domésticos, municipales, industriales comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios y cualquier otro uso en general, que hayan sufrido degradación en su calidad original. Como expresa Metcalf (2000), si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes. Arce, Calderón, and Tomasini (2014) expresan que el agua residual se utiliza para hacer referencia al agua que ha sufrido una transformación química y adhesión con residuos sólidos que provienen de distintos usos de la población. Desde el punto de vista de Cun (2016), las aguas residuales según su composición se clasifican en convencionales, no convencionales y emergentes.

Citando a Arocutipa (2013) y López (2011), la contaminación de las aguas por descargas residuales constituye en la actualidad, una preocupación en América Latina y el resto del mundo, puesto que son una amenaza para la humanidad y seres vivos, por ser una vía de transmisión de enfermedades infectocontagiosas. Reynolds (2001) y UNESCO (2017) refieren que más de trescientos millones de habitantes de ciudades en América Latina producen alrededor de 225.000 toneladas de residuos sólidos por

día. No obstante, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben el debido tratamiento.

Montero, Molina, Pillco, Sarduy, and Diéguez (2020) manifiestan que la producción de aguas residuales en Ecuador es un problema al que se ha intervenido de manera ineficaz ya que no se dispone de infraestructuras físicas suficientes. El 90% de las aguas residuales en Ecuador se descargan en las fuentes de aguas dulces, sin algún tipo de tratamiento.

Honores (2020) y C. García and Fonseca (2016) consideran que el tratamiento de aguas residuales consta de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tiene como fin eliminar contaminantes presentes en el agua, no obstante, Ramalho (1996) menciona que el tratamiento de aguas residuales industriales genera complejidad en su proceso, de acuerdo a las características del agua de las diversas fábricas. Haciendo referencia a Tutillo (2012), los tratamientos de aguas residuales constan de fases básicas de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

Como señalan M. García, Gálvez, and López (1986) y Merchán (2018), existen algunos parámetros importantes de contaminación en las aguas residuales, para poder determinar estos indicadores es necesario clasificarlos teniendo así: parámetros de carácter físico, químico y biológico. Según Tchobanoglous and Crites (2000), generalmente las características presentes en las aguas residuales son los sólidos suspendidos, color, temperatura y olores; las características químicas se definen en tres grupos de acuerdo a sus componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos y las características biológicas vienen dadas por una variedad de organismos vivos de elevada capacidad metabólica.

La presente investigación se refiere a los parámetros de análisis físico-químico y bacteriológico del sistema de tratamiento de aguas residuales que como señala Córdova (2013) está ubicado a un costado de la vía Punta Carnero en el Cantón Salinas de la provincia de Santa Elena. Con base en INEC (2010), la población del cantón La Libertad y el cantón Salinas pertenecientes a la Provincia de Santa Elena, tienen su jurisdicción cantonal al sur de la Provincia, con una superficie territorial de 26 Km² y

27 Km²; y con una población actualizada de 95942 habitantes en ambos cantones mencionados. El objetivo de esta investigación tiene como fin conocer la calidad y eficiencia de afluente y efluente del sistema de tratamiento. Como expresa Montesinos (2014), se busca un análisis de calidad de una muestra de agua residual.

En el capítulo I se realiza una descripción de la problemática, la hipótesis y la metodología a utilizar, en el capítulo II como lo expresa Rolim (2000), se da a conocer las generalidades y todo lo competente a aguas residuales y sistemas de tratamiento, en el capítulo III como lo señala SENAGUA (2012) y TULSMA (2015), se describe la normativa de la investigación, en el capítulo IV se expone la metodología de la investigación y finalmente se expone en el capítulo V los resultados de la investigación.

CAPÍTULO I

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

Rojas (2002) menciona que el origen de los tratamientos de sistemas de aguas residuales data en los fines del año 1800. Estos sistemas se dan por el efecto de la relación que existían entre la contaminación de los cuerpos de aguas y las enfermedades de origen hídrico, además indica que inicialmente, el tratamiento de aguas residuales se realizaba mediante el vaciado de las mencionadas aguas a la superficie, pero rápidamente el suelo de los terrenos no eran lo suficientemente capaces de impregnar los grandes volúmenes de aguas que se presentaban.

Citando a Rojas (2002), en Inglaterra, después de haberse suscitado la pandemia del cólera a mitad del siglo XIX, se dio comienzo a la construcción de los sistemas de alcantarillado; pese a esto el tema de tratamiento de aguas residuales se le dio una mínima atención por parte de las autoridades. Debido a que sus ríos eran pequeños en caudal y en longitud, la contaminación en el agua se convirtió rápidamente en un severo problema, por esto se dio origen al tratamiento de aguas residuales, pero estos tratamientos no eran dirigidos más que para impedir problemas con la agricultura e industrias, y no con los problemas de salud.

Como plantea Martínez (2010), las lagunas de estabilización que desde un punto de vista técnico-económico favorecen una opción viable como medida al tratamiento de las aguas residuales domésticas, entonces para que estas logren ser tomadas en cuenta desde el punto de vista ambiental es de suma importancia entender el impacto que éstas causan al medio ambiente en el cual se desarrolla el proyecto en su fase preliminar, construcción y de funcionamiento.

De acuerdo con Valdez and Vázquez (2003), diversos son los procesos físicos, químicos y biológicos que se producen en los sistemas naturales acuáticos, y a lo largo del tiempo se han ido añadiendo variables al tratamiento de aguas residuales instituidos por la ingeniería; inspeccionando parámetros de caracterización al sistema

maximizando la velocidad en la que suceden estos procesos, para de esta manera estimar el tiempo del proceso de purificación. En los sistemas de tratamientos originados por la ingeniería, las reacciones se finalizan en secciones del tiempo y del espacio que se demandarían en los ecosistemas acuáticos para así lograr la misma eficacia.

Córdova (2013) afirma que la construcción de las lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales en el cantón La Libertad y el cantón Salinas datan del año 2002, no obstante, el mantenimiento no se ejecuta con frecuencia por lo que es muy probable que no se cumplan con los ciclos de función (tiempos de retención hidráulica y celular), que se necesitan para la digestión correcta de la carga orgánica.

La población del cantón La Libertad y del cantón Salinas con una superficie territorial de 26Km² y 27Km² cuentan según INEC (2010) con una población actualizada de 95942 habitantes en el cantón La Libertad y 68675 habitantes en el cantón Salinas. La planta de tratamiento de aguas residuales objeto del presente estudio se encuentra ubicado al costado izquierdo de la vía Punta Carnero como se observa en la figura 1, cuyas coordenadas geográficas se presentan en la tabla 1 detallada a continuación.

Tabla 1.

Cuadro de coordenadas geográficas del sistema lagunar

Puntos	Latitud	Longitud
A	02° 15' 27,88" S	80° 55' 6,71" O
B	02° 15' 31,05" S	80° 55' 0,55" O
C	02° 15' 55,05" S	80° 54' 51,9" O
D	02° 15' 53,55" S	80° 55' 6,69" O

Nota. Tomado de *Google Earth*.

Figura 1.

Ubicación geográfica del sistema lagunar



Nota. El presente gráfico representa dónde está ubicado el sistema de tratamiento de aguas residuales, ubicado en la vía Punta Carnero, en Cantón Salinas. Tomado de *Google Earth*.

1.2. Planteamiento del Problema

Desde la posición de López (2011), en América Latina las descargas continuas de aguas residuales provenientes de las actividades domésticas e industriales a los cuerpos y fuentes de agua constituyen uno de los inconvenientes que se vive en la actualidad y más serios que afectan duramente a la salud pública y al medio ambiente.

UNESCO (2019) manifiesta que los problemas de calidad del agua persisten tanto en los países desarrollados como en los países en vía de desarrollo, e incluyen la pérdida de cuerpos de agua en calidad óptima, el aumento de contaminantes emergentes, los impactos asociados con los cambios en la hidromorfología, y la dispersión de especies invasoras. Principalmente la mala calidad del agua es un factor que afecta directamente a las personas que hacen uso de estas fuentes como su principal suministro, limitando aún más su acceso al agua y aumentando los riesgos para la salud, sin mencionar su calidad de vida en general.

Por otra parte, UNESCO (2019) afirma que diferentes enfermedades vinculadas con el agua, entre ellas el cólera y la esquistosomiasis, continúan siendo habituales en diversos países en desarrollo, donde solo una parte muy pequeña (en algunos casos menos el 5%) de las aguas residuales domésticas y urbanas se tratan antes de su liberación al medio ambiente.

Reynolds (2001) da a conocer que, en referencia al Banco Mundial, más de trescientos millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen alrededor de 225.000 toneladas de residuos sólidos por día. No obstante, casi el 5% de las aguas de alcantarillado reciben tratamiento y en la actualidad según Banco Mundial (2020), el 20% de las aguas se vierte al medio ambiente sin haber recibido tratamiento alguno, las aguas negras son usualmente vertidas en aguas superficiales, creando a su vez un riesgo directo para la salud humana, los animales y la ecología.

La carrera de Ingeniería Civil de la facultad de ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena se encarga de formar profesionales en varias especialidades, siendo una de ellas el área de la ingeniería sanitaria y también la ingeniería ambiental. La necesidad de realizar una evaluación estadística a cada parámetro de caracterización de aguas residuales del sistema de la planta de tratamiento ubicado en la vía Punta Carnero perteneciente a la empresa pública mancomunada AGUAPEN-EP, se da con el fin de identificar si a las aguas residuales se le da un correcto tratamiento, constatando que cada parámetro del análisis físico, químico y bacteriológico realizado a los afluentes y efluentes del sistema, cumpla con lo que establece el libro VI Tulsma acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.

1.3. Formulación del Problema

¿La evaluación estadística de los parámetros de análisis físicos, químicos y bacteriológicos del sistema lagunar representarían un correcto tratamiento y sus efluentes cumplirían con los parámetros establecidos según el libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua?

1.4. Justificación

Según Córdova (2013), en el año de 1999 es donde la empresa AGUAPEN-EP sería fundada, misma que tomó como objetivo principal ofrecer la prestación de sus servicios a la que estaría destinada como servicios públicos, como alcantarillado pluvial, alcantarillado sanitario, agua potable y tratamientos de aguas servidas; la cual en su anhelo de tener las óptimas condiciones de vida para la ciudad, en el transcurso del tiempo ha ido desarrollando numerosos proyectos de infraestructura sanitaria, de acuerdo con su disposición financiera y competencia legal.

Córdova (2013) manifiesta que el adecuado manejo de las lagunas de estabilización del cantón Salinas, tiene como fin mejorar el índice de calidad de vida de la población, y de la misma manera disminuir significativamente el número de enfermedades de origen hídrico, enfocado fundamentalmente en los niños para su correcto crecimiento, así como también frenar los impactos ambientales negativos producidos al líquido vital, optimizar el comercio, y proveer una impresión positiva al turismo y al desarrollo de la Provincia.

Como lo plantea De La Pared (2011), en la actualidad la empresa AGUAPEN-EP, es la única que proporciona los servicios de tratamiento de aguas servidas y agua potable en la Provincia de Santa Elena, por otro lado, está conformada de ocho sistemas lagunares ubicados en distintos puntos de la Provincia, los cuales son: Santa Elena, Ballenita, San Pablo, Punta Carnero, Atahualpa, Ancón, Anconcito y Colonche.

Tomalá (2020) menciona que, gracias a un arduo y constante trabajo, AGUAPEN con el paso del tiempo, ha ido incorporando nuevas técnicas y metodologías, las cuales han dado posibilidad de dotar un mejor servicio a la población. Actualmente se mantiene gestionando con eficiencia los procesos y actividades con el único propósito de ofrecer un impecable servicio a los habitantes de la Provincia de Santa Elena.

Para la evaluación estadística a realizarse de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del tratamiento de aguas residuales, se estudiará su comportamiento de afluente y de efluente mediante la recolección de datos de años anteriores y datos

actuales de su análisis realizado de toma de muestras tomada a las lagunas de estabilización, por último, se determinará si existe algún cambio en el sistema.

1.5. Objetivos de la Propuesta

1.5.1. Objetivo General

Evaluar los parámetros de caracterización de aguas residuales: físicos, químicos y bacteriológicos del sistema de tratamiento de las lagunas de estabilización ubicado al costado izquierdo de la vía Punta Carnero, mediante un análisis estadístico de los mencionados parámetros para constatar que han recibido un correcto tratamiento, también si su efluente cumple con las especificaciones según el libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recolectar datos e información del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado al costado izquierdo de la vía Punta Carnero.
- Determinar si la calidad de efluente del sistema lagunar está dentro de los límites permitidos en el libro VI Tulsma acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.
- Calcular los tiempos de retención hidráulica del sistema de tratamiento.

1.6. Hipótesis

A partir de la evaluación estadística del análisis físico, químico y bacteriológico de los afluentes y efluentes del sistema lagunar, se identificaría el incumplimiento de los límites permitidos en el libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Independiente

Evaluación estadística del análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.7.2. Variable Dependiente

Libro VI TULSMA ACUERDO 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.

Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a mil habitantes.

1.8. Metodología

La metodología que se empleará para llevar a cabo el desarrollo de la investigación será aplicada en tres fases:

1.8.1. Recolección de Datos

En esta etapa se recolectará datos de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de los afluentes y efluentes del sistema lagunar desde el año 2014 hasta el presente año, así mismo el porcentaje de sedimentación de las lagunas, y por últimos los caudales medios y máximos con los que el sistema trabaja actualmente.

1.8.2. Análisis de Información

Se realizará el respectivo análisis de toda la información recolectada.

1.8.3. Procesamiento de Resultados y Evaluación Estadística

Para la realización de esta etapa se tomará en cuenta el software Microsoft Excel y posteriormente, se concluirá y determinará los diferentes resultados obtenidos tras los análisis de caracterización de aguas residuales de datos recolectados.

CAPÍTULO II

2. Aguas Residuales

2.1. Generalidades de las Aguas Residuales

Díaz, Alvarado, and Camacho (2012) refieren que por el término aguas residuales se entiende al efecto y a la acción en la que el ser humano introduce formas de energía, materias contaminantes o también inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto; a su vez también involucra alteraciones realmente perjudiciales de su calidad en relación a los usos posteriores o con su función ecológica. El líquido vital que proviene del sistema que suministra agua a una población, luego de haber sido modificado por varios usos en actividades de tipo domésticas, industriales y también comunitarias. Un agua residual está compuesta por componentes físicos, químicos y biológicos; se la puede considerar de alguna manera como una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, disueltos o suspendidos.

Según Metcalf & Eddy (1995), si en las aguas residuales se permite la acumulación y estancamiento, la disgregación de la materia orgánica que posee puede conllevar a la generación de grandes cantidades de gases pestilentes. A este hecho se le puede sumar la frecuente presencia en el agua residual bruta, de abundantes microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que residen en el aparato intestinal del ser humano o que a su vez pueden estar presentes en ciertos desechos industriales. Además, suele tener nutrientes, que pueden incitar el crecimiento de plantas acuáticas, y así mismo puede abarcar compuestos tóxicos. Es por ello que la evacuación inminente y sin molestias del agua residual de sus fuentes donde se generan, seguida de su tratamiento y eliminación, es no sólo deseable sino también de suma importancia en toda sociedad industrializada. En la tabla 2, se observa los contaminantes que posee un agua residual.

Tabla 2.*Contaminantes en el agua residual*

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua residual en aguas superficiales
Sustancias que consumen oxígeno (MO* 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: Nitrógeno Fósforo	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI, descarga natural.	Crecimiento indeseable de enfermedades.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica Metales pesados Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), y ARA (pesticidas, nutrientes); materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos Cloruros Sulfuros Ph Olores: H₂S	Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI Descomposición de ARD	Incremento del contenido de sal. Molestia pública.

Nota. *MO: Materia orgánica, *ARD: Aguas Residuales Domésticas, *ARI: Aguas Residuales Industriales, *ARA: Aguas Residuales Agrícolas. Tomado de *Alaerts (1995)*.

Como expresa Díaz et al. (2012), en el tratamiento de aguas residuales, el fin es eliminar los contaminantes de acuerdo a las normas y los estándares nacionales o internacionales. Según la diversidad de contaminantes que un agua residual se puede presentar, la manera de tratarlos es amplia y, por lo tanto, las técnicas que se utilizan en dichos procesos son diversas, y se clasifican según su operación, en alternativas y convencionales. En la tabla 3, se muestra según OEFA (2014), la clasificación de las aguas residuales.

Tabla 3.

Clasificación de las aguas residuales

Tipo	Definición
Aguas residuales domésticas	Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos y orgánicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
Aguas residuales industriales	Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
Aguas residuales municipales	Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Nota. Tomado de *OEFA (2014)*.

Como plantean Bermeo and Salazar (2013), la generación de aguas residuales es un resultado inevitable de las actividades que realizan los seres humanos. El tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales considera la comprensión de las características físicas, químicas y biológicas de las mencionadas aguas; de cuál es su significado y de sus efectos principales que puede causar sobre la fuente receptora, la figura 2 muestra la fuente receptora del presente trabajo de titulación. El sistema de calidad de la fuente receptora está establecido en restringir las concentraciones de los vertidos líquidos antes de su descarga a la fuente receptora, independientemente de las características de éste.

Figura 2.

Estero Carnero, donde se depositan las aguas residuales del Cantón Salinas



Nota. Tomado de *Castro (2018)*.

2.2. Composición de las Aguas Residuales

Dicho con palabras de Van Haandel and Lettinga (1994), la composición de las aguas residuales está referida en las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes. La composición y la concentración de estos constituyentes siempre dependerá hasta cierto punto de las costumbres socio-económicas de la población constituyente.

Rojas (2002) refiere que, por lo general, las aguas residuales comprenden alrededor de un 99,99% de agua y lo demás está compuesto por elementos sólidos. Los desechos sólidos están constituidos por elementos orgánicos y elementos minerales. Los elementos minerales proceden de los subproductos que son excluidos en la vida diaria y así mismo de la calidad de las aguas de abastecimiento. Los elementos orgánicos proceden propiamente de la actividad humana y está conformada por elementos carbonáceos, grasas y proteínas. Las proteínas comprenden entre el 40 - 50% de los elementos orgánicos y están representadas por los complejos aminoácidos y proveen la mayor fracción de los nutrientes bacterianos. Cerca de un 50 - 60% de las proteínas se hallan diluidas en las aguas residuales y un 20 - 30% en la parte sedimentable.

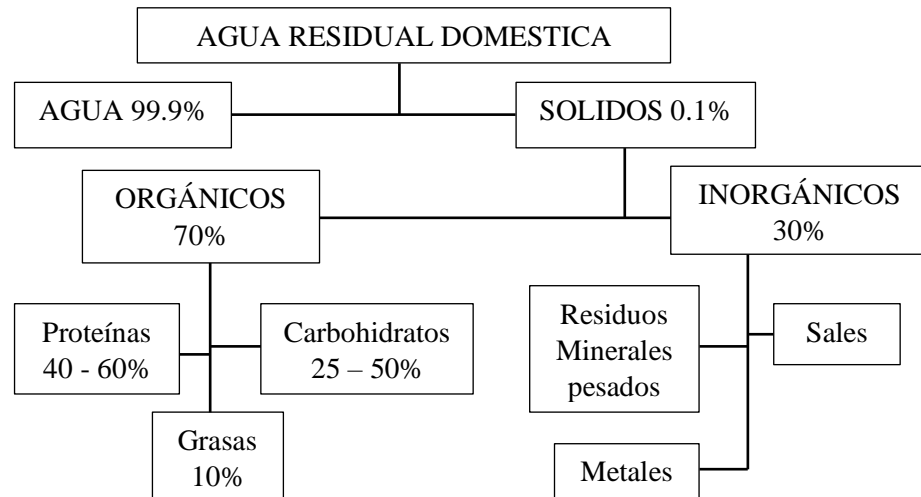
Los elementos carbonáceos están representados por los hidratos de carbono y que a su vez están comprendidos por los almidones, la celulosa y los azúcares, de este elemento carbonáceo, los dos iniciales son fácilmente degradables. Los porcentajes de hidratos de carbono que se hallan diluidos y sedimentables son similares a las proteínas. Las grasas incorporadas en los ácidos grasos no suelen ser solubles y su degradación es más paulatina.

Empleando las palabras de Von Sperling and De Lemos Chernicharo (2005), el agua residual doméstica tiene solo aproximadamente un 0,1% de sólidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo éste 0,1% el que debe ser sometido en las plantas de tratamiento de aguas residuales PTARs. La composición del agua residual está en función del uso, está depende tanto de las características sociales de la población, así como del clima, la

cultura y del uso del suelo entre otras. La figura 3 representa la composición típica de un agua residual doméstica.

Figura 3.

Composición típica de un agua residual doméstica



Nota. Tomado de *Alvites (2018)*.

2.3. Clasificación de las Aguas Residuales

Zambrano, Saltos, and Villamar (2009) destacan que directa o indirectamente la contaminación de aguas residuales se la puede estimar como una impurificación artificial, originada por el hombre o por sus actividades que realiza. De tal manera, es común estudiar la contaminación refiriendo las causas o las actividades que provocaron la misma, a continuación, se mencionan los tipos más comunes de aguas residuales:

- ✓ Aguas residuales domésticas
- ✓ Aguas residuales industriales
- ✓ Aguas residuales de origen agrícola
- ✓ Aguas residuales pecuarias
- ✓ Aguas de escorrentía urbana

2.3.1. Aguas Residuales Domésticas

Kestler (2004) refiere que desde una definición conceptual son líquidos provenientes de viviendas y también de edificios comerciales e institucionales, que son conducidos por una red de drenaje hacia una planta de tratamiento, con mayor preferencia; y desde una definición operacional se denomina como una cantidad de agua de desecho con posibilidad de reutilización en la vivienda.

Tal como expresan Zambrano et al. (2009), este tipo de agua residual está compuesta por aguas fecales, aguas de lavado y también de limpieza. Sus principales contaminantes que contienen son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos detergentes, nitrógeno y fósforo, no obstante, contiene otros contaminantes, pero en menores proporciones. En la tabla 4 se muestra la composición de un agua residual doméstica.

Según Rada (2019), las aguas residuales domésticas, son el resultado de las actividades que realizan las personas en la vida diaria como la preparación de alimentos, lavado de ropa, baño, limpieza, entre otros. Estos efluentes domésticos presentan un elevado contenido de detergentes, materia orgánica, jabones y grasas, por lo cual es indispensable un proceso depurador para la correcta eliminación de dichos contaminantes.

Rada (2019) expone que, por lo general, estos efluentes son más conocidos como aguas negras o servidas que, depuradas o sin depurar, desembocan en esteros, lagos, ríos, etc. La importancia de su descontaminación y su tratamiento radica en hacer posible la devolución del líquido a afluentes naturales, sin que estos representen un peligro para el ecosistema.

Tabla 4.*Composición de un agua residual doméstica*

CONSTITUYENTE	CONCENTRACIÓN mg/l		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL
SÓLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos SD	850	500	250
SD fijos SDF	525	300	145
SD volátiles SDV	325	200	105
En suspensión SS	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	20	10	5
DBO5	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITROÓGENO (Total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FÓSFORO (Total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALINIDAD (como Co_3Ca)	200	100	50
GRASA	150	100	50

Nota. Tomado de Zambrano et al. (2009).

2.3.2. Aguas Residuales Industriales

Rodríguez et al. (2006) refieren que son todas las aguas residuales derramadas desde locales empleados para realizar cualquier función comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni tampoco de escorrentía pluvial. Los compuestos inorgánicos y orgánicos generalmente los encontramos en aguas residuales provenientes de instalaciones industriales diversas. Estas aguas a diferencia que tienen con las aguas residuales domésticas, los efluentes de las aguas residuales industriales tienen en constancia sustancias que no comúnmente se eliminan por tratamientos convencionales, puesto que se presentan en concentraciones muy elevadas, o también

por su naturaleza química. Los compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en estas aguas son tóxicos a efectos biológicos a largo plazo.

Zambrano et al. (2009) mencionan que la materia orgánica aparece normalmente en estas aguas de manera disuelta en proporciones mayores (aproximadamente el 80%) que en las aguas residuales de tipo domésticas en donde se da proporciones (aproximadamente 20 - 40%). Esta materia orgánica se da en concentraciones muy elevadas, oscilando entre 1.000 y 100.000 mg/l de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días), mientras que en las aguas residuales domésticas los valores generalmente oscilan entre 100 y 400 mg/l). En cambio, el Nitrógeno y el Fósforo se presentan proporcionalmente con la materia orgánica, en menores cantidades que en las aguas residuales domésticas. Si la relación DQO/DBO₅ es mayor que 2.5 es probable que se originen problemas con los tratamientos biológicos, además si las aguas residuales concentran sustancias tóxicas, la DBO₅ es muy probable que se anule o que se dé muy baja, ocasionando nuevamente problemas con los tratamientos biológicos.

2.3.3. Aguas Residuales de Origen Agrícola

Zambrano et al. (2009) plantean que el origen de la contaminación agrícola está en el arrastre, por las aguas de lluvia y el agua de riego, de los productos usados en la agricultura. El agua residual se integra a las etapas del ciclo hidrológico (escorrentía superficial, subsuperficial, subterránea, etc.) llevando consigo los contaminantes. Los ríos, acuíferos y embalses van a ser las multitudes de agua receptoras que tolerarán los inconvenientes de este tipo de contaminación. Las actividades agrícolas pueden generar dos tipos muy diferentes de contaminación en función de si los compuestos son utilizados como abono o lo son como pesticidas.

Según Pérez, Carrasco, and Núñez (2005), los efluentes de aguas residuales de origen agrícola poseen una alta concentración de sustancias orgánicas y compuestos de nitrógeno, fósforo y azufre, los que fluctúan de manera considerable en cantidad y también en su composición. Esto a su vez crea serios problemas cuando tales efluentes

se descargan en los diferentes cuerpos receptores, ya sea en el alcantarillado, plantas de tratamiento, recurso hídrico o suelos.

2.3.4. Aguas Residuales Pecuarias

Según Tejero, Suárez, Jacóme, and Temprano (2001), las aguas residuales pecuarias poseen características similares a las aguas residuales domésticas por lo general, debido a que proceden de animales de sangre caliente, con excepción que no incluyen detergentes. Las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos condicionan los sistemas de conducción, transporte y también el tratamiento de las aguas residuales pecuarias.

Zambrano et al. (2009) mencionan que cuando la contaminación es difusa el transporte está asociado a los fenómenos hidrológicos como son la escorrentía superficial, subsuperficial, etcétera, y su control es dificultoso, el estiércol en algunas regiones es comúnmente usado como abono natural, lo que ocasiona que los compuestos de las aguas residuales de los establos pasen a ser contaminantes difusos en las cuencas. Lo normal en la cuenca es que provea de tantos vertidos localizados como difusos de contaminación ganadera. Como indicadores de contaminación bacteriológica estas se utilizan igualmente para los humanos, la proporción del volumen de agua que traslada los residuos fecales de los animales es menor que la de las aguas residuales domésticas. Esto a su vez define que las densidades que hallemos de materia orgánica (MO) o de sólidos en suspensión (SS) sean muy elevadas. Las altas densidades estipulan los sistemas de conducción y transporte, y el tratamiento de las aguas residuales pecuarias, por lo general en estas aguas residuales no hay detergentes. En la tabla 5 se muestra la carga de contaminantes de residuos animales.

Tabla 5.*Carga de contaminantes de residuos animales*

ANIMAL	PESO MEDIO DEL ANIMAL (Kilos)	RESIDUOS TOTALES (Kg/cad. día)	DBO5
Ganado bovino	363	18-27	0,45-0,68
Vacas	590	44	0,91
Pollos	-	0,050	0,0044
Gallinas	-	0,059	0,0044
Cabras y ovejas	-	7	0,160
Pavos	6,8	0,41	0,023
Patos	1,6	-	0,005-0,029
Caballos		37	0,0360

Nota. Tomado de Zambrano et al. (2009).**2.3.5. Aguas Residuales de Escorrentía Urbana**

Como expresa Paladines and Salazar (2016), esta agua viene a formarse por la escorrentía de las precipitaciones que arrastran sólidos gruesos, y arenas de calles, terrazas, techos y otras superficies por donde circule; las cuales ingresan al alcantarillado, mezclándose con el agua residual de tipo doméstica.

Según Zambrano et al. (2009), son aguas que provienen de precipitaciones de aguas lluvias o nieves sobre una cuenca urbana. En un agua urbanizada los caudales suelen ser del orden de 50 a 200 veces superiores en volumen a los vertidos domésticos, comerciales e industriales. La superficie de una ciudad que recibe la lluvia es generalmente de dos tipos: permeable e impermeable. Usualmente las que predominan son impermeables de edificios, pavimentos, calzadas, azoteas, aceras, etc.; mientras que las superficies permeables la componen los jardines, patios interiores, solares sin edificar, etc.

Zambrano et al. (2009) menciona que el porcentaje elevado de superficies impermeables siempre es una característica de la zona urbana. Las aguas de escorrentía no son esencialmente limpias. De la lluvia que cae, una fracción se emplea en mojar las superficies; otra se evapora y otras se quedan atrapadas en huecos y depresiones del suelo. Si continúa lloviendo el agua se movilizará hacia los puntos de recogida,

drenando por superficies impermeables, y a su vez, se va limpiando y transportando en disolución y suspensión, los contaminantes acumulados sobre el suelo.

2.4. Tratamiento de Aguas Residuales

Según Pallo (2015), los sistemas de tratamiento de aguas residuales están diseñados con el único fin de eliminar microorganismo y sustancias que pueden dar lugar a enfermedades y en la mayoría de casos a la contaminación del medio ambiente. Los sistemas de tratamiento a aplicar varían según la cantidad y concentración de las aguas residuales, el área con que se cuente para proveer tratamiento, la condición económica del cantón o parroquia y el grado de sofisticación de los técnicos manejan el tratamiento.

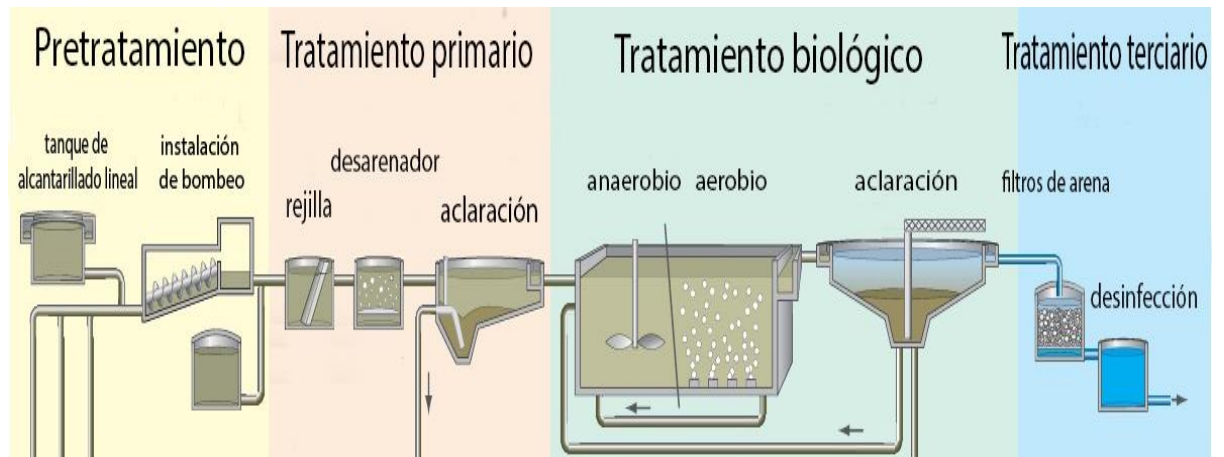
Terence (1999) menciona que no existe un único sistema que sea el que más convenga para la disposición de todas las aguas residuales. Es deber del ingeniero investigar cada sistema físicamente practicable para poder determinar la técnica más económica que sea ambiental y socialmente aceptada. En la figura, se presenta el tratamiento de aguas residuales convencionales.

Toscano (2014) refiere que el tratamiento de aguas residuales se puede realizar en cuatro etapas que comprenden procesos físicos, químicos y biológicos, presentes entre ellos los siguientes:

- ✓ Tratamiento preliminar
- ✓ Tratamiento primario
- ✓ Tratamiento secundario
- ✓ Tratamiento terciario

Figura 4.

Tratamiento convencional de aguas residuales



Nota. Tomado de <https://www.bluegold.es/biorreactores-de-membrana-mbr-descripcion-y-aplicacion/>

2.4.1. Tratamiento Preliminar

Pallo (2015) define que el pretratamiento o sistema de tratamiento preliminar es el encargado de retener y separar materiales de gran tamaño presentes en el agua a tratar, evitando de esta manera que se interrumpan los procesos de tratamientos posteriores. Las sustancias que se presentan en el agua son separadas mediante uno o varios procesos, que van, desde la utilización de rejillas hasta tamices gruesos.

2.4.2. Tratamiento Primario

Como lo hace notar Valencia (2014), el tratamiento primario es el sistema más común en el tratamiento de aguas residuales, puesto que tiene la función de preparar el agua a tratar, limpiándola de todas aquellas partículas que por sus dimensiones pueden llegar a alterar de alguna manera los procesos consecuentes. Generalmente este tratamiento remueve aproximadamente el 60% de sólidos suspendidos y un 40% de DBO, este tratamiento se da por los siguientes procesos:

2.4.2.1. Remoción de Sólidos y Arenas. Citando a Toscano (2014), en este proceso el afluente es filtrado en cámaras de rejillas con el fin de eliminar objetos grandes como trapos, latas, etc. Es el más usado generalmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente.

Toscano (2014) expresa que las arenas y piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento, en este proceso hay un canal de arena donde las aguas residuales tienen una velocidad cuidadosamente controlada para permitir que las arenas y piedras tomen partículas.

2.4.2.2. Sedimentación. Según Valencia (2014), la sedimentación es el proceso en el cual los sólidos en suspensión de un fluido se separan del mismo por la acción de la gravedad. El agua que está en movimiento arrastra consigo materia floculante y partículas granulares livianas, manteniéndolas en suspensión. Este proceso se produce en decantadores, que son tanques de sección rectangular o circular, cuyo fondo generalmente está inclinado hacia uno o más puntos de descarga.

2.4.2.3. Flotación. Toscano (2014) define este proceso como una alternativa a la sedimentación, la fuerza de entrada de aire se fuerza a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm². La flotación puede eliminar alrededor de un 75% de sólidos en suspensión.

2.4.2.4. Digestión. Garcia (2019) menciona que es un proceso de aplicación pretérita, donde se genera la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno mediante la estabilización de lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, teniendo como resultado un efluente con menor contenido de materia orgánica.

2.4.2.5. Desecación. Toscano (2014) refiere que la absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación, se

requiere un clima seco y relativamente cálido para que se dé una eficacia óptima en el tratamiento y en posteriores fases.

2.4.3. Tratamiento Secundario

Según Orellana (2015), esta fase del tratamiento de aguas residuales abarca procesos biológicos tanto aerobios, como anaerobios, así como físico-químicos (floculación) que disminuyen gran parte de la demanda biológica de oxígeno. El objetivo principal de esta fase es remover los sólidos en solución y disgregados modificándolos biológicamente y posteriormente sometiéndole a la sedimentación, así como también reducir la cantidad de materia orgánica que se presenta en el agua. Este tratamiento supone, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de residuos y en donde la materia orgánica nueva debe eliminarse antes de ser descargada al cuerpo receptor. Se presentan los siguientes procesos:

2.4.3.1. Filtro de Goteo. Rojas, Pereira, Martinez, Guzman, and Miranda (2013) menciona que, en este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua, este proceso puede reducir un 85% del DBO₅.

2.4.3.2. Estanque de Estabilización. Según Toscano (2014), se requiere de una extensión de terreno considerable para un estanque de estabilización, por lo que son construidas en zonas rurales. En su zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Se puede lograr una reducción de un 75% a un 85% del DBO₅.

2.4.3.3. Filtros Biológicos. Valencia (2014) define que permiten la remoción de materia orgánica a través de un medio poroso granular, esté al recibir

agua con suficiente carga orgánica disuelta, tiende a formar una película biológica alrededor de los granos del medio poroso. La filtración biológica se da de dos formas distintas: con filtración rápida o filtración lenta.

2.4.4. Tratamiento Terciario

Como lo hace notar Díaz (2016), en esta fase de tratamiento esta direccionada a la disminución final de metales pesados como la Demanda Bioquímica de Oxígeno o contaminantes químicos de forma específica, así como la eliminación de parásitos y agentes patógenos. Se lleva a cabo con el fin de eliminar algunos contaminantes específicos como fosfatos derivados del empleo de detergentes domésticos e industriales, los que originan un crecimiento vertiginoso de la flora acuática, consumiendo el oxígeno presente; se presentan dos procesos en este tipo de tratamiento:

2.4.4.1. Remoción de Nutrientes. Empleando las palabras de Oliveros and Wild (2019), la remoción de nutrientes provenientes de aguas residuales consiste en utilizar algún método físico, químico o biológico para eliminar el nitrógeno y el fósforo, contaminantes que generan efectos negativos en los cuerpos de agua. En el tratamiento de aguas residuales se realizan una serie de procesos que tienen como propósito eliminar o reducir la concentración de los contaminantes provenientes de los efluentes, minimizando los riesgos para el medio ambiente y las comunidades que habitan en sus cercanías.

Oliveros and Wild (2019) afirma que en la actualidad la remoción de nutrientes de aguas residuales viene utilizando microalgas como un sistema rentable y altamente eficiente, lo que se debe al aprovechamiento de las capacidades fotosintéticas que estos microorganismos tienen para convertir la energía solar en biomasa útil de alto valor calorífico y procesar nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

2.4.4.2. Desinfección. Citando a Toscano (2014), el propósito del proceso de desinfección en el tratamiento de aguas residuales se da con el objetivo de reducir substancialmente el número de organismos presentes en líquido que será

descargado de nuevo en el medio ambiente. La efectividad de este proceso dependerá netamente de la calidad del agua que es tratada, del tipo de desinfección que es utilizada de la dosis del desinfectante y de otras variables ambientales.

En la tabla 6, se presentan las características principales de los niveles de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6.

Características de los principales niveles de tratamientos de aguas residuales

Ítem	Nivel de tratamiento			
	Preliminar	Primario	Secundario	Terciario
Contaminantes removidos	Sólidos gruesos (basuras, arenas) Grasas Acondicionamiento químico pH)	Sólidos suspendidos sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente)	Sólidos no sedimentables Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente) Patógenos (parcialmente)	Contaminantes específicos Materia orgánica fina y soluble (pulimento) Nutrientes patógenos (principalmente)
Eficiencias de remoción	DBO: 0-5% Coliformes: =0% Nutrientes: =0%	SS: 60%-70% DBO: 30-40% Coliformes: 30-40% Nutrientes: <20%	SS: 60%-99% DBO: 60-99% Coliformes: 60-99% Nutrientes: 10-50%	SS: >99% DBO: >99% Coliformes: >99.9% Nutrientes: >90%
Mecanismo predominante	Físico	Físico	Biológico o químico	Biológico o químico
Cumple patrón de vertimiento	No	No	Usualmente sí	Sí
Cumple patrón de reúso	No	No	Usualmente sí	Sí
Aplicación	Aguas arriba de estaciones de bombeo Etapa inicial del tratamiento Indispensable. Independiente de la complejidad del tratamiento y del uso del efluente (vertimiento o reúso agrícola)	Tratamiento parcial Etapa intermedia del tratamiento Su uso depende del tipo de tratamiento posterior recomendable en reúso para evitar obstrucción de los sistemas de riego	Tratamiento más completo para la remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos Para nutrientes con adaptaciones o inclusión de etapas específicas (parcialmente) Adecuada para la aplicación en riego (con desinfección)	Tratamiento completo para remoción de material no biodegradables y disuelto Remoción de nutrientes y coliformes Principalmente, para la remoción de patógenos Sin restricción de uso para cualquier tipo de cultivo

Nota. Tomado de (Díaz, 2016).

CAPÍTULO III

3. Normativas Referentes a Aguas Residuales en el Ecuador

En el presente trabajo de investigación se toma en cuenta dos reglamentaciones referentes a descargas y tratamientos de aguas residuales, a continuación, se destacan las dos normativas vigentes que se apreciarán en la investigación:

- ✓ Libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua.
- ✓ Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

3.1. Libro VI Tulsma Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua

La presente norma técnica ambiental tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación, en lo relativo al recurso agua. Su objetivo primordial es la protección de la calidad del líquido vital para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones del ambiente en general, la norma en referente a la investigación realizada tendrá los siguientes usos del agua y las disposiciones generales como:

- ✓ Uso agrícola o riego.
- ✓ Disposiciones generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.

3.1.1. *Criterios de Calidad de Aguas de Uso Agrícola o de Riego*

Según TULSMA (2015), se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades complementarios que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, con excepción de las aguas servidas que han tenido algún tratamiento y que cumplan con los criterios de calidad admisibles para aguas destinadas a uso agrícola que se presentan en la tabla 7.

Tabla 7.*Criterios de calidad de aguas para riego agrícola*

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Material flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota. Tomado de (TULSMA, 2015).

3.1.2. Disposiciones Generales para Descarga de Efluentes a Cuerpos de Agua Dulce

TULSMA (2015) establece que, dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y contaminantes futuras.

TULSMA (2015) menciona que la Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras. En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la tabla 7 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el

aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

TULSMA (2015) afirma que las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en la presente norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuese su origen: público o privado.

Tabla 8.

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al Azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Nota. Tomado de (TULSMA, 2015).

3.2. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayor a 1000 Habitantes

La presente norma tiene como propósito conseguir que los diseños de abastecimientos de agua potable y de eliminación de aguas residuales se realicen dentro de un marco técnico adecuado para la realidad ecuatoriana, en la presente investigación en relación a esta reglamentación se hace referencia al sistema de tratamiento de aguas residuales.

3.2.1. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*

Según SENAGUA (2012), el objetivo principal de estas normas es proporcionar al ingeniero Sanitario y Ambiental un conjunto de criterios básicos de diseño para el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales a los niveles preliminar, básico y definitivo. En la presente investigación se da un tratamiento por lagunas de estabilización.

3.2.1.1. Lagunas de Estabilización. SENAGUA (2012) refiere que se entiende por lagunas de estabilización a estanques construidos de tierra, de profundidad reducida (< 5m), diseñados para el tratamiento de aguas residuales, por medio de la interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) La finalidad de este proceso es de entregar un efluente de características múltiples establecidas (DBO, DQO, OD, SS, algas, nutrientes, parásitos, enterobacterias, coliformes, etc.). A continuación, se detallan los tres tipos de lagunas existentes en el sistema lagunar a estudiar:

3.2.1.1.1. Lagunas Anaeróbicas. Como señala SENAGUA (2012), las lagunas anaeróbicas son generalmente empleadas como primera unidad de un sistema de tratamiento, en casos donde la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones y desechos industriales, en cuyo caso pueden darse varias unidades anaeróbicas en serie. Debido a las altas cargas que soportan este tipo de unidades de tratamiento y a las reducidas eficiencias,

se hace necesario el tratamiento posterior, por lo general se dan por lagunas facultativas.

SENAGUA (2012) señala que no existe un criterio para poder dimensionar lagunas anaerobias, no obstante, se presentan recomendaciones alternativas para temperaturas de alrededor de 20°C:

- ✓ Profundidad entre 2,5 m y 5m.
- ✓ Período de retención nominal alrededor de 5 días.
- ✓ Eficiencia de remoción de DBO: 50%

Otra definición respecto a estas lagunas es la que expone Romero (2004), donde refiere que las lagunas anaerobias suelen tener profundidades entre 2 y 5 m, el parámetro más utilizado para el diseño de lagunas anaerobias es la carga volumétrica que por su alto valor lleva a que sean habituales tiempos de retención con valores comprendidos entre 2 a 5 días.

3.2.1.1.2. Lagunas Facultativas. SENAGUA (2012) menciona que las características principales de este tipo de lagunas son el comensalismo entre algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados en el fondo. Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema lagunar puede ser como laguna primaria única, o como unidad secundaria después de lagunas anaeróbicas o aireadas.

SENAGUA (2012) afirma que, para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe estar por encima de 1,2 m. La profundidad varía entre 1,5 m y 2,5 m, la profundidad mínima recomendada es de 1.5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para acumulación de lodos entre periodos de limpieza alrededor de 10 años. Esta altura adicional es generalmente del orden de 0,3 m y deberá ser determinada calculando la disminución del volumen por concepto de digestión anaeróbica en el fondo.

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en mayor parte del perfil vertical (Rolim, 2000). Como lo hace notar Estrada (2020), el tiempo de retención hidráulica en estas lagunas varia de 5 a 30 días.

3.2.1.1.3. *Lagunas de Maduración.* (Rolim, 2000) expresa que este tipo de lagunas tiene como objetivo principal la eliminación de bacterias patógenas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución bien oxigenado.

(Rolim, 2000) manifiesta que, por lo general, las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria, su tiempo de retención hidráulica varia de 3 a 10 días, y mínimo 5 días. Suelen tener profundidades de 1 a 1,5 metros.

CAPÍTULO IV

4. Metodología de la Investigación

Para la realización de la siguiente investigación se identifica cada parámetro de caracterización de agua residual, con su definición, sus promedios de afluente y efluente y finalmente su eficiencia de remoción, además se denota la determinación de tiempos de retención hidráulica de las lagunas de estabilización del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para obtener los promedios de afluente y efluente de cada parámetro de caracterización de agua residual se utiliza la barra de herramientas de edición del software Microsoft Excel, así mismo se le da uso este software para obtener las gráficas dinámicas correspondientes a los promedios obtenidos de afluentes y efluentes de los análisis de caracterización de aguas residuales correspondientes a los años 2014 al 2020.

Para obtener la eficiencia de remoción de cada parámetro de caracterización de aguas residuales, se toma en cuenta a Romero (2004), quien denota la siguiente ecuación:

$$E(\%) = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100 \quad (1)$$

4.1. Parámetros de Caracterización de Aguas Residuales Según TULSMA (2015)

Los parámetros de caracterización de aguas residuales pueden ser: físicos, químicos y biológicos o bacteriológicos.

4.1.1. Parámetros Físicos

Entre los parámetros de caracterización física de aguas residuales, según TULSMA (2015), son considerados los siguientes:

4.1.1.1. Color Real. Según Severiche, Castillo, and Acevedo (2013), el color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. Es considerado un indicativo de la edad de las aguas residuales. El agua residual reciente suele ser más clara, específicamente gris; no obstante, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias presentes, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce y el color cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual ha perdido su oxígeno disuelto por lo tanto se da como séptica.

4.1.1.2. Material Flotante. Quiñónez (2009) manifiesta que material flotante a cualquier sustancia sólida de una muestra de agua residual y residual tratada retenida en una malla de acero inoxidable. La determinación de material flotante en aguas residuales tratadas y no tratadas es de gran importancia para el control y tratamiento de las descargas. Principalmente se fundamenta en un método cualitativo basado en la observación del material flotante en una muestra in situ.

4.1.1.3. Sólidos Suspendedos Totales. Como señala Vera and Zambrano (2019), estos sólidos se refieren a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Los SST son parámetros utilizados en los tratamientos de aguas y la evaluación de calidad de agua, generalmente establecen la cantidad de sólidos (medidos por lo habitual en miligramos por litro - mg/l), presentes en suspensión. Los residuos no filtrables de una muestra en el agua natural, residual industrial o doméstica, se los definen como la fracción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que se secará a 103°C - 105 °C hasta un peso constante. Los sólidos suspendidos totales se dan para la evaluación de la calidad general del agua después de un proceso de tratamiento, se considera que si se presenta un valor alto de SST es inaceptable puesto que contienen una cantidad significativa de contaminantes presentes en el agua.

4.1.1.4. Sólidos Totales. Como plantea Vargas (2010), la determinación de sólidos totales se efectúa mediante la evaporación y el secado de una determinada muestra en un recipiente cuantificable de peso conocido. En análisis de aguas residuales, estos valores no se dan con mucha relevancia, debido a que la medición de

la materia contaminante en estas aguas se da con más claridad con pruebas como la DBO₅ y la DQO.

Vargas (2010) plantea que, la determinación de los sólidos es fundamental para el diseño y funcionamiento de las unidades de digestión de lodos, de los filtros de vacío y de los de incineración. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales o incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológico y físicos de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento. La razón del interés de este constituyente es la formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias.

4.1.1.5. Temperatura. Teniendo en cuenta a Garzón and Espino (2005), la temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua de abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Afecta de manera directa a las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación para otros fines. Por ejemplo, el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. Además, un cambio repentino de temperaturas puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática. Finalmente, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

4.1.2. *Parámetros Químicos*

Entre los parámetros de caracterización química de aguas residuales, según (TULSMA, 2015), son considerados los siguientes:

4.1.2.1. Potencial de hidrógeno. Según AguaMarket (2005), el pH es una medida que indica la acidez del agua. Su rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango neutral. Un pH menor indicará acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. Se puede ver afectado por la sedimentación atmosférica provenientes de industrias y transportes, los vertidos de aguas residuales, los drenajes de las minas

y el tipo de suelos que forman el lecho de la masa de agua estudiada. La acidez se mide a través del pH que en realidad es el logaritmo de la actividad o concentración molar de los iones de Hidrógeno.

AguaMarket (2005) define que la concentración del ión Hidrógeno es un parámetro de vital importancia en la calidad de las aguas residuales, debido a que el intervalo adecuado para la óptima proliferación y desarrollo de la vida biológica es muy angosto y crítico. El agua residual con concentraciones de pH inadecuadas presenta graves complicaciones en su tratamiento a través de medios biológicos.

4.1.2.2. Cloro Residual. Desde la posición de Organización Mundial de la Salud (2009), el cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. No obstante, el cloro se consume a medida que los organismos se destruyen. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos.

Organización Mundial de la Salud (2009) refiere que el cloro residual se debe revisar frecuentemente. Si el sistema es nuevo o se rehabilitado, se deben hacer chequeos diarios hasta que esté seguro de que el proceso de cloración está funcionando correctamente. Después de esto, se debe hacer por lo menos, un control semanal.

4.1.2.3. Aceites y Grasas. Argandona and Macias (2013) definen que, en aguas residuales, los aceites y las grasas son los principales lípidos de importancia. Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes.

Argandona and Macias (2013) menciona que los aceites y grasas son muy difíciles de transportar en las tuberías de alcantarillado, porque tienen baja capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar biológicamente y, generalmente, se requiere su remoción en plantas de pretratamiento. Pueden constituir un problema serio de polución en mataderos, frigoríficos, industrias empacadoras de carnes, fábricas de aceite de cocina y margarina, restaurantes, etc.

4.1.2.4. Compuestos fenólicos. Desde el punto de vista de Carvajal (2019), la presencia de compuestos fenólicos en el agua, en varias ocasiones se da debido a la descomposición de plantas y animales muertos en los cuerpos de agua. El fenol por lo general está presente en una gran variedad de efluentes industriales, por lo cual estas industrias, se consideran fuentes antropogénicas de contaminación; son bastantes resistentes a la degradación natural y, por lo tanto, persisten en el medio ambiente.

Carvajal (2019) refiere que la mayoría de compuestos fenólicos pueden penetrar fácilmente en la piel y ser fácilmente absorbidos por el tracto gastrointestinal de los humanos. Debido a la alta toxicidad que presentan el fenol y sus derivados, incluso a bajas concentraciones, es de suma relevancia lograr su mineralización antes de su vertimiento a cuerpos de aguas superficiales, debido a esto se debe su tratamiento.

4.1.2.5. Demanda Química de Oxígeno. AguasResiduales.Info (2015) manifiesta que la demanda química de oxígeno es el método tradicional que reemplaza a los microorganismos y su uso del oxígeno con el uso de un reactivo fuerte. La DQO determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

AguasResiduales.Info (2015) manifiesta que realizar el análisis de DQO de forma correcta es de suma relevancia para poder lograr una eficacia en la depuración de aguas, y que a su vez puede ayudar a diagnosticar cualquier problema que se presenta en el tratamiento. Si las instalaciones para el tratamiento de aguas no reducen el contenido orgánico de las aguas residuales antes de que estas ingresen a las aguas naturales, los microbios que se encuentran en el agua receptora consumirán esta materia orgánica, luego estos microbios consumirán el oxígeno en el agua receptora como parte de la descomposición de desechos orgánicos. En este proceso se da el agotamiento del oxígeno, junto con las condiciones ricas en nutrientes al que se lo denomina eutrofización, la cual es una condición del agua natural que puede llevar a la muerte de la vida animal.

4.1.2.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días). De acuerdo con IDEAM (2007), uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas residuales es el ensayo de DBO a los cinco días. Fundamentalmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un período de cinco días a 20°C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65% a 70% del total de la materia orgánica oxidable.

Lecca and Lizama (2014) ratifican que la materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua. El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Entre los efectos al ecosistema, se encuentra el cambio en la calidad del agua, y la posible elevación del pH, generando condiciones negativas como la desaparición de peces y plantas.

4.1.2.7. Hidrocarburos Totales de Petróleo. Empleando las palabras de Estrella and Guevara (2010), la contaminación de aguas y suelos por hidrocarburos, tiene un efecto sobre sus propiedades. La determinación cuantitativa de los compuestos de origen del petróleo es muy relevante en aguas residuales, por la disminución en el contenido de oxígeno en el agua, de la misma manera disminuye la tensión superficial, afectando a los ecosistemas y afectando a la salud humana. Los Hidrocarburos de petróleo son entendidos como la mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición, su origen es el petróleo crudo.

4.1.2.8. Tensoactivos-Detergentes. Según Morillo et al. (2019), son compuestos orgánicos capaces de alterar significativamente la tensión superficial o interfacial de un sistema; interfieren en el intercambio de gas en los cuerpos de agua y alteran el sistema hormonal de organismos acuáticos. La gran variedad de productos que tienen en sus formulaciones tensoactivos, entre los que se cuentan fármacos,

detergentes, pesticidas, cosméticos y artículos de limpieza personal, entre otros, hacen que estos contaminantes fácilmente lleguen a las aguas residuales domésticas.

Brand (2019) manifiesta que los detergentes son los productos clave dentro del mercado de los tensoactivos. De este modo, pueden fusionarse tanto en aceites como en el agua, el uso de los detergentes está centrado principalmente en apartar la suciedad dentro de cualquier clase de superficie. Estos pueden ser jabones de tocador o de lavar, o detergentes sintéticos y naturales.

4.1.2.9. Arsénico. Citando a Organización Mundial de la Salud (2018), el arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica puede llegar a ser muy tóxico. El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando se encuentra en aguas subterráneas contaminadas.

Franco and Carro (2014) mencionan que estudios epidemiológicos han permitido desarrollar conocimientos a partir de los cuales la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la última década ha recomendado el límite de concentración de As para agua de consumo de humano en 0,01 mg/l. El consumo prolongado de agua con arsénico ha sido asociado con el cáncer de piel, pulmones, riñones e hígado, además de problemas de piel y vejiga.

4.1.2.10. Aluminio. (Severiche et al., 2013) mencionan que el aluminio es un elemento muy abundante en la corteza terrestre y se encuentra en minerales, rocas y arcillas. Esta amplia distribución explica su presencia en prácticamente todas las aguas naturales, bajo la forma de sales solubles, coloidales e insolubles. El sulfato de aluminio y potasio se usa en los procesos de floculación en los sistemas de tratamiento de aguas por lo que el aluminio se puede encontrar en las aguas tratadas como un residuo.

Según Severiche et al. (2013), los niveles elevados de aluminio en el agua potable no son deseables debido al efecto sobre el color y porque pueden ocasionar problemas de salud. De la misma manera, estos niveles elevados pueden generar

problemas en procesos industriales, en los que el vapor y el agua pueden crear depósitos.

4.1.2.11. Boro. Según (Mancilla et al., 2014), el boro (B) es un elemento esencial y potencialmente tóxico para las plantas cuando excede apenas ligeramente el nivel óptimo. Por lo general el Boro se lo encuentra en casi toda el agua natural y es considerado uno de los constituyentes más tóxicos del agua de riego. La toxicidad del boro se presenta en concentraciones superiores a 1,25 mg/l para la mayoría de plantas.

Mancilla et al. (2014) manifiestan que el Boro es un elemento que entra en las aguas superficiales y subterráneas a través de dos vías principales: intemperismo de rocas que contienen boro y aguas residuales, donde el boro se deriva de productos de limpieza y residuos de industrias de pintura y barnices. Las aguas residuales derivadas de diferentes sistemas pueden alcanzar las corrientes de agua superficial y subterránea, y provocar un problema de contaminación.

4.1.2.12. Bario. Como expresa ATSDR (1995), El bario (Ba) elemento de la tabla periódica es un metal con un color característico blanco plateado que se localiza en la naturaleza. Este a su vez se encuentra en combinación con otras sustancias químicas tales como son el carbono, oxígeno y azufre, estas combinaciones se llaman compuestos de bario. Los compuestos de bario pueden crearse en forma industrial, los efectos de los distintos compuestos de bario sobre la salud dependen de que tan soluble es el compuesto en el agua. Generalmente causan un menor daño y se usan a menudo en medicina los compuestos de bario que no son solubles en agua.

ATSDR (1995) expresa que aquellos compuestos de bario que pueden causar efectos adversos en seres humanos son los que se disuelven fácilmente en agua, cuyo consumo temporal en dosis elevada causan dificultad en la respiración, incremento en la presión sanguínea, entre otros.

4.1.2.13. Cadmio. (Carrión, 2014) refiere que frecuentemente grandes cantidades de Cadmio son liberadas al ambiente de forma natural, aproximadamente

sobre 25.000 toneladas al año. La mitad de este Cadmio es liberado en los ríos por medio de la descomposición de rocas y cierta parte de Cadmio es liberado al aire a través de volcanes y fuegos forestales. Por otra parte, lo que resta del Cadmio es liberado por las actividades humanas, como es la manufacturación.

Citando a (Carrión, 2014), las aguas residuales con Cadmio que provienen de las industrias en su mayoría terminan en los suelos. Las causas de estas corrientes de residuos son por ejemplo la elaboración de minerales de fosfato, de Zinc y las bioindustrias del estiércol. En el aire por la quema de residuos urbanos y la quema de combustibles fósiles también puede entrar el Cadmio de las corrientes residuales. Debido a las medidas ahora sólo una pequeña porción de Cadmio entra en el agua a través del vertido de aguas residuales de industrias o casas. Además, la producción de fertilizantes fosfatados artificiales es otra fuente importante de emisión de Cadmio. Parte del Cadmio va a terminar en el suelo luego de que el fertilizante es aplicado en las granjas y el resto del Cadmio acabará en las aguas superficiales cuando los residuos del fertilizante son vertidos por las compañías productoras.

4.1.2.14. Cinc. De acuerdo con Apaza (2015), las aguas residuales industriales que contienen cinc por lo general suelen provenir de procesos de la industria galvánica, producción de pilas, etc. Los compuestos de cinc tienen distintas aplicaciones como el cloruro de cinc en la producción de pergaminos, el óxido de cinc en componentes de pinturas y catalizadores, el vitriolo blanco como fertilizante, y la bacitracina cinc como estimulante de crecimiento en la ganadería.

Apaza (2015) manifiesta que la mayor parte del zinc en las aguas residuales proviene de aguas superficiales ricas en este mineral, así pues, los neumáticos de coches que contienen zinc liberan este elemento a las vías, además estos compuestos se encuentran presentes en los fungicidas e insecticidas, y por lo tanto en algún momento van a parar al agua. Al cinc no se le da un nivel de clasificación de riesgo para el agua, porque que no considera peligroso, sin embargo, ciertos derivados como el arsenato de cinc y cianuro de zinc si pueden ser peligrosos.

4.1.2.15. Cobre. Según Cortez (2017), El cobre por lo general se encuentra en la corteza terrestre como sulfuros, óxidos y en raras ocasiones en su estado metálico. Podemos hallar sales de cobre disueltas en aguas superficiales como resultado del contacto del agua con la corteza terrestre y en los mantos subterráneos por las actividades industriales, comúnmente en concentraciones menores a 20 $\mu\text{g} / \text{L}$. Sin embargo, como resultado de la corrosión de las tuberías de latón y cobre, se pueden localizar concentraciones más altas en puntos de uso de agua.

Cortez (2017) expresa que la contaminación ambiental con metales pesados se ha tornado en el principal problema ecológico de la sociedad actual, por el grado de toxicidad y la característica recalcitrante que genera la bioacumulación en los ecosistemas. Uno de estos metales es el Cu (II), que en concentraciones altas es dañino y tóxico para la salud humana, la ingesta de agua contaminada con este metal lleva a graves problemas de salud. Existe poca información acerca de la toxicidad crónica del cobre.

4.1.2.16. Cobalto. Altamirano (2015) señala que el Cobalto es un elemento que se encuentra en forma natural en el ambiente, en el agua, aire, rocas, suelo, plantas y animales. Sin embargo, este no puede ser eliminado una vez que ha entrado al medioambiente, sino que puede ser absorbido por las partículas tanto del suelo como del agua o reaccionar con otras partículas. El Cobalto sólo se mueve bajo condiciones ácidas, pero al final la gran mayoría del Cobalto acabará en el sedimento y en el suelo.

4.1.2.17. Cromo Hexavalente. Como expresan Castiblanco and Perilla (2019), el cromo hexavalente Cr (VI) es la representación tóxica del metal cromo, que se origina especialmente en los procesos industriales empleados en fabricación y soldadura de acero inoxidable, galvanoplastia, colorantes, pigmentos, entre otros. Debido a que la mayor parte de los sistemas colectores de aguas residuales no facilitan la separación de efluentes industriales y urbanos se ocasiona el vertido intolerable de cromo al medio ambiente. Estos sistemas convencionales para tratamiento de agua, constituido por tratamientos primario y secundario, no son lo suficientemente capaces de remover de forma eficiente estos metales pesados.

Castiblanco and Perilla (2019) refieren que para la eliminación de los metales pesados de las aguas residuales si bien se han desarrollado procesos tecnológicos específicos, el uso de estos es demasiado costoso y no son muy conocidos. Por lo anterior, la presencia de metales pesados en el agua crea un problema grave de contaminación; forzando a que las empresas empleen tecnologías para la descontaminación.

4.1.2.18. Estaño. En la opinión de Ruiz (2019), las formas más peligrosas del estaño para los humanos son los enlaces orgánicos de estaño. Aun así, el estaño a pesar de su peligrosidad es aplicadas en un gran número de industrias, tales como la industria del plástico y de la pintura, y en la agricultura por medio de los pesticidas. El uso de los recipientes que contienen fabricados con un porcentaje de estaño, que se usan en la industria alimenticia, a pesar del conocimiento que pueden causar envenenamiento por la presencia de este mineral. A través de la comida y la respiración y a través de la piel los humanos podemos absorber enlaces de estaño. La toma de enlaces de estaño puede causar efectos agudos, así como efectos a largo plazo.

4.1.2.19. Fósforo. Luz, Zárate, Núñez, and De Bazúa (2011) consideran que el fósforo en las aguas residuales puede proceder de diversas fuentes, especialmente por el uso de los detergentes a los que aún se les añaden fosfatos, ocasionando problemas en los cuerpos de agua. Debido a que el fósforo es uno de los principales nutrientes esenciales para los seres vivos, los microorganismos que están presentes en los procesos de tratamiento logran asimilarlo e incorporarlo a sus tejidos celulares. Cuando el fósforo no es excluido de las aguas residuales y cuando éste viene en concentraciones relativamente altas a los cuerpos de aguas, este nutriente proporciona el desarrollo y crecimiento de una gran cantidad de algas y otros microorganismos, pudiendo implementar el empleo de tecnologías alternativas como los humedales artificiales para solucionar estos problemas. Sin embargo, es indispensable estudiar los mecanismos de remoción que se presentan dentro de estos sistemas para poder comprender mejor su funcionamiento y aplicar criterios de diseño basados en la información generada.

4.1.2.20. Hierro. Dicho con palabras de McFarland and Dozier (2004), el hierro usualmente puede ser un problema para el suministro del agua potable, es más frecuente que el manganeso pero comúnmente ocurren juntos y el hierro no causa un peligro para la salud. El hierro es un elemento habitual en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra por las piedras y el suelo puede disolver estos minerales y conducirlos hacia el agua subterránea. Además, los tubos de hierro también podrían corroerse y lixiviar hierro dentro del sistema de abastecimiento de agua residencial, pudiéndolas identificar como partículas rojizas y negras que logran ser visibles al salir el agua por el grifo.

4.1.2.21. Manganeso. McFarland and Dozier (2004) plantean que el manganeso puede proporcionarle al agua un olor, sabor y color indeseable, originando manchas cafés-negras en los tanques de inodoros, calentadores de agua, tanques de presión, tubos de cañerías, equipos ablandadores de agua, etcétera; taponándolos y generando un aumento en la demanda de energía para bombear el sistema. Cabe recalcar que este mineral no presenta problemas para la salud.

4.1.2.22. Mercurio. Con base en Amabilis, Siebe, Moeller, and Durán (2016), el mercurio es un contaminante persistente y tóxico, que se acumula fácilmente en todos los sistemas vivos, dentro de los metales contaminantes resalta el mercurio por su elevada interacción con las moléculas orgánicas en la cadena trófica y por sus características tanto físicas como químicas que complica su manejo, tratamiento y control. Existen una gran variedad de prácticas industriales que liberan mercurio al medio ambiente, como son la producción de compuestos clorados e hidróxido de sodio, la minería, el tratamiento de residuos y la industria automotriz.

4.1.2.23. Níquel. Almau (2014) menciona que al respirar aire los humanos pueden estar expuestos al níquel, asimismo al beber agua, fumar cigarrillos o consumir alimentos, o por contacto de la piel con suelo contaminado. Es habitual el níquel en pequeñas cantidades en los seres humanos, pero cuando es tomado en cantidades excesivas este puede ser peligroso para la salud humana.

(Almau, 2014) denota que las plantas de energía y las incineradoras de basuras son las principales autoras de la liberación del níquel en el aire. Este pasará a depositarse en el suelo o caerá después de reaccionar con las gotas de lluvia. Usualmente lleva un considerable periodo de tiempo para que el níquel pueda ser eliminado del aire. El níquel puede también acabar en la superficie del agua cuando forma parte de las aguas residuales.

4.1.2.24. Plata. Como señala Carbotecnia (2020), la plata (Ag) es un elemento químico, metálico, con una excelente conducción de electricidad y calor. Sus propiedades químicas y físicas, así como su singular peculiaridad lo hace un mineral altamente codiciado para su utilización en aleaciones, joyería, componentes eléctricos y electrónicos; además de que se utiliza en el tratamiento de agua como desinfectante.

Dicho con palabras de Carbotecnia (2020), debido a la exposición crónica de bajas concentraciones de plata se puede producir argiria, la cual es una condición anormal en la que la plata se encuentra alojada en el cabello y la piel, y hace que se torne gris-azulosa. La pigmentación del ojo se considera como el primer signo de argiria generalizada. Es de suma dificultad determinar la dosis más baja que puede conllevar al desarrollo de argiria. Aparte de esta condición, no se tiene conocimiento de otro efecto adverso en la salud.

4.1.2.25. Plomo. Belaire and Jacobs (2017) expresan que la exposición del plomo puede originarse por ingestión de alimentos, aguas potables contaminadas, y por la ingestión involuntaria como partículas de polvo del suelo o pintura de plomo. Asimismo, el 95% del plomo inorgánico se absorbe por inhalación. Se debe tener en cuenta que este elemento químico es denso, tóxico, y acumulativo, el cual perjudica tanto a seres humanos como organismos vivos, consiguiendo entrar en las cadenas alimenticias. Actualmente, la ingesta de este metal es mínima debido a los controles establecidos por la normativa a nivel industrial, dando lugar a un bajo riesgo de exposición. El plomo no es disuelto en aguas que se presentan en condiciones normales, no obstante, si se disuelve cuando se presenta en otras formas de plomo, como el acetato de plomo o azúcar de plomo que se evidencia en los insecticidas, tintes y otros procesos de pintura. El mismo que puede llegar a las aguas residuales y que no

cumple ninguna función en el cuerpo humano, sin embargo, puede causar daño si este es ingerido por el hombre a través del aire, comida o agua.

4.1.2.26. Selenio. Como plantea Manterola (2016), el selenio (Se) es un elemento químico que está localizado en la tabla periódica, no metálico, del grupo 16 y periodo 4, por lo general este elemento es relativamente no tóxico y asimismo se considera un elemento traza esencial, pero si este llega a superar los límites máximos recomendados puede convertirse en un compuesto potencialmente tóxico. En el agua el selenio que se encuentra se produce a partir del drenaje del suelo y subsuelos que son naturalmente ricos en selenio o depósitos atmosféricos, este elemento se halla distribuido en la mayoría de los suelos y rocas. Se encuentra constituyendo una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos.

4.1.2.27. Cianuros. Teniendo en cuenta a Fárez, Landi, and Parra (2011), el cianuro se considera como un compuesto muy tóxico, se une con gran facilidad a elementos como el hierro y otros metales. En la actualidad muchos de los cianuros que se encuentran presentes en el suelo o el agua provienen de procesos industriales. Las fuentes principales de cianuro en el agua provienen de las descargas de sustancias químicas orgánicas.

Según Metrohm (2020), los cianuros se utilizan en algunos procesos industriales, pero si no se les da un correcto manejo, estos podrían de alguna manera contaminar las aguas residuales. En un ambiente ácido o neutro, estas aguas residuales contaminadas pueden formar gas de cianuro de hidrógeno altamente tóxico, además, las sales de cianuro también podrían envenenar el medio ambiente y acceder al sistema de aguas subterráneas. Es de suma relevancia monitorizar el contenido de cianuro en el agua de efluentes.

4.1.2.28. Cloruros. Pérez (2015) menciona que Dependiendo de las características de los terrenos que atraviesen las aguas naturales tienen contenidos muy variables en cloruros, pero, en algún caso, esta cantidad siempre es por lo general menor de las que se encuentran en las aguas residuales, ya que el compuesto químico ClNa es regular en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo.

Según Pérez (2015), el aumento en cloruros de un agua puede tener diversos orígenes. Si se habla de una zona costera puede corresponderse a infiltraciones de agua del mar. En el caso de una zona árida el aumento de cloruros en un agua se debe al lavado de los suelos causado por fuertes lluvias. En último caso, el aumento de cloruros puede ser debido a la contaminación del agua por aguas residuales. Regularmente no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l los contenidos en cloruros de las aguas naturales. El contenido en cloruros no suele plantear inconvenientes de potabilidad a las aguas que son de consumo. Un contenido alto de cloruros puede perjudicar estructuras metálicas, las conducciones y afectar el crecimiento vegetal.

4.1.2.29. Fluoruros. Aguilar (2001) refiere que en el agua los iones fluoruro se encuentran en forma natural. El fluoruro crea complejos con el aluminio silicio, boro y aluminio. Estos complejos pueden estar presentes en el agua debido al manejo de compuestos fluorados por la industria. La fluoración de aguas potables en muchas comunidades se utiliza para la prevención de caries dental. Sin embargo, en muchas regiones los niveles de fluoruro sobrepasan con mucho los límites máximos permisibles y su presencia de forma natural se puede tornar en un inconveniente en la salud pública. La mayoría de las aguas no contienen más allá de 0,3 mg/L de fluoruros, excepto cuando estas son contaminadas con desechos industriales o aguas negras, sobre todo si provienen de industrias del aluminio, acero, fertilizantes, de la elaboración de esmaltes y vidrios, en la fabricación de gomas, almidones adhesivos, así como del pretratamiento de cueros y pieles.

4.1.2.30. Nitrógeno Amoniacal. González (2013) indica que las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de las mismas. Los aportes adicionales de nitrógeno amoniacal que alteran las concentraciones normales de este nutriente, implican una alteración perjudicial del medio al cual son vertidos, provocando entre otras consecuencias, la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en los ríos, el cual es consumido en los procesos de degradación bacteriana de nitrógeno amoniacal.

4.1.2.31. Nitrógeno total Kjeldahl. Tal como expresa Espinosa, León, and Rodríguez (2013), En los estudios medioambientales el nitrógeno es un indicador relevante, debido a la importancia que este asume en los métodos de tratamiento, de las descargas de las aguas residuales al medio y en el control de la calidad de las aguas. El método Kjeldahl es el que más se emplea para la determinación de nitrógeno total y en las aguas residuales se hallan diferentes especies nitrogenadas, como son nitritos, nitratos, nitrógeno orgánico y amoniacal entre otras.

Espinosa et al. (2013) manifiestan que el método Kjeldahl mantiene su vigencia en la actualidad ya que data de varias décadas atrás, este método proporciona el contenido de nitrógeno amoniacal más nitrógeno orgánico de una muestra. Aún hoy en día es uno de los más utilizados en el análisis químico la determinación de nitrógeno total por este método. Para el análisis de nitrógeno es el método más versátil. De hecho, para el análisis del contenido de nitrógeno en muestras con elevada diversidad es el único método que puede ser utilizado.

4.1.2.32. Sulfatos. Severiche et al. (2013) manifiestan que los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras. Por otra parte Aguilera, Pérez, and Marañón (2010) ratifican que los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos, o a la contaminación con aguas residuales industriales. El contenido de este no suele presentar problemas de potabilidad para las aguas de consumo, pero, contenidos superiores a 300 mg/l pueden generar trastornos gastrointestinales en los niños.

4.1.2.33. Sulfuros. Según Rejo, Abia, and Vieira (2003), el sulfuro corresponde a la forma reducida del azufre y está localizada en la naturaleza en diferentes formas; como en forma sólida, formando parte de una mena del hierro, la pirita. Como gas sulfhídrico, en elevadas cantidades vinculadas a las emanaciones volcánicas. Puede encontrarse en aguas residuales que contengan cantidades elevadas de sulfatos otra presencia de estas especies, que, bajo la acción de flora bacteriana y sustrato orgánico, en condiciones anaerobias, transforman los sulfatos a sulfuros.

Rejo et al. (2003) señalan que esto se debe a la acción de las bacterias sulfato-reductoras que usan el oxígeno químico del anión como elemento para la síntesis celular. En lo que se refiere a las fuentes antrópicas productoras de sulfuros, sobresalen los procesos de desulfuración de los combustibles fósiles; otras fuentes significativas son aquellos procesos químicos que consumen derivados reductores relacionados con los bisulfitos, como es la industria papelera.

4.1.3. *Parámetros Bacteriológicos o Biológicos*

Entre los parámetros de caracterización bacteriológica o biológica de aguas residuales, según TULSMA (2015), se manifiesta lo siguiente:

4.1.3.1. Coliformes fecales. Ramos, Vidal, Vilaridy, and Saavedra (2008), definen a los coliformes como una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se hallan en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Según Red Iberoamericana de Potabilización (2010), los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44,5 °C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua. Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas.

4.2. Determinación de Tiempos de Retención Hidráulicos de Diseño y Reales

Alatorre (2007) define que es el tiempo que permanece el agua dentro del sistema de tratamiento biológico, está definido por la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{VT}{Q} \quad (2)$$

Donde:

TRH: Tiempo de Retención Hidráulica.

VT: Volumen total del agua residual en tratamiento.

Q: Caudal (m³/día)

Para determinar los tiempos de retención hidráulica en cada laguna de estabilización, se lleva a cabo el siguiente proceso:

4.2.1. Caudales Máximos de Efluentes Distribuidos en Porcentaje

Conocer la distribución en porcentajes del caudal máximo de efluente en todo el sistema lagunar, esta distribución porcentual se muestra en el Anexo 41 de la presente investigación.

4.2.2. Caudales Máximos de Efluentes en m³/día

El caudal en m³/día en cada sistema lagunar se lo obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q \left(\frac{m^3}{día} \right) = Q(\%) * Q.max. efluente total \quad (3)$$

4.2.3. Volumen Total de cada Laguna

Los valores de Volumen total actual de cada laguna lo proporcionan Aguapen-Ep en la tabla 9.

Tabla 9.*Volumen (m³) total de lagunas*

LAGUNA	VOLUMEN (m ³)
Anaerobia 1	13005,98
Anaerobia 2	12679,89
Anaerobia 3	12141,23
Facultativa 1	24220,96
Facultativa 2	42539,17
Maduración 1	39569,61
Maduración 2	43854,2

Nota. Datos proporcionados por AGUAPEN-EP.**4.2.4. Porcentaje de Lodos**

Los porcentajes de sedimentación de cada laguna lo proporcionan AGUAPEN-EP en la tabla 10.

Tabla 10.*Porcentajes de lodos de lagunas*

LAGUNA	% DE LODOS
Anaerobia 1	41%
Anaerobia 2	25%
Anaerobia 3	46%
Facultativa 1	17%
Facultativa 2	16%
Maduración 1	11%
Maduración 2	12%

Nota. Datos proporcionados por AGUAPEN-EP.**4.2.5. Volumen de Logos en cada Laguna**

El volumen de lodos de cada laguna se determina por:

$$V. \text{ de lodos (m}^3\text{)} = V. \text{ total de laguna} * \% \text{ de lodos de laguna} \quad (4)$$

4.2.6. Volumen de Agua Residual en cada Laguna

El volumen de agua residual de cada laguna se determina por:

$$V. \text{ agua residual (m}^3\text{)} = V. \text{ total de laguna} - V. \text{ de lodo de laguna} \quad (5)$$

4.2.7. Tiempos de Retención Hidráulica en Cada Laguna

El tiempo de retención hidráulica se determina por:

$$TRH \text{ (días)} = \frac{\text{Volumen de agua residual de cada laguna}}{\text{Caudal máximo del efluente de cada laguna}} \quad (6)$$

CAPÍTULO V

5. Análisis e Interpretación de Datos

En la presente investigación, una vez aplicada la metodología antes descrita en el capítulo IV, recolectado, definido y tabulados los datos proporcionados por Aguapen-EP, correspondientes a comportamiento de afluentes y efluentes del año 2014 al 2020 y porcentajes de sedimentación de las lagunas de estabilización pertenecientes al sistema de tratamiento de aguas residuales, se dan a conocer los siguientes, se dan a conocer los siguientes resultados referentes a parámetros de caracterización de aguas residuales y tiempos de retención hidráulica del sistema lagunar.

5.1. Parámetros de Caracterización de Aguas Residuales según TULSMA (2015)

Los resultados de la presente investigación se dan en referencia al Libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua, en donde se toma en cuenta la tabla 3 de calidad de aguas para riego agrícola y la tabla 9 a cuerpos de agua dulce. Los constituyentes presentes en las aguas residuales pueden ser clasificados como:

- ✓ Físicos
- ✓ Químicos
- ✓ Bacteriológicos o Biológicos

5.1.1. *Parámetros de caracterización Física*

Entre los parámetros de caracterización física de aguas residuales, según TULSMA (2015), son considerados los siguientes:

5.1.1.1. Color Real. La evaluación estadística de los análisis realizados a este parámetro indicó que su promedio de afluente se dio con un color real

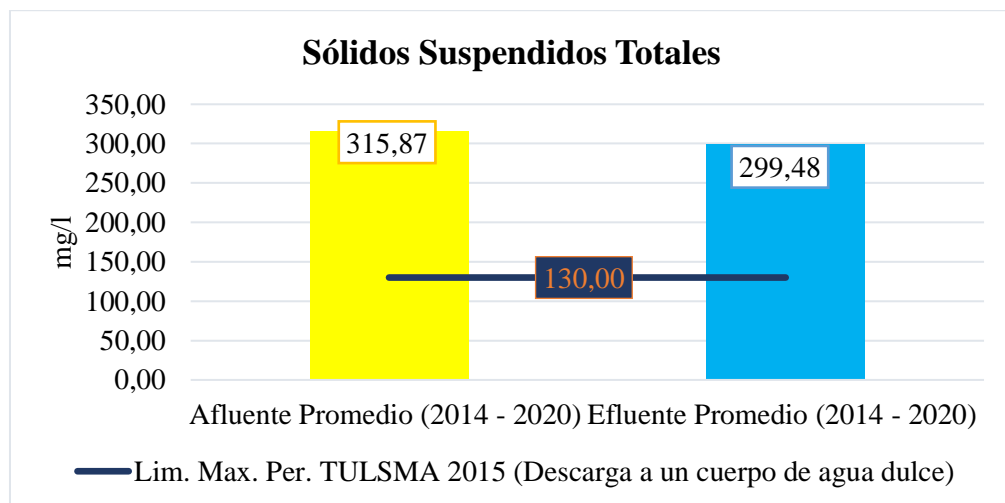
inapreciable, de la misma manera su efluente, lo que a su vez denota que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (inapreciable).

5.1.1.2. Material Flotante. La evaluación estadística de los análisis realizados a este parámetro indicó que su promedio de afluente de material flotante se presentó con ausencia, de la misma manera su efluente, lo que a su vez denota que se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido de riego agrícola y de descarga a un cuerpo de agua dulce (ausencia).

5.1.1.3. Sólidos Suspendidos Totales. En la figura 5, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **315,87 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **299,48 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**130 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en Tulsma 2015 para criterios de calidad de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **5,19%**.

Figura 5.

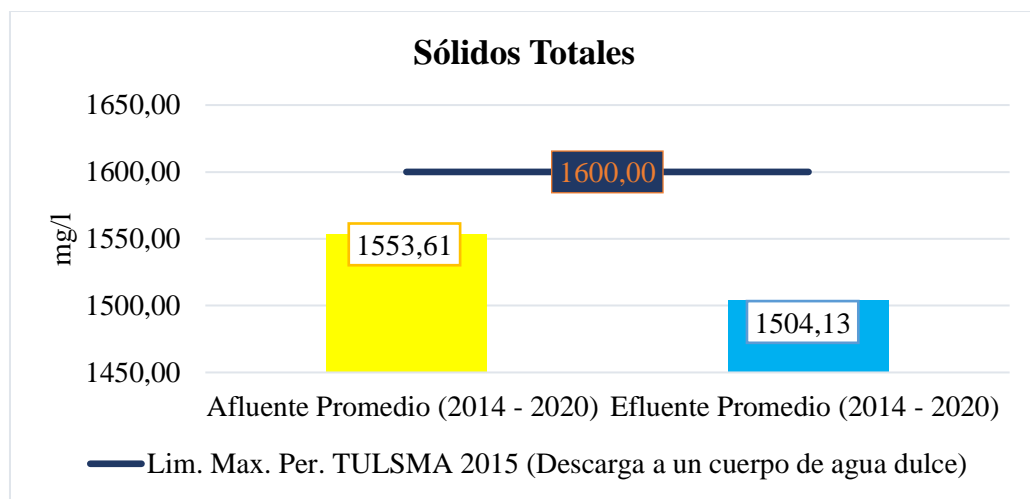
Resultados de evaluación estadística de SST



5.1.1.4. Sólidos Totales. En la figura 6. se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **1553,61 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **1504,13 mg/l**, y comparando este valor con Tulsma 2015, se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**1600 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en Tulsma 2015 para criterios de calidad de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **3,18%**.

Figura 6.

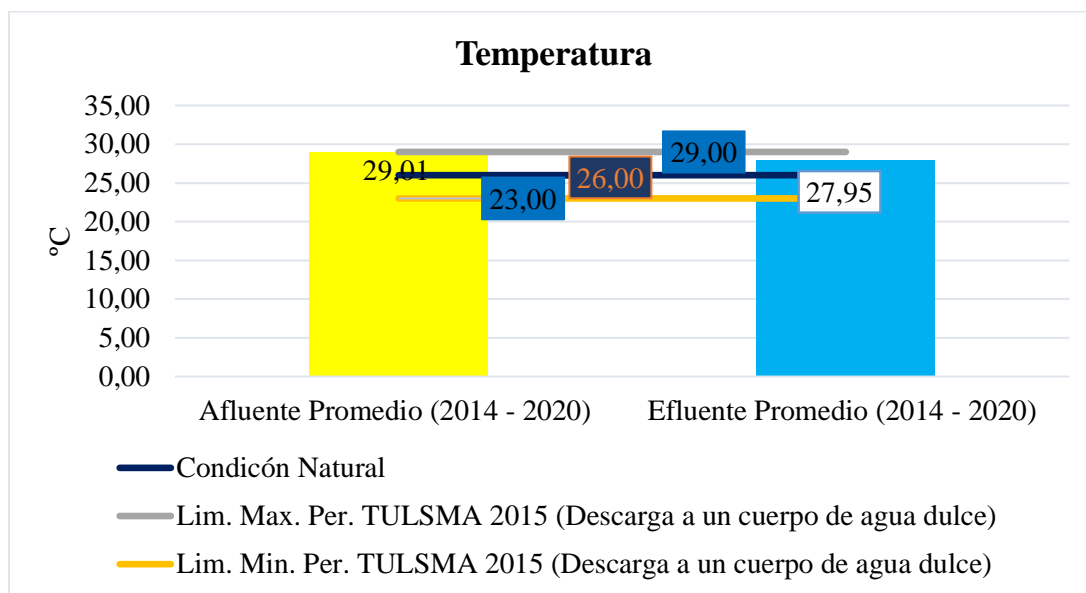
Resultados de evaluación estadística de ST



5.1.1.5. Temperatura. En la figura 7, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **29,01 °C**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **27,95°C**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**condiciones normales +/- 3 °C**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

Figura 7.

Resultados de evaluación estadística de temperatura



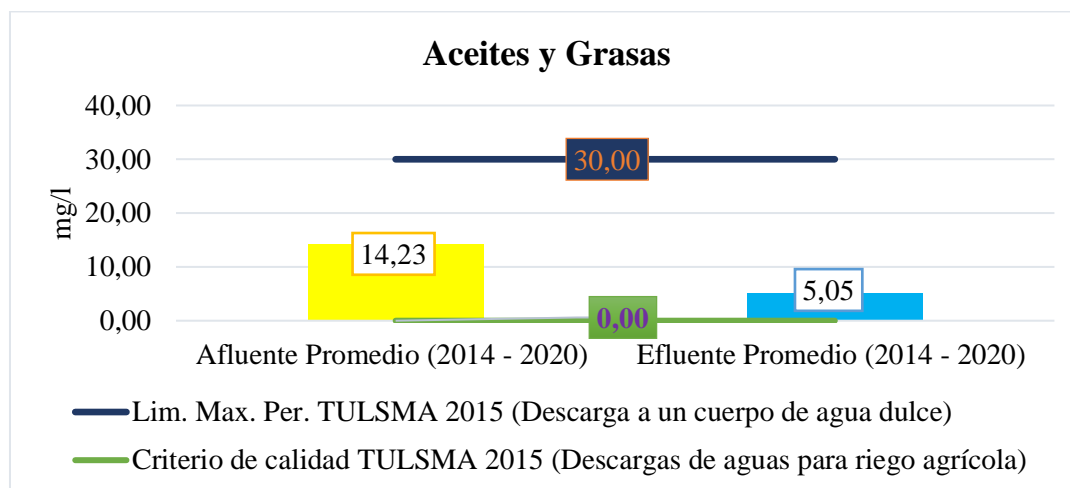
5.1.2. *Parámetros de Caracterización Química*

Entre los parámetros de caracterización química de aguas residuales, según TULSMA (2015), son considerados los siguientes:

5.1.2.1. Aceites y Grasas. En la figura 8, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **14,23 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **5,05 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**30,00 mg/l**). Además el efluente de este parámetro está considerado con un criterio de calidad (**Ausencia**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que no está cumpliendo con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **64,55%**.

Figura 8.

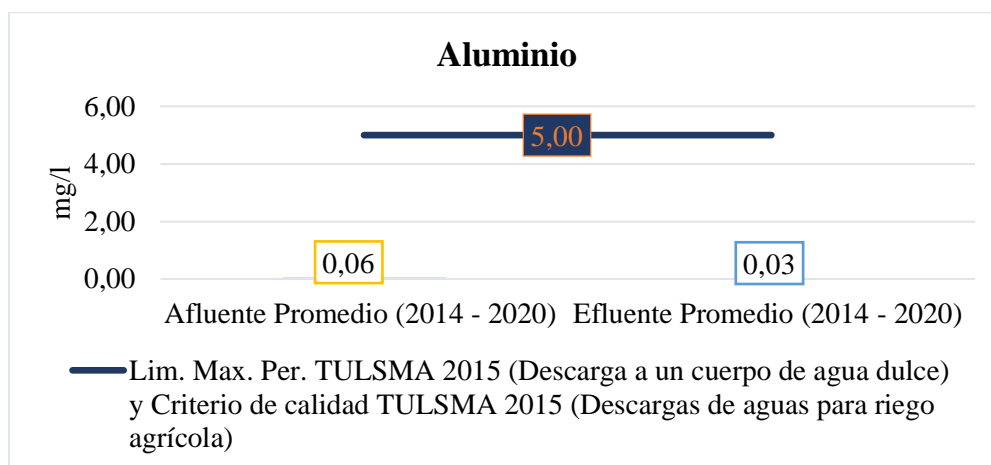
Resultados de evolución estadística de Aceites y Grasas



5.1.2.2. Aluminio. En la figura 9, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,06 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,03 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**5,00 mg/l**). Además el efluente de este parámetro está considerado con un criterio de calidad (**5,00 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **52,59%**.

Figura 9.

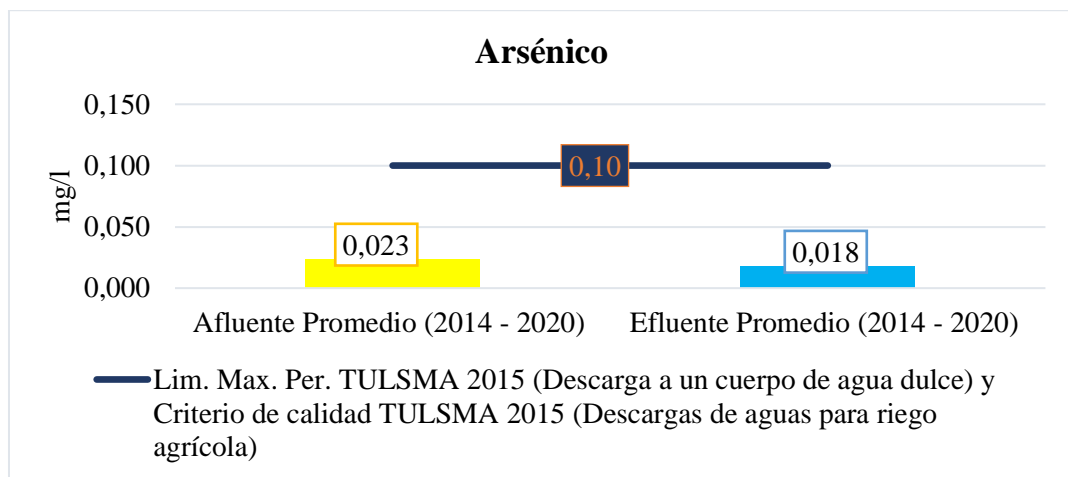
Resultados de evaluación estadística de Aluminio



5.1.2.3. Arsénico. En la figura 10, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,023 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,018 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,1 mg/l**). Además el efluente de este parámetro está considerado con un criterio de calidad (**0,1 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **24,68%**.

Figura 10.

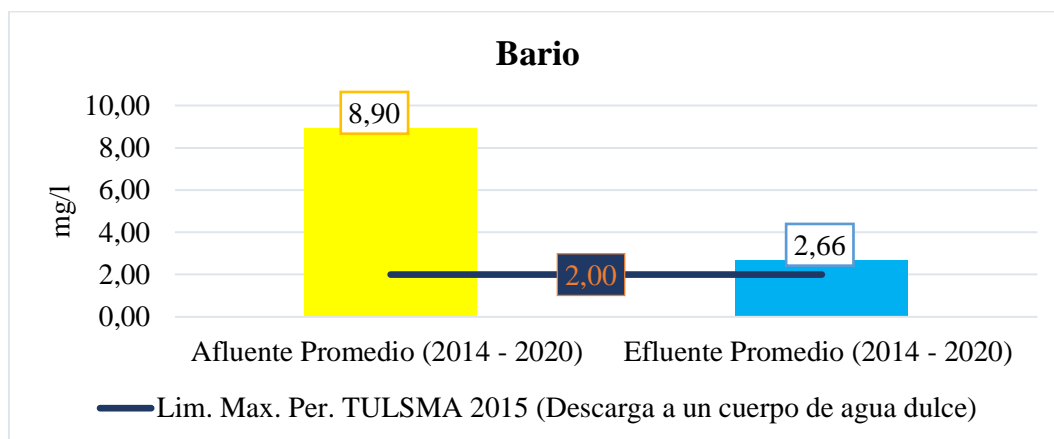
Resultados de evaluación estadística de Arsénico



5.1.2.4. Bario. En la figura 11, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **8,90 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **2,66 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**2,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de calidad de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **70,11%**.

Figura 11.

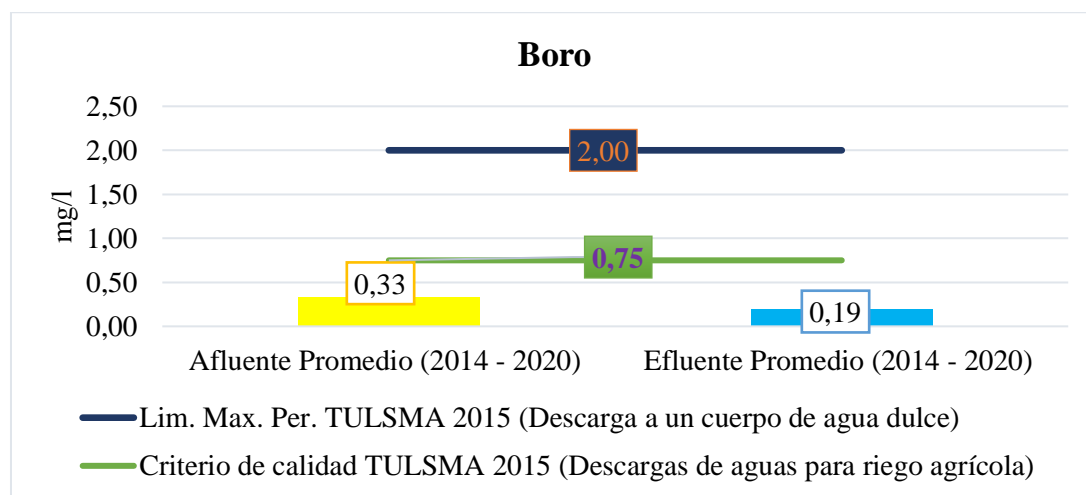
Resultados de evaluación estadística de Bario



5.1.2.5. Boro. En la figura 12, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,33 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,19 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**2,00 mg/l**). Además, el efluente de este parámetro está considerado con un criterio de calidad (**0,75 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **41,76%**.

Figura 12.

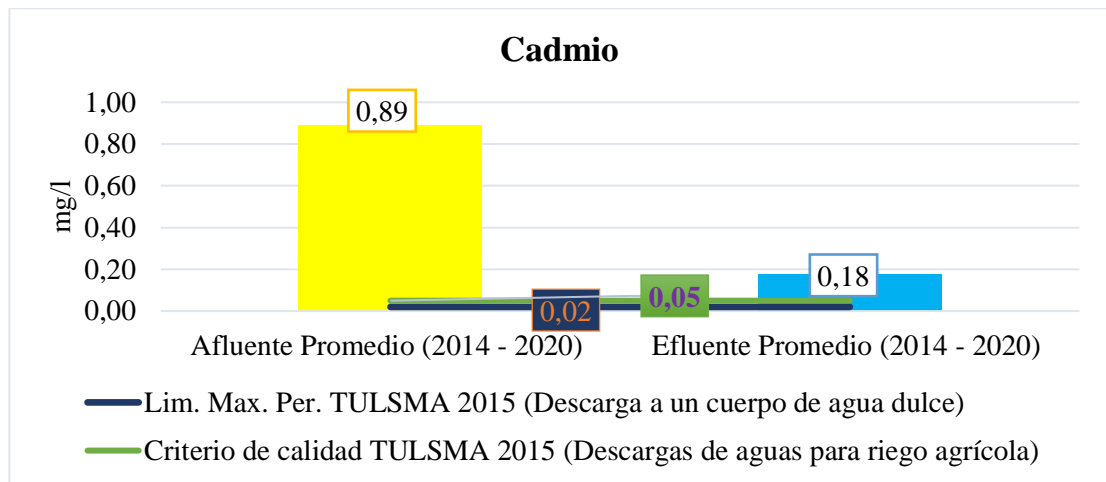
Resultados de evaluación estadística de Boro



5.1.2.6. Cadmio. En la figura 13, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,89 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,18 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,02 mg/l**). Además, el efluente de este parámetro está considerado con un criterio de calidad (**0,05 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de agua para riego agrícola, lo que refiere que no cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **80,05%**.

Figura 13.

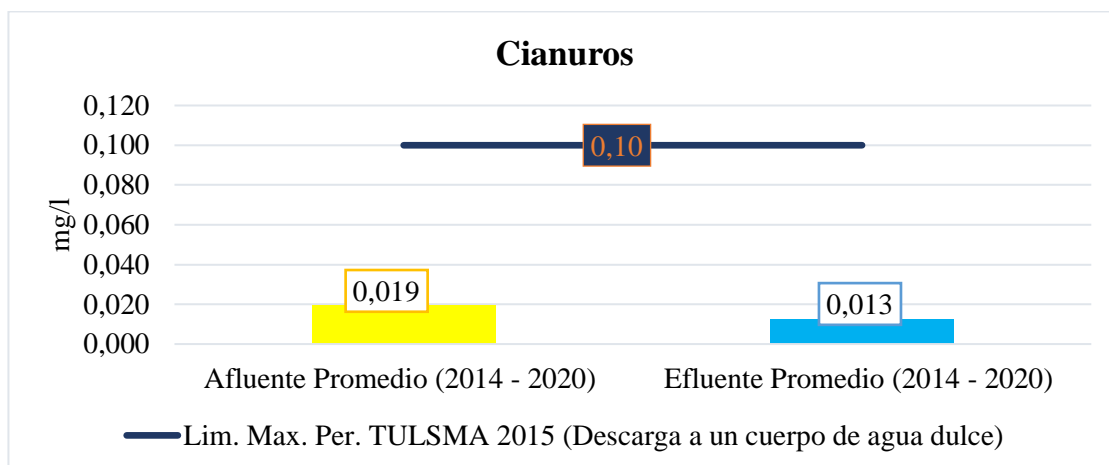
Resultados de evaluación estadística de Cadmio



5.1.2.7. Cianuros. En la figura 14, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,007 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,013 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,10 mg/L**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **34,31%**.

Figura 14.

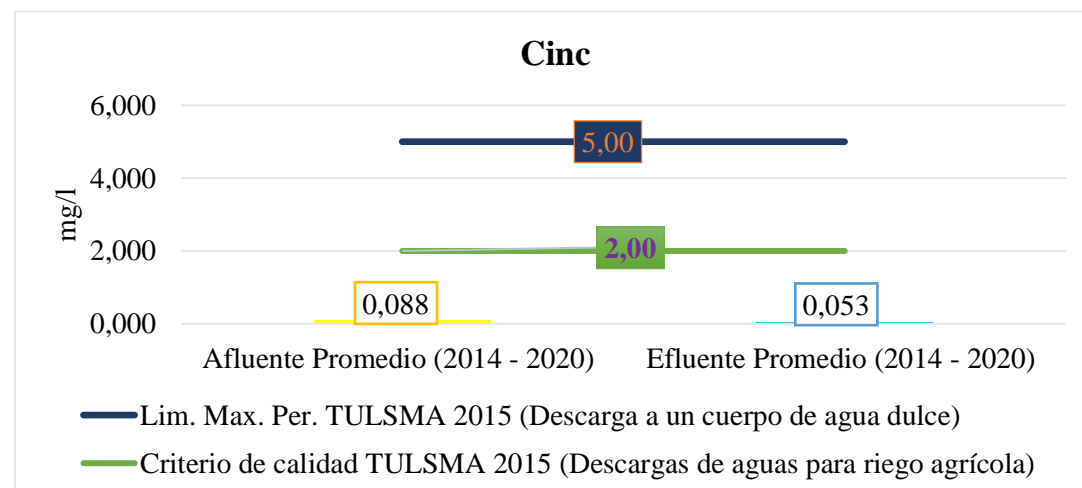
Resultados de evaluación estadística de Cianuros



5.1.2.8. Cinc. En la figura 15, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,088 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,053 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**5,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**2,00 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **39,82%**.

Figura 15.

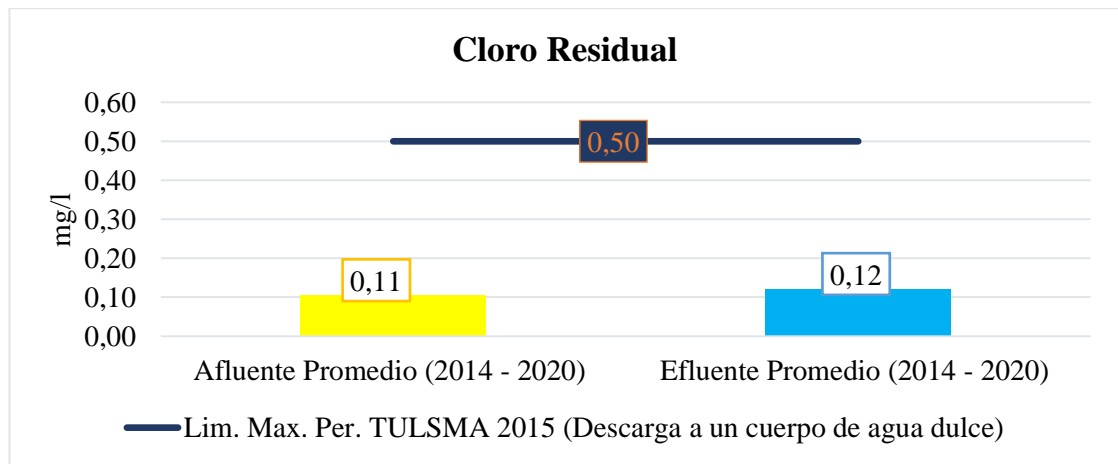
Resultados de evaluación estadística de Cinc



5.1.2.9. Cloro Residual. En la figura 16, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,11 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,12 mg/l**, y comparando este valor con (TULSMA, 2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,50 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en (TULSMA, 2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 16.

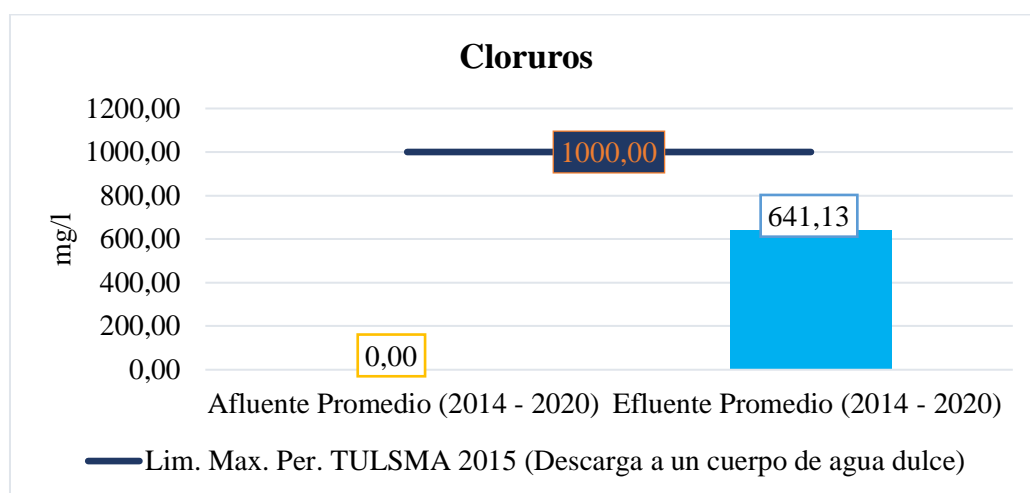
Resultados de evaluación estadística de Cloro Residual



5.1.2.10. Cloruros. En la figura 17, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,00 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **643,13 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (**1000,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Este parámetro solo ha sido considerado en efluentes, por tal motivo no se puede obtener su eficiencia de remoción.

Figura 17.

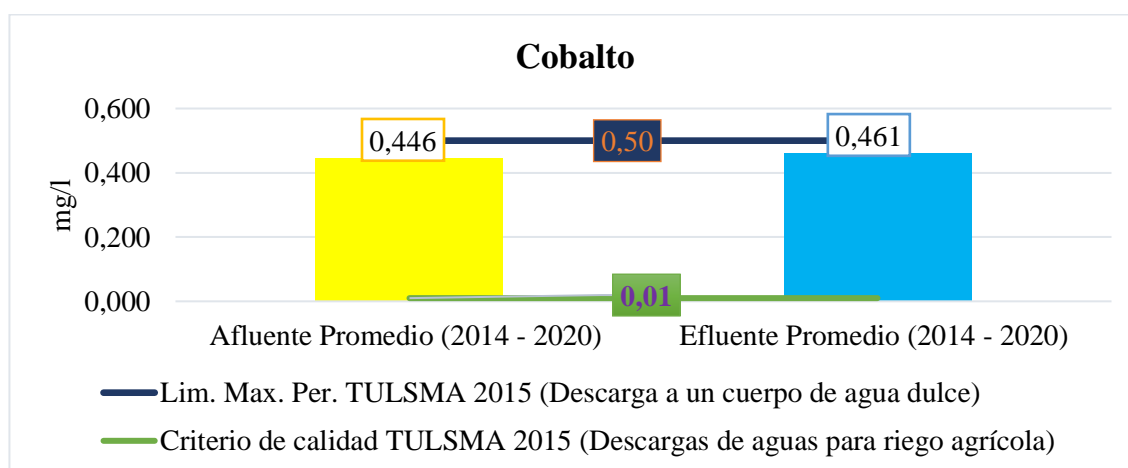
Resultados de evaluación estadística de Cloruros



5.1.2.11. Cobalto. En la figura 18, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,446 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,461 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,50 mg/l**). Además, efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,01 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que no cumple con lo establecido. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 18.

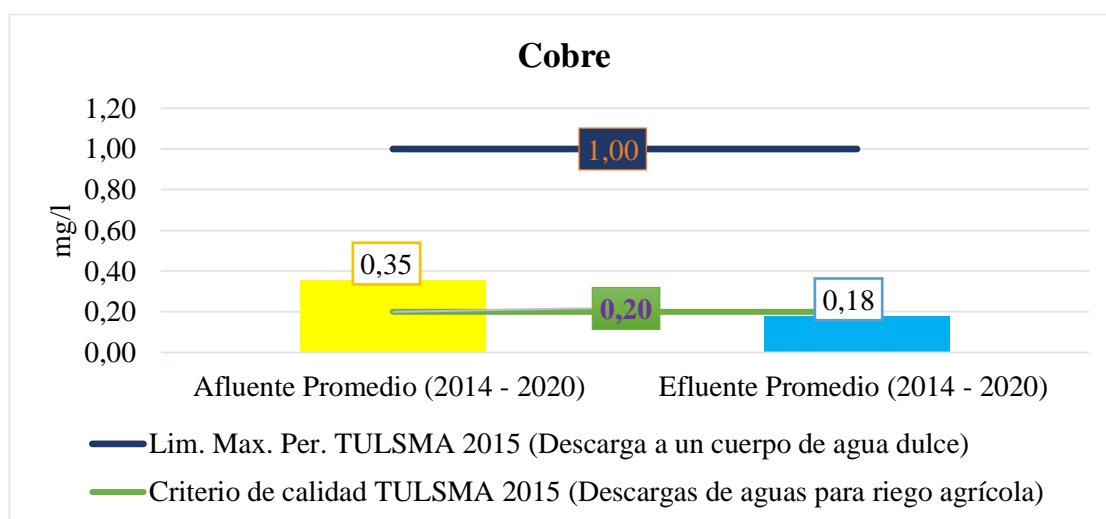
Resultados de evaluación estadística de Cobalto



5.1.2.12. Cobre. En la figura 19, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,35 mg/l**, mientras que se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,18 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**1,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,20 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que refiere que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **49,65%**.

Figura 19.

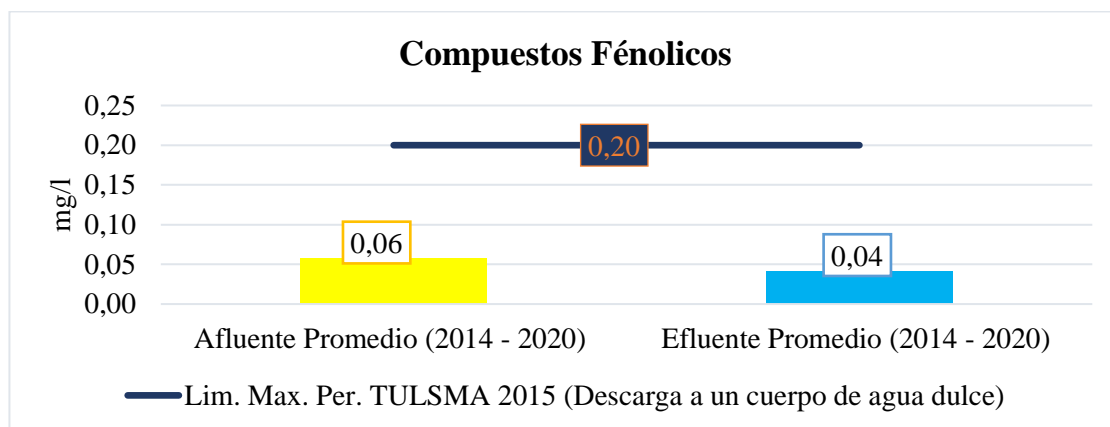
Resultados de evaluación estadística de Cobre



5.1.2.13. Compuestos Fenólicos. En la figura 20, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,06 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **0,04 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,20 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **27,69%**.

Figura 20.

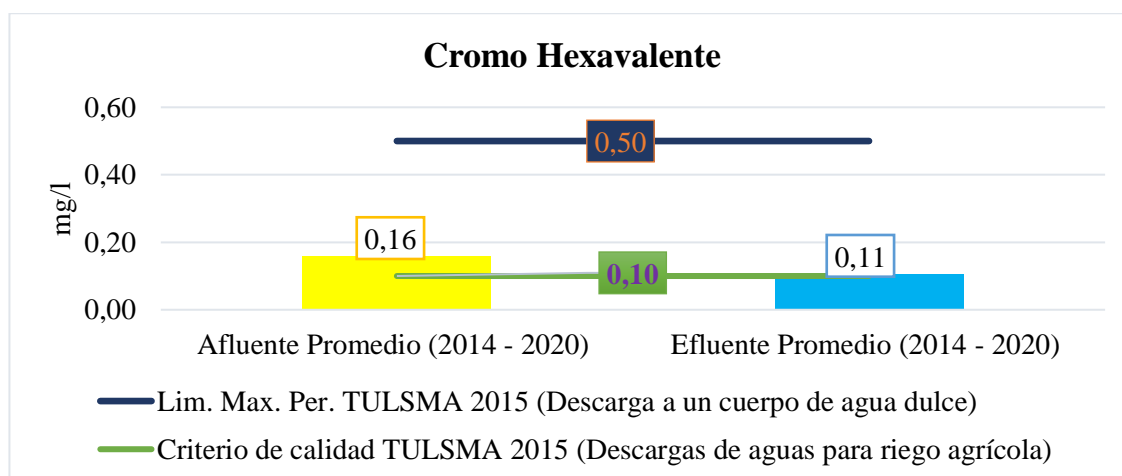
Resultados de evaluación estadística de Compuestos Fenólicos



5.1.2.14. Cromo Hexavalente. En la figura 21, se denota que el promedio de afluyente se presenta con un valor de **0,16 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **0,11 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,50 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,10 mg/l**) en (TULSMA, 2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que no cumple con lo establecido. Su presenta una eficiencia de remoción de **33,01%**.

Figura 21.

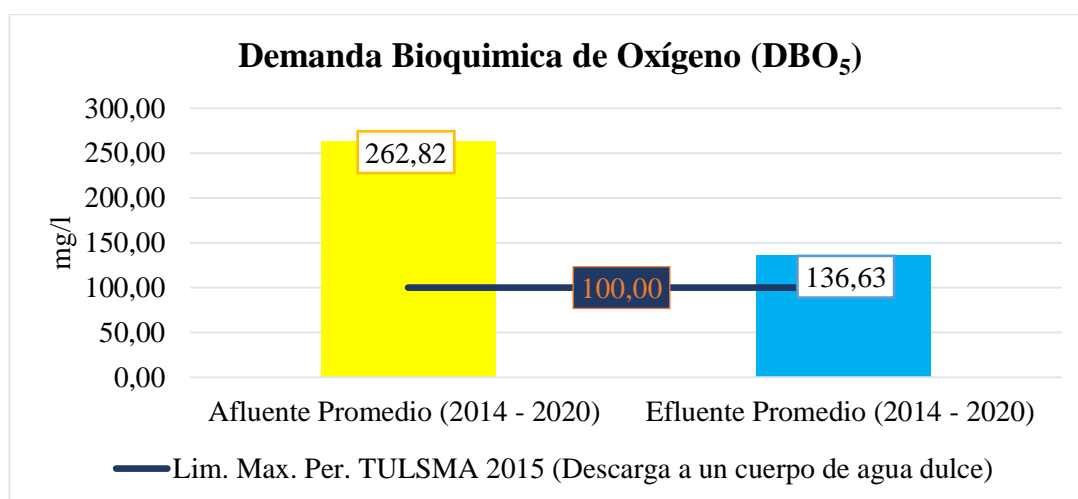
Resultados de evaluación estadística de Cromo Hexavalente



5.1.2.15. Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días). En la figura 22, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **262,82 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **136,63 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**100,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **55,50%**.

Figura 22.

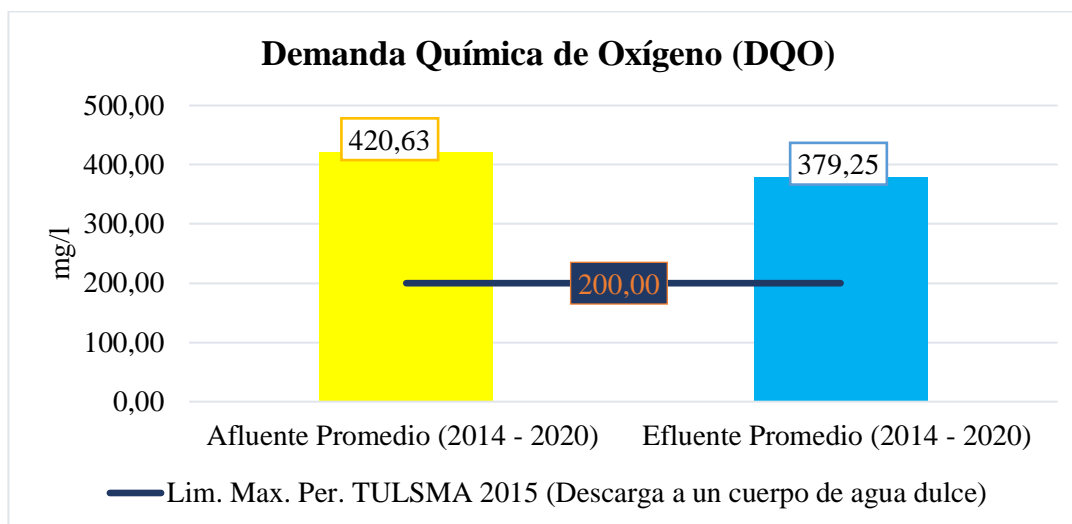
Resultados de evaluación estadística de Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)



5.1.2.16. Demanda Química de Oxígeno. En la figura 23, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **420,63 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **379,25 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**200,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **9,84%**.

Figura 23.

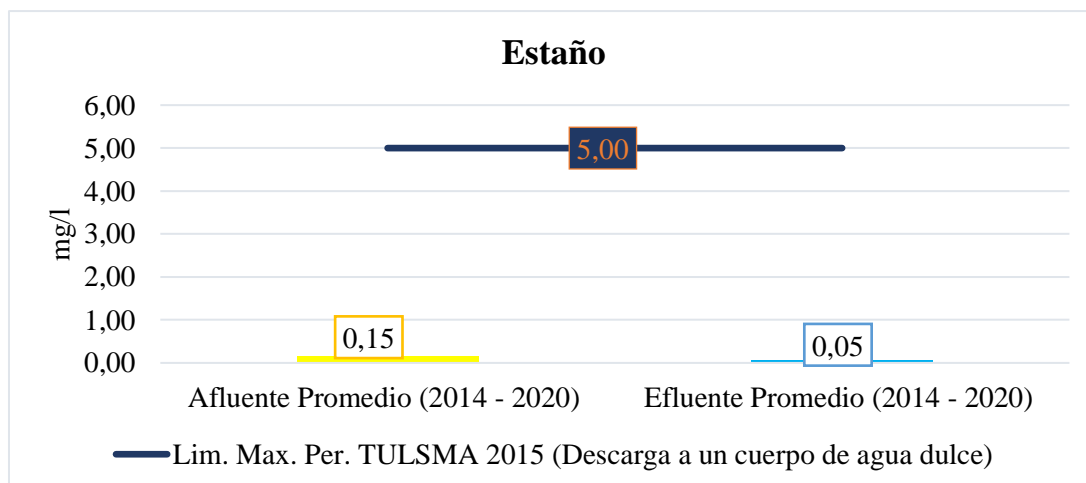
Resultados de evaluación estadística de Demanda Química de Oxígeno



5.1.2.17. Estaño. En la figura 24, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,15 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **0,05 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**5,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **67,33%**.

Figura 24.

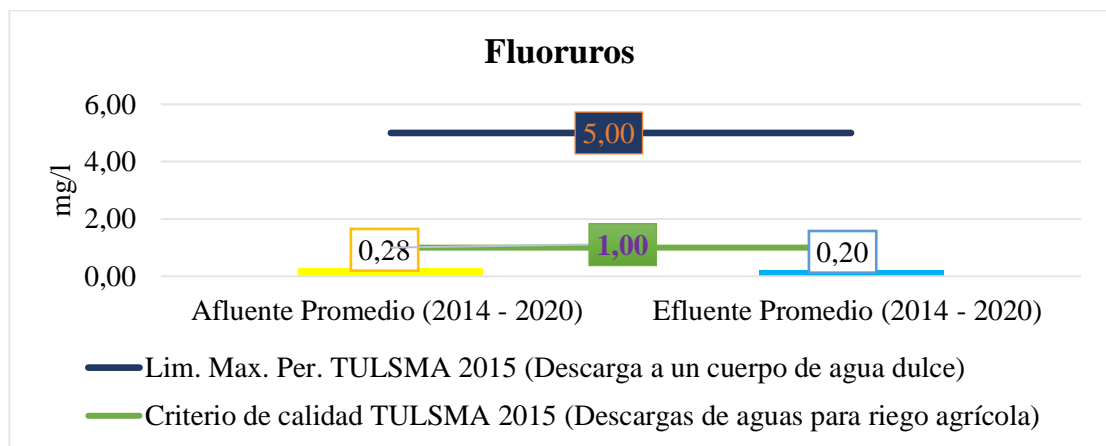
Resultados de evaluación estadística de Estaño



5.1.2.18. Fluoruros. En la figura 25, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,28 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **0,20 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**5,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (1,00 mg/l) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **26,13%**.

Figura 25.

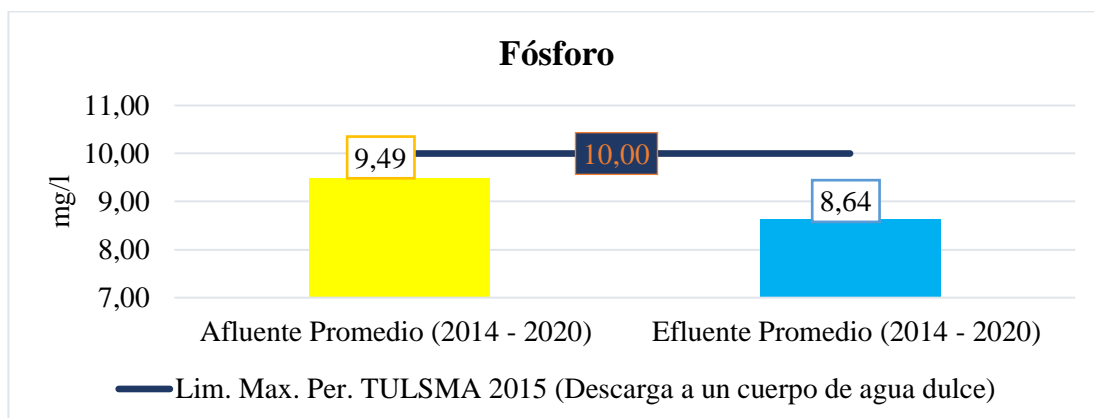
Resultados de evaluación estadística de Fluoruros



5.1.2.19. Fósforo. En la figura 26, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **9,49 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **8,64 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**10,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **8,96%**.

Figura 26.

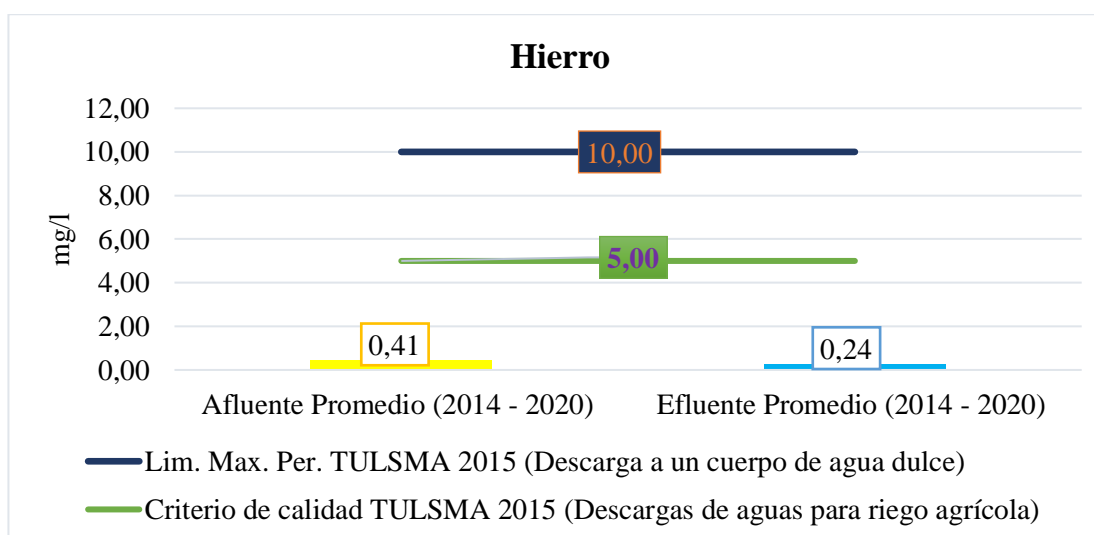
Resultados de evaluación estadística de Fósforo



5.1.2.20. Hierro. En la figura 27, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,41 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **0,24 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**10,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**5,00 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **41,81%**.

Figura 27.

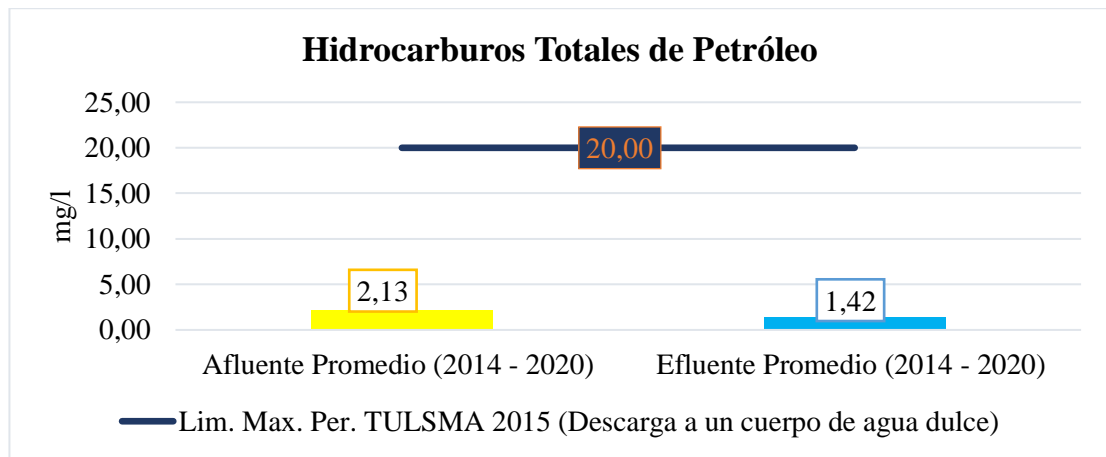
Resultados de evaluación estadística de Hierro



5.1.2.21. Hidrocarburos Totales de Petróleo. En la figura 28, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **2,13 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un promedio de **1,42 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**20,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **33,36%**.

Figura 28.

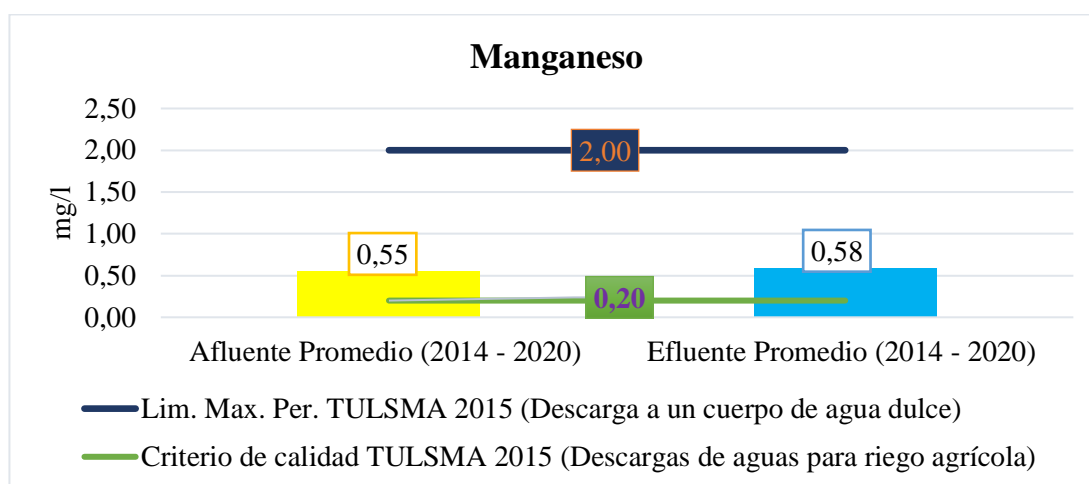
Resultados de evaluación estadística de Hidrocarburos Totales de Petróleo



5.1.2.22. Manganeso. En la figura 29, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,55 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,58 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**2,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,20 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que no cumple con lo establecido. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 29.

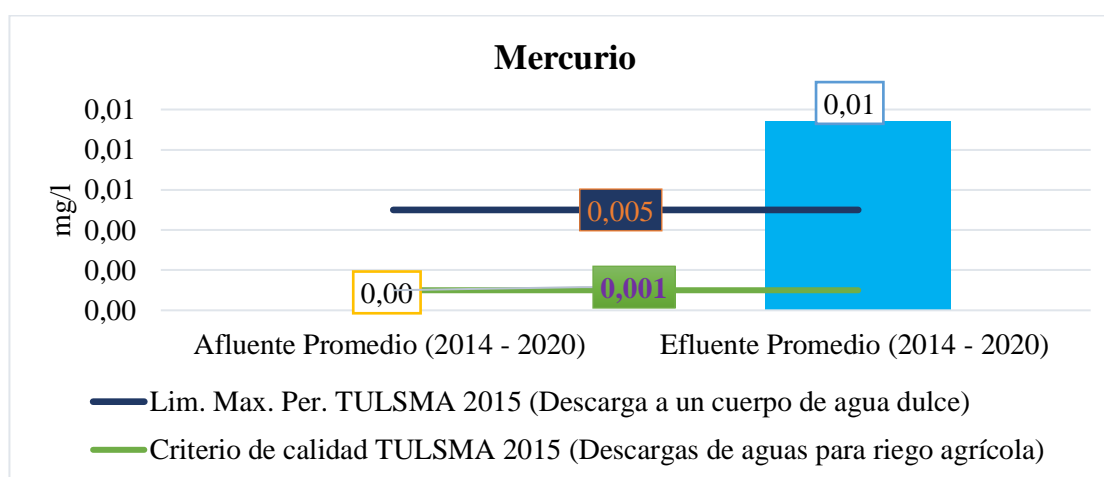
Resultados de evaluación estadística de Manganeso



5.1.2.23. Mercurio. En la figura 30, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,00 mg/l**, mientras se identifica que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,01 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,005 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,001 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que no cumple con lo establecido. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 30.

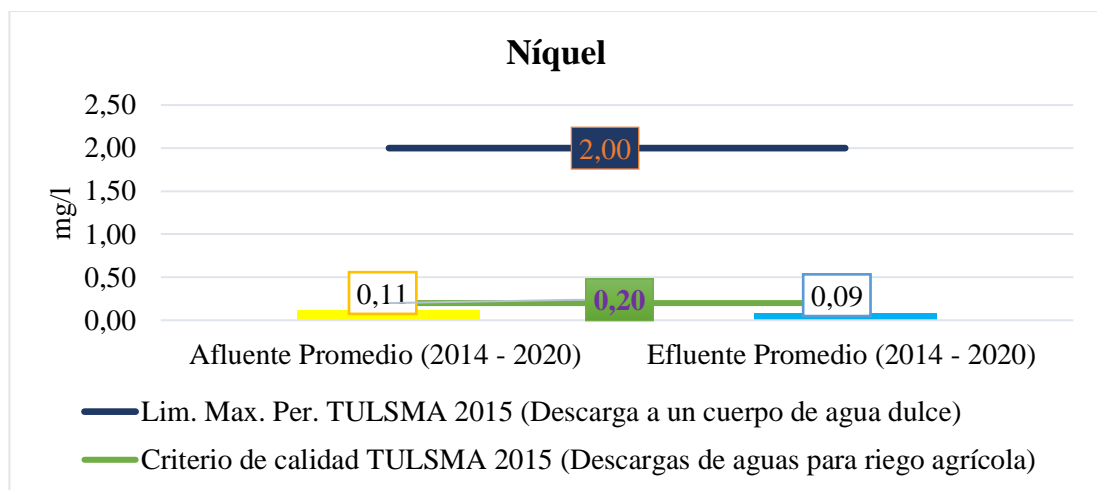
Resultados de evaluación estadística de Mercurio



5.1.2.24. Níquel. En la figura 31, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,11 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,09 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**2,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,001 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **22,46%**.

Figura 31.

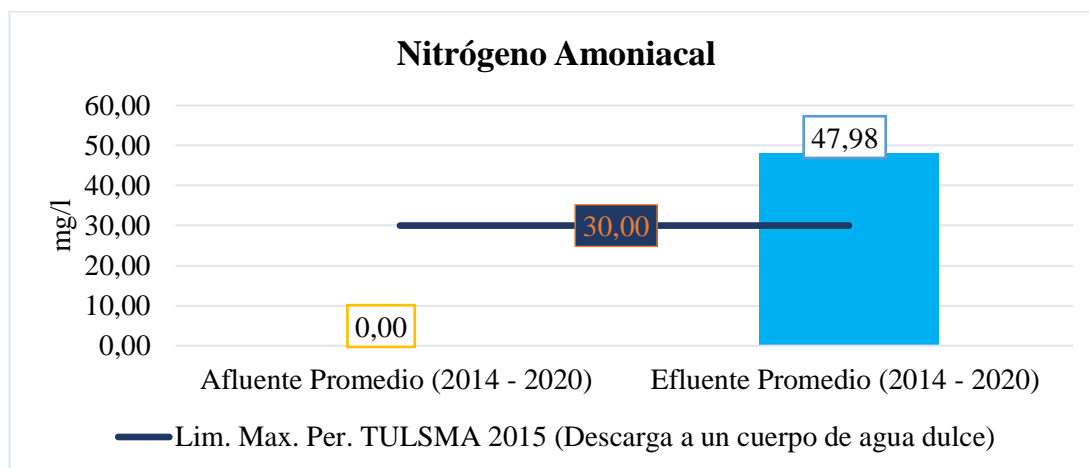
Resultados de evaluación estadística de Níquel



5.1.2.25. Nitrógeno Amoniacal. En la figura 32, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,00 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **47,98 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**30,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Este parámetro solo ha sido considerado en efluentes, por tal motivo no se puede obtener su eficiencia de remoción.

Figura 32.

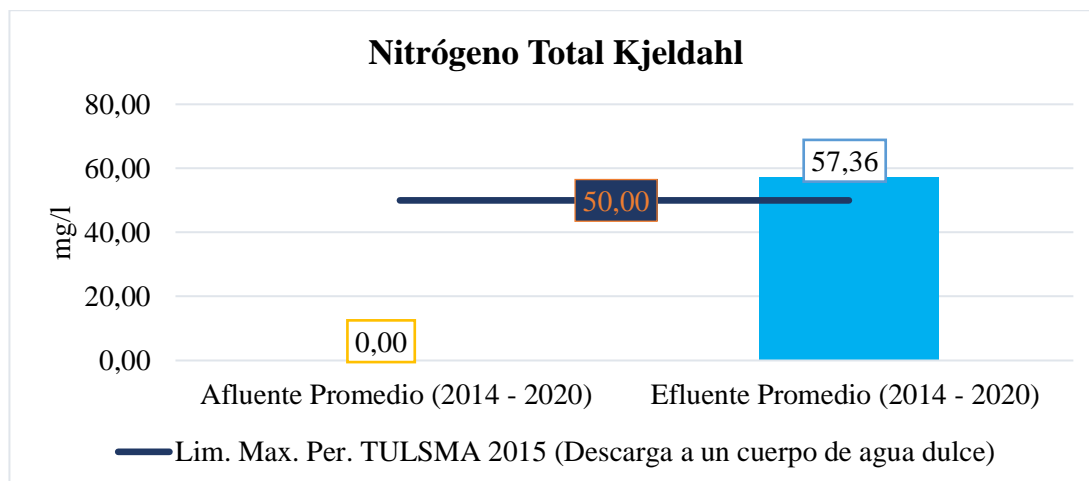
Resultados de evaluación estadística de Nitrógeno Amoniacal



5.1.2.26. Nitrógeno Total Kjeldahl. En la figura 33, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,00 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **57,36 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con lo establecido con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**50,00 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Este parámetro solo ha sido considerado en efluentes, por tal motivo no se puede obtener su eficiencia de remoción.

Figura 33.

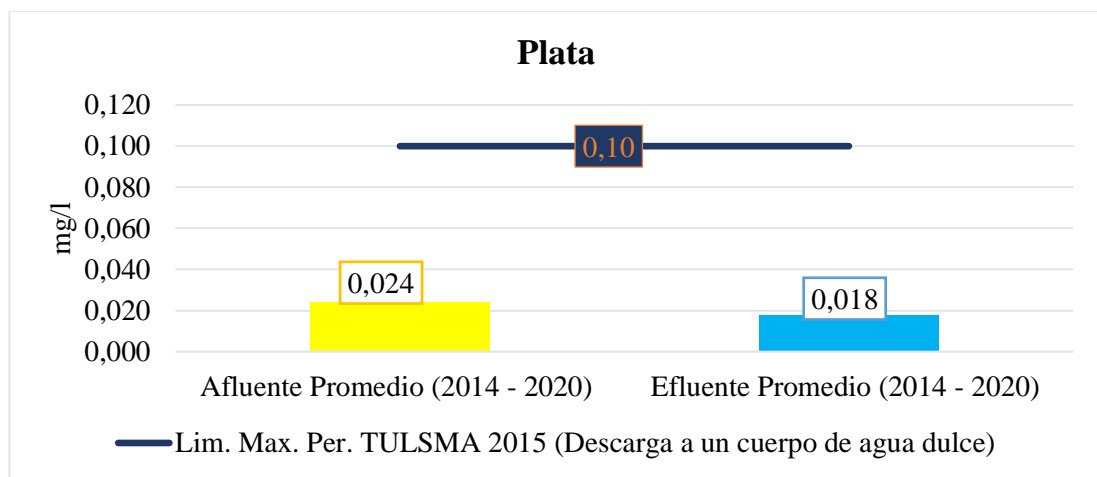
Resultados de evaluación estadística de Nitrógeno Total Kjeldahl



5.1.2.27. Plata. En la figura 34, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,024 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,018 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,10 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **25,88%**.

Figura 34.

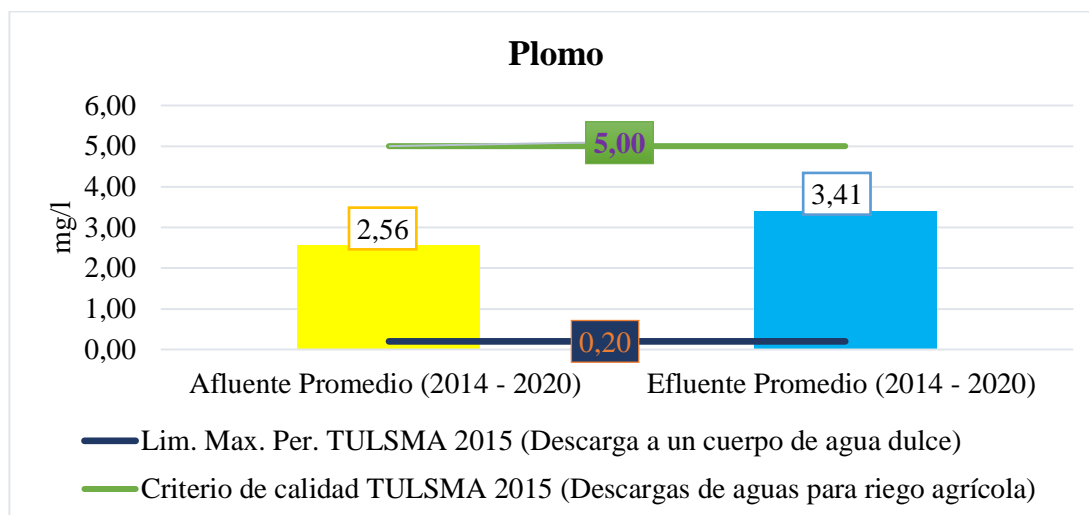
Resultados de evaluación estadística de Plata



5.1.2.28. Plomo. En la figura 35, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **2,56 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **3,41 mg/l**, y comparando con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,20 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**5,00 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 35.

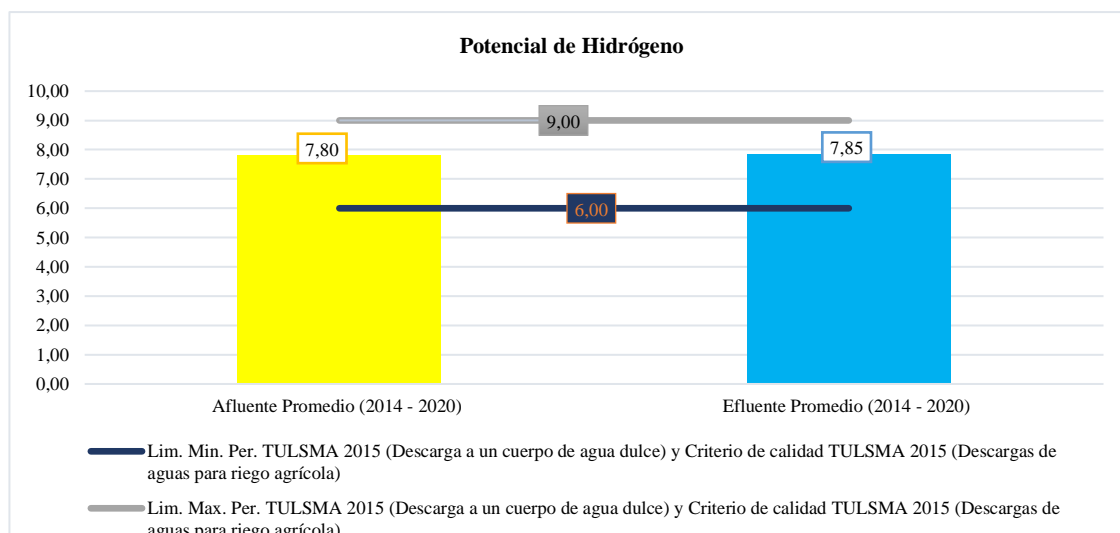
Resultados de evaluación estadística de Plomo



5.1.2.29. Potencial de Hidrógeno. En la figura 36, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **7,80**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **7,85**, y comparando con (TULSMA, 2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**6-9**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**6-9**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido.

Figura 36.

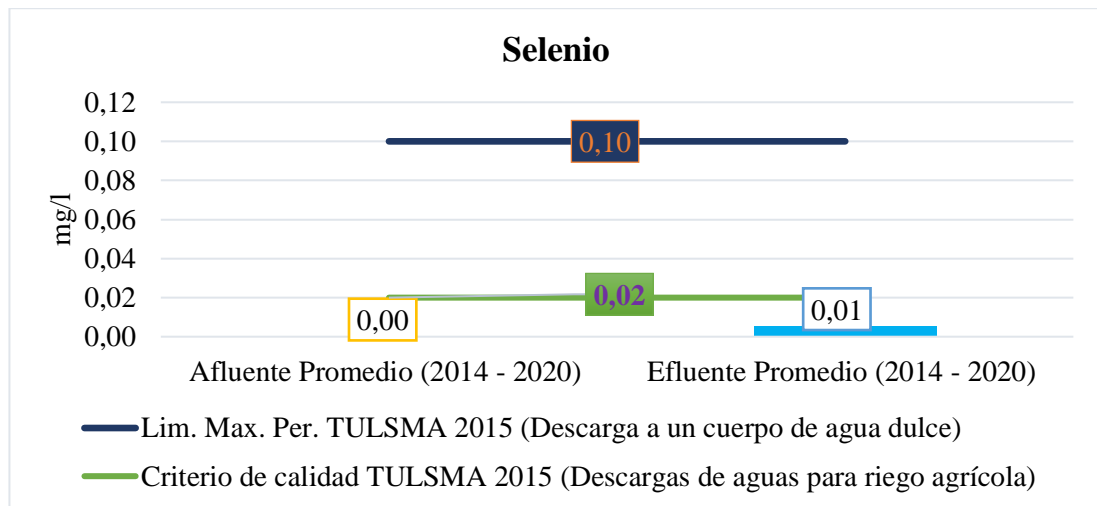
Resultados de evaluación estadística de pH



5.1.2.30. Selenio. En la figura 37, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **0,00 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,01 mg/l**, y comparando con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,10 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**0,02 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Hubo problemas en el tratamiento, por tanto, no se efectuó una correcta eficiencia de remoción.

Figura 37.

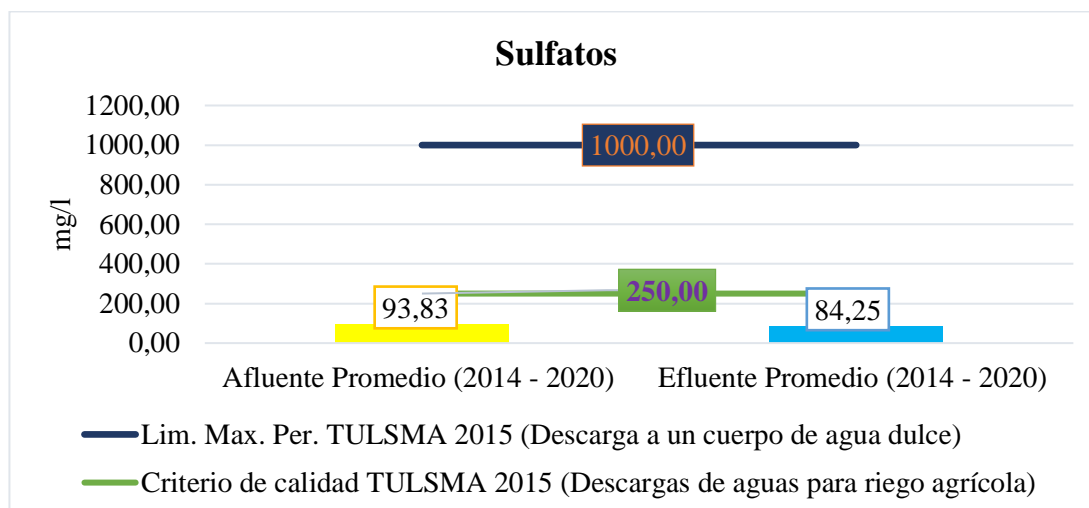
Resultados de evaluación estadística del Selenio



5.1.2.31. Sulfatos. En la figura 38, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **93,83 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **84,25 mg/l**, y comparando con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**1000,00 mg/l**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**250,00 mg/l**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **10,20%**.

Figura 38.

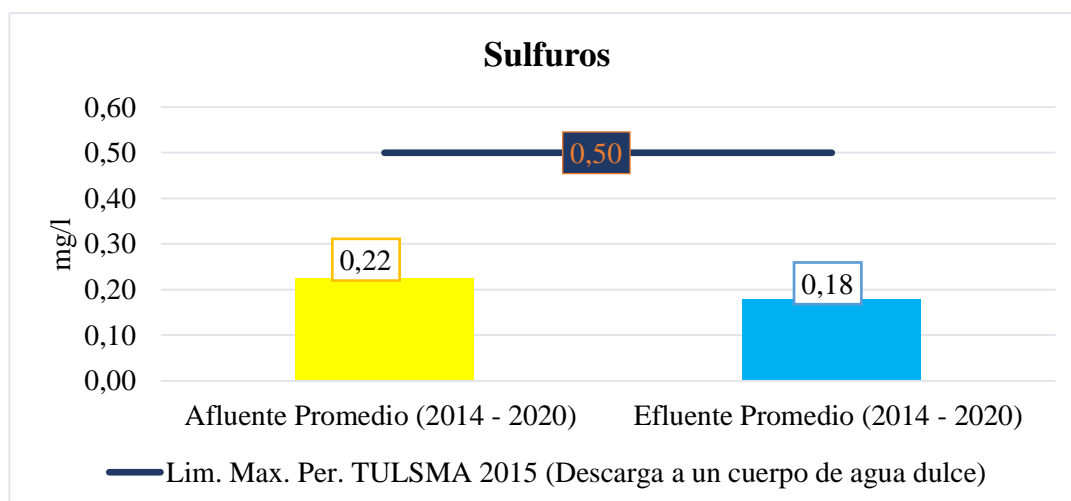
Resultados de evaluación estadística de Sulfatos



5.1.2.32. Sulfuros. En la figura 39, se denota que el promedio de afluyente se presenta con un valor de **0,22 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **0,18 mg/l**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,50 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **19,83%**.

Figura 39.

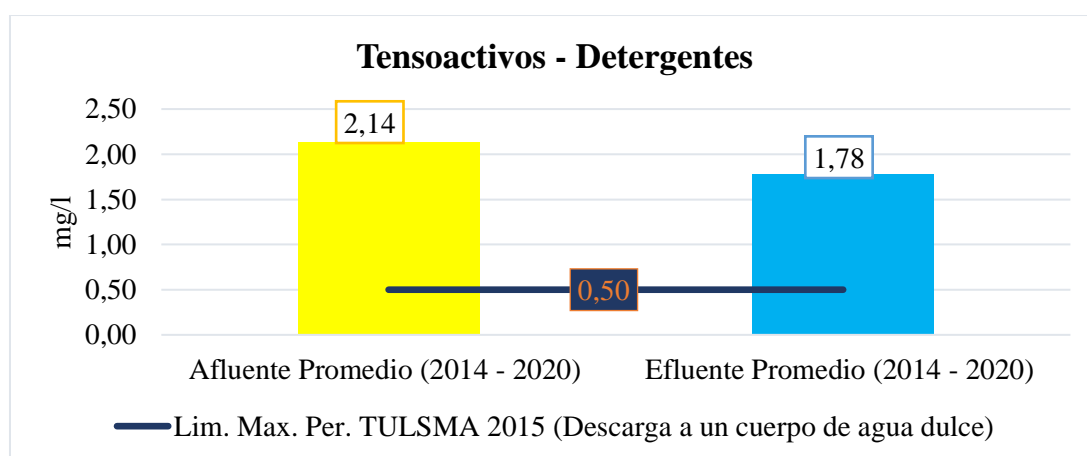
Resultados de evaluación estadística de Sulfuros



5.1.2.33. Tensoactivos – Detergentes. En la figura 42, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **2,14 mg/l**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **1,78 mg/l**, y comparando con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**0,50 mg/l**). Cabe mencionar que este parámetro no está considerado en TULSMA (2015) para criterios de aguas para riego agrícola. Se presenta una eficiencia de remoción de **16,61%**.

Figura 40.

Resultados de evaluación estadística de Tensoactivos - Detergentes



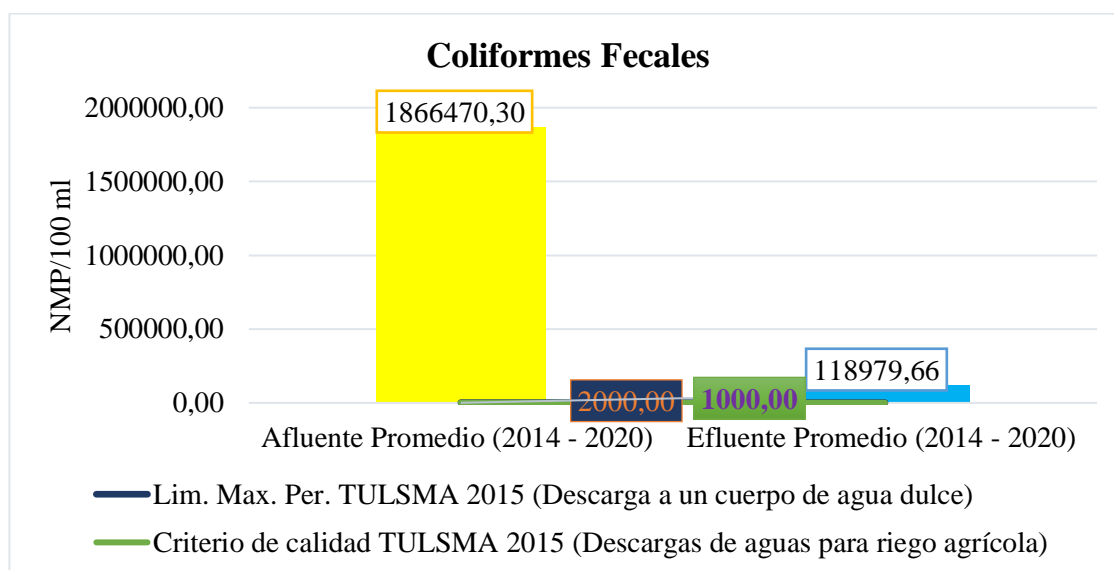
5.1.3. Parámetros de Caracterización Bacteriológicos o Biológicos

Entre los parámetros de caracterización bacteriológica o biológica de aguas residuales, según TULSMA (2015) se considera:

5.1.3.1. Coliformes Fecales. En la figura 41, se denota que el promedio de afluente se presenta con un valor de **1866470,30 NMP/100 ml**, mientras que el promedio de efluente se presenta con un valor de **118979,66 NMP/100 ml**, y comparando este valor con TULSMA (2015), se logra identificar que no cumple con el límite máximo permisible establecido de descarga a un cuerpo de agua dulce (**2000 NMP/ 100 ml**). Además, el efluente está considerado con un criterio de calidad (**1000 NMP/ 100 ml**) en TULSMA (2015) de descargas de aguas para riego agrícola, lo que no cumple con lo establecido. Se presenta una eficiencia de remoción de **93,63%**.

Figura 41.

Resultados de evaluación estadística de Coliformes Fecales



5.2. Determinación de Tiempos de Retención Hidráulicos de Diseño y Efectivos

Siguiendo lo establecido en la sección 4.2. de la investigación, se dan los siguientes resultados, en la tabla 11 se muestra un resumen del cálculo de la obtención de los tiempos de retención hidráulica:

5.2.1. Caudales Máximos de Efluentes Distribuidos en Porcentaje

Los porcentajes de caudales máximos de efluentes en cada laguna se obtienen mediante la distribución mostrada en el Anexo 41 de la presente investigación y son los siguientes:

$$Q(\%)_{anaerobia\ 1} = 25\%$$

$$Q(\%)_{anaerobia\ 2} = 25\%$$

$$Q(\%)_{anaerobia\ 3} = 50\%$$

$$Q(\%)_{facultativa\ 1} = 25\%$$

$$Q(\%)_{facultativa\ 2} = 25\%$$

$$Q(\%)_{\text{maduración } 1} = 17\%$$

$$Q(\%)_{\text{maduración } 2} = 62,5\%$$

5.2.2. Caudales Máximos de Efluentes en m³/día

Los caudales en m³/día de cada laguna son los siguientes:

$$Q_{\text{anaerobia } 1} = 25\% * 22464 = 0,25 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 5616 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{anaerobia } 2} = 25\% * 22464 = 0,25 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 5616 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{anaerobia } 1} = 50\% * 22464 = 0,50 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 11232 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{facultativa } 1} = 25\% * 22464 = 0,25 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 5616 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{facultativa } 2} = 25\% * 22464 = 0,25 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 5616 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{maduración } 1} = 17\% * 22464 = 0,17 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 5318,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{maduración } 2} = 62,5\% * 22464 = 62,5 * 22464 \text{ m}^3/\text{día} = 14040 \text{ m}^3/\text{día}$$

5.2.3. Volumen Total de cada Laguna

El volumen total de cada laguna se mostró en la tabla 9 de la sección 4.2. de la presente investigación.

5.2.4. Porcentaje de Lodos

El porcentaje de lodos de cada laguna se mostró en la tabla 10 de la sección 4.2. de la presente investigación.

5.2.5. Volumen de Logos en cada Laguna

Los volúmenes de lodos en cada laguna son los siguientes:

$$V.\text{lodos}_{\text{anaerobia } 1} = 13005,98 \text{ m}^3 * 0,41 = 5327,74 \text{ m}^3$$

$$V.\text{lodos}_{\text{anaerobia } 2} = 12679,89 \text{ m}^3 * 0,25 = 3160,51 \text{ m}^3$$

$$V.\text{lodos}_{\text{anaerobia } 3} = 12141,23 \text{ m}^3 * 0,46 = 5569,85 \text{ m}^3$$

$$V.\text{lodos}_{\text{facultativa } 1} = 24220,96 \text{ m}^3 * 0,17 = 4164,08 \text{ m}^3$$

$$V.lodos_{facultativa\ 2} = 42539,17\ m^3 * 0,16 = 6644,68\ m^3$$

$$V.lodos_{maduración\ 1} = 39569,61m^3 * 0,11 = 4170,94\ m^3$$

$$V.lodos_{maduración\ 2} = 43584,2\ m^3 * 0,12 = 5480,26\ m^3$$

5.2.6. Volumen de Agua Residual en cada Laguna

Los volúmenes de agua residual en cada laguna son los siguientes:

$$V\ a.\ r.\ anaerobia\ 1 = 13005,98\ m^3 - 5327,74\ m^3 = 7678,24\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ anaerobia\ 2 = 12679,89\ m^3 - 3160,51\ m^3 = 9519,38\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ anaerobia\ 3 = 12141,23\ m^3 - 5569,85\ m^3 = 6571,38\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ facultativa\ 1 = 24220,96\ m^3 - 4164,08\ m^3 = 20056,88\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ facultativa\ 2 = 42539,17\ m^3 - 6644,68\ m^3 = 35894,49\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ maduración\ 1 = 39569,61\ m^3 - 4170,94\ m^3 = 35398,67\ m^3$$

$$V\ a.\ r.\ maduración\ 2 = 43584,2\ m^3 - 5480,26\ m^3 = 38373,94\ m^3$$

5.2.7. Tiempos de Retención Hidráulica en cada laguna

Finalmente, los tiempos de retención hidráulica son los siguientes:

$$TRH_{anaerobia\ 1} = \frac{7678,24\ m^3}{5616\ \frac{m^3}{día}} = 1,37\ días$$

$$TRH_{anaerobia\ 2} = \frac{9519,38\ m^3}{5616\ \frac{m^3}{día}} = 1,70\ días$$

$$TRH_{anaerobia\ 3} = \frac{6571,38\ m^3}{11232\ \frac{m^3}{día}} = 0,59\ días$$

$$TRH_{facultativa\ 1} = \frac{20056,88\ m^3}{5616\ \frac{m^3}{día}} = 3,57\ días$$

$$TRH_{facultativa\ 2} = \frac{35894,49\ m^3}{5616\ \frac{m^3}{día}} = 6,39\ días$$

$$TRH_{\text{maduración 1}} = \frac{35398,67 \text{ m}^3}{5318,88 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 9,27 \text{ días}$$

$$TRH_{\text{maduración 2}} = \frac{38373,94 \text{ m}^3}{14040 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 2,73 \text{ días}$$

Tabla 11.

Resumen de Obtención de Tiempos de Retención Hidráulica

LAGUNA	Q (%)	Q (m ³ /día)	Volumen Total (m ³)	% de lodos	Volumen de lodos	Volumen en Agua Residual	TRH (días)	TRH Mínimo (días)	TRH
ANAEROBIA 1	25%	5616	13005,98	41%	5327,74	7678,24	1,37	2 a 5	NO CUMPLE
ANAEROBIA 2	25%	5616	12679,89	25%	3160,51	9518,38	1,70	2 a 5	NO CUMPLE
ANAEROBIA 3	50%	11232	12141,23	46%	5569,85	6571,38	0,59	2 a 5	NO CUMPLE
FACULTATIVA 1	25%	5616	24220,96	17%	4164,08	20056,88	3,57	5 a 30	NO CUMPLE
FACULTATIVA 2	25%	5616	42539,17	16%	6644,68	35894,49	6,39	5 a 30	SI CUMPLE
MADURACION 1	17%	3818,88	39569,61	11%	4170,94	35398,67	9,27	3 a 10	SI CUMPLE
MADURACION 2	62,5%	14040	43854,2	12%	5480,26	38373,94	2,73	3 a 10	NO CUMPLE

Nota. Se trabaja con caudal de 22464 m³/día.

CONCLUSIONES

Se recolectó información en la empresa AGUAPEN-EP acerca de análisis físicos, químicos y bacteriológicos, de afluentes y efluentes comprendidos del año 2014 al año 2020 del sistema lagunar Punta Carnero, de la misma manera se obtuvo los volúmenes actuales de las lagunas de estabilización y de la misma manera su porcentaje de lodos, y finalmente se consiguió el caudal de efluente máximo del mencionado sistema.

Realizada la evaluación estadística a cada parámetro de análisis físico, químico y bacteriológico, se constató que del 100% de los parámetros evaluados, el 38,46% no cumple con lo establecido en el libro VI TULSMA Acuerdo 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua, mientras que el 61,54% si cumple con lo establecido. En gran parte de los parámetros evaluados se presenta un bajo porcentaje de remoción, mientras que en parámetros como: Cloro Residual, Cloruros, Cobalto, Manganeso, Mercurio, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total Kjeldahl, Plomo y Selenio, se denota que ha existido problemas en su tratamiento puesto que el efluente no fue tratado correctamente, y su valor se denoto mayor que el valor del afluente.

Mediante el cálculo de Tiempos de retención hidráulica de todo el sistema de lagunas, se constató de las 7 lagunas entre ellas anaerobias, facultativas y de maduración, 5 no cumplen con el tiempo de retención hidráulica que establece la normativa explicada en el capítulo III de la investigación referente a sistemas lagunares, mientras que las otras dos lagunas si cumplen con lo establecido.

En general, el sistema no presenta óptimos tratamientos para aguas residuales, puesto que sus efluentes no son debidamente tratados, y se descargan con baja eficiencia de remoción e incumplen la normativa expuesta por TULSMA (2015), debido a que la población de la que se recibe aguas residuales está en un constante aumento y esto genera que los tiempos de retención hidráulica por laguna no cumplan con su correcta remoción, descargando al medio ambiente aguas residuales mal tratadas.

RECOMENDACIONES

Mediante la realización de ensayos interlaboratorio se conocería con más aseveración cuál es el correcto tratamiento que se debe tener en cada parámetro y en la remoción de los mismos de aguas residuales, también ayudaría para conocer cuál es el verdadero impacto que estas generan al medio ambiente.

Mejorar los tratamientos del sistema lagunar, sería un gran aporte para que las aguas residuales presenten un mejor tratamiento y sean vertidas al medio ambiente con límites mínimos permisibles en lo que respecta a cada parámetro de caracterización de aguas residuales, por otro lado, también ayudaría a que se presenten correctos tiempos de retención hidráulica.

Se debe adecuar un mejor sistema de tratamiento de aguas residuales, puesto que año a año aumenta la población y los caudales que ingresan se presentan con mucha más demanda, generando un mal tratamiento de aguas residuales, por ello es de suma relevancia adecuar e implementar mejoras en las estructuras del sistema lagunar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AguaMarket. (2005).** ¿Qué es el pH?, <https://www.aguamarket.com/tema-interes.asp?id=340&tema=%BFQue+es+el+pH%3F>.
- AguasResiduales.Info. (2015).** Análisis, comparativas y relaciones entre la DBO, DQO, COT. Retrieved from <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>
- Aguilar, M. (2001).** ANÁLISIS DE AGUAS -DETERMINACIÓN DE FLUORUROS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS (CANCELA A LA NMX-AA-077-1982). 24.
- Aguilera, I., Pérez, R., & Marañón, A. (2010).** Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método. *Química*, 22(3), 39-44.
- Alaerts, G., Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. (1995).** Wastewater treatment. tratamiento de aguas residuales, presentado en "Curso-Taller Internacional sobre Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales", febrero 13-marzo 17 de 1995.
- Alatorre, F. (2007).** *Diseño de reactores empacados para la remoción de color en aguas residuales industriales*. Universidad Nacional Autónoma de México. , México.
- Almau, C. (2014).** Metodología para la descontaminación de aguas procedentes de lavaderos de instalaciones mineras.
- Altamirano, G. (2015).** *Estudio de procesos de depósito de metales sobre superficies no conductoras mediante reacciones de reducción simple a partir de sus soluciones usando agentes reductores*. Quito: UCE.,
- Alvites, E. (2018).** Caracterización de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca y su propuesta de tratamiento en la zona del fundo Betania.
- Amabilis, L., Siebe, C., Moeller, G., & Durán, M. d. C. (2016).** Remoción de mercurio por *Phragmites australis* empleada como barrera biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados. 32(1), 47-53.
- Apaza, D. (2015).** "REMOCION DE METALES PLOMO (Pb) Y ZINC (Zn) DE LAS AGUAS DEL RIOT'ORO Q'OCHA POR PRECIPITACION ALCALINA EN LA

CIUDAD DE JULIACA". UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, Puno-Perú.

Arce, A., Calderón, C., & Tomasini, A., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, sf. (2014). Serie autodidáctica de medición de calidad del agua., Fundamentos Técnicos para el muestreo y Análisis de Aguas Residuales. 1.

Argandona, L., & Macias, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ,

Arocutipá, J. (2013). Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari-Sandia.

ATSDR. (1995). Bario (Barium) Cas # 7440-39-3. *Toxicología*, 2.

Banco Mundial. (2020). El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>

Belaire, A., & Jacobs, B. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con plomo (II) mediante un técnica en continuo de bioadsorción en columna de corcho. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España. *Ciencias Ambientales*.

Bermeo, & Salazar, F., Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789//1/UPS-GT000524>. (2013). Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil.

Bermeo, M. (2016). Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales. *Ingeniería Civil, Segunda edición mejorada y actualizada*, 142.

Blum, P., & De los Ángeles, M. (2013). Evaluación y diagnóstico de las aguas residuales dentro de un marco teórico de turismo consciente de la parroquia Puerto López.

Brand, D. (2019). *Efectos de los tensoactivos en el medio ambiente.* Universidad Santiago de Cali,

Carbotecnia. (2020). Plata en el agua y sus efectos en la salud.

- Carrión, J. (2014).** *Determinación de la toxicidad aguda c150 96h con acetato de cadmio en juveniles *liptopenaeus vannamei* y alevines de tilapia roja *oreochromis sp.** Machala: Universidad Técnica de Machala,
- Carvajal, P. (2019).** Biodegradación de fenol en medio acuoso utilizando bacterias doblemente encapsuladas en matrices de polivinil-alcohol alginato y sílice.
- Castiblanco, Y., & Perilla, A. (2019).** Remoción de cromo hexavalente en aguas residuales proveniente de procesos de cromado de plásticos en empresas de Bogotá.
- Castro, D. (2018).** *Climatología costera y su influencia en las descargas residuales en la península de Santa Elena.*
- Córdova, D. (2013).** Evaluación técnica y ambiental de las lagunas de oxidación del cantón Salinas ubicadas en la vía Punta Carnero.
- Cortez, L. (2017).** *Determinación de la capacidad de remoción de cobre en aguas residuales de la industria galvánica a través de la acción del Micelio *Pleurotus sajorcaju.** Quito: UCE,
- Cun, H. (2016).** *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales, tanque séptico-filtro anaerobio de flujo ascendente.* Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
- De la Lanza, G. (1999).** *Diccionario de hidrología y ciencias afines:* Plaza y Valdes.
- De La Pared, S. (2011).** *Problema jurídico ambiental que enfrenta Aguapen SA Por las lagunas de oxidación de la provincia de Santa Elena y su incidencia en el derecho precautelado como garantía humana en la constitución del estado.* La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2011.,
- Díaz. (2016).** *Proceso de secado de lodos y fangos contaminantes utilizando efecto invernadero.*, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Díaz, Alvarado, A., & Camacho, K., Quivera. Revista de Estudios Territoriales. (2012).** El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *14(1)*, 78-97.
- Espinosa, M., León, Y., & Rodríguez, X. (2013).** Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Ciencias Químicas*, *44*, 1-12.

- Estrada, J. (2020).** Evaluación de la influencia del tiempo de retención hidráulica en la calidad de efluentes de lagunas de oxidación, Junín-2018.
- Estrella, I., & Guevara, P. (2010).** Análisis de hidrocarburos de petróleo en agua mediante cromatografía de gases. In: Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Ecuador.
- Fárez, C., Landi, P., & Parra, A. (2011).** *Reducción de la concentración de cianuro con tratamiento de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en las aguas residuales de la industria del galvanizado.*
- Figuera, M. (2014).** Análisis físico, químico y bacteriológico del agua de la quebrada Cuesta de Mora. *4*(1), 28-34.
- Franco, F., & Carro, M. (2014).** Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *30*(2), 177-190.
- García, C., & Fonseca, J. (2016).** Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales “Quinta Brasilia” ubicada en el municipio de Honda–Tolima.
- García, J. (2019).** *Evaluación de la eficiencia de estabilización de los lodos obtenidos a partir de la operación del sistema de Tratamiento Primario Químicamente Mejorado (CEPT), mediante la aplicación del método de digestión anaeróbica de alta tasa.*, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- García, M., Gálvez, R., & López, J. (1986).** *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas:* Universidad, Servicio de Publicaciones.
- Garzón, D., & Espino, R. (2005).** Características Físicos-Químicas del agua residual. 81.
- González, L. (2013).** Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación. *Química*, *2*.
- Honores, K. (2020).** Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión–distrito de Huacho, provincia de Huaura, región Lima.
- IDEAM. (2007).** DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO – 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. *Ciencias Ambientales*, *13*.
- INEC. (2010).** ecuadorencifras.com.
- Kestler, P., Guatemala, Guatemala. (2004).** Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda.

- Lecca, E., & Lizama, E. (2014).** Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Ingeniería Industrial*, 17(1), 71-80.
- López, J. (2011).** *Evaluación de la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos UASB para el tratamiento de aguas residuales-escala laboratorio.* Quito: USFQ, 2011,
- Lozano, W., Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales . Bogotá-Colombia. (2012).** Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales.
- Luz, M., Zárate, A., Núñez, S., & De Bazúa, C. (2011).** Remoción de fósforo en un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio. . *Química Central, Ciencia y Naturaleza*, 2(1), 25-32.
- Mancilla, O., Bautista, A., Ortega, H., Ramírez, C., Reyes, A. L., Flores, H., . . . Guevara, R. (2014).** Contenido de boro en el agua superficial de Puebla, Tlaxcala y Veracruz. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(5), 97-109.
- Manterola, G. (2016).** Eliminación biológica del selenio a través de tecnología de lecho móvil en aguas residuales mineras. (586), 12-17.
- Martínez, J. C. (2010).** Evaluación ambiental de los sistemas de lagunas para el tratamiento de aguas residuales.
- McFarland, M. L., & Dozier, M. C. (2004).** *Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso:* Cooperative de Texas Extensión, El Sistema Universitario Texas A & M.
- Merchán, J. (2018).** *Evaluación y propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Urbanización Fuentes del Río. Cantón Daule.* Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas,
- Metcalf & Eddy, I. (1995).** Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. *Ingeniería Civil, Volumen 1*, 528.
- Metcalf, E., MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Tasas Retributivas por vertimientos líquidos, evaluación Nacional. MINAMBIENTE. (2000).** Ingeniería de aguas residuales, Editorial Mc Graw Hill Vol 1, Tercera Edición, 1991.
- Metrohm. (2020).** Cianuro en agua: determinación económica según los métodos APHA 4500-CN y ASTM D2036. Retrieved from <https://www.metrohm.com/es/applications/AN-I-009>

- Montero, F., Molina, C., Pillco, B., Sarduy, L., & Diéguez, K., Ciencia, Ambiente y Clima. (2020).** Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador. 3(1), 23-39.
- Montesinos, M.-k. (2014).** Evaluación de los factores físicos químicos y bacteriológicos de la laguna de oxidación en Santa Lucía-Provincia del Guayas.
- Morillo, L., Naranjo, D., Pérez, J., Villacis, W., Vargas, P., & Muñoz, F. (2019).** Remoción de tensoactivos y coliformes en aguas residuales domésticas mediante procesos fenton. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 931-943.
- Muñoz, A. (2008).** Caracterización y tratamiento de aguas residuales.
- OEFA, O., Obtenido en: <https://www.oefa.gob.pe>. (2014).** Fiscalización ambiental en aguas residuales.
- Oliveros, D., & Wild, J. (2019).** *Evaluación de la eficiencia de remoción de nutrientes presentes en aguas residuales municipales en un sistema de tratamiento terciario.* Universidad de la Costa,
- Orellana, X. (2015).** Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos. In: Recuperado de [http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4344/1/T-UCSG](http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4344/1/T-UCSG....)
- Organización Mundial de la Salud. (2009).** Medición del cloro residual en el agua 4.
- Organización Mundial de la Salud. (2018).** Arsénico. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Paladines, A., & Salazar, A. (2016).** *Determinación de tratamientos primarios para la depuración del agua residual doméstica.*
- Pallo, L. (2015).** *DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES NO MAYORES DE 3.000 HABITANTES.*, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Guayaquil, Ecuador
- Pérez. (2015).** *Metodología para el seguimiento y análisis de aguas residuales procedentes de distintos orígenes: control anual y trimestral.* Universitat Politècnica de València,

- Pérez, Carrasco, T., & Núñez, L., Revista Cubana de Ciencia Agrícola. (2005).** Dinámica de las características físico-químicas de aguas de un sistema en el que convergen residuales pecuarios y urbanos. *39(3)*, 339-342.
- Quiñónez, J. (2009).** ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS EN LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MEDICAMENTOS DE VENTA LIBRE. *Ingeniería Química*, 79.
- Rada, J. (2019).** *Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de tipo anaeróbica, que trata un caudal medio diario (q cmd) de 25 m³/d.* Espol,
- Ramallo, R. (1996).** *Tratamiento de aguas residuales: Reverté.*
- Ramos, L., Vidal, L., Vilardy, S., & Saavedra, L. (2008).** Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. *13(3)*, 87-98.
- Red Iberoamericana de Potabilización. (2010).** Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. *Capítulo 20.*
- Rejo, M., Abia, L., & Vieira, R. (2003).** El tratamiento de aguas industriales contaminadas con sulfuros. *13(74)*, 64-71.
- Reynolds, K., Latinoamérica. (2001).** Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. 48-49.
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J., Informe de Vigilancia Tecnológica. (2006).** Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. 63-94.
- Rojas. (2002).** Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *1(1)*, 8-15.
- Rojas, Pereira, R., Martínez, L., Guzman, L., & Miranda, E. (2013).** Tratamiento de agua potable y aguas residuales. 12.
- Rolim, S., Editorial Nomos SA Bogotá-Colombia. (2000).** Sistemas de lagunas de estabilización como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío.
- Romero, J., Escuela Colombiana de Ingenieros. (2004).** Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño.
- Ruiz, H. (2019).** Efectos del estaño sobre la salud. Retrieved from <http://www.brachem.co/todos-los-blog/items/efectos-del-estano-sobre-la-salud.html>



- SENAGUA. (2012).** NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES. 420.
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013).** Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas.
- Tchobanoglous, G., & Crites, R., Mcgrawhill interamericana. España. Pp. (2000).** Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 33, 48.
- Tejero, I., Suárez, J., Jacóme, A., & Temprano, J., Volumen I, Capítulo. (2001).** Introducción a la ingeniería sanitaria y ambiental. 8.
- Terence, J. (1999).** Abastecimiento de agua y alcantarillado. *Ingeniería Ambiental, Sexta Edición*, 620.
- Tomalá, J. (2020).** *Calidad del servicio de la empresa AGUAPEN EP, cantón Salinas, provincia de Santa Elena, año 2019.* La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020,
- Toscano, J. (2014).** Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas Residuales generadas en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas.
- TULSMA. (2015).** LIBRO VI TULSMA ACUERDO 097-A: Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes al Recurso Agua. 184.
- Tutillo, H. (2012).** *comXInvestigaciónBasica para el Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento Aerobio de las Aguas Residuales Domesticas del Recinto " El Prado" Parroquia Limonal-Canton Daule.* Universidad de Guayaquil Facultad Matemáticas y Físicas,
- UNESCO. (2017).** Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. In: París: UNESCO. From <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>.
- UNESCO. (2019).** <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>. 215.
- Valdez, E., & Vázquez, A., Fundación ICA, AC México DF México. (2003).** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.
- Valencia, A. (2014).** *Diseño de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo.*
- Valenzuela, L. (2014).** La química del Agua.
- Van Haandel, A., & Lettinga, G., Epgraf, Campina Grande. (1994).** Tratamiento anaeróbico de esgotos: um manual para regiões de clima quente. 240.

- Vargas, C. (2010).** Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamientos de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes.
- Vera, K., & Zambrano, M. (2019).** *Evaluación del polvo de moringa (m. Oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de Calceta.* Calceta: ESPAM MFL,
- Von Sperling, M., & De Lemos Chernicharo, C. A. (2005).** *Biological wastewater treatment in warm climate regions* (Vol. 1): IWA publishing.
- Zambrano, X., Saltos, X., & Villamar, F. (2009).** Diseño del Sistema de Tratamiento para la Depuración de las Aguas Residuales Domésticas de la Población San Eloy en la Provincia de Manabí por medio de un Sistema de Tratamiento Natural compuesto por un Humedal Artificial de Flujo Libre.

ANEXOS



Anexo 1.

Promedios de parámetros de análisis físico, químico y bacteriológico de afluentes del sistema lagunar Punta Carnero (Año 2014-2020)

CARACTERIZACIÓN	PARÁMETROS	EXPRESA DO	UNIDAD	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	
				Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	
 TESIS: "EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS" 											
PROMEDIOS DE PARAMETROS DE ANALISIS FISICO, QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AFLUENTES DEL SISTEMA LAGUNAR PUNTA CARNERO (AÑO 2014 -2020)											
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS											
FÍSICA	Color Real	Color	U. Co/Pt	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	
	Material Flotante	Visible	mg/l	Presencia	Ausencia	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
	Solidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	223,33	225,58	476,10	316,35	428,02	179,32	362,35	
	Solidos Totales	ST	mg/l	1036,00	1031,08	1745,80	2360,13	1737,48	1316,80	1647,98	
TOMADOS EN SITIO (Datos de muestreo)											
	Temperatura insitu	°C	°C	28,72	30,04	30,80	27,59	28,33	27,46	30,12	
	Potencial de Hidrogeno, in situ	pH	-	7,37	7,32	7,53	7,80	8,32	8,19	8,11	
	Cloro Residual in situ	Cl	mg/l	-	0,00	-	-	-	0,21	-	
AGREGADOS ORGÁNICOS											
	Aceites y Grasas	-	mg/l	-	15,50	-	-	9,02	18,18	-	
	Compuestos fenólicos	fenoles	mg/l	-	-	-	0,03	0,06	0,05	0,09	
	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mgO ₂ /l	331,50	403,08	777,18	352,32	387,22	352,23	340,86	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mgO ₂ /l	257,75	235,17	573,75	88,30	193,31	266,18	225,31	
	Hidrocarburos Totales de Petroleo	HTP	mg/l	-	-	-	-	3,17	1,09	-	
	Tensoactivos-Detergentes	Sust. activas al azul de metileno	mg/l	0,35	1,89	1,37	3,19	4,57	1,18	2,39	
INORGÁNICOS METALES											
QUÍMICA	Arsenico	As	mg/l	0,04	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	
	Aluminio	Al	mg/l	0,05	-	0,07	0,03	0,11	0,06	0,03	
	Bario	Ba	mg/l	12,67	0,00	15,67	-	-	7,28	-	
	Boro	B	mg/l	-	-	-	0,18	0,38	0,40	0,35	
	Cadmio	Cd	mg/l	4,56	0,00	-	0,01	0,01	0,76	0,00	
	Cinc	Zn	mg/l	0,11	0,19	0,03	0,01	0,10	0,14	0,04	
	Cobre	Cu	mg/l	0,15	0,42	0,85	0,03	0,35	0,32	-	
	Cobalto	Cb	mg/l	0,29	0,45	0,38	0,19	0,28	0,68	0,85	
	Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,30	0,15	0,18	0,02	0,13	0,17	0,16	
	Estañio	Sn	mg/l	-	-	-	-	-	0,15	-	
	Fosforo Total	P	mg/l	6,70	-	-	-	-	7,23	14,54	
	Hierro	Fe	mg/l	0,23	0,35	0,33	0,21	0,90	0,47	0,40	
	Manganeso	Mn	mg/l	0,32	0,28	0,12	0,51	0,77	0,57	1,26	
	Mercurio	Hg	mg/l	-	-	-	-	-	0,00	-	
	Niquel	Ni	mg/l	0,30	0,06	0,05	0,04	0,04	0,18	0,11	
	Plata	Ag	mg/l	0,01	0,03	-	-	0,03	0,03	-	
	Plomo	Pb	mg/l	13,84	0,05	-	0,02	0,05	1,38	0,02	
	Selenio	Se	mg/l	-	-	-	-	-	0,00	-	
	INORGÁNICOS NO METALES										
		Cianuros	Cn ⁻	mg/l	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03	0,03	0,02
	Cloruros	Cl ⁻	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluoruros	F ⁻	mg/l	0,05	0,33	-	-	0,56	0,27	0,17	
	Nitrogeno de Amoniacio	NH ₃	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	
	Nitrogeno total Kjeldahl	N	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	
	Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	-	65,50	114,25	0,00	133,33	123,26	126,61	
	Sulfuros	S ⁻	mg/l	0,24	0,44	0,24	0,03	0,15	0,22	0,25	
MICROBIOLOGÍA											
BACTERIOLÓGICA	Coliformes Fecales sin cloración	NMP	NMP/100 ml	93066,67	3301666,67	3900000,00	167470,00	1751510,84	2103894,64	1747683,27	

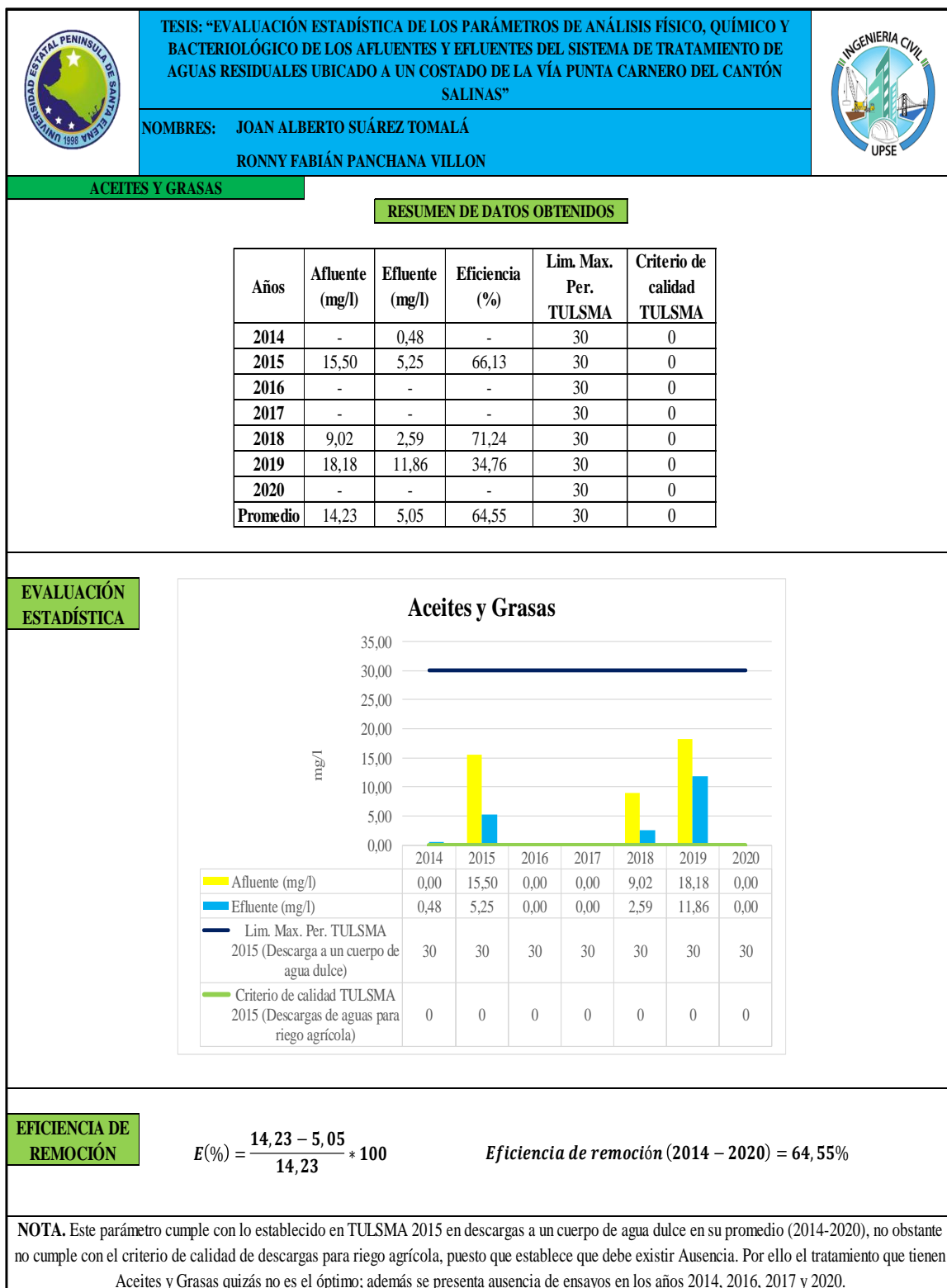
Anexo 2.

Promedios de parámetros de análisis físico, químico y bacteriológico de efluentes del sistema lagunar Punta Carnero (Año 2014-2020)

		TESIS: "EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO A UN COSTADO DE LA VÍA PUNTA CARNERO DEL CANTÓN SALINAS"											
PROMEDIOS DE EFLUENTES DEL SISTEMA LAGUNAR PUNTA CARNERO (AÑO 2014-2020)													
CARACTERIZACIÓN	PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Lim. Max. Per. TULSMA 2015 (Descarga a un cuerpo de agua dulce)	Criterio de calidad TULSMA 2015 (Descargas de aguas para riego agrícola)	
				Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020			
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS													
FÍSICA	Color Real	Color	U. Co/Pt	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable	No Aplica	
	Material Flotante	Visible	mg/l	Ausencia	Ausencia	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
	Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	282,00	383,38	369,33	347,00	345,30	92,00	277,33	130,00	No Aplica	
	Sólidos Totales	ST	mg/l	1025,00	1312,50	1531,44	2594,33	1513,20	1123,75	1428,67	1600,00	No Aplica	
TOMADOS EN SITIO (Datos de muestreo)													
	Temperatura insitu	°C	°C	26,50	28,68	29,97	28,00	27,24	26,28	28,98	Condición Natural +/- 3	No Aplica	
	Potencial de Hidrogeno, in situ	pH	-	7,77	7,81	8,13	7,90	7,87	7,78	7,68	9,00	9,00	
	Cloro Residual in situ	Cl	mg/l	0,06	0,24	-	-	-	0,06	-	0,50	No Aplica	
AGREGADOS ORGÁNICOS													
	Aceites y Grasas	-	mg/l	0,48	5,25	-	-	2,59	11,86	-	30,00	0,00	
	Compuestos fenólicos	fenoles	mg/l	0,03	-	0,04	0,03	0,05	0,04	0,07	0,20	No Aplica	
	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mgO ₂ /l	477,60	295,57	926,82	253,33	260,42	226,42	214,56	200,00	No Aplica	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mgO ₂ /l	131,80	139,29	292,73	64,67	82,39	138,70	106,88	100,00	No Aplica	
	Hidrocarburos Totales de Petróleo	HTP	mg/l	0,24	-	-	-	3,05	0,97	-	20,00	No Aplica	
	Tensoactivos-Detergentes	Sust. activas al azul de metileno	mg/l	0,15	1,84	1,38	1,63	4,45	0,80	2,23	0,50	No Aplica	
INORGÁNICOS METALES													
QUÍMICA	Arsénico	As	mg/l	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,07	0,10	No Aplica	
	Aluminio	Al	mg/l	0,03	0,04	0,03	0,00	0,07	0,02	0,00	5,00	No Aplica	
	Bario	Ba	mg/l	7,23	0,09	2,33	-	-	0,99	-	2,00	No Aplica	
	Boro	B	mg/l	-	-	0,18	-	0,20	0,22	0,17	2,00	0,75	
	Cadmio	Cd	mg/l	1,01	0,00	-	0,00	0,01	0,04	0,00	0,02	0,05	
	Cinc	Zn	mg/l	0,10	0,02	0,02	0,00	0,10	0,10	0,03	5,00	2,00	
	Cobre	Cu	mg/l	0,11	0,19	0,40	0,02	0,21	0,14	-	1,00	0,20	
	Cobalto	Cb	mg/l	0,41	0,37	0,75	0,36	0,14	0,50	0,70	0,50	0,01	
	Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,17	0,18	0,09	0,04	0,07	0,10	0,10	0,50	0,10	
	Estaño	Sn	mg/l	-	-	-	-	-	0,05	-	5,00	No Aplica	
	Fosforo Total	P	mg/l	5,43	-	-	-	-	6,59	13,90	10,00	No Aplica	
	Hierro	Fe	mg/l	0,04	0,13	0,17	0,10	0,73	0,30	0,22	10,00	5,00	
	Manganeso	Mn	mg/l	0,33	0,45	0,38	1,01	0,55	0,34	1,03	2,00	0,20	
	Mercurio	Hg	mg/l	0,02	0,00	-	-	-	0,00	-	0,005	0,001	
	Niquel	Ni	mg/l	0,17	0,08	0,08	0,05	0,02	0,13	0,08	2,00	0,20	
	Plata	Ag	mg/l	0,05	0,00	-	-	0,01	0,01	-	0,10	No Aplica	
	Plomo	Pb	mg/l	20,34	0,03	-	0,00	0,04	0,07	0,00	0,20	5,00	
	Selenio	Se	mg/l	0,01	-	-	-	-	0,00	-	0,10	0,02	
	INORGÁNICOS NO METALES												
	Cianuros	Ci ⁻	mg/l	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,10	No Aplica	
	Cloruros	Cl ⁻	mg/l	-	-	-	-	440,94	557,68	924,77	1000,00	No Aplica	
	Fluoruros	F ⁻	mg/l	0,17	0,07	-	-	0,50	0,18	0,10	5,00	1,00	
	Nitrogeno de Amoniaco	NH ₃	mg/l	-	-	-	-	-	42,82	53,13	30,00	No Aplica	
	Nitrogeno total Kjeldahl	N	mg/l	47,10	-	-	-	-	65,30	59,67	50,00	No Aplica	
	Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	66,80	-	94,10	-	90,50	84,20	85,67	1000,00	250,00	
	Sulfuros	S ⁻	mg/l	0,33	0,21	0,24	0,03	0,11	0,15	0,19	0,50	No Aplica	
BACTERIOLÓGICA													
	Coliformes Fecales sin cloración	NMP	NMP/100 ml	4185,86	167142,86	70223,33	57366,67	129197,27	346775,00	57966,67	2000,00	1000,00	

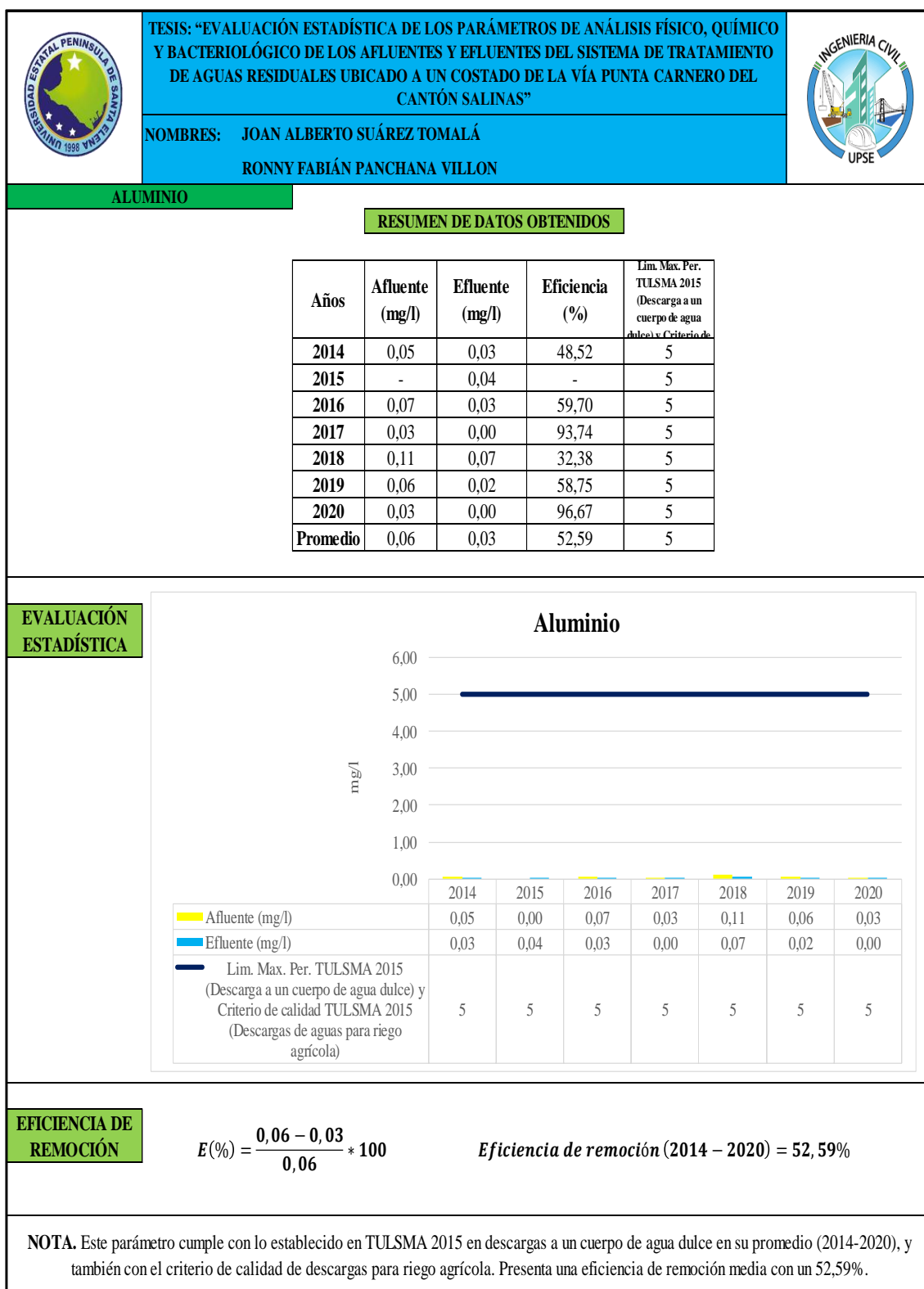
Anexo 3.

Evaluación estadística de Aceites y Grasas



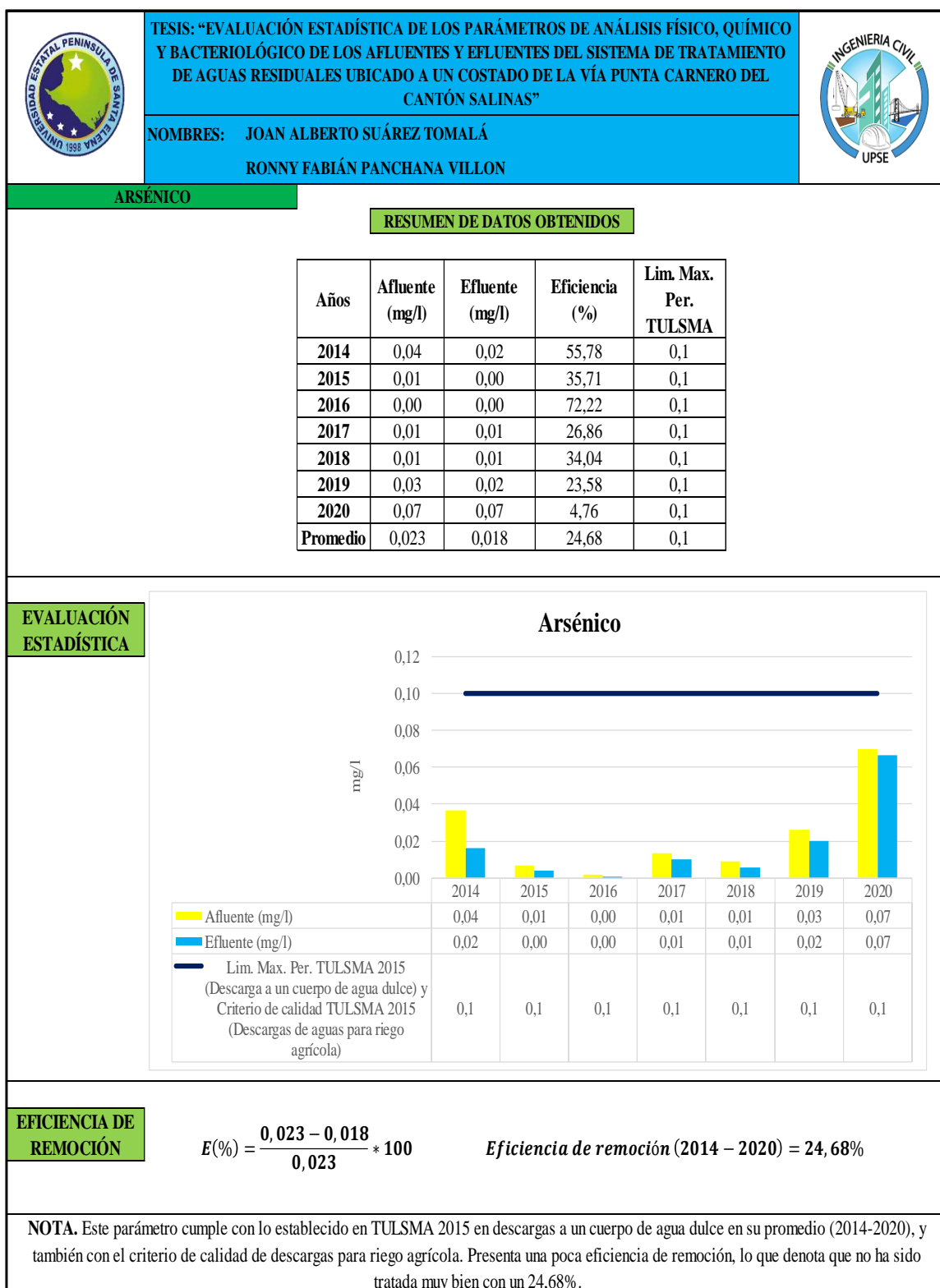
Anexo 4.

Evaluación estadística de Aluminio



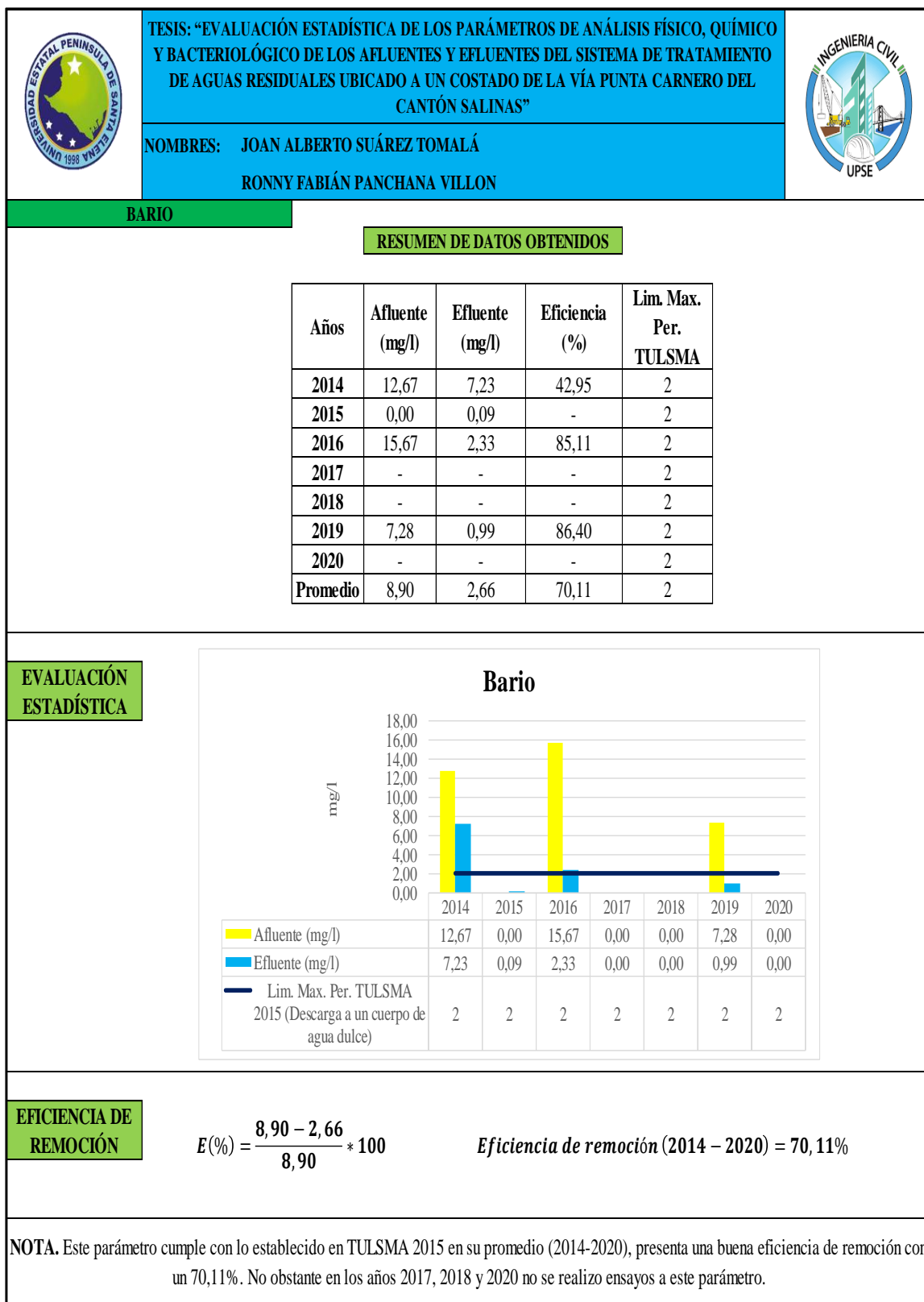
Anexo 5.

Evaluación estadística de Arsénico



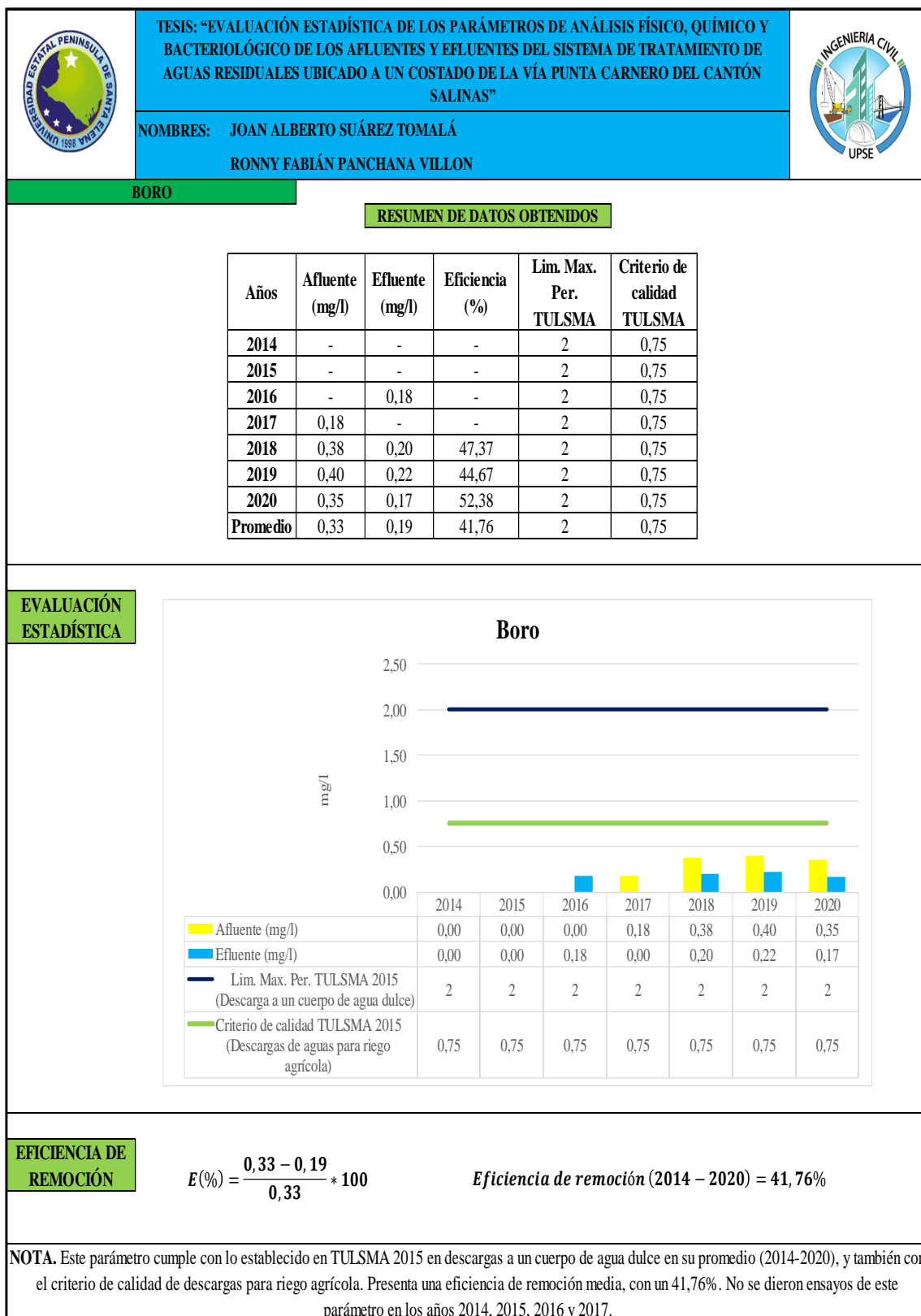
Anexo 6.

Evaluación estadística de Bario



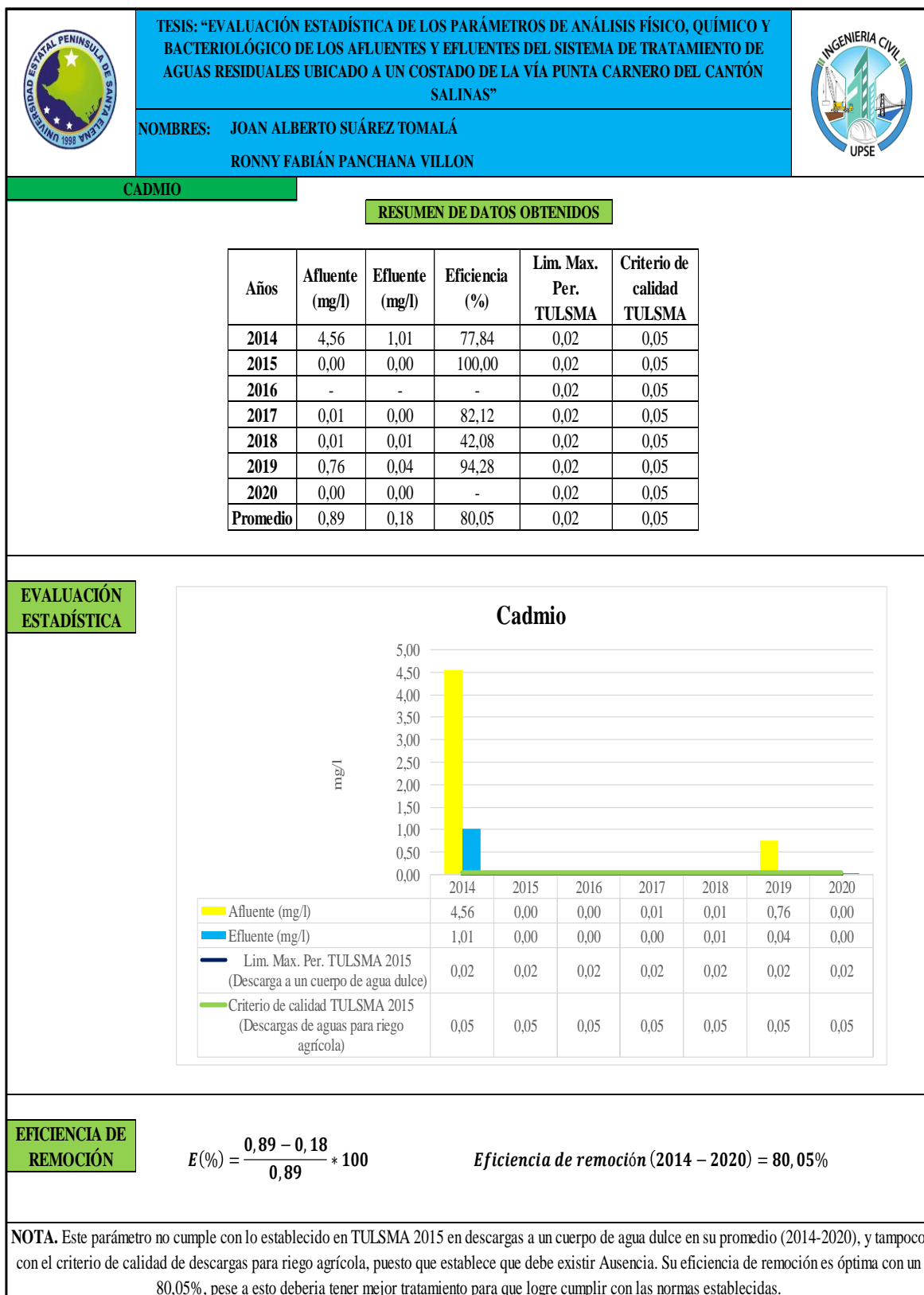
Anexo 7.

Evaluación estadística de Boro



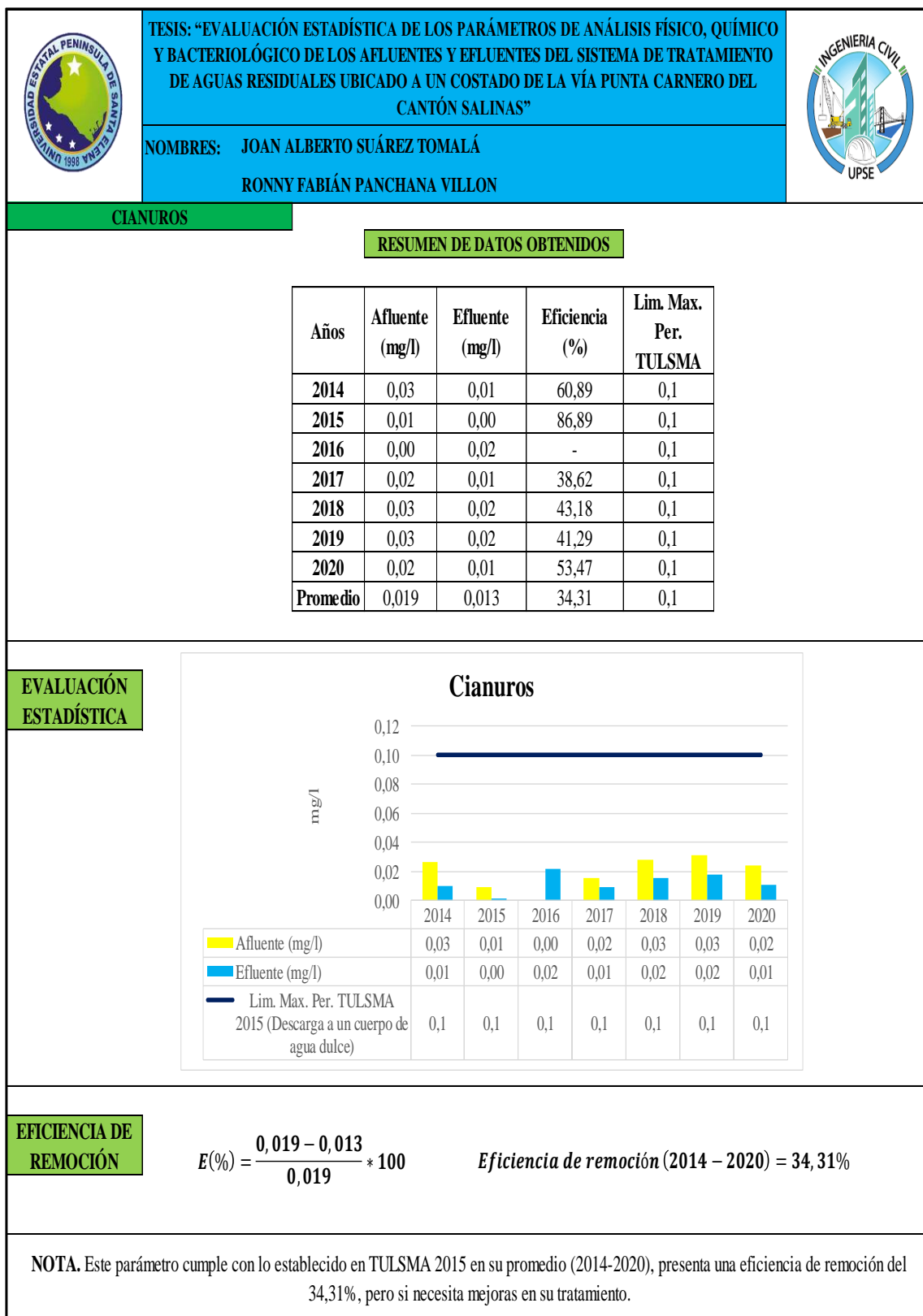
Anexo 8.

Evaluación estadística de Cadmio



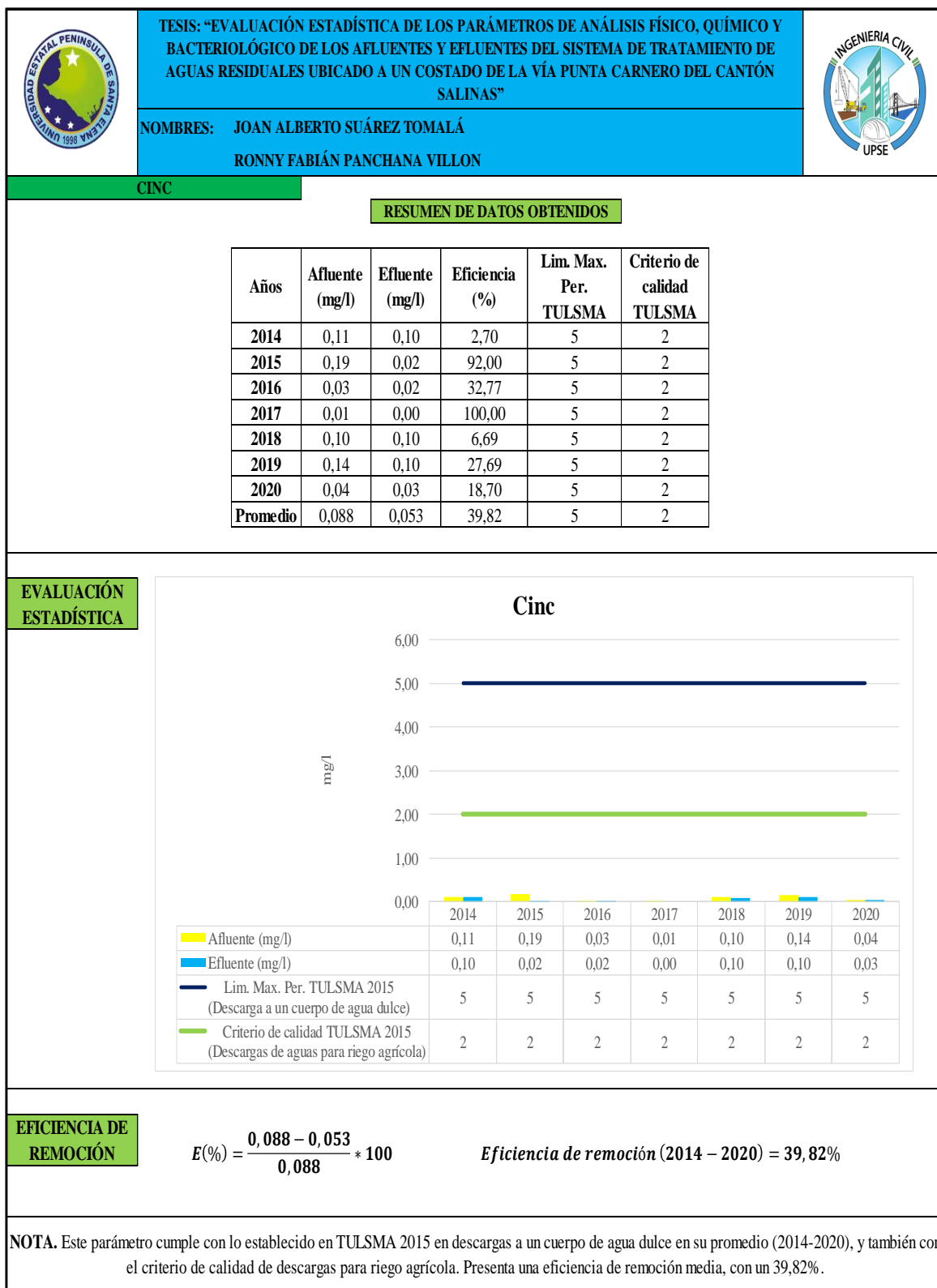
Anexo 9.

Evaluación estadística de Cianuros



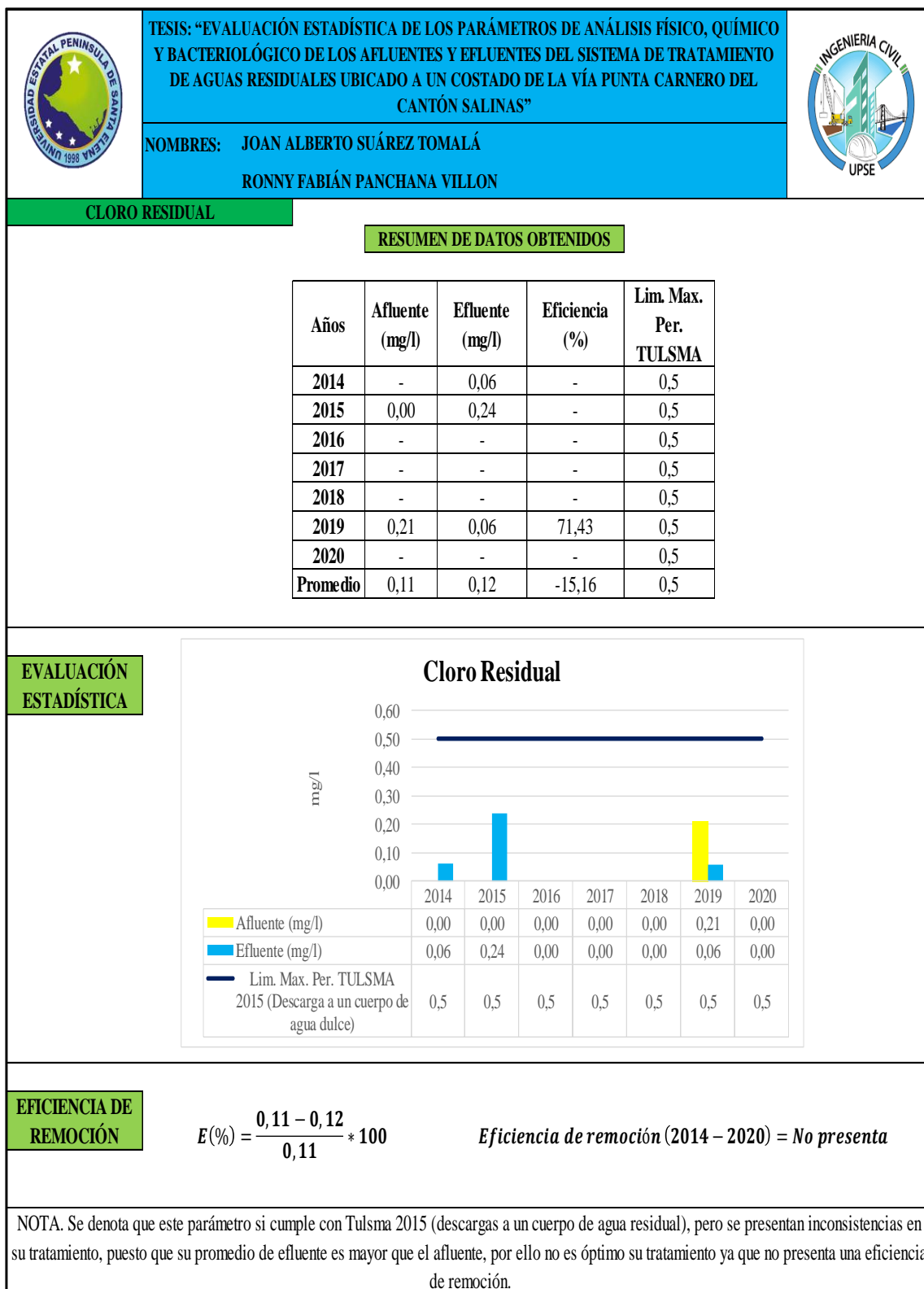
Anexo 10.

Evaluación estadística de Cinc



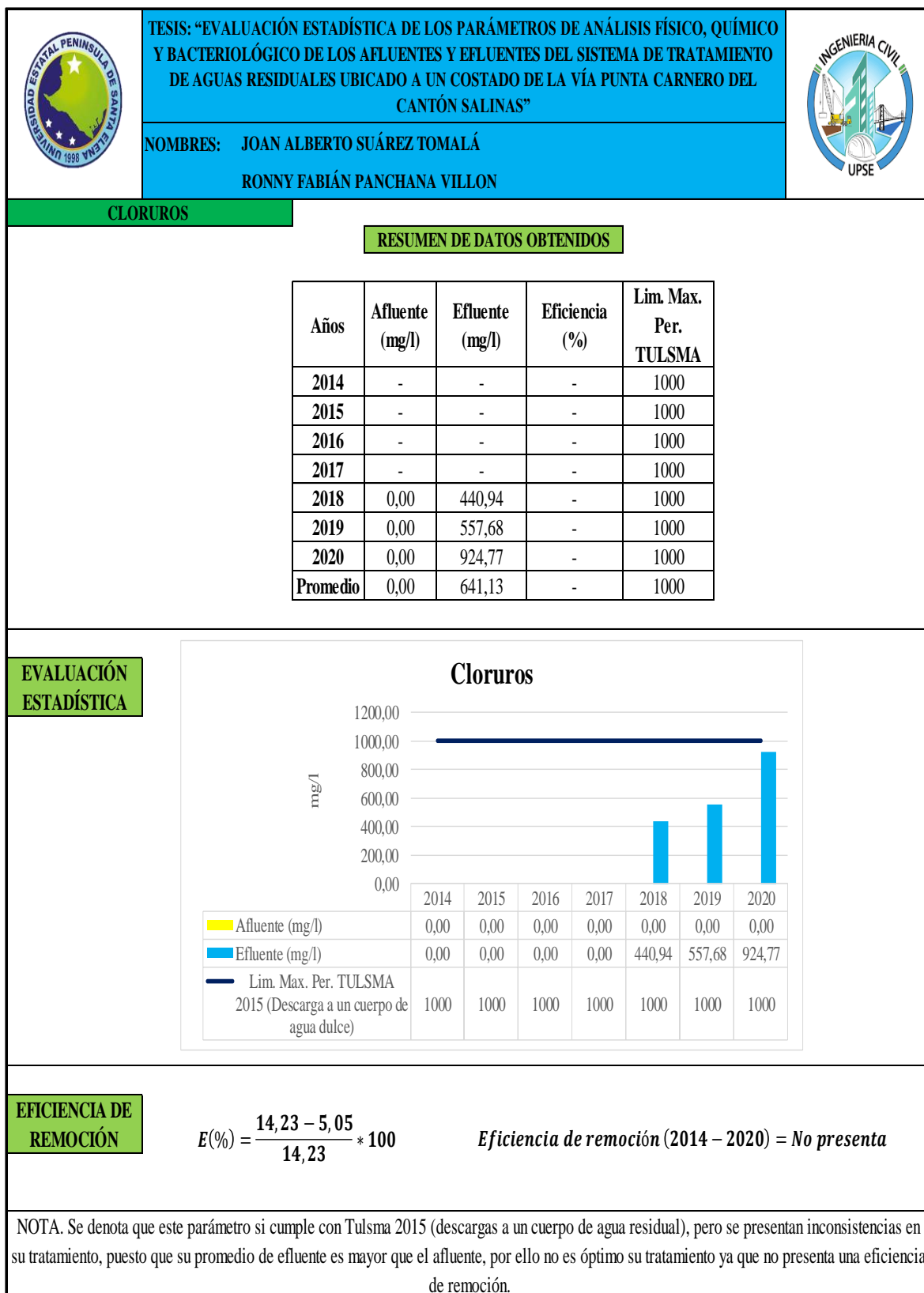
Anexo 11.

Evaluación estadística de Cloro Residual



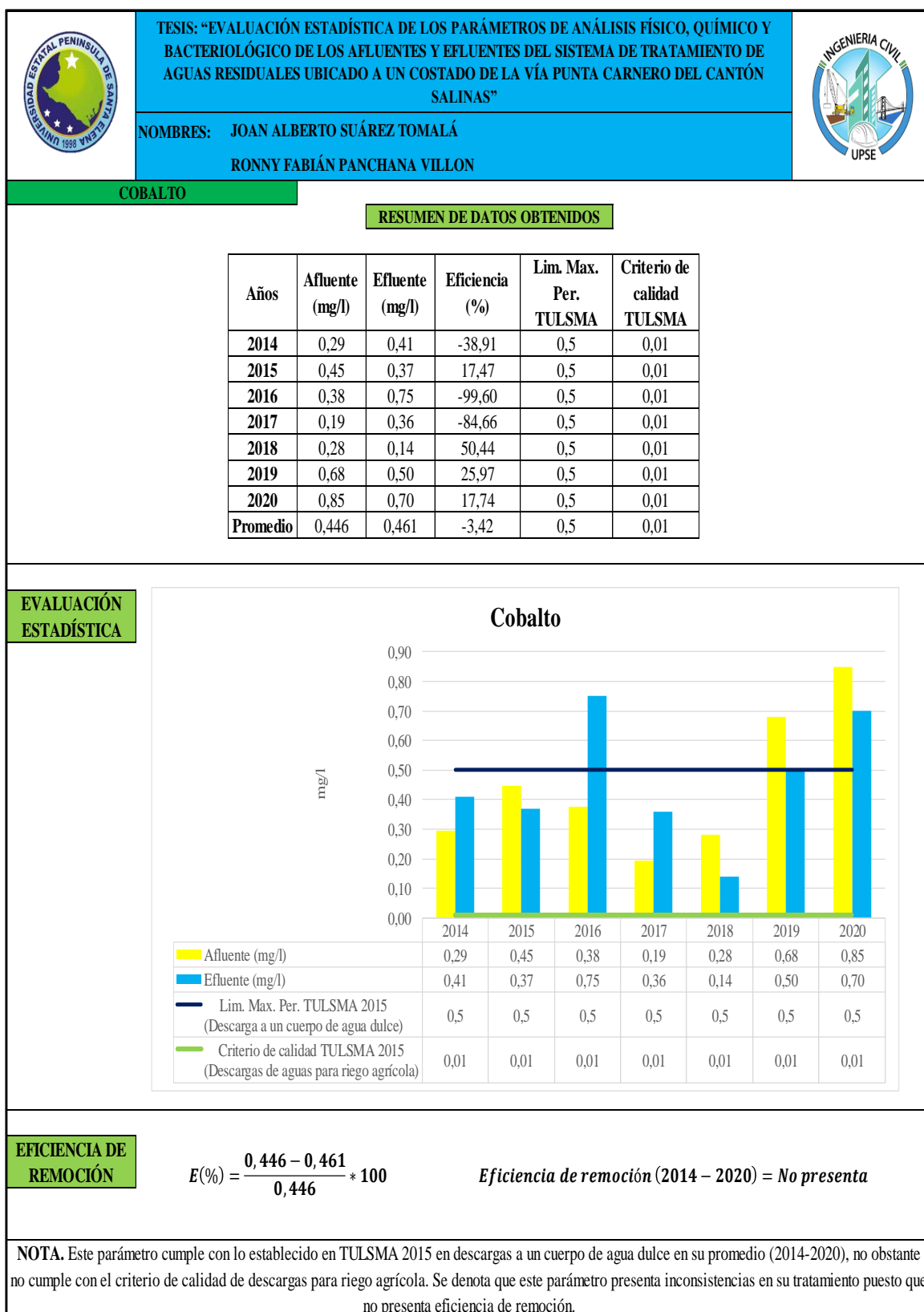
Anexo 12.

Evaluación estadística de Cloruros



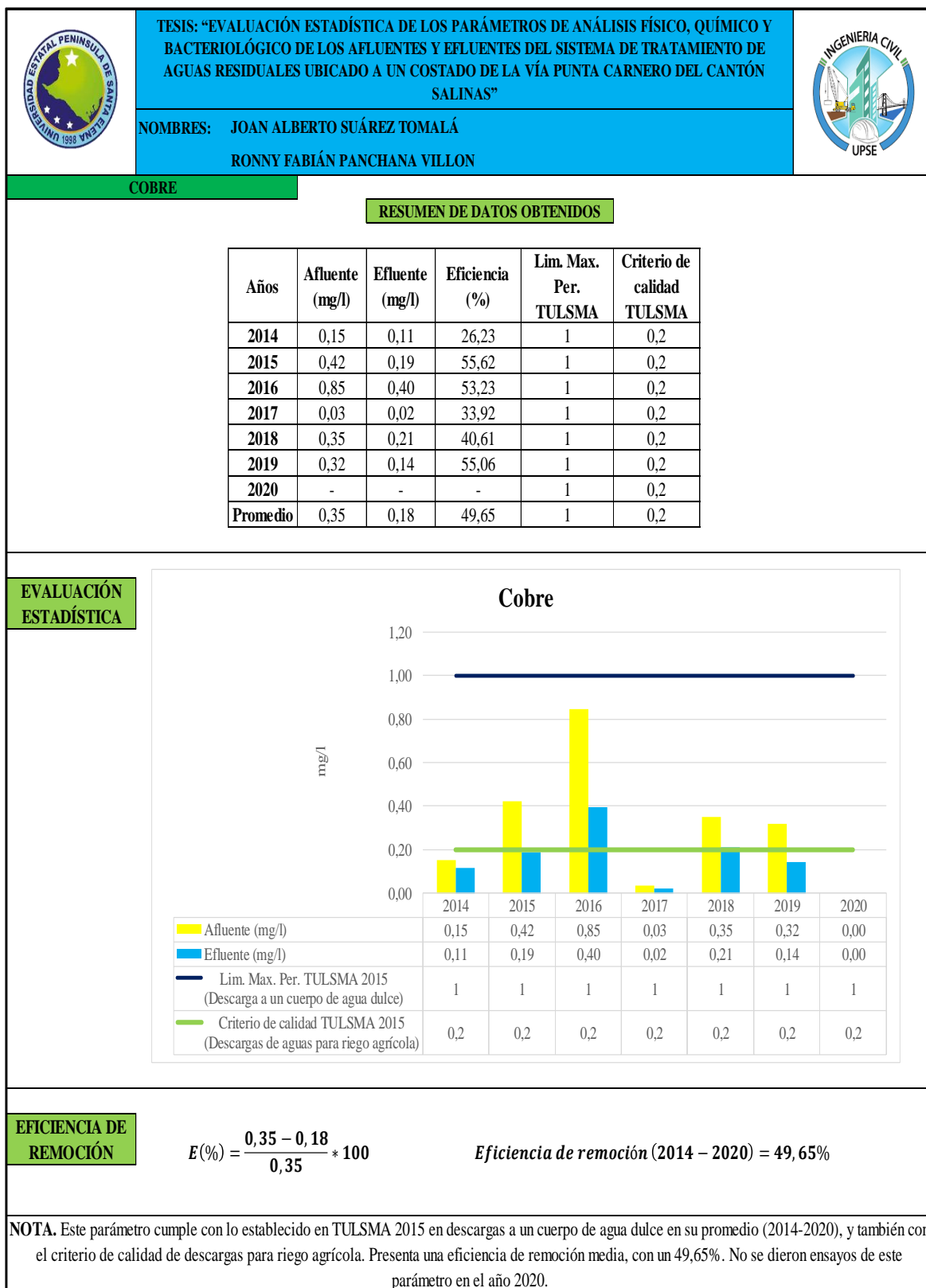
Anexo 13.

Evaluación estadística de Cobalto



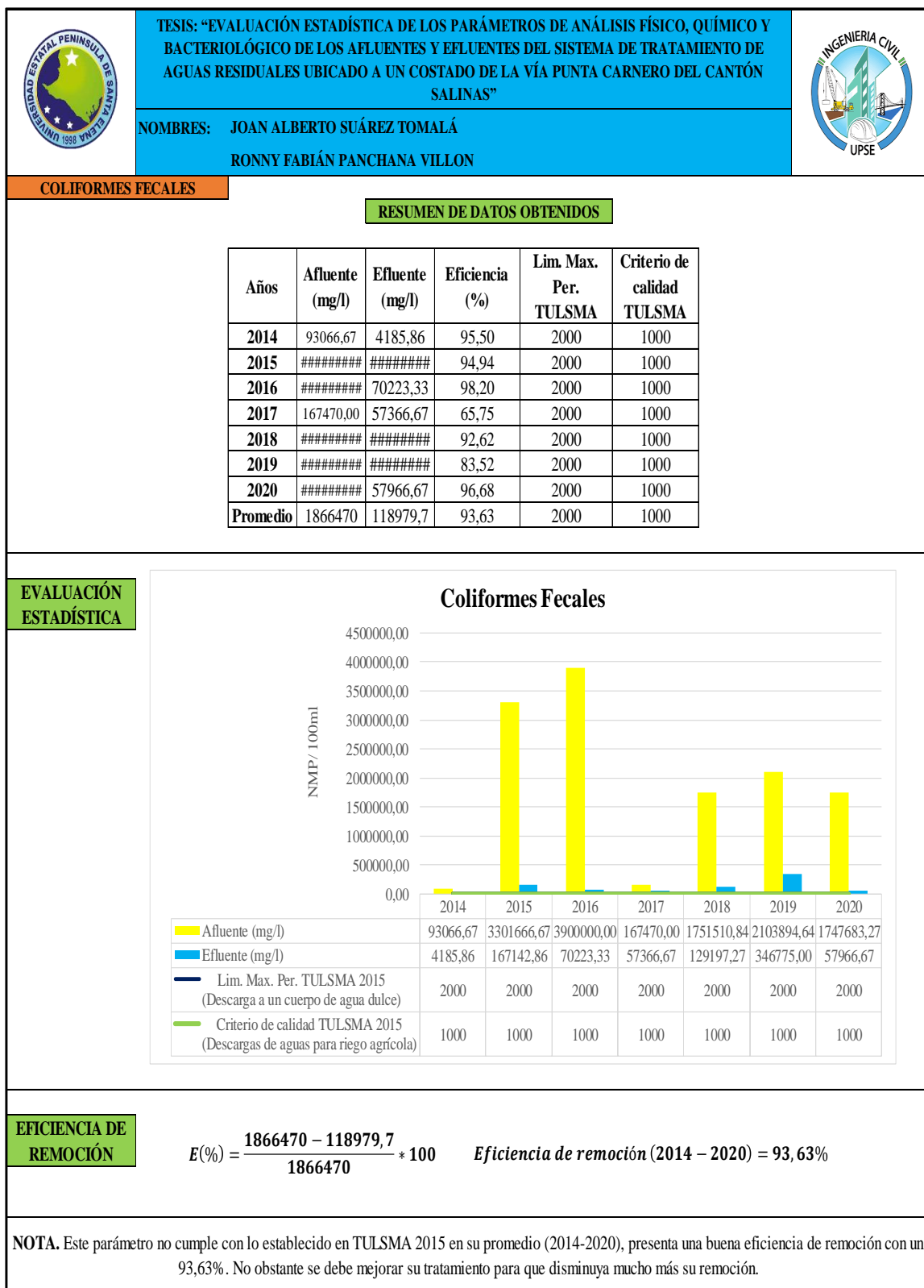
Anexo 14.

Evaluación estadística de Cobre



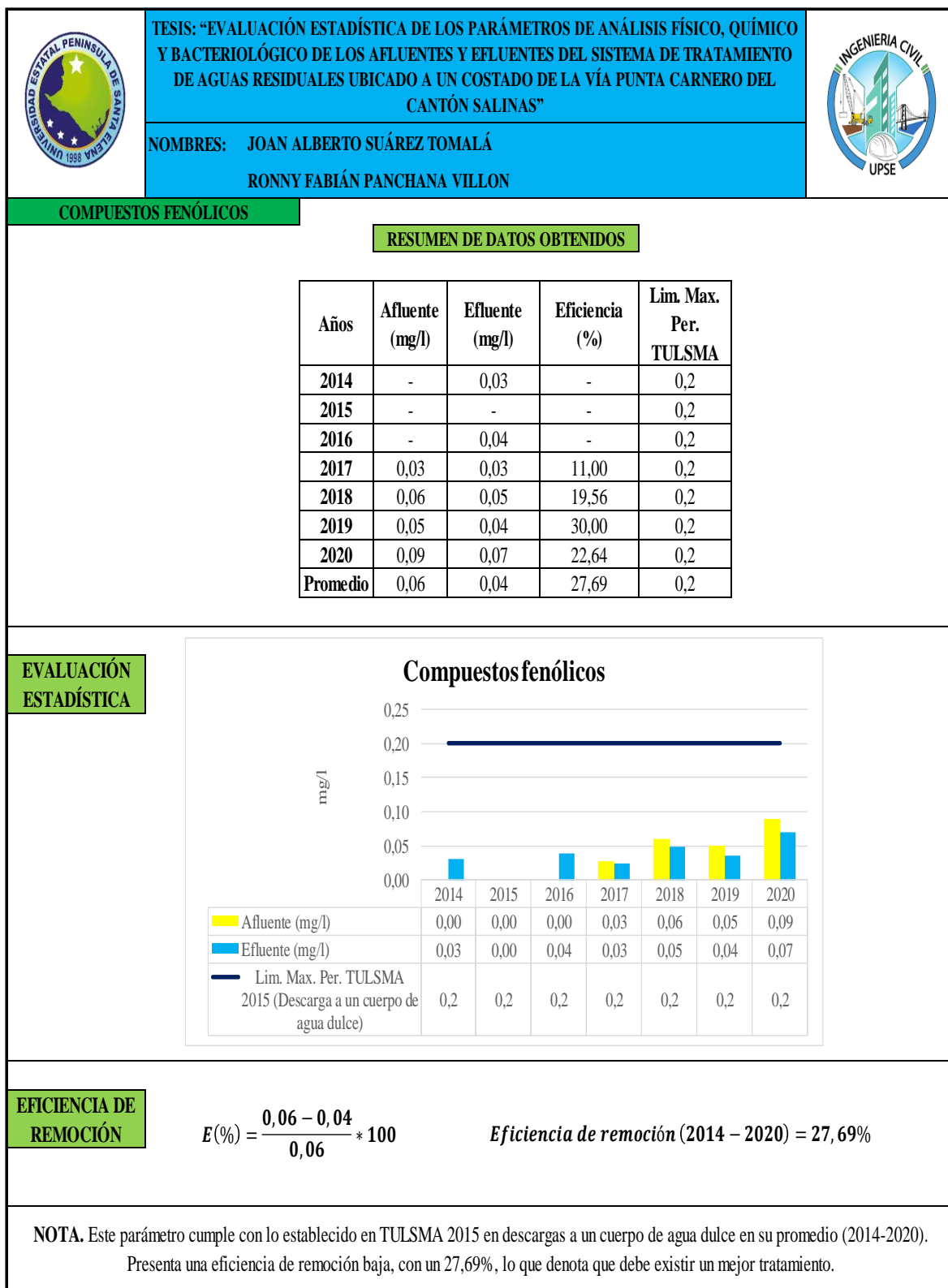
Anexo 15.

Evaluación estadística de Coliformes Fecales



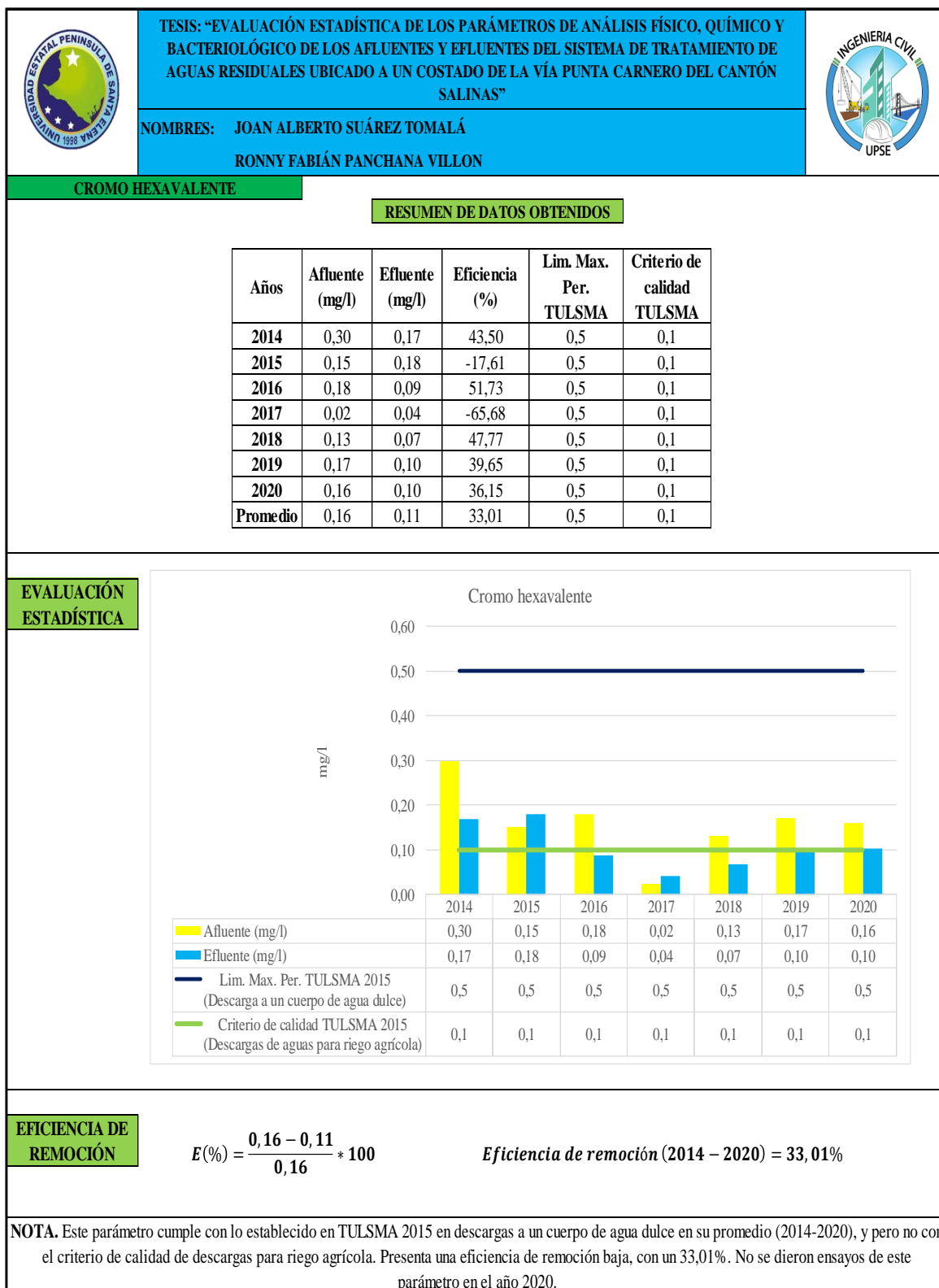
Anexo 16.

Evaluación estadística de Compuestos Fenólicos



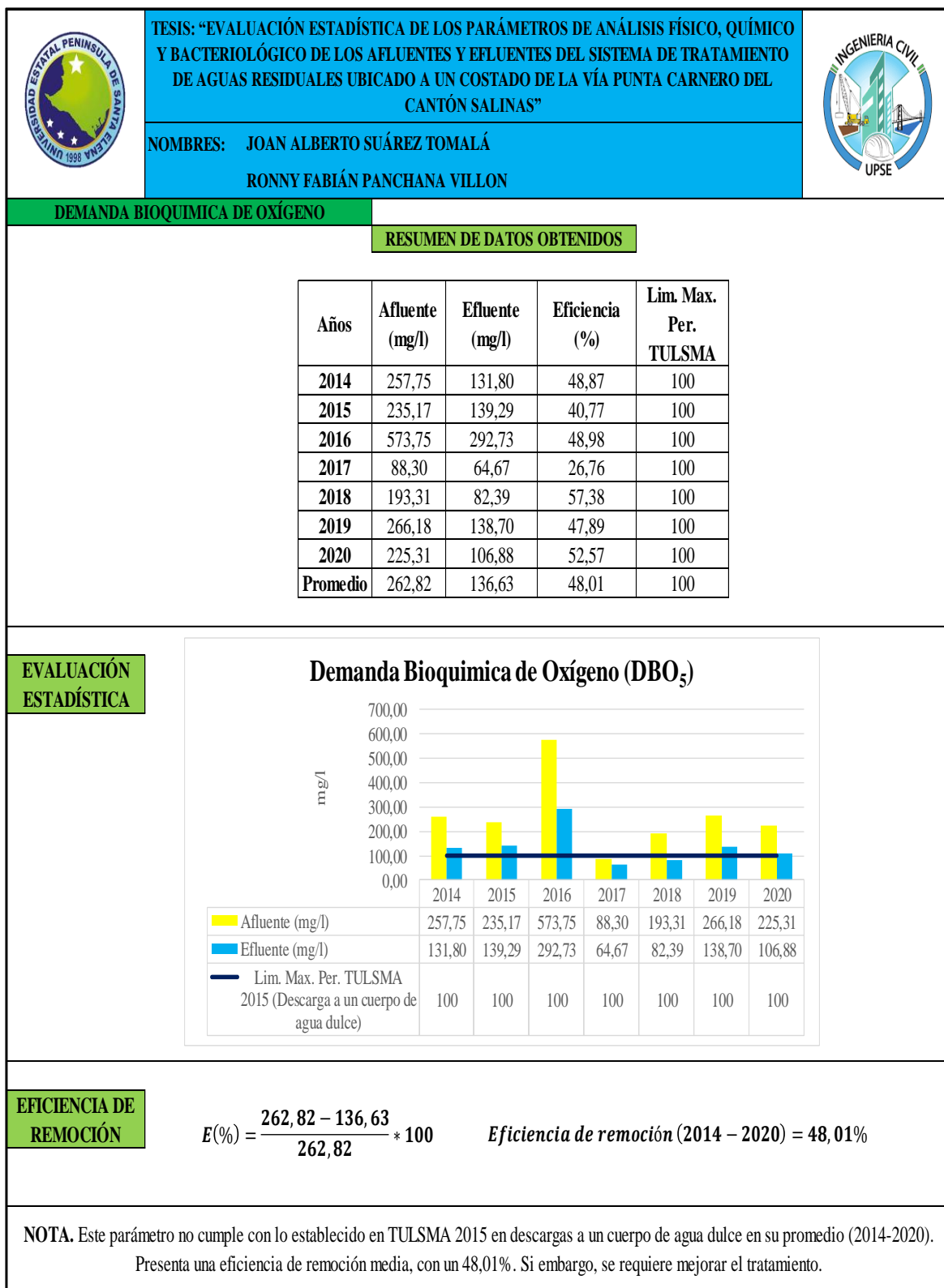
Anexo 17.

Evaluación estadística de Cromo Hexavalente



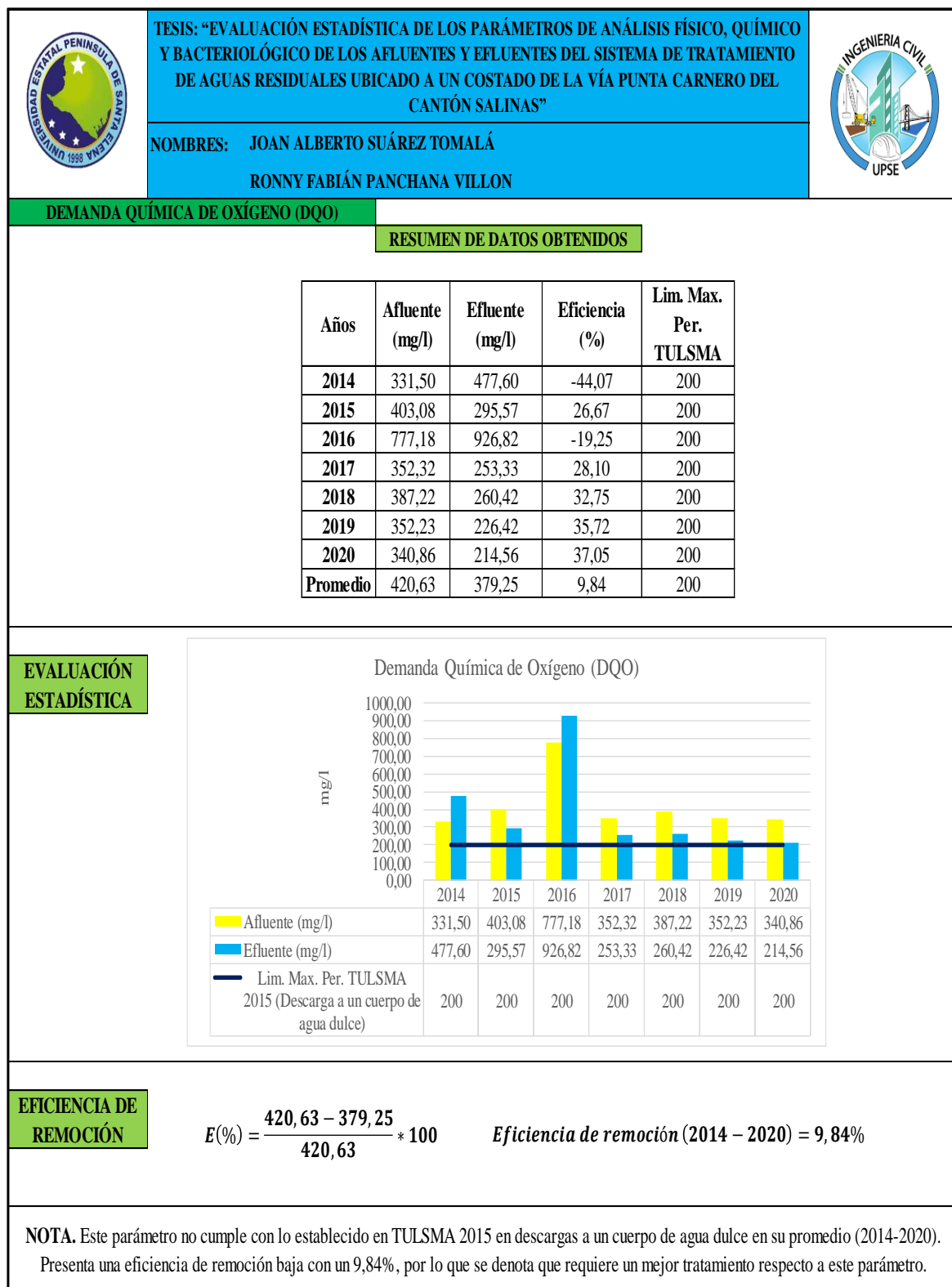
Anexo 18.

Evaluación estadística de Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)



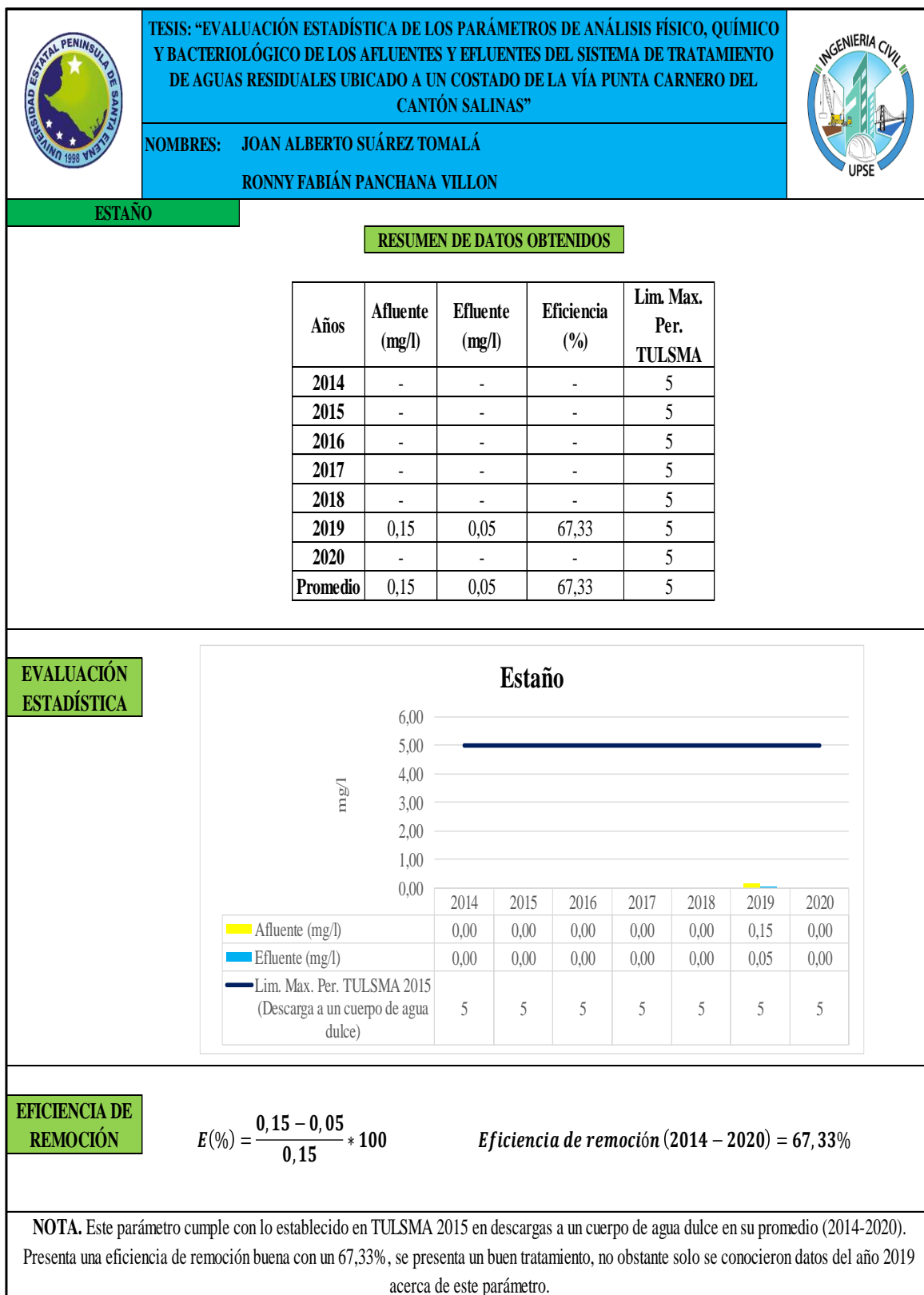
Anexo 19.

Demanda Química de Oxígeno



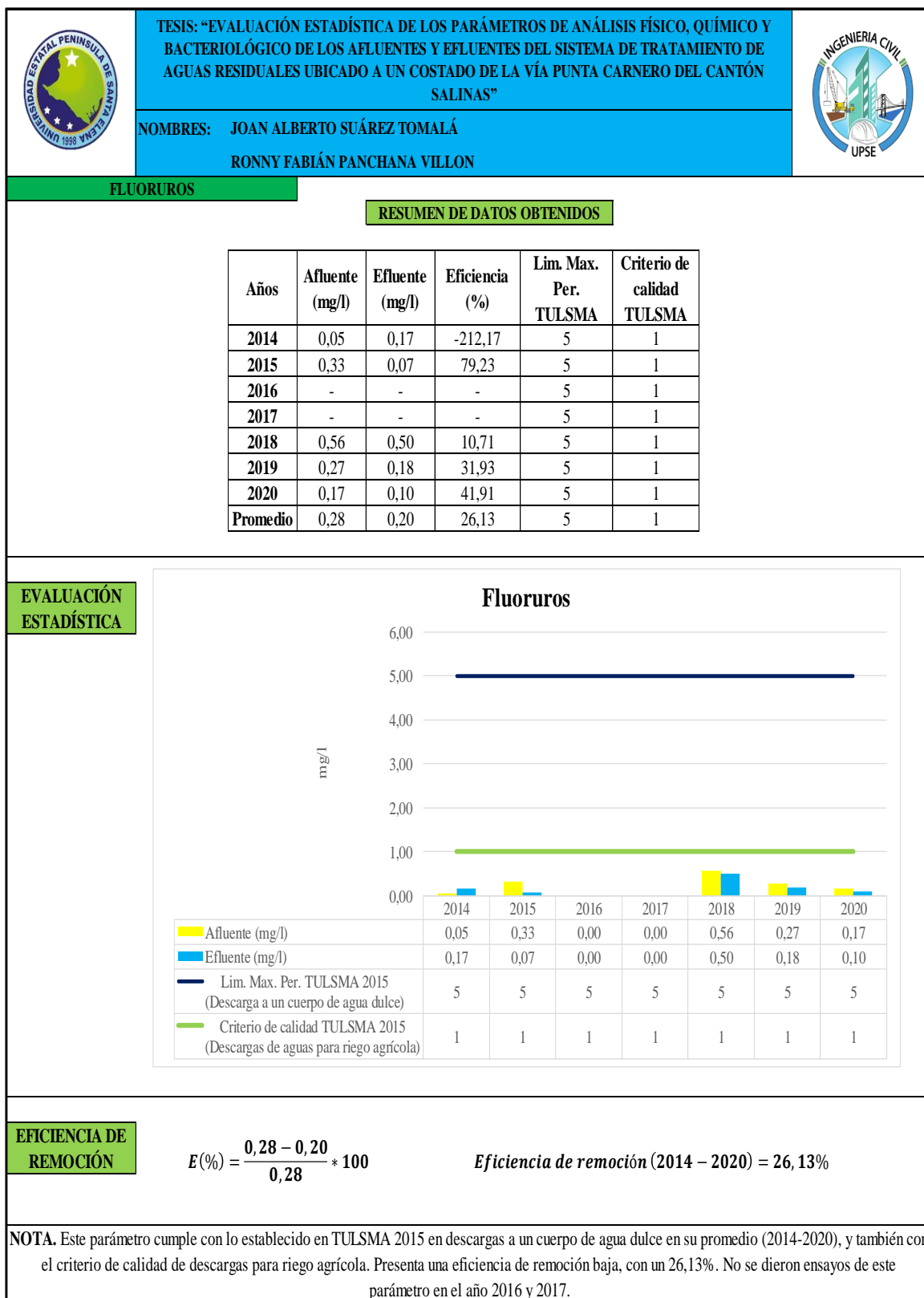
Anexo 20.

Evaluación estadística de Estaño



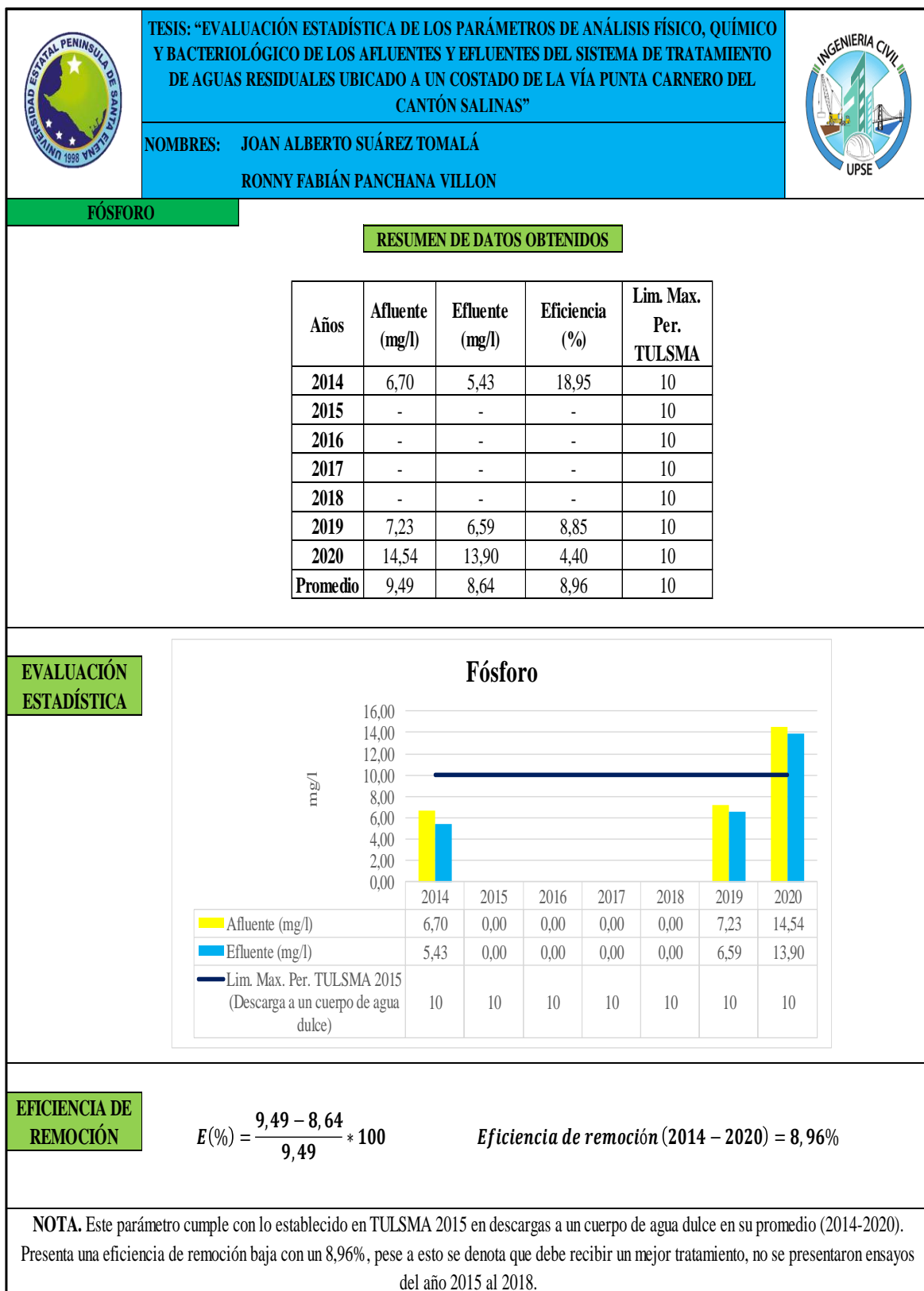
Anexo 21.

Evaluación estadística de Fluoruros



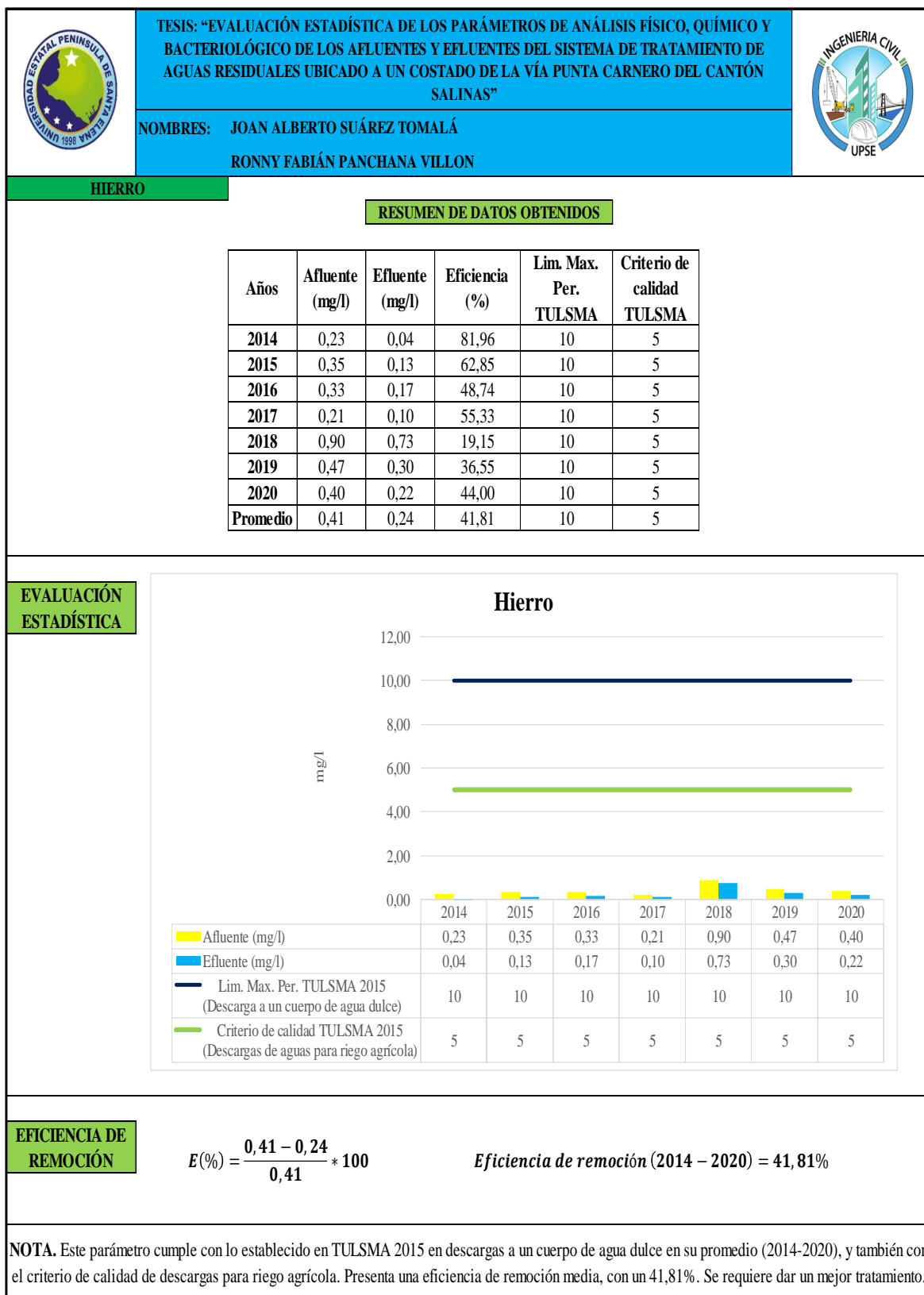
Anexo 22.

Evaluación estadística de Fósforo



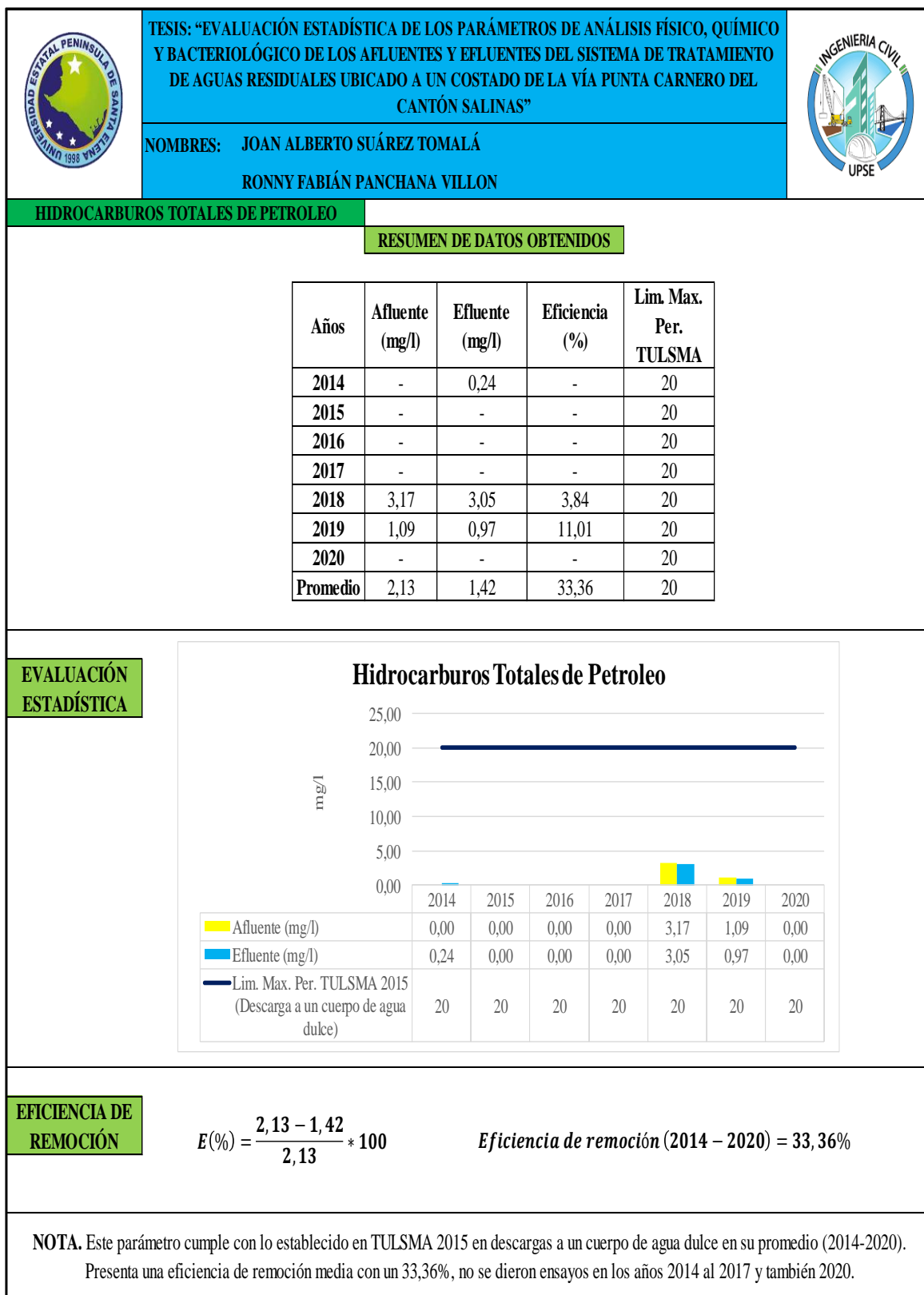
Anexo 23.

Evaluación estadística de Hierro



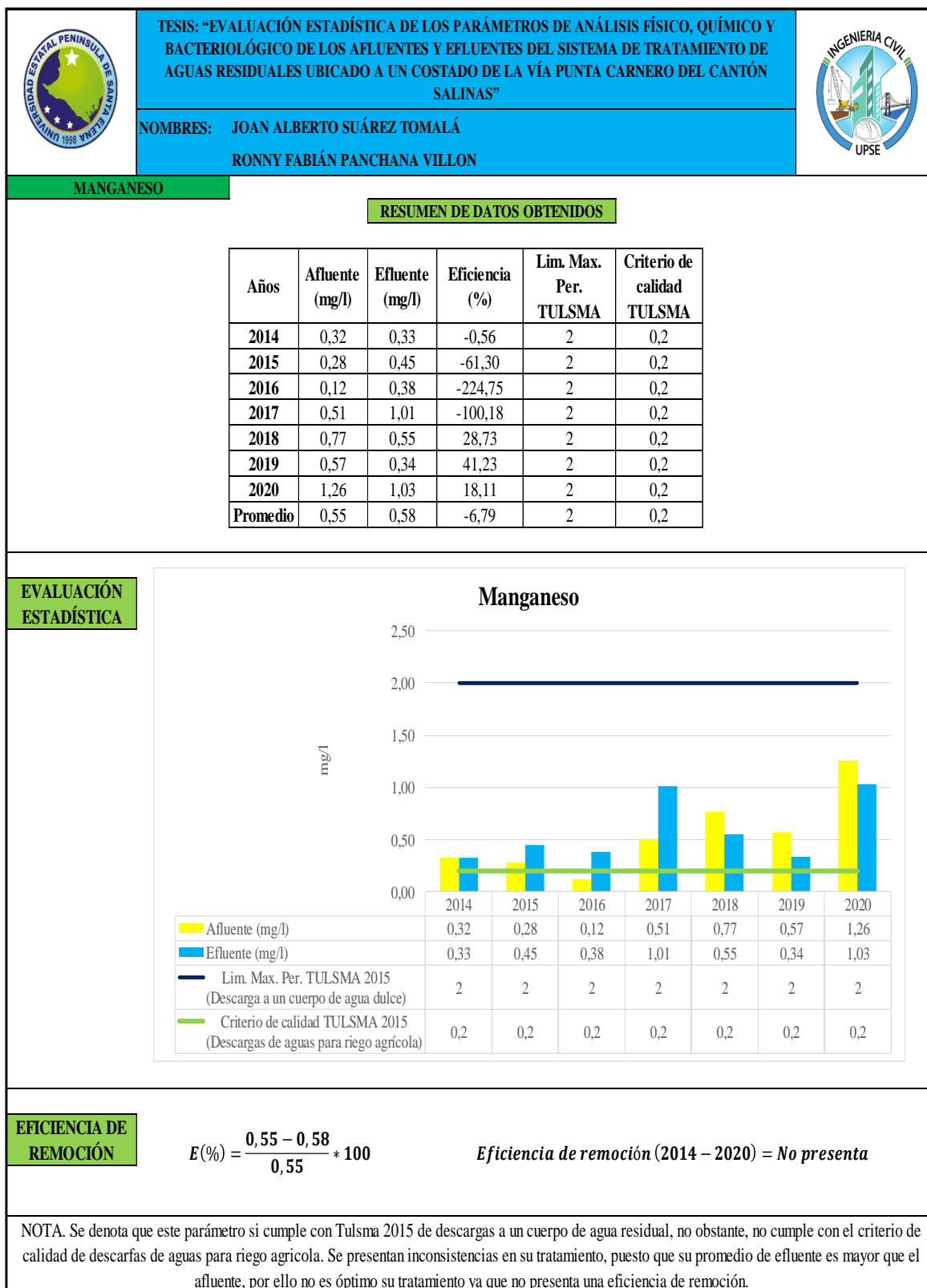
Anexo 24.

Evaluación estadística de Hidrocarburos Totales de Petróleo



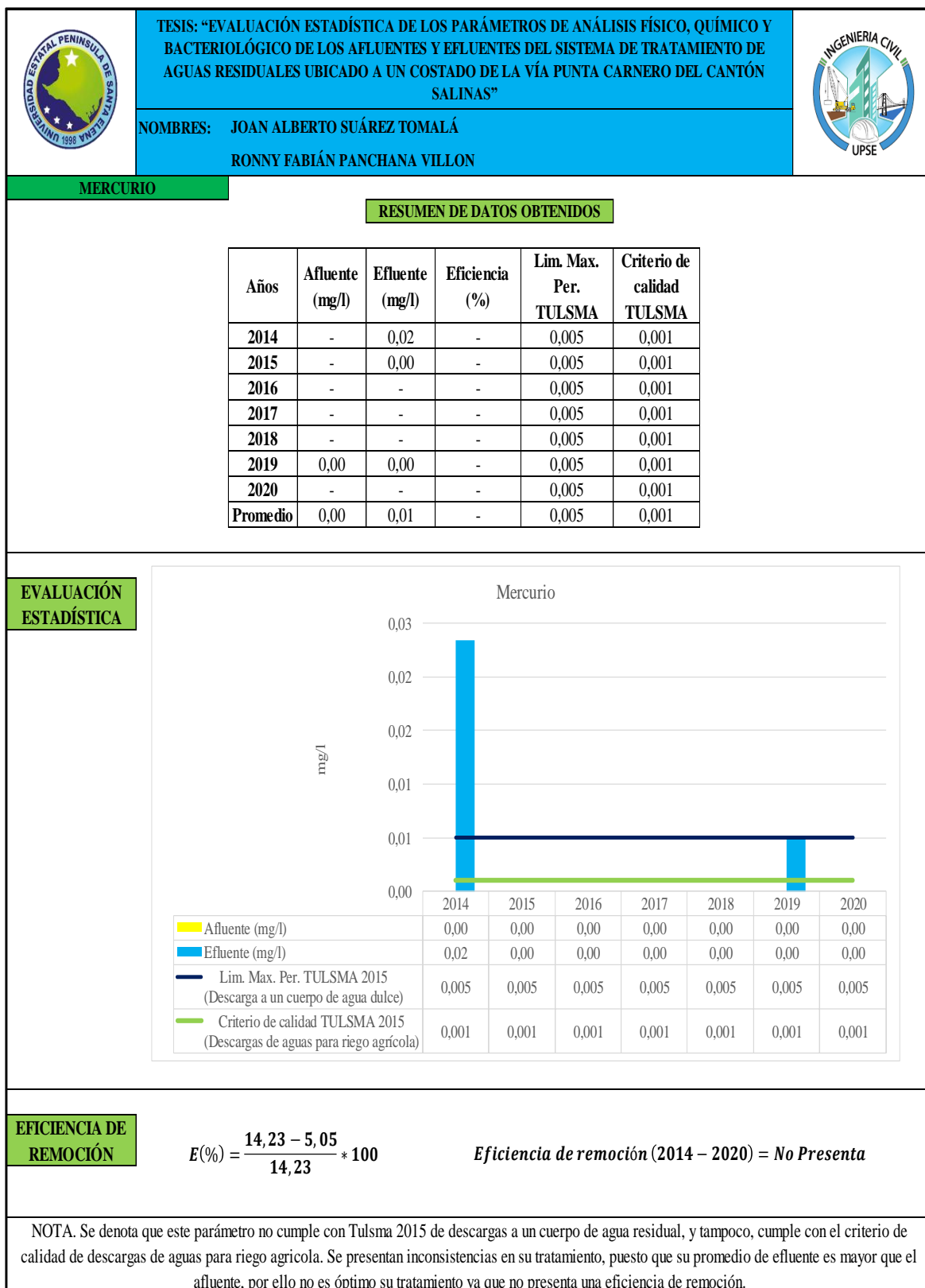
Anexo 25.

Evaluación estadística de Manganeso



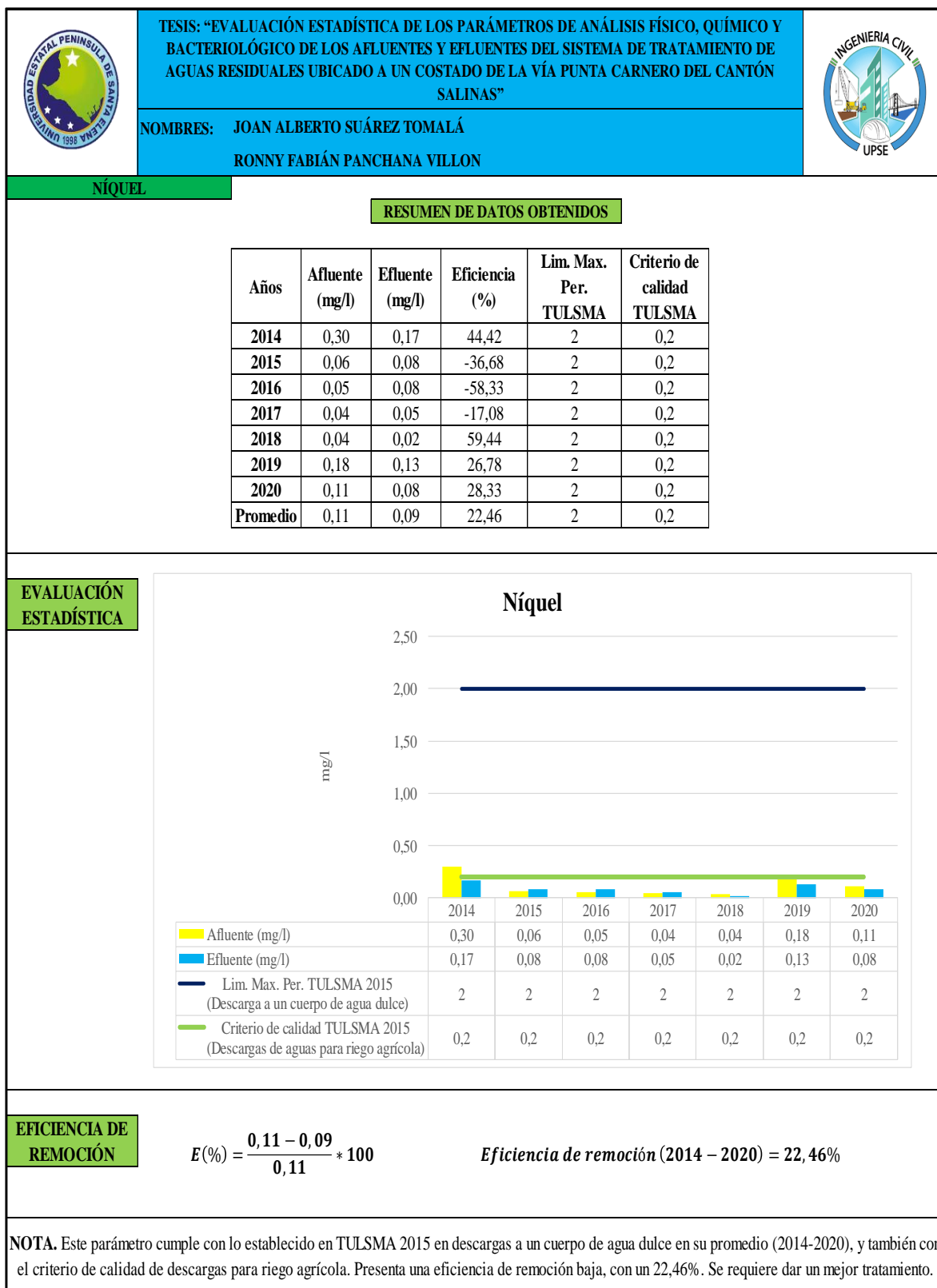
Anexo 26.

Evaluación estadística de Mercurio



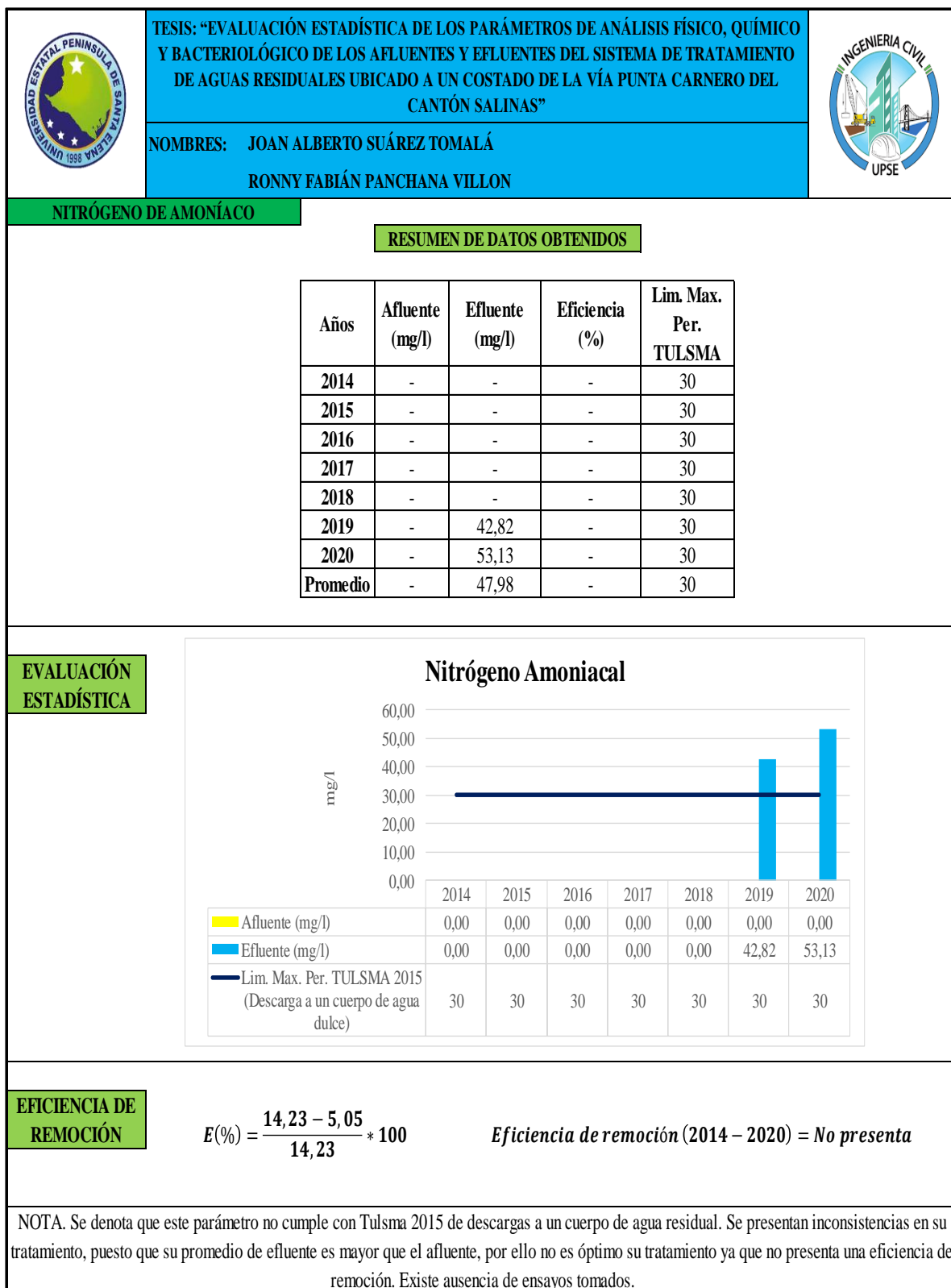
Anexo 27.

Evaluación estadística de Níquel



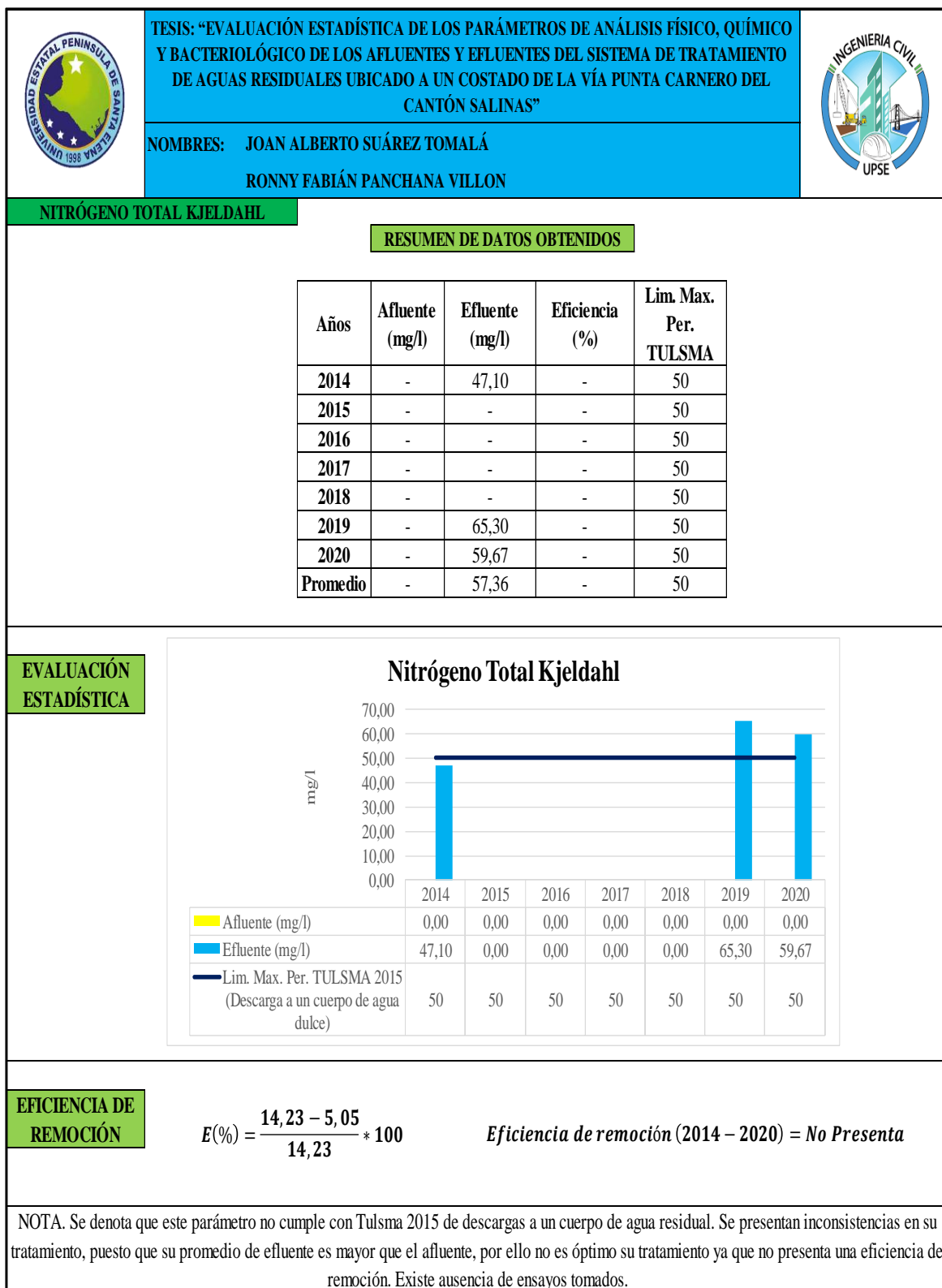
Anexo 28.

Evaluación estadística de Nitrógeno Amoniacal



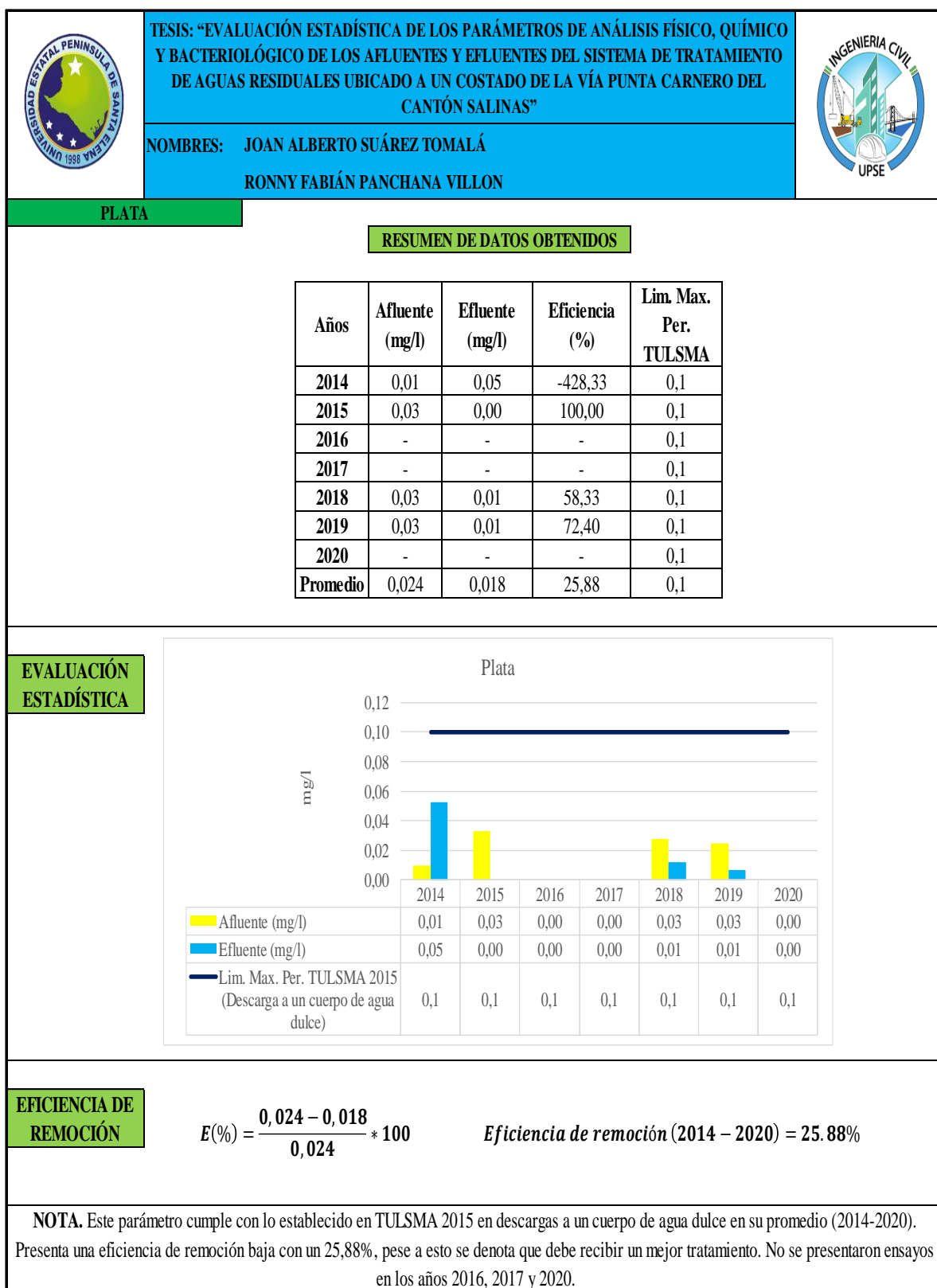
Anexo 29.

Evaluación estadística de Nitrógeno Total Kjeldahl



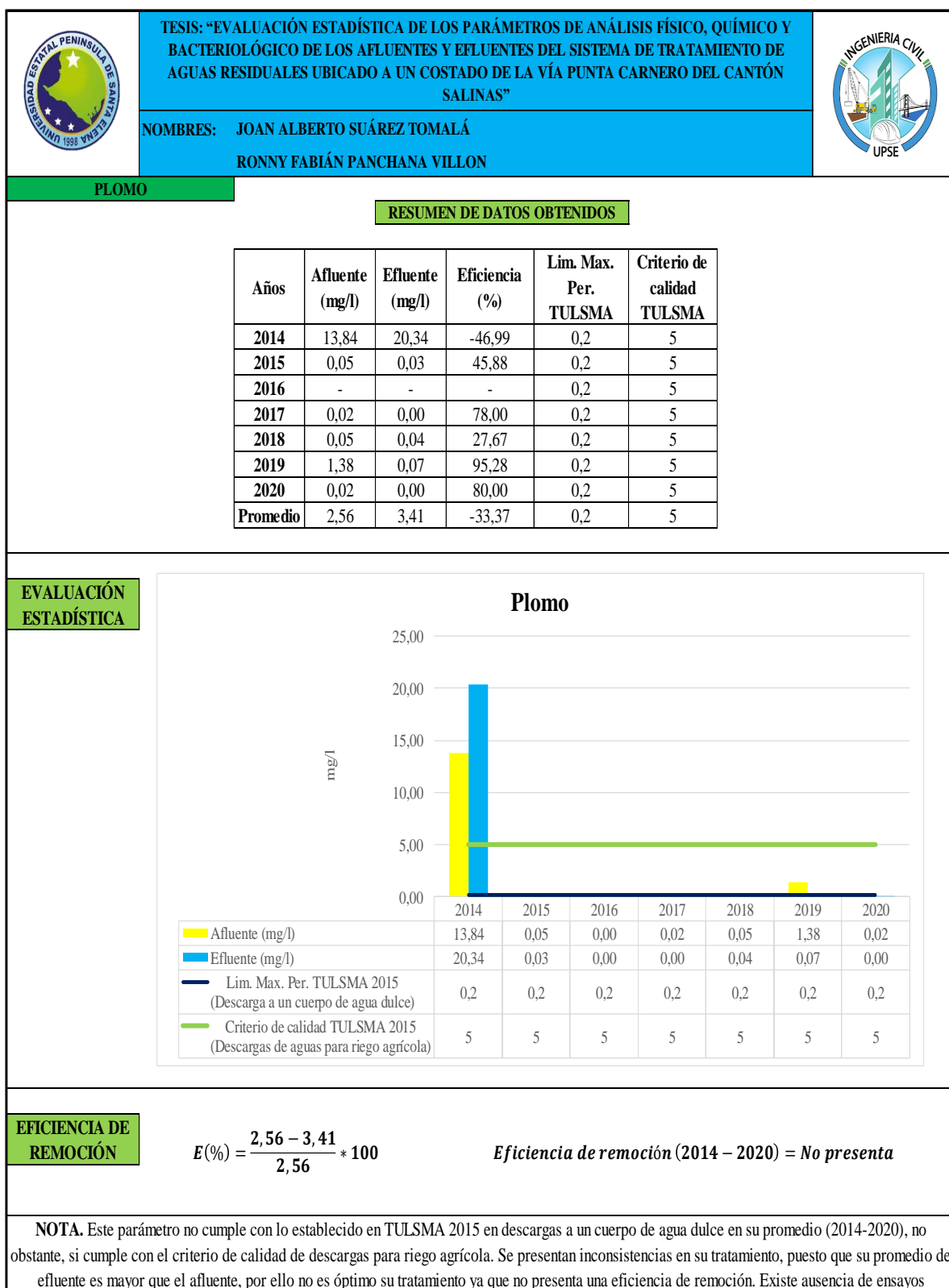
Anexo 30.

Evaluación estadística de Plata



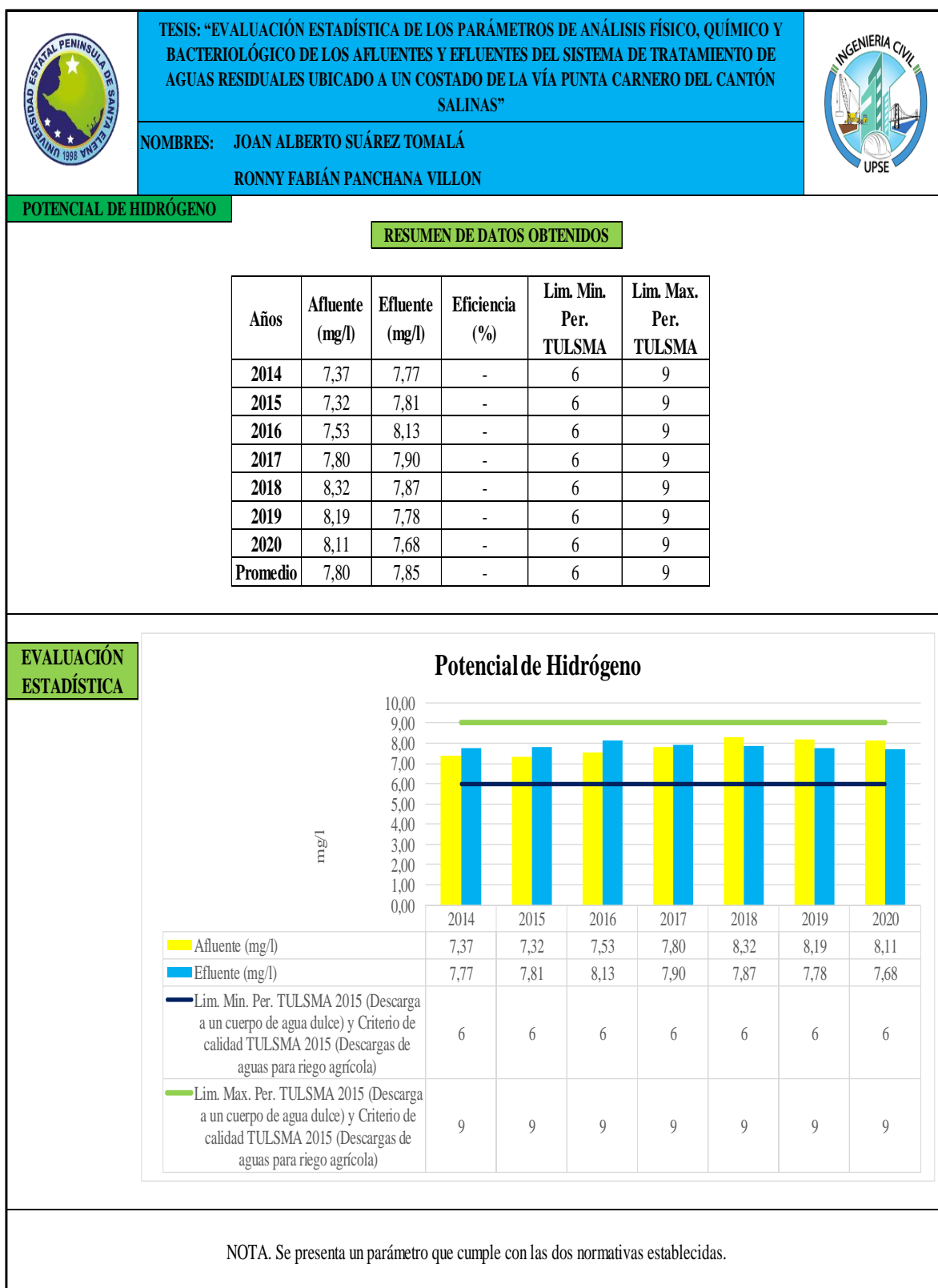
Anexo 31.

Evaluación estadística de Plomo



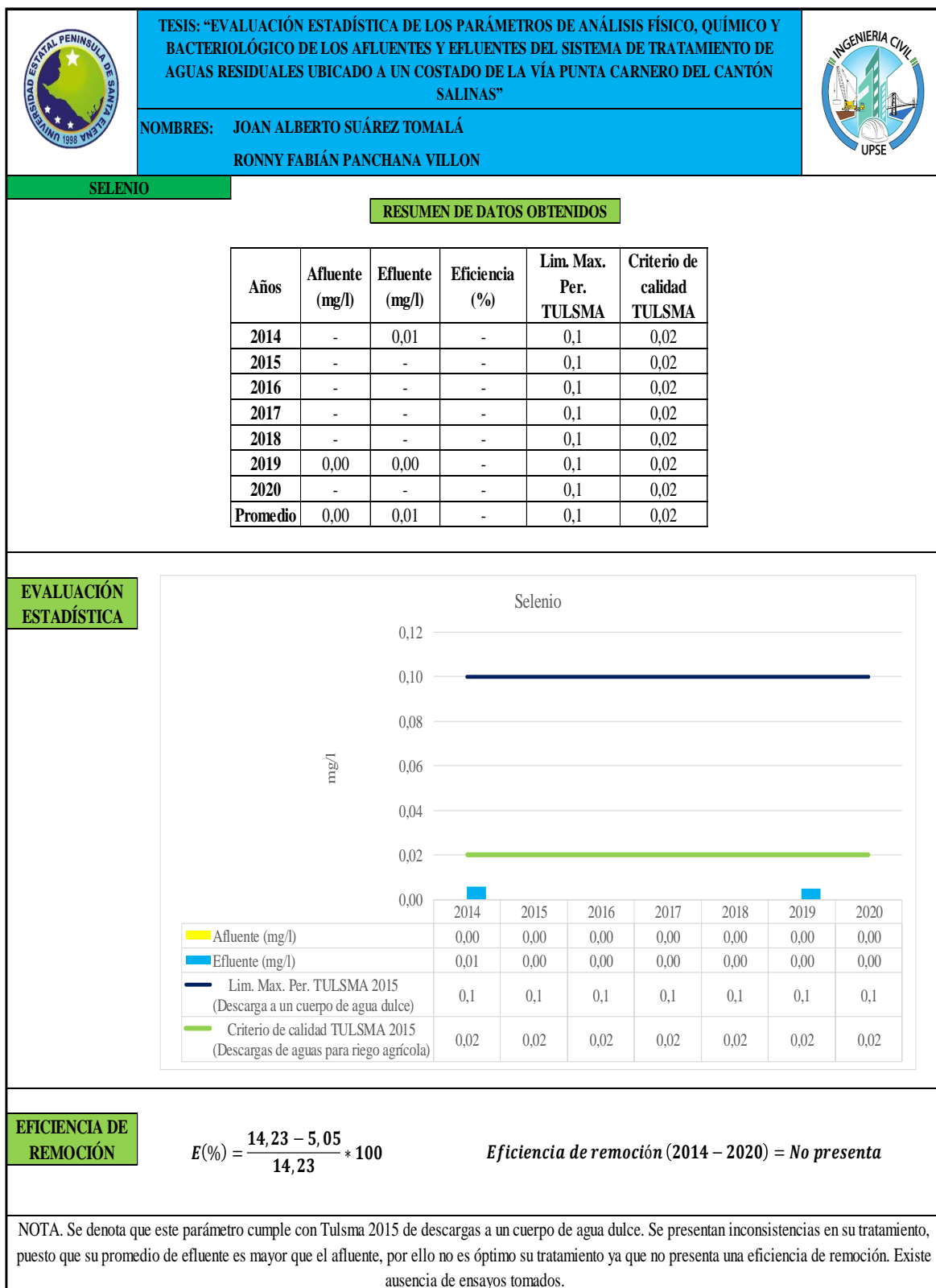
Anexo 32.

Evaluación estadística de pH



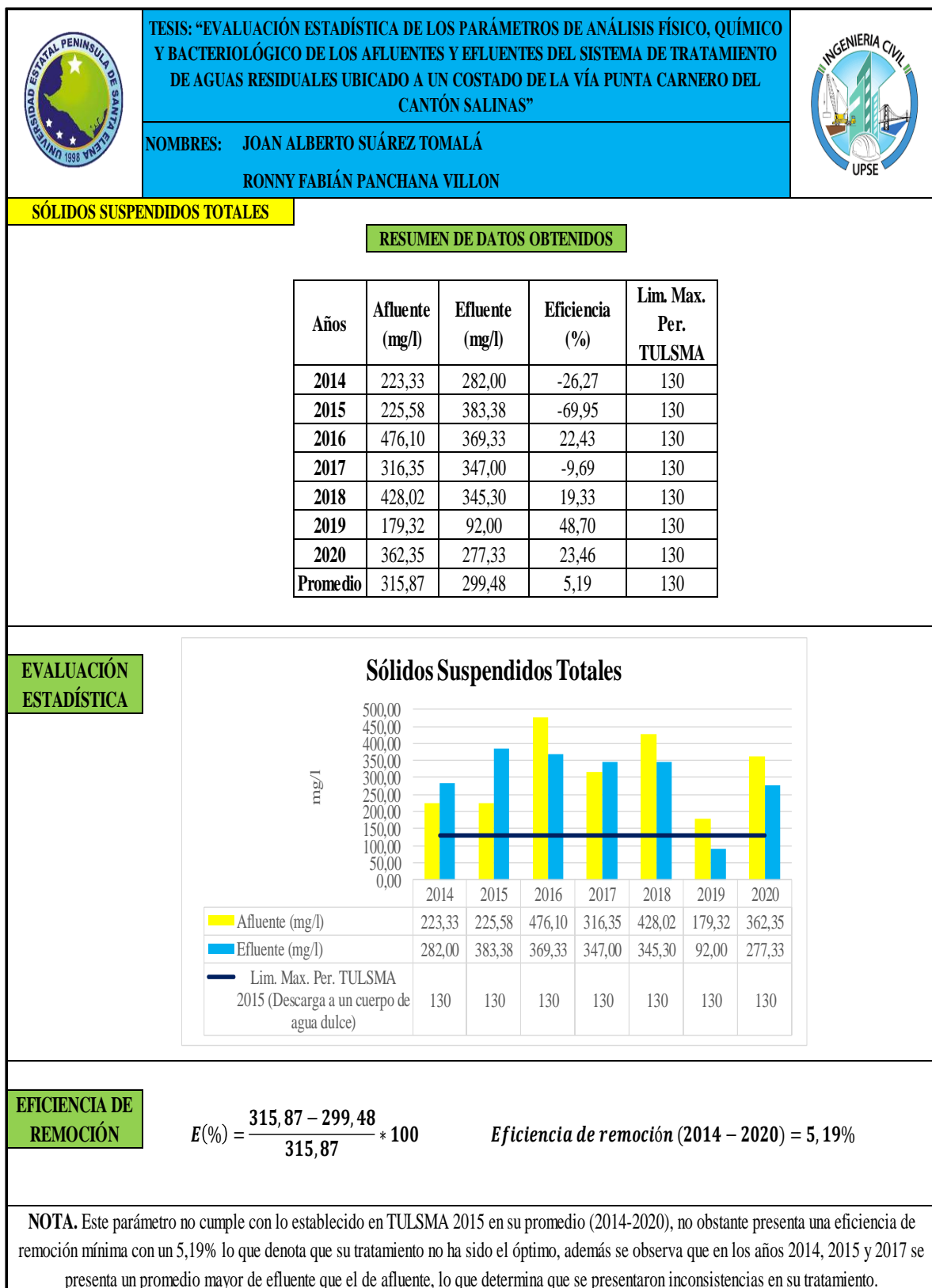
Anexo 33.

Evaluación estadística de Selenio



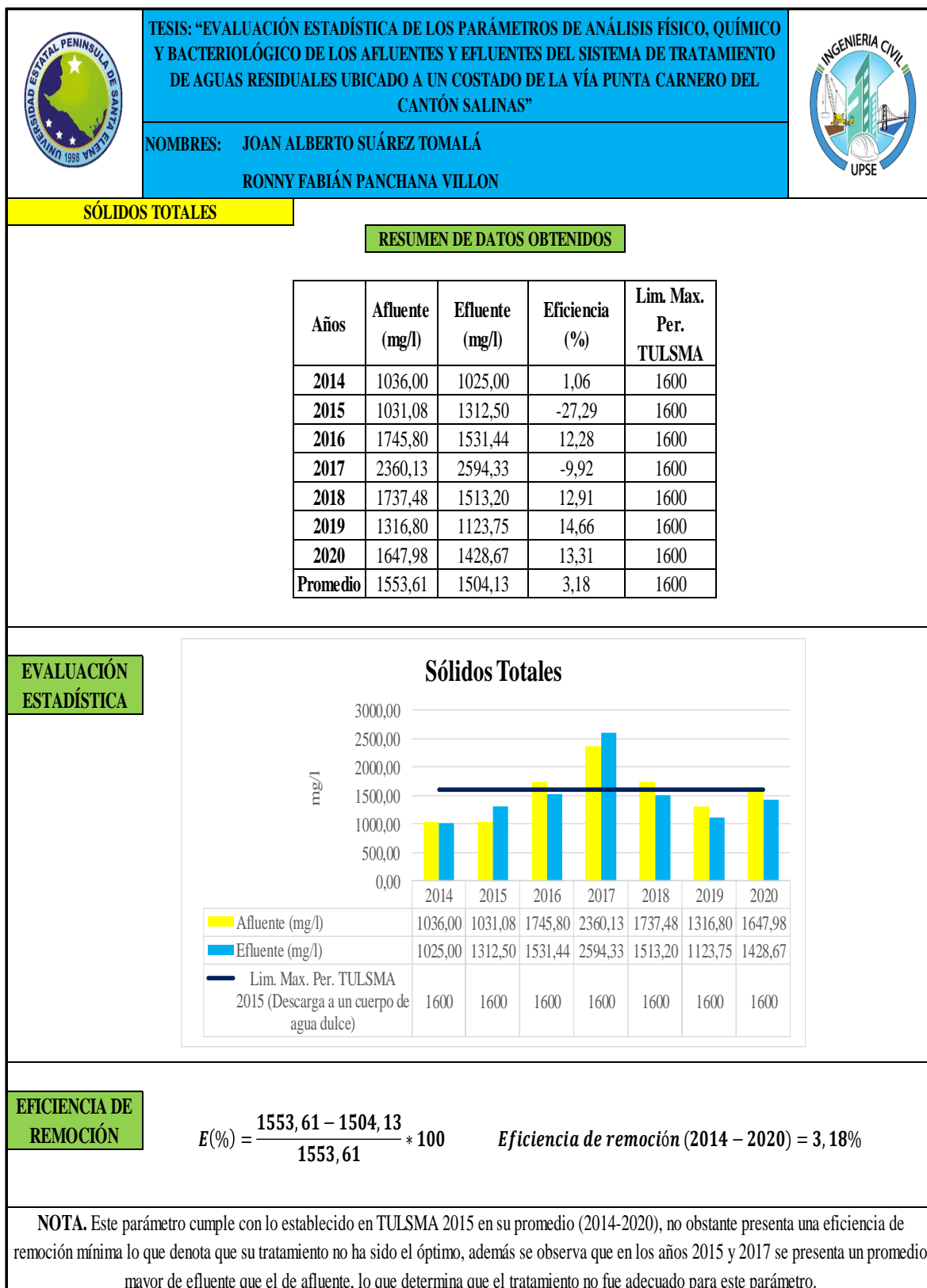
Anexo 34.

Evaluación estadística de Sólidos Suspendedos Totales



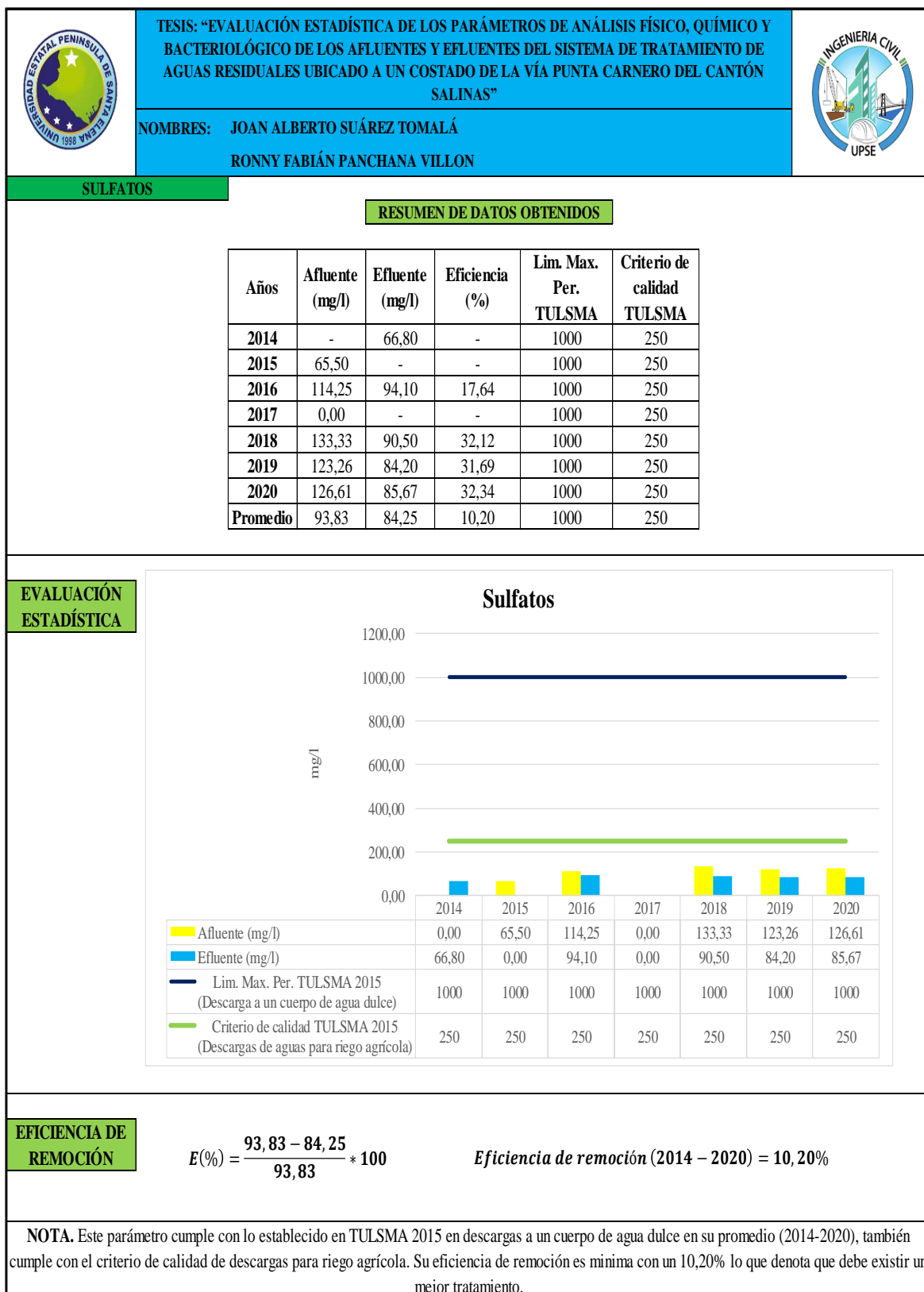
Anexo 35.

Evaluación estadística de Sólidos Totales



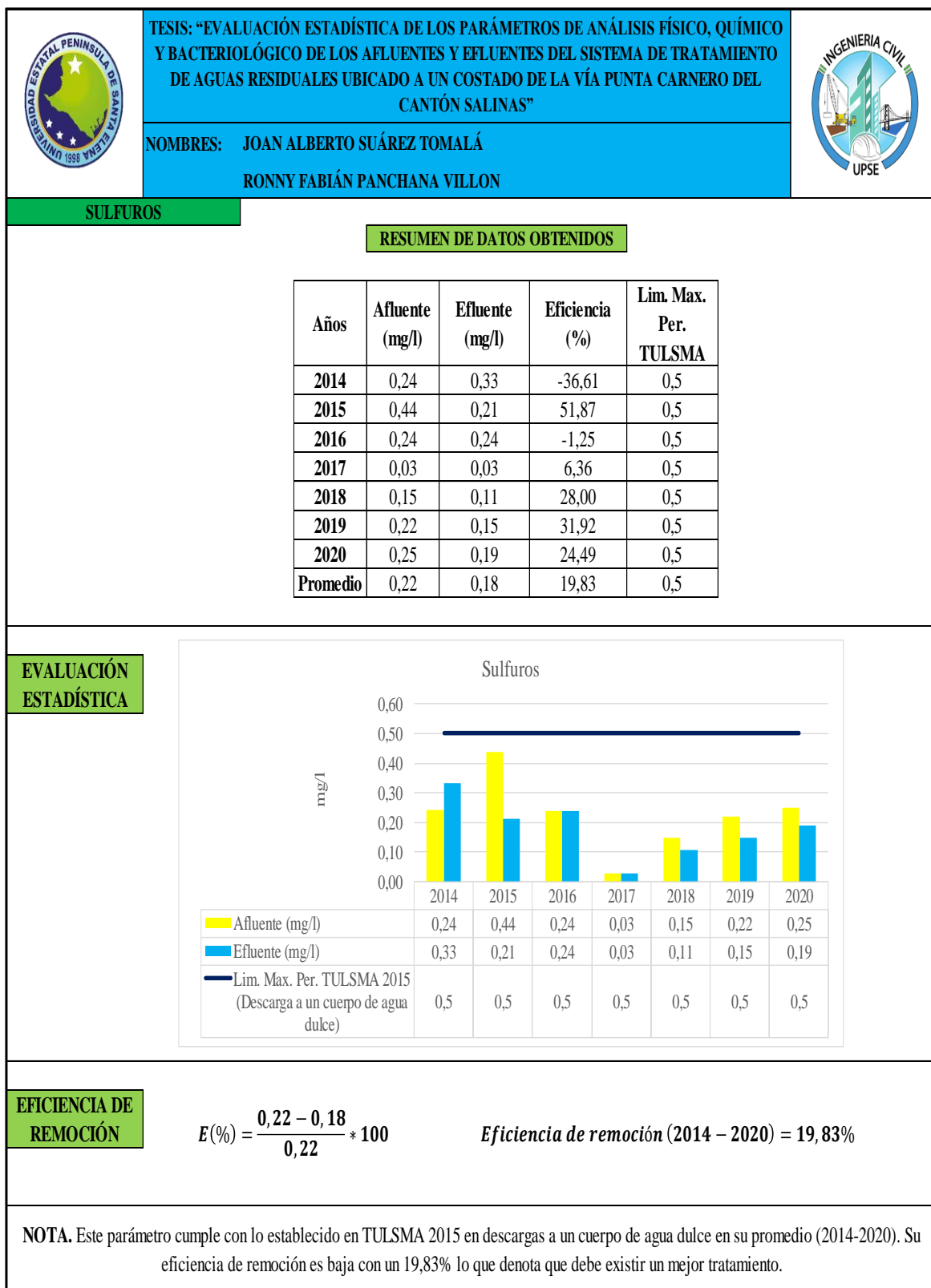
Anexo 36.

Evaluación estadística de Sulfatos



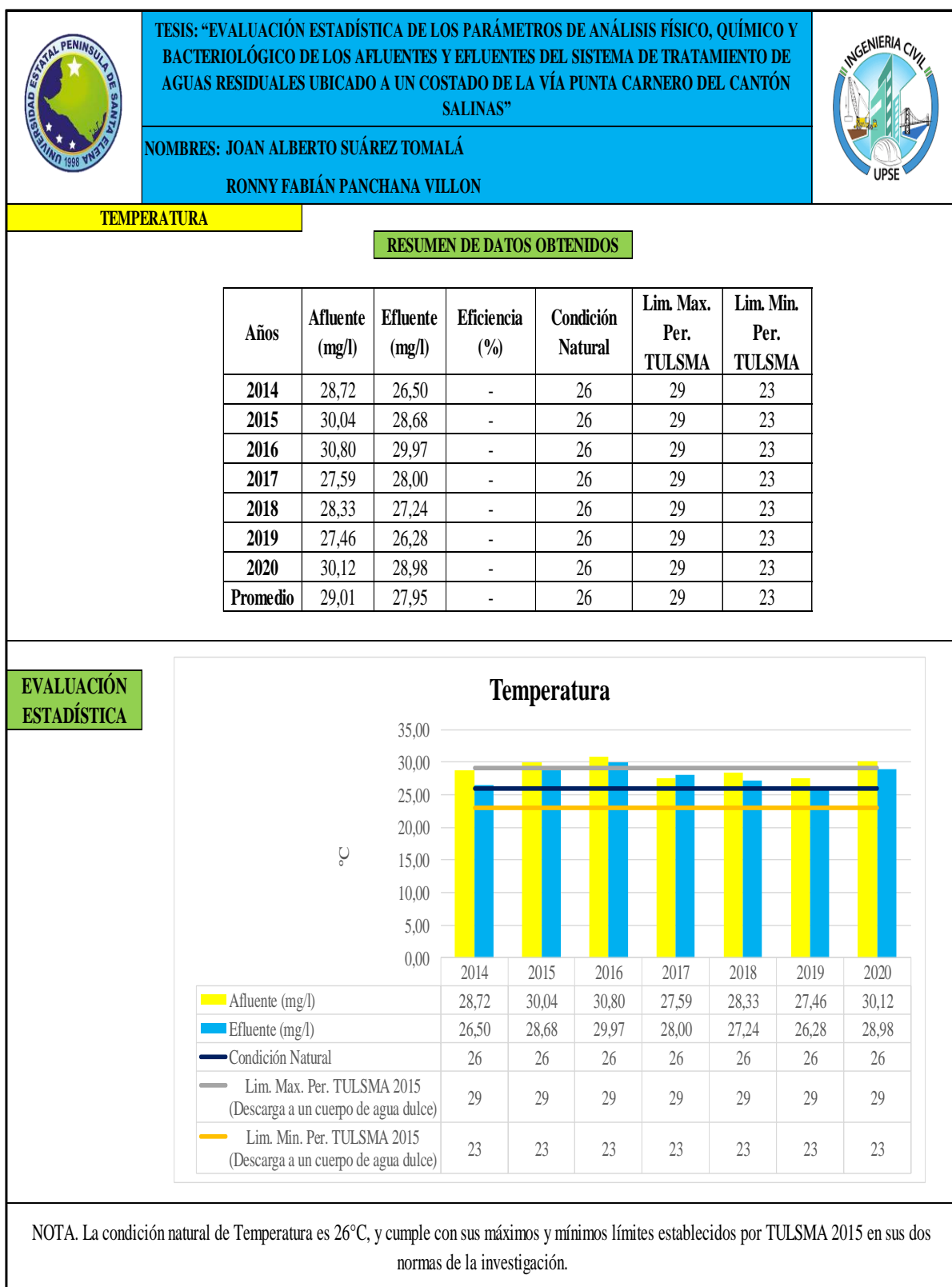
Anexo 37.

Evaluación estadística de Sulfuros



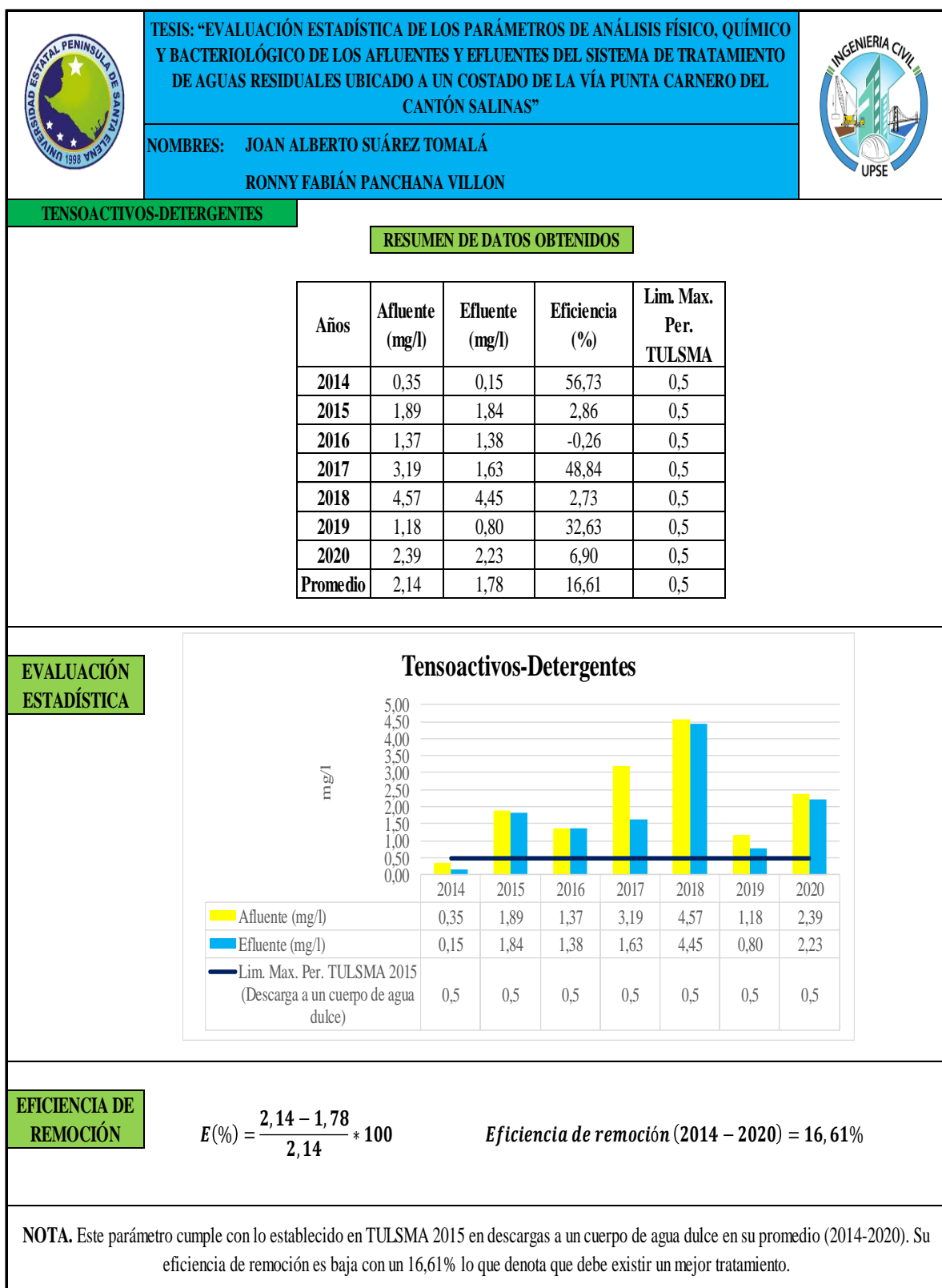
Anexo 38.

Evaluación estadística de Temperatura



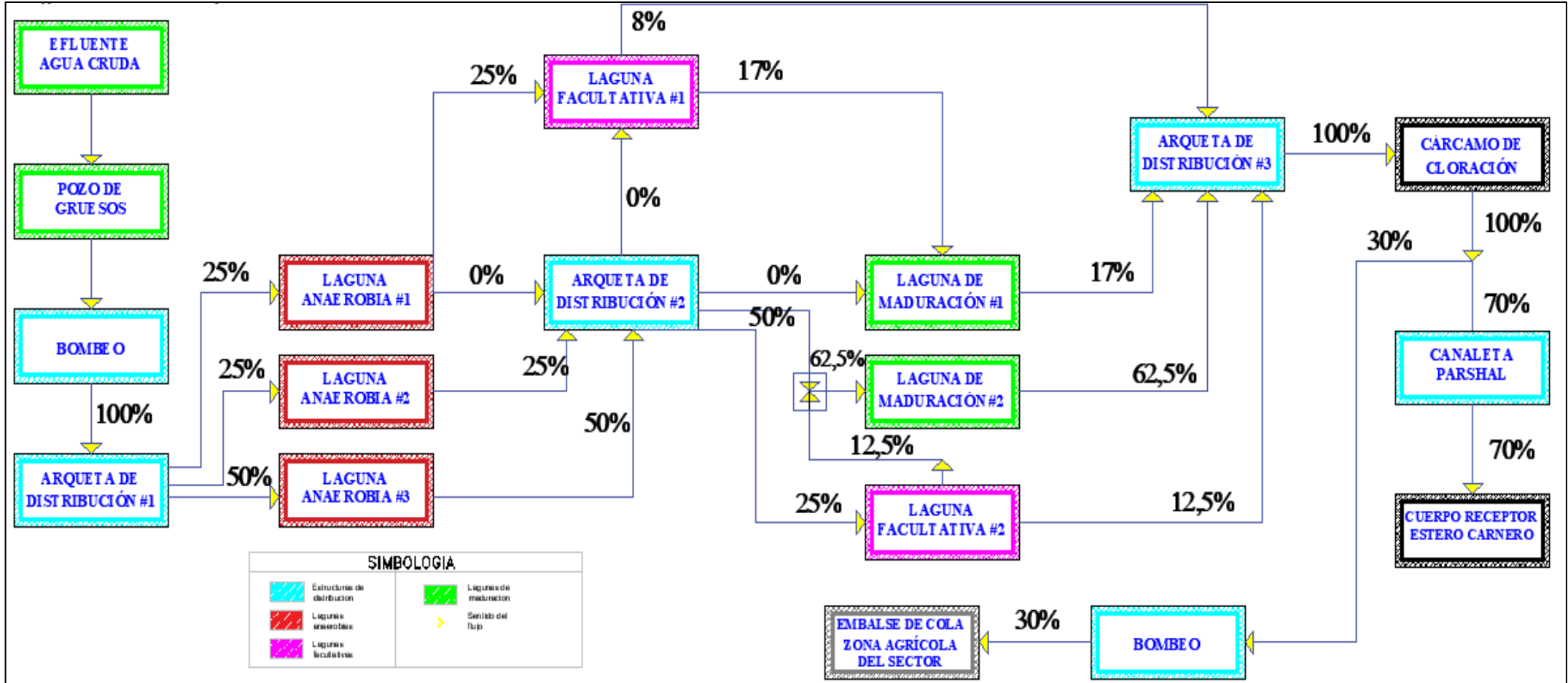
Anexo 39.

Evaluación estadística de Tensoactivos – Detergentes



Anexo 40.

Esquema en porcentajes de distribución de caudal de efluente máximo de aguas residuales del sistema lagunar Punta Carnero



Anexo 41.

Esquema de distribución de caudal de efluente máximo en m³/día de aguas residuales del sistema lagunar Punta Carnero

