

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS POR
EL TÚNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO
RÍMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MALDONADO OLIVARES, MARTIN MICHAEL

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre Liz Olivares y mi hermano César Maldonado que con sus sabios consejos y amor incondicional confiaron siempre en mis decisiones y guiaron en todo momento mi camino para convertirme en un buen profesional.

A mi mamita Eva Gonzales y mis tías Sonia Olivares, Edith Olivares, Rocio Olivares y Gysela Olivares, y primo Joseth Olivares que son su compañía y palabras iluminan mi camino.

A Joanna, mi mejor amiga y compañera a la cual amo y es gran motivo para el alcance de mis metas. A su madre Lupe Trujillo quien confió en mí y apoyo en el desarrollo del este proyecto.

A todos mis amigos quienes siempre confiaron en mí y acompañaron en estas etapas de mi desarrollo profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mi ex jefe el Ing. José Luis León, quien por la oportunidad que me brindó, ya que pude desarrollarme en materia del presente proyecto.

A mi asesor el Ing. Alcides Garzón por el apoyo y guie en el desarrollo del presente proyecto.

A mis profesores quienes compartieron sus experiencias y me apoyaron a mi formación profesional.

Y a todas las personal, amigos y compañeros de estudios que me apoyaron para realización del presente proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	7
1.3.1. <i>Teórico</i>	7
1.3.2. <i>Temporal</i>	7
1.3.3. <i>Espacial</i>	7
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.4.1. <i>Problema General</i>	7
1.4.2. <i>Problemas Específicos</i>	8
1.5. OBJETIVOS	8
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	8
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES	9
2.2. BASES TEÓRICAS	15
2.2.1. <i>Criterios para la toma de muestra</i>	15
2.2.2. <i>Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) - Puntual</i>	16
2.2.2. <i>Diagrama de STIFF</i>	18
2.2.3. <i>Diagrama de PIPER</i>	19

2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	22
2.3.1.	<i>Agua Subterránea:</i>	22
2.3.2.	<i>Cuenca Hidrográfica:</i>	22
2.3.3.	<i>Estándar de Calidad de Agua:</i>	23
2.3.4.	<i>Hidroquímica:</i>	23
2.3.5.	<i>Muestra de Agua:</i>	23
2.3.6.	<i>Parámetros de Calidad:</i>	23
CAPITULO III. DESARROLLO DEI TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL		24
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	24
3.1.1.	<i>Lugar de ejecución</i>	24
3.1.2.	<i>Vía de Acceso</i>	25
3.2.	METODOLOGÍA.....	26
3.2.1.	<i>Etapas de Gabinete inicial</i>	26
3.2.2.	<i>Etapas de Campo</i>	27
3.2.3.	<i>Toma de Muestra</i>	27
3.2.4.	<i>Metodología del Laboratorio</i>	28
	A. Laboratorio	28
3.2.5.	<i>Etapas de gabinete final</i>	29
	A. Metodología de análisis de resultados.....	29
3.3.	RECURSOS EMPLEADOS	30
3.3.1.	<i>Etapas de Gabinete inicial</i>	31
3.3.2.	<i>Etapas de campo</i>	31
3.3.3.	<i>Etapas de toma de muestra</i>	32
3.3.4.	<i>Etapas de laboratorio</i>	32
3.3.5.	<i>Etapas de gabinete final</i>	33
3.4.	PUNTOS DE MUESTREO	33
3.5.	PROCESAMIENTO DE RESULTADOS.....	34

3.5.1. Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF).....	35
3.5.2. R – LAB S.A.C.....	37
3.6. VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	37
3.6.1. Balance Iónico (BI).....	37
3.7. ANÁLISIS QUÍMICO DE RESULTADOS	39
3.8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDROQUÍMICO.....	43
3.8.1. <i>Parámetros para el control de la calidad del agua</i>	43
A. Potencial Hidrogeno	43
B. Aceites y Grasas	44
C. Cianuro Wad	45
D. Arsénico	46
E. Cadmio.....	47
F. Cromo total.....	48
G. Cobre	49
3.8.2. <i>Parámetros para fortalecer el análisis del control de calidad del agua</i>	50
A. Conductividad eléctrica	50
B. Sulfatos	51
C. Bicarbonatos	52
D. Cloruros.....	53
E. Boro	54
F. Hierro	55
G. Magnesio.....	56
H. Manganeso.....	57
I. Plomo	58
J. Zinc	59
3.9. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-PE) - PUNTUAL	60
3.10. CLASIFICACIÓN DEL AGUA MUESTREADA.....	63
3.10.1. <i>Diagrama de Piper y Stiff</i>	63

3.11. EVOLUCIÓN DEL AGUA.....	63
3.12. AFECTACIÓN AL RIO RÍMAC	67
3.13. MEDIDAS AMBIENTALES	70
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PUNTOS DE MONITOREO DEL OBSERVATORIO DEL AGUA	10
TABLA 2. VALORES DE PLOMO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A ..	10
TABLA 3. VALORES DE ARSÉNICO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	11
TABLA 4. VALORES DE CADMIO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	12
TABLA 5. VALORES DE MANGANESO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E- 06A.	13
TABLA 6. INTERPRETACIÓN DE LA CALIFICACIÓN ICA-PE	17
TABLA 7. DATOS PARA EL DIAGRAMA DE PIPER	19
TABLA 8. % DE ANIONES Y CATIONES PARA EL DIAGRAMA DE PIPER	20
TABLA 9. % DE ANIONES Y CATIONES PARA PIPER	20
TABLA 10. VÍA DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.	25
TABLA 11. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DE AGUA-CATEGORÍA III - RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES, ANALIZADOS EN EL ESTUDIO.....	29
TABLA 12. PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA.....	33
TABLA 13. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA HECHO POR LASPAF, REFERENCIA H.R. 67000.....	35
TABLA 14. LISTADO DE PRINCIPALES CATIONES Y ANIONES EN EL AGUA NATURAL	36
TABLA 15. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA HECHO POR LASPAF EN UNIDADES COMPARATIVAS PARA EL ECA AGUA - CATEGORÍA 3, REFERENCIA H.R. 67000	36
TABLA 16. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA HECHO POR R-LAB S.A.C. - INFORME DE ENSAYO N° 1902009A.....	37
TABLA 17. ERROR ACEPTABLE EN BALANCE IÓNICO SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ...	38
TABLA 18. BALANCE IÓNICO EN EL PUNTO DE MUESTREO R01-RIMAC	38
TABLA 19. BALANCE IÓNICO EN EL PUNTO DE MUESTREO R02-RIMAC	38
TABLA 20. BALANCE IÓNICO EN EL PUNTO DE MUESTREO R03-RIMAC	39

TABLA 21. BALANCE IÓNICO EN EL PUNTO DE MUESTREO R04-RIMAC	39
TABLA 22. PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA NATURAL DE UN CUERPO RECEPTOR EN FUNCIÓN A LA ACTIVIDAD GENERADORA.	40
TABLA 23. PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE AGUA (ECA-AGUA CATEGORÍA. III – D1), PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES - ANA.	40
TABLA 24. PARÁMETROS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE AGUA (ECA-AGUA CATEGORÍA. III – D2), PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES - ANA.	41
TABLA 25. PARÁMETROS PARA FORTALECER EL ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO RÍMAC A LA ALTURA DEL VERTIDO DE AGUAS DEL TÚNEL GRATON - ECA-AGUA CATEGORÍA. III – D1	41
TABLA 26. PARÁMETROS PARA FORTALECER EL ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO RÍMAC A LA ALTURA DEL VERTIDO DE AGUAS DEL TÚNEL GRATON - ECA-AGUA CATEGORÍA. III – D2	42
TABLA 27. DATOS CORRESPONDIENTES LOS CUATRO (4) PUNTOS MUESTREADOS.	61
TABLA 28. CALCULO DE LOS FACTORES DEL ICA Y CLASIFICACIÓN DEL ICA PARA CADA PUNTO DE MUESTREO.	62
TABLA 29. DIFERENCIA ENTRE LOS PARAMETROS DE CALCIO, SULFATOS Y CLORUROS DE LOS PUNTOS R02-RIMAC Y R04-RIMAC	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. VALORES DE ARSÉNICO EN EL PUNTO DE MONITOREO SIM09_M5 EN EPOCA DE AVENIDA DEL AÑO 2017, COMPARADOS CON EL ECA PARA AGUA – CATEGORÍA I.....	6
ILUSTRACIÓN 2. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE F1, F2 Y F3.	17
ILUSTRACIÓN 3. ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PUNTUAL. ..	17
ILUSTRACIÓN 4. DIAGRAMA DE STIFF TÍPICO	18
ILUSTRACIÓN 5. LOCALIZACIÓN DE ANIONES Y CATIONES.....	21
ILUSTRACIÓN 6. PROYECCIÓN DE LOS PUNTOS DE ANIONES Y CATIONES AL ROMBO CENTRAL	22
ILUSTRACIÓN 7. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
ILUSTRACIÓN 8. VÍA DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.....	26
ILUSTRACIÓN 9. UBICACIÓN DE LOS PUNTO DE MUESTREO, VIASTA GOOGLE EARTH.....	34
ILUSTRACIÓN 10. VISTA DE LAS AGUAS VERTIDAS POR EL TÚNEL GRATON AL RIO RÍMAC.....	66
ILUSTRACIÓN 11. VISTA DE LAS AGUAS DEL RIO RÍMAC DESPUÉS DEL VERTIDOS DE LAS AGUAS DEL TÚNEL GRATON.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1. CONCENTRACIONES DE PLOMO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	11
GRÁFICA 2. CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	12
GRÁFICA 3. CONCENTRACIONES DE CADMIO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	13
GRÁFICA 4. CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN LOS PUNTOS DE MONITOREO E-05, SIM09_M5 Y E-06A.	14
GRÁFICA 5. POTENCIAL DE HIDROGENO EN LOS PUNTOS MUESTREADOS.	44
GRÁFICA 6. CONCENTRACIONES DE ACEITES Y GRASAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	45
GRÁFICA 7. CONCENTRACIONES DE CIANURO WAD EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	46
GRÁFICA 8. CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	47
GRÁFICA 9. CONCENTRACIONES DE CADMIO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	48
GRÁFICA 10. CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	49
GRÁFICA 11. CONCENTRACIONES DE COBRE EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	50
GRÁFICA 12. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	51
GRÁFICA 13. CONCENTRACIONES DE SULFATOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	52
GRÁFICA 14. CONCENTRACIONES DE BICARBONATOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	53
GRÁFICA 15. CONCENTRACIONES DE CLORUROS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	54
GRÁFICA 16. CONCENTRACIONES DE BORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	55
GRÁFICA 17. CONCENTRACIONES DE HIERRO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	56
GRÁFICA 18. CONCENTRACIONES DE MAGNESIO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	57
GRÁFICA 19. CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	58
GRÁFICA 20. CONCENTRACIONES DE PLOMO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	59
GRÁFICA 21. CONCENTRACIONES DE ZINC EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.	60

GRÁFICA 22. CORRELACIÓN ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y LOS IONES MÁS IMPORTANTES.....	64
GRÁFICA 23. CORRELACIÓN ENTRE SULFATOS Y PRINCIPALES METALES.	65

ANEXOS

Anexo 1. Mapas

Anexo 2. Ficha de Muestreo de Calidad de Agua

Anexo 3. Graficas Hidroquímicos

Anexo 4. Panel Fotográfico

Anexo 5. Cadenas de Custodia e Informes de Ensayos

Anexo 6. Certificados de Calibración de Equipos R-Lab

Anexo 7. Certificados de Acreditación de Laboratorio

Anexo 8. Estándar de Calidad de Agua

INTRODUCCIÓN

El túnel Graton en sus 11.7 km de recorrido suministra aguas de origen subterráneo al río Rímac cuyo posible origen es un trasvase de aguas de la cuenca hidrográfica del río Mantaro hacia la cuenca hidrográfica del río Rímac. Por medio de fallas geológicas entre ambas. (IPEN, 1992)

En cuyo recorrido de sus aguas, las empresas mineras Los Quenuales y CIA Minera Casapalca tienen la autorización de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para realizar el vertido de sus aguas provenientes de sus galerías subterráneas donde realizan labores extractivas de minerales. Adicional a esas aguas, sus galerías sufren de infiltraciones de aguas subterráneas por medio de fallas geológicas, estas aguas son canalizadas para evitar la inundación de las galerías, y de igual manera son vertidas previo tratamiento preventivo al túnel Graton.

El vertimiento autorizado de estas aguas en el túnel Graton, son el motivo para evaluar el impacto estas aguas sobre su cuerpo receptor, el río Rímac. El caudal anual de vertido de aguas del túnel Graton es de 5 m^3 , por lo que autoridades como SEDAPAL consideran a las aguas del túnel Graton de gran importancia para mantener abastecido el caudal del río Rímac en época de estiaje (SEDAPAL, 2014).

La población de la provincia de Huarochiri, específicamente su distrito de San Mateo está directamente impactado por las aguas del túnel Graton. Sin considerar el consumo del agua potabilizada del río Rímac, cuyo responsable de su calidad es remunerado y supervisado por las entidades competentes como la SUNASS. El sector ganadero y agrícola no suele invertir en tratamientos antes de

su uso, exponiendo a los animales y vegetales a una bio acumulación de sustancias como metales pesados, no solo dañinas para estos, sino también para quienes terminan consumiéndolos.

Ante esta situación es necesario realizar una evaluación del impacto de las aguas del túnel Graton sobre la calidad del agua del rio Rímac. Por lo cual mediante el uso del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016), se seleccionan los parámetros de control necesarios para evaluar la calidad de las aguas del rio Rímac.

En vista del limitado número de parámetros de control (Potencial de Hidrogeno, Aceites y Grasas, Cianuro Wad, Arsénico, Cadmio, Cromo y Cobre) establecidos por el ANA, se toma la decisión de realizar el análisis de otros parámetros como metales pesados, y por las características subterráneas de las aguas del túnel Graton, se analizarán los principales aniones y cationes.

Los resultados son comparados con la normativa actual: Estándares de Calidad de Agua (ECA Agua), aprobado con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en el cual establece un estándar en diversos parámetros para diversos usos del agua.

Los parámetros analizados permiten realizar una evaluación en la calidad de las aguas del rio Rímac, tras el vertido de las aguas del túnel Graton.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En 1961, según SEDAPAL (2014) se iniciaron los proyectos de trasvase de aguas de la Cuenca Hidrográfica del Mantaro (de aquí en adelante Mantaro) a la Cuenca Hidrográfica del Rímac (de aquí en adelante Rímac), con la construcción de un túnel – dren denominado Graton, cuyo objetivo inicial era desaguar un acuífero kárstico, permitiendo la explotación minera de Casapalca.

El origen de las aguas que no permitían la explotación minera de Casapalca, según SEDAPAL (2014), es el trasvase de la cabecera de cuenca del Mantaro hacia el río Rímac, otro elemento más son las fallas geológicas. Adicional a estas, el Mantaro reúne las condiciones topográficas, geológicas y características isotópicas del agua, para ser fuente de alimentación de una parte de las filtraciones del túnel Graton (IPEN, 1992).

Actualmente la Empresa Minera Los Quenuales S.A. (anteriormente Empresa Minera Yauliyacu S.A.) tienen los derechos sobre la Unidad Minera Casapalca e infraestructura actual y futura del Túnel Graton (Resolución Directoral N° 0046-2010-ANA-DCPRH, 2010). La Compañía Minera Casapalca S.A. cuenta con la autorización de vertimiento de aguas industriales tratadas procedentes de sus labores mineras al túnel Graton por síes (06) años los cuales iniciaron el 28 de mayo del 2015 (Resolución Directoral N° 181-2015-ANA-DGCRH, 2015). Las aguas provenientes de las labores de ambas empresas terminan siendo vertidas al río Rímac, tramo cercano al distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

Al respecto Ceras & Ochoa (2013) nos menciona que los metales tratados en las aguas industriales vertidas al túnel Graton por la Empresa Minera Los Quenuales S.A. son Cu, Cd, Pb, Fe, Cr y Zn, y sus concentraciones varían de acuerdo a los tiempos de avenidas y estiaje.

En el 2012, Vilcapaza (2012), menciona que mediante la Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea, se nombró a las aguas del túnel Graton como un recurso hidrológico subterráneo, el cual desempeña un rol vital como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano, agrícola y energético al Rímac.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), actualmente cuenta con el Observatorio del Agua de las Cuencas Hidrográficas Chillón, Rímac y Lurín. El cual cuenta con datos de una red de puntos de monitoreo desde el año 2013, tanto de la ANA como de SEDAPAL.

1.2. Justificación del Problema

En este punto, Montoya (2011) señala que con un caudal promedio anual de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ el túnel Graton conformaría la cuarta parte del agua que aporta el Rímac para consumo humano, agrícola y energético al departamento de Lima, y el actual proyecto de ampliación del túnel Graton propuesto por SEDAPAL, sumando $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ al caudal promedio anual del túnel Graton información proporcionada por SUNASS.

Según la DIGESU (2019) el vertimiento de aguas industriales tratadas procedentes de sus labores mineras de la Empresa Minera Los Quenuales S.A. y la Compañía Minera Casapalca S.A., autorizadas por la Autoridad Nacional del Agua (de aquí en adelante ANA), manifestó el desarrollo de puntos de monitoreo en las zonas aledañas a la salida del túnel Graton, dentro de una serie de puntos de monitoreo en todo el Rímac.

Los monitoreos fueron realizados por DIGESA durante los años 2009, 2010 y 2011. Posterior a estas fechas la ANA realizaría los monitoreos al Rímac.

La ausencia de normativas nacionales especializadas para el análisis de calidad de agua subterránea dejó bajo criterio de los profesionales especialistas, inscritos en el Registro de Consultores de Estudios de Agua Subterránea del ANA, determinar los parámetros a ser analizados de las muestras de agua subterránea y la normativa con la cual se realizará su comparación.

Además, los valores obtenidos en los puntos de monitoreo que conforman la red de monitoreo del Observatorio del Agua del ANA son comparados con el ECA para Agua (ECA - Agua), Categoría I (Población y Recreación). Esto debido a los objetivos del Observatorio del Agua. Los valores obtenidos de la red

de monitoreo presentan para diversos parámetros inorgánicos, como el Arsénico valores mayores a los máximos establecido en el ECA - Agua, Categoría I (Población y Recreación). Como se puede apreciar en la Ilustración 1, la cual muestra los valores de Arsénico en la época de avenida del año 2017 del punto de muestreo SIM09_M5, ubicado aguas debajo del punto de vertido de las aguas del Túnel Graton al río Rímac.

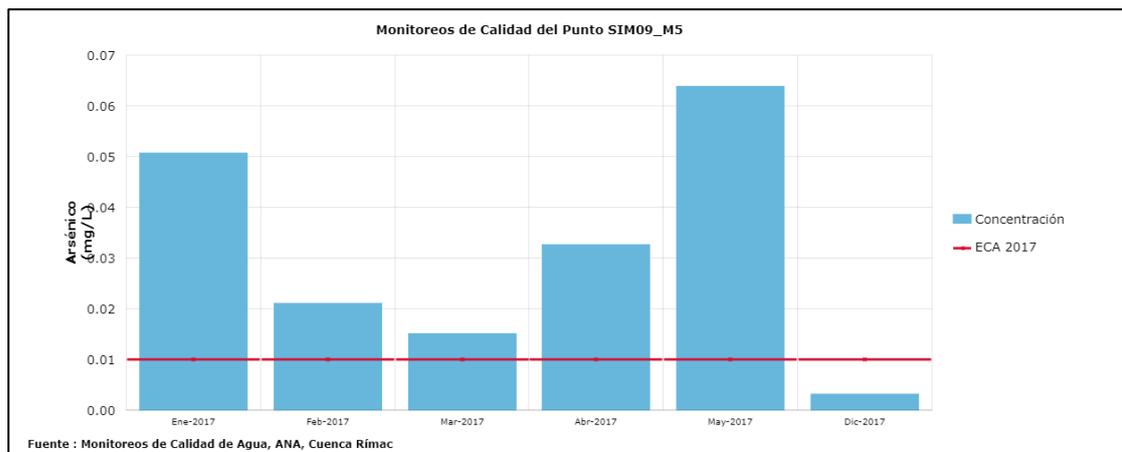


Ilustración 1. Valores de Arsénico en el Punto de Monitoreo SIM09_M5 en época de Avenida del año 2017, comparados con el ECA para Agua – Categoría I.

Ante la presente realidad, el estudio se fundamenta en la problemática e importancia de evaluar el impacto de las aguas subterráneas provenientes del túnel Graton y su vertido en el Rímac para su uso en el riego de vegetales y bebida de animales (ECA - Agua, Categoría III). Reluciendo las aguas industriales tratadas procedentes de las labores mineras de las Empresa Minera Los Quenuales S.A. (en adelante Los Quenuales) y la Compañía Minera Casapalca S.A. (en adelante CIA Casapalca).

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórico

El presente estudio tiene como finalidad, determinar la afectación ambiental en la calidad de agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton mediante gráficas de Excel 2013 y diagramas de análisis hidroquímicos como: diagrama de Collins, diagrama de Piper, diagrama de Stiff.

1.3.2. Temporal

El presente estudio se realizó durante los meses de febrero y marzo del 2019, habiéndose desarrollado la etapa de gabinete inicial los días uno (01) y dos (02) de febrero, las etapas de campo y toma de muestra el día tres (03) de febrero, la etapa de laboratorio entre los días cuatro (04) y quince (15) de febrero, y la etapa de gabinete final entre los días dieciséis (16) de febrero y el uno (01) de abril del 2019.

1.3.3. Espacial

El estudio ha sido desarrollado (etapa de campo y toma de muestra) en un tramo del río Rímac, altura de las instalaciones de la Empresa Minera Los Quenuales “Graton Túnel”, a 500 m de la Planta “San Mateo” de Backus.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿Cómo afecta ambientalmente el vertido de aguas del túnel Graton al río Rímac en el distrito de San Mateo?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo se encuentra la calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton?
- ¿Cómo es el comportamiento hidroquímico del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton, mediante el diagrama de STIFF y el diagrama de PIPER?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Determinar la afectación ambiental en la calidad de agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton en el distrito de San Mateo.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton.
- Realizar el análisis hidroquímico del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton, mediante el diagrama de STIFF y el diagrama de PIPER.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El Ministerio de Salud en los años 2009, 2010 y 2011 realizó la “Evaluación de la calidad Sanitaria de las Agua del rio Rímac y Tributarios Principales”, en las cuales se presentaba muestreos mensuales, donde median parámetros como al Arsénico, Plomo, Cobre, Aceites y Grasas, entre otros.

La ANA efectuó, a partir del 2013, los monitoreos en el Rímac tomando como referencia los puntos de monitoreo establecidos por la DIGESA entre los años 2009 y 2011, analizando los parámetros presentados en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, actualmente aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. Los monitoreos realizados siguen la

metodología presentada en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

El Observatorio del Agua del ANA en su red de puntos de monitoreo, presenta tres (03) puntos de monitoreo cercanos a los puntos de muestreo tomados en la etapa de toma de muestra del presente estudio. (Ver Tabla 1)

Tabla 1.

Puntos de Monitoreo del Observatorio del Agua

Punto de Monitoreo	UTM WGS 84 18 SUR		Cuenca Hidrográfica	Fuente	Objetivo
	Norte	Este			
E-05	8697238	357499	Rímac	SEDAPAL	Agua Potable
SIM09_M5	8700788	359210	Rímac	ANA	Agua Potable
E-06A	8697238	357499	Rímac	SEDAPAL	Agua Potable

Elaboración Propia, Fuente Observatorio del Agua - ANA

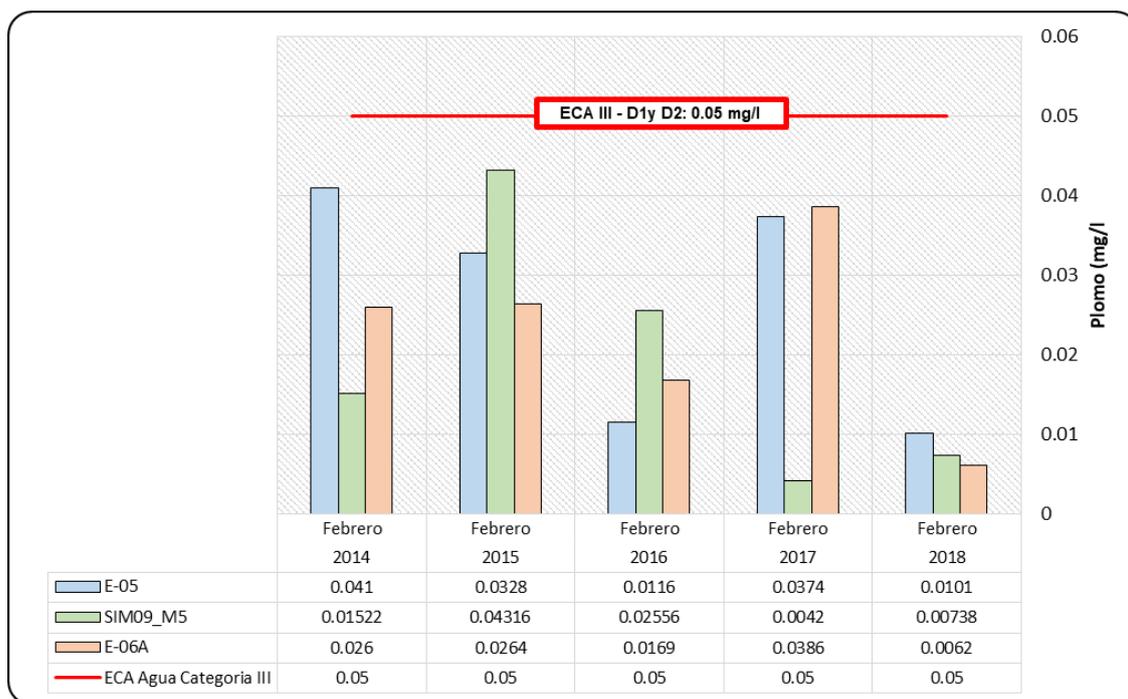
Estos puntos de monitoreo brindan una data historia para el presente estudio. De la cual se usarán los valores registrados de cuatro (04) parámetros (Plomo, Arsénico, Cadmio y Manganeso), en el mes de febrero de los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018. Los valores serán comparados con el ECA - Agua, Categoría III, Sub categorías D1 (Riego de Vegetales) y D2 (Bebida de Animales).

Tabla 2.

Valores de Plomo en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

Punto de Monitoreo	Plomo (mg/l)					ECA Agua Categoría III	
	2014	2015	2016	2017	2018	D1	D2
	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero		
E-05	0.041	0.0328	0.0116	0.0374	0.0101	0.05	0.05
SIM09_M5	0.01522	0.04316	0.02556	0.0042	0.00738		
E-06A	0.026	0.0264	0.0169	0.0386	0.0062		

Elaboración Propia, Fuente Observatorio del Agua - ANA



Gráfica 1. Concentraciones de Plomo en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

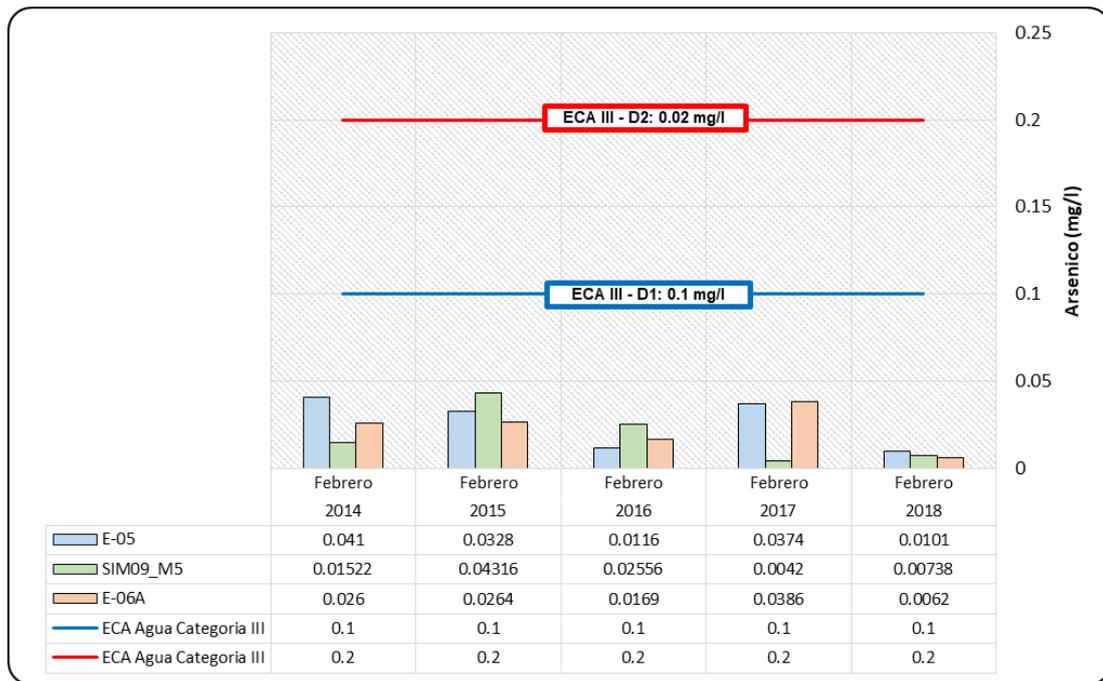
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 3.

Valores de Arsénico en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

Punto de Monitoreo	Arsénico (mg/l)					ECA Agua Categoría III	
	2014	2015	2016	2017	2018	D1	D2
	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero		
E-05	0.025	0.025	0.023	0.029	0.026	0.1	0.2
SIM09_M5	0.02673	0.02582	0.02826	0.02112	0.0318		
E-06A	0.021	0.023	0.025	0.028	0.024		

Elaboración Propia, Fuente Observatorio del Agua - ANA



Gráfica 2. Concentraciones de Arsénico en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

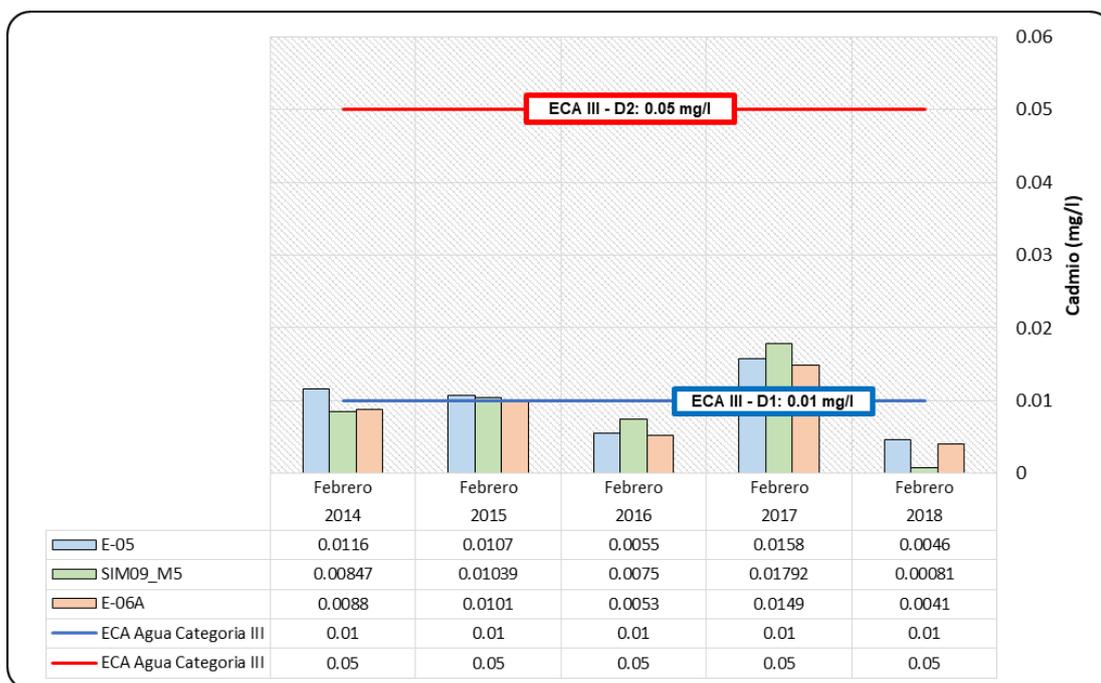
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4.

Valores de Cadmio en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

Punto de Monitoreo	Cadmio (mg/l)					ECA Agua Categoría III	
	2014	2015	2016	2017	2018	D1	D2
	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero		
E-05	0.0116	0.0107	0.0055	0.0158	0.0046	0.01	0.05
SIM09_M5	0.00847	0.01039	0.0075	0.01792	0.00081		
E-06A	0.0088	0.0101	0.0053	0.0149	0.0041		

Elaboración Propia, Fuente Observatorio del Agua - ANA



Gráfica 3. Concentraciones de Cadmio en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

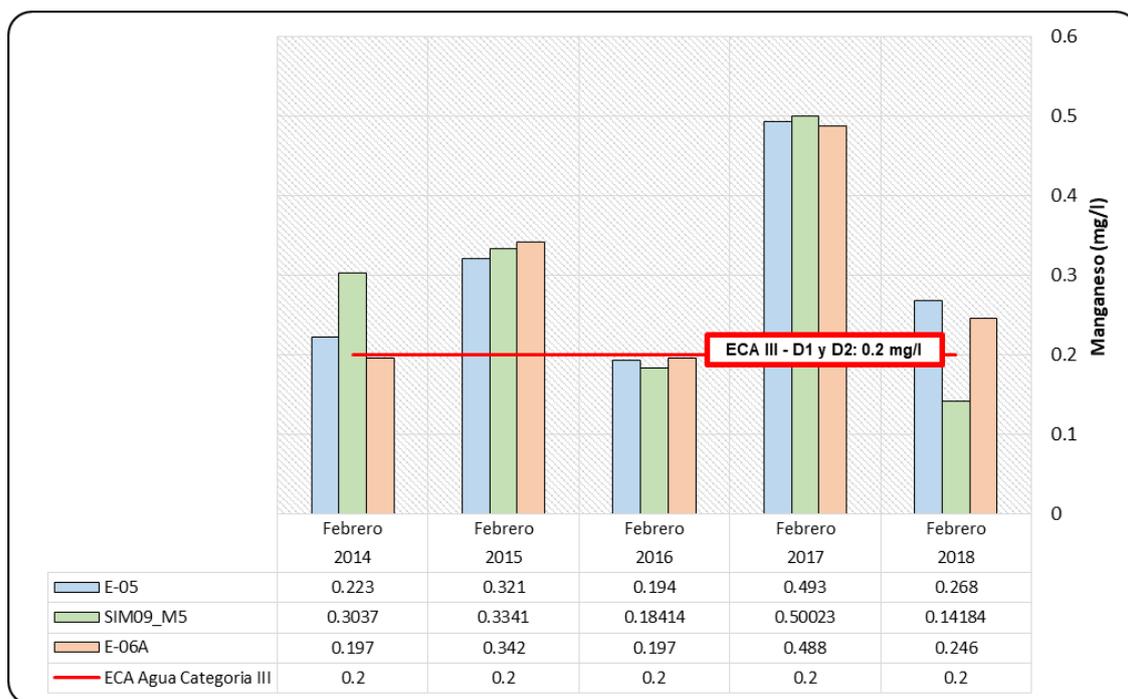
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 5.

Valores de Manganeso en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

Punto de Monitoreo	Manganeso (mg/l)					ECA Agua Categoría III	
	2014	2015	2016	2017	2018	D1	D2
	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero	Febrero		
E-05	0.223	0.321	0.194	0.493	0.268	0.2	0.2
SIM09_M5	0.3037	0.3341	0.18414	0.50023	0.14184		
E-06A	0.197	0.342	0.197	0.488	0.246		

Elaboración Propia, Fuente Observatorio del Agua - ANA



Gráfica 4. Concentraciones de Manganeseo en los puntos de Monitoreo E-05, SIM09_M5 y E-06A.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los datos recolectados por el Observatorio del Agua del ANA entre los años 2014 y 2018, muestran para los parámetros de Plomo y Arsénico niveles menores a los establecidos en el ECA - Agua, Categoría III (D1 y D2). Mientras que para el Cadmio, en los años 2014, 2015 y 2017 los niveles son mayores a los establecidos en el ECA - Agua, Categoría III (D1 y D2). En caso del Manganeseo los valores son mayores a los establecidos en el ECA - Agua, Categoría III (D1 y D2) en los años 2014, 2015, 2017 y 2018, presentando en año 2016 valores al borde de sobrepasar lo establecido en el ECA - Agua, Categoría III (D1 y D2).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Criterios para la toma de muestra

Según la ANA (2016) los parámetros que serán analizados serán seleccionados considerando las actividades poblacionales y productivas de la zona de influencia directa e indirecta, el control de los vertimientos en los cuerpos de agua dentro de sus zonas de influencia.

Para lo cual se considerará los siguientes criterios.

A. Identificación de puntos de muestreo:

- El punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente.
- Se tomará registro geográfico de cada punto de muestreo en coordenadas UTM WGS 84.
- Ubicar de preferencia los puntos de muestreo cerca de puentes, rocas grandes, árboles, kilometraje vial, localidades, etc.

B. Accesibilidad a puntos de muestreo:

- Considerar rutas seguras, evitar caminos empinados, rocosos, vegetación densa y terreno fangoso.

C. Representatividad de puntos de muestreo:

- En aguas continentales, evitar zonas de embalse o turbulencias. Ubicar el punto de muestreo en donde el río presente un cauce regular y uniforme.

D. Estación hidrométrica cercanas a los puntos de muestreo:

- En aguas continentales superficiales, el punto de muestreo debe permitir el aforo y se recomienda ubicarlo cerca de una estación hidrométrica para tomar simultáneamente datos del flujo.

2.2.2. Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) - Puntual.

Según la Metodológica para la Determinación del Índices de Calidad de Agua (2018), constituye una herramienta matemática que integra información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua.

La metodología para determinar el ICA-PE de un punto de monitoreo requiere de data mínima de cuatro (04) monitoreos, realizados estos en épocas de avenida y estiaje.

Para casos de un (01) monitoreo en cualquier época del año, se considerara el resultado obtenido con las siguientes formulas, como un Indicador Puntual de la Calidad de Agua.

Para determina el ICA-PE para un (01) punto de monitoreo se requerirá realizar el cálculo de los factores F1, F2 y F3. El cálculo de estos factores se realiza mediante el desarrollo de las formulas presentadas en la siguiente ilustración.

$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA - Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

$$F_2 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA - Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

$$F_3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} * 100$$

Ilustración 2. Fórmulas para el cálculo de F1, F2 y F3.

Después de obtenido los valores de F1, F2 y F3 se procede a la aplicación de la ecuación presentada en la Ilustración 3, para realizar el cálculo del ICA de los puntos muestreados.

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}}$$

Ilustración 3. Ecuación para el Cálculo del Índice de Calidad de Agua puntual.

Los resultados obtenidos del cálculo del ICA-PE para cada punto de muestreo, serán interpretados mediante el uso de la Tabla 6, con la cual califica cualitativamente la calidad del agua desde una Excelente hasta una Pésima calidad del agua.

Tabla 6.

Interpretación de la Calificación ICA-PE

ICA - PE	Calificación	Interpretación
90 - 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales.

75 - 89	Bueno	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales.
45 - 74	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
30 - 44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 - 29	Pesimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazado o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Elaboración Propia, Fuente ICA-PE

2.2.2. Diagrama de STIFF

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el Na^+ se confronta con el Cl^- , el Ca^{+2} con el HCO_3^- y el Mg^{+2} con el SO_4^{2-} . Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/l.

Este tipo de diagrama (Ver ilustración 4) permite visualizar claramente diferentes tipos de agua y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (Agua y SIG, 2011).

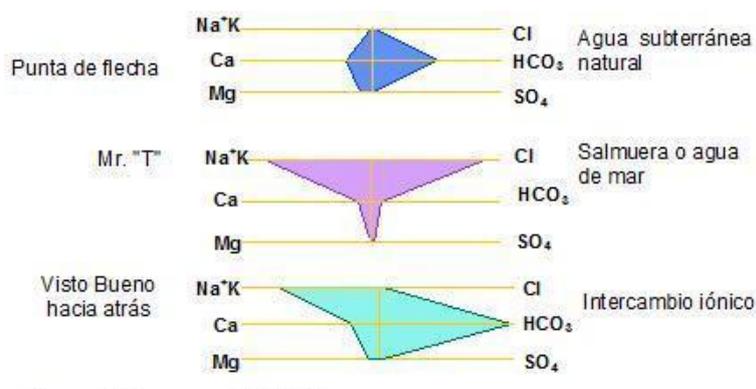


Ilustración 4. Diagrama de STIFF típico

2.2.3. Diagrama de PIPER

Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las concentraciones de los iones dadas en meq/l se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100% de un anión o catión.

Para construir el diagrama de PIPER se procede de la siguiente manera:

Paso 1.

Las concentraciones en mg/l, serán convertidas a meq/l. Tabla 7.

Tabla 7.

Datos para el Diagrama de PIPER

Cationes

Parámetro	Concentración (mg/l)	peso de un meq	Concentración en meq/l
Ca ⁺²	84	20	4,20
Mg ⁺²	7,85	12,15	0,65
Na ⁺	14,7	23	0,64
K ⁺	1,43	39	0,04

Aniones

Parámetro	Concentración (mg/l)	peso de un meq	Concentración en meq/l
HCO ₃ ⁻	312	61	5,11
Cl ⁻	12,8	35,5	0,36
SO ₄ ⁻²	18,9	48	0,39

Paso 2.

Los meq/l obtenidos de cada parámetro serán expresados como porcentaje, para lo cual se suman los aniones y cationes analizados y serán divididos por el total de la suma anterior. Tabla 8.

Tabla 8.

% de Aniones y Cationes para el Diagrama de PIPER

Cationes		
Parámetro	Concentración (meq/l)	Concentración En (%)
Ca ⁺²	4,2	76%
Mg ⁺²	0,65	12%
Na ⁺	0,64	12%
K ⁺	0,04	1%
Suma	5,53	100%

Aniones		
Parámetro	Concentración (meq/l)	Concentración En (%)
HCO ₃ ⁻	5,11	87%
Cl ⁻	0,36	6%

Paso 3.

Para dibujar las proporciones obtenida, se deberá tomar en cuenta que los triángulos de PIPER muestran solo las proporciones entre los cationes o aniones mayores, tabla 9.

Tabla 9.

% de Aniones y Cationes para PIPER

Cationes	
Parámetro	Concentración En (%)
Ca ⁺²	76%
Mg ⁺²	12%
K ⁺ +Na ⁺	12%
Suma	100%
Aniones	
Parámetro	Concentración En (%)
HCO ₃ ⁻	87%
Cl ⁻	6%
SO ₄ ⁻²	7%
Suma	100%

El resultado de todo este procedimiento se muestra en la figura siguiente (Ver ilustración 5).

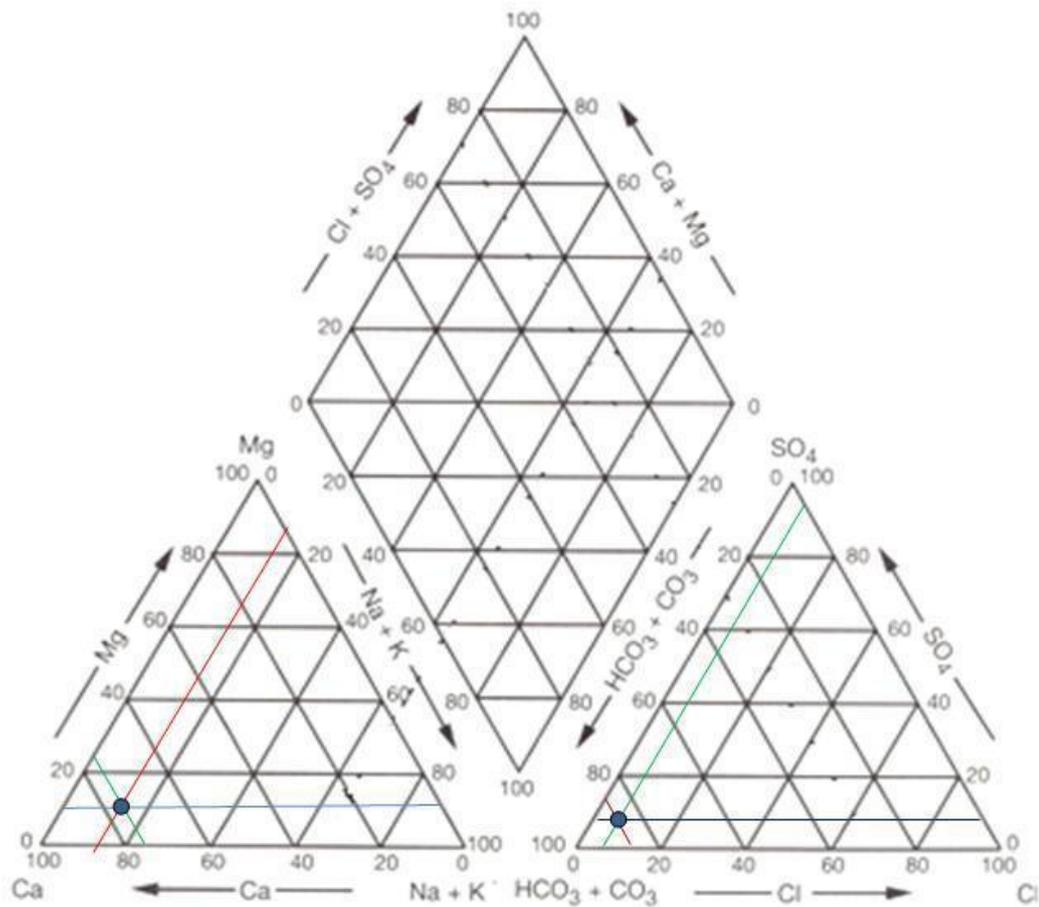


Ilustración 5. Localización de Aniones y Cationes

Paso 4.

La proyección de ambos puntos en el rombo central se obtendrá mediante la prolongación de las líneas rojas. Donde intersecten ambas líneas rojas, indicaran el punto de caracterización de la muestra.

En la gráfica el punto de intersección muestra un agua Bicarbonatada – Cálrica (HCO_3-Ca) (Ver ilustración 6).

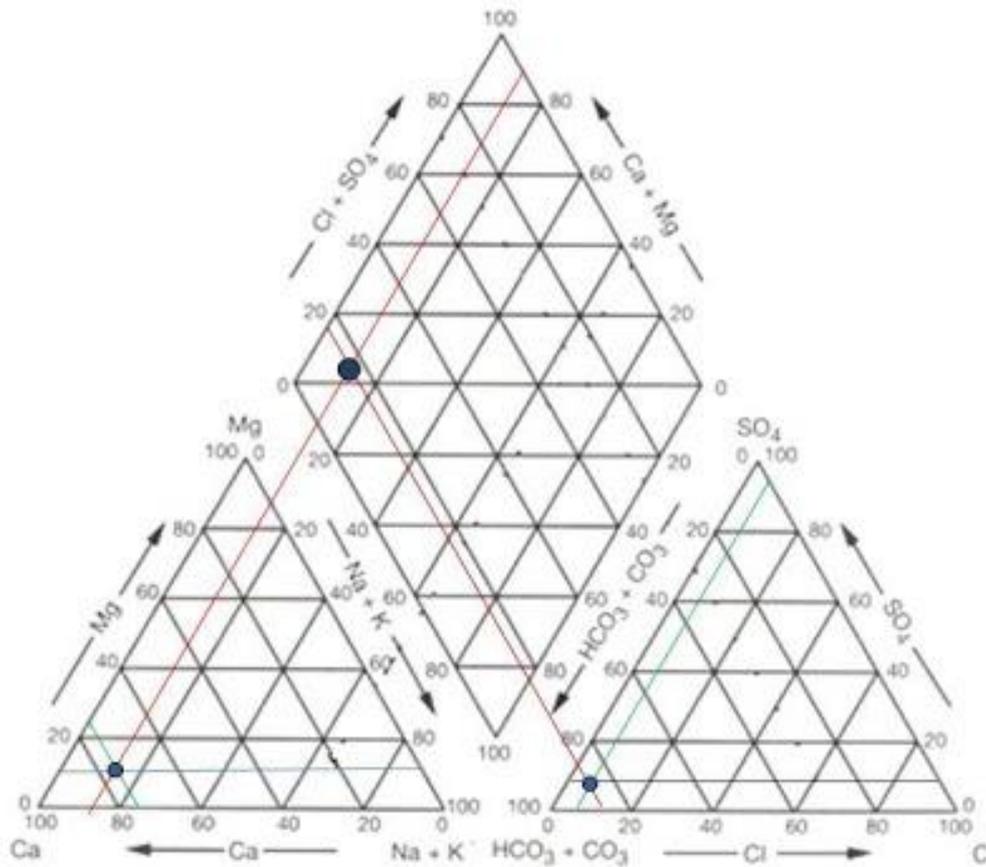


Ilustración 6. Proyección de los Puntos de Aniones y Cationes al rombo central

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Agua Subterránea:

Fraume (2000) lo define como el agua originaria del subsuelo, la cual llena los espacios vacíos del suelo y subsuelo. Estas aguas no presentan contacto con el oxígeno, no generando procesos de oxidación o acidificación. Las aguas subterráneas suelen ser alcalinas.

2.3.2. Cuenca Hidrográfica:

Según la Administración Local de Agua Chillón, Rimac, Lurín (2010) es el área que delimita la influencia de un río primario sobre el suelo. El

recurso hídrico que brinda la cuenca hidrográfica es usado por las poblaciones forestales y faunística, además de las poblaciones humanas

2.3.3. Estándar de Calidad de Agua:

El MINAM (2015) lo define como el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en los recursos hídricos superficiales; que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente

2.3.4. Hidroquímica:

Según EcuRed (2014) es la rama de la Hidrogeología que estudia la química de las aguas subterráneas, aunque también es aplicable para las aguas superficiales.

2.3.5. Muestra de Agua:

La ANA (2016) menciona que es una porción representativa del efluente o cuerpo hídrico natural receptor a fin de conocer sus características físicas, químicas y biológicas.

2.3.6. Parámetros de Calidad:

La ANA (2016) menciona que son Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Lugar de ejecución

El área de estudio es la salida del túnel Graton, ubicada en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima (Ver ilustración 4). Geográficamente se localiza en la zona central, flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, entre las coordenadas UTM (WGS 84) 359582 E y 8701324 N, a una altitud promedio de 3,270 m.s.n.m.

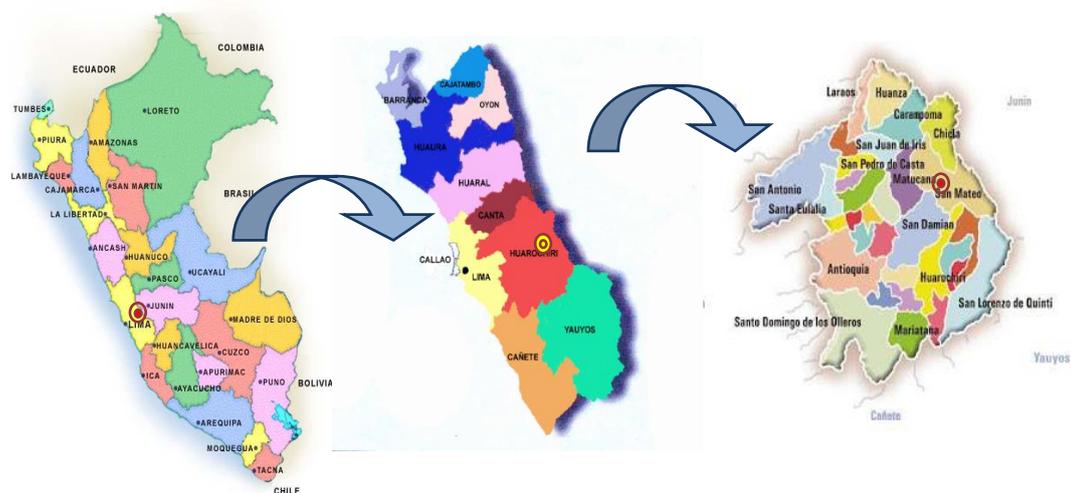


Ilustración 7. Ubicación del área de estudio

3.1.2. Vía de Acceso

El área de estudio es accesible partiendo desde el Distrito de Villa El Salvador, en ciudad de Lima a través de la Carretera Central, tabla 10, siguiendo las localidades de: Chosica - Matucana - San Mateo, el tiempo de viaje en estas vías es de 3 horas 16 minutos aproximadamente (Ver ilustración 8).

Tabla 10.

Vía de acceso al área de estudio.

Tramo	Tipo de Vía	Tiempo (horas)	Distancia (km)
Villa el Salvador - Lima	Asfaltada	0.56	38.9
Lima – Chosica	Asfaltada	0.41	22.9
Chosica – Matucana	Asfaltada	0.54	41.7
Matucana – San Mateo	Asfaltada	0.39	20.5
	Total	3.16	124

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2.2. Etapa de Campo

El reconocimiento de campo se realizará dentro del rango de 100 metros aguas arriba y aguas abajo a la salida del túnel Graton (punto de vertimiento de sus aguas subterráneas en el río Rímac).

3.2.3. Toma de Muestra

El método a emplear para la toma de muestra, es el establecido por el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (aprobado con la R.J N° 010-2016-ANA), de la Autoridad Nacional del Agua - ANA, ítem 05: Monitoreo de la Calidad del Cuerpo receptor de Vertimientos Autorizados. (ANA, 2016)

El protocolo utilizado permite el aseguramiento y control de la calidad de la labor de muestreo.

Se realizó la toma de cuatro (04) muestras de agua en el tramo de vertimiento de las aguas subterráneas del túnel Graton al río Rímac, el día 03 de febrero del 2019:

- R01 – RIMAC → 30 metros aguas arriba a la salida del túnel Graton (zona de vertimiento).
- R02 – RIMAC → 20 metros aguas arriba a la salida del túnel Graton (zona de vertimiento).
- R03 – RIMAC → Salida del túnel Graton (zona de vertimiento).
- R04 – RIMAC → 630 metros aguas abajo a la salida del túnel Graton (zona de vertimiento).

Las muestras fueron almacenadas en una caja térmica para su transporte y conservación a 4° C y garantizar la adecuada preservación hasta su entrega a los laboratorios, la cual fue hecha el día 04 de febrero del 2019 a primeras horas del día.

La conservación adecuada de las muestras es importante, ya que de ello dependerá evitar la desnaturalización y la pérdida de propiedades químicas que afecten los resultados.

3.2.4. Metodología del Laboratorio

A. Laboratorio

Para el análisis de los parámetros se contrató al laboratorio R – LAB S.A.C, laboratorio certificado ante INACAL donde se analizarán Aceites y Grasa, Cianuro WAD y Arsénico Total, y a el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) de la UNALM para el resto de parámetros del análisis (Ver la Tabla 11). Ambos laboratorios realizarán el análisis de las muestras mediante el uso de Espectrofotómetros de Absorción Atómica.

Para el área de estudio, en el cual se vierten las aguas del túnel Graton, la categoría de comparación seleccionada es el ECA Agua categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales, tabla 11, ya que el Perú no cuenta con normas para calidad de aguas subterráneas; asimismo las muestras de agua no serán tomadas dentro del túnel Graton, si no en un tramo del rio Rímac.

Tabla 11.

Estándares de Calidad Ambiental de Agua-Categoría III - Riego de vegetales y bebida de animales, Analizados en el estudio

Parámetros	Unidades	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Valor límite de la norma
Conductividad eléctrica	(μ S/cm)	2500		5000
Potencial Hidrogeno	pH	6.5-8.5		6.5-8.4
Sulfatos	mg/l	1000		1000
Bicarbonatos	mg/l	518		-
Cloruros	mg/l	500		-
Cianuro Wad	mg/l	0.1		0.1
Aceites y Grasas	mg/l	5		10
Arsénico	mg/l	0.1		0.2
Boro	mg/l	1		5
Cadmio	mg/l	0.01		0.05
Cobre	mg/l	0.2		0.5
Cromo total	mg/l	0.1		1
Hierro	mg/l	5		-
Magnesio	mg/l	-		250
Manganeso	mg/l	0.2		0.2
Plomo	mg/l	0.05		0.05
Zinc	mg/l	2		24

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

3.2.5. Etapa de gabinete final

A. Metodología de análisis de resultados

La metodología de análisis de resultados o el procesamiento de datos incluye lo siguiente:

- Verificación de los datos del laboratorio: Se efectuó para la validación de los resultados del análisis de agua efectuado por el laboratorio, conocido como “balance iónico o balance de cargas”, basado en el principio de que todas las soluciones químicas tienden a la electro-

neutralidad, para ello se utilizó a través de una fórmula matemático estadístico el cual valida los resultados hasta con un 15% de error, considerado como aceptable.

- Determinación del tipo de agua: corresponde a la clasificación química de las aguas. Se determina utilizando los diagramas geoquímicos (STIFF, y PIPER) que permitieron ver el comportamiento químico general, su interrelación con los minerales de la zona, y los procesos de la diagénesis mineral, como el comportamiento de los elementos analizados, en función de las mezclas propias del sistema.
- Comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, según el D.S N° 004-2017-MINAM). Para una mejor apreciación y análisis de los resultados se procedió a la normalización de los datos mediante la razón entre el valor reportado por el laboratorio, sobre el valor máximo permitido por la categoría.
- Aplicación de la metodología para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA), como indicador puntual en la evaluación de la calidad del agua de los puntos muestreados.

3.3. Recursos empleados

El presente estudio empleara recursos específicos en cada etapa de su desarrollo:

3.3.1. Etapa de Gabinete inicial

En esta etapa los recursos a emplear son:

- Informes de los monitoreos
- Planos de zona de estudio
- Tesis
- Libros
- Decretos supremos
- Normativa Nacional e Internacional
- Laptop
- Impresiones y anillados

3.3.2. Etapa de campo

En esta etapa los recursos a emplear son:

- Camioneta (transporte personal)
- Botas de punta de acero
- Botas de goma
- Casco
- Mascarilla
- Guantes
- Arnés
- Camisa manga larga
- Pantalones jean

3.3.3. Etapa de toma de muestra

En esta etapa los recursos a emplear son:

- 04 Frasco de 1 litro para el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) de la UNALM.
- 04 Frascos de 1 litro para el laboratorio R – LAB S.A.C
- Botas de goma
- Casco
- Mascarilla
- Guantes
- Arnés
- Caja térmica
- Gel packs
- Baldes
- Cuerdas
- Camisa manga larga
- Pantalones jean
- Camioneta (transporte personal)

3.3.4. Etapa de laboratorio

En esta etapa los recursos a emplear son:

- 04 Frasco de 1 litro para el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) de la UNALM.
- 04 Frascos de 1 litro para el laboratorio R – LAB S.A.
- Camioneta (transporte personal)

- Caja térmica
- Gel packs

Propiamente cada laboratorio empleara los materiales y equipos necesarios para desarrollar el análisis de las muestras.

3.3.5. Etapa de gabinete final

En esta etapa los recursos a emplear son:

- Resultado de análisis de laboratorio - Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) de la UNALM.
- Resultado de análisis de laboratorio - R – LAB S.A.
- Laptop
- Software – Excel 2013
- Softwares libres (Aguachem, entre otros)
- Impresiones y anillados
- Impresiones y empastados

3.4. Puntos de muestreo

Se evaluaron cuatro (04) puntos de muestreo ubicados entre al distrito de San Mateo y la Planta de Backus. En la tabla 12, se especifica los puntos de monitoreo (Ver ilustración 9).

Tabla 12.
Puntos de Muestreo de Calidad de Agua.

Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas WGS 84 – UTM(*)		Coordenadas WGS 84 – UTM (**)	
		Este	Norte	Este	Norte
R01 – RIMAC	30 m aguas arriba del salida del túnel Graton – Rio Rímac.	359318	8701015	359322	8701019

R02 – RIMAC	20 m aguas arriba del salida del túnel Graton – Rio Rímac.	359323	8701013	359319	8701003
R03 – RIMAC	Salida del túnel Graton – Rio Rímac.	359312	8701000	359306	8700990
R04 – RIMAC	630 m aguas abajo del salida del túnel Graton – Rio Rímac.	358927	8700490	358919	8700490

Fuente: Elaboración propia, 2019

(*) Coordenadas tomadas en campo con el software Handy GPS, margen de error de 08 m.

(**) Coordenadas ajustadas de Handy GPS, mediante Google Earth Pro.

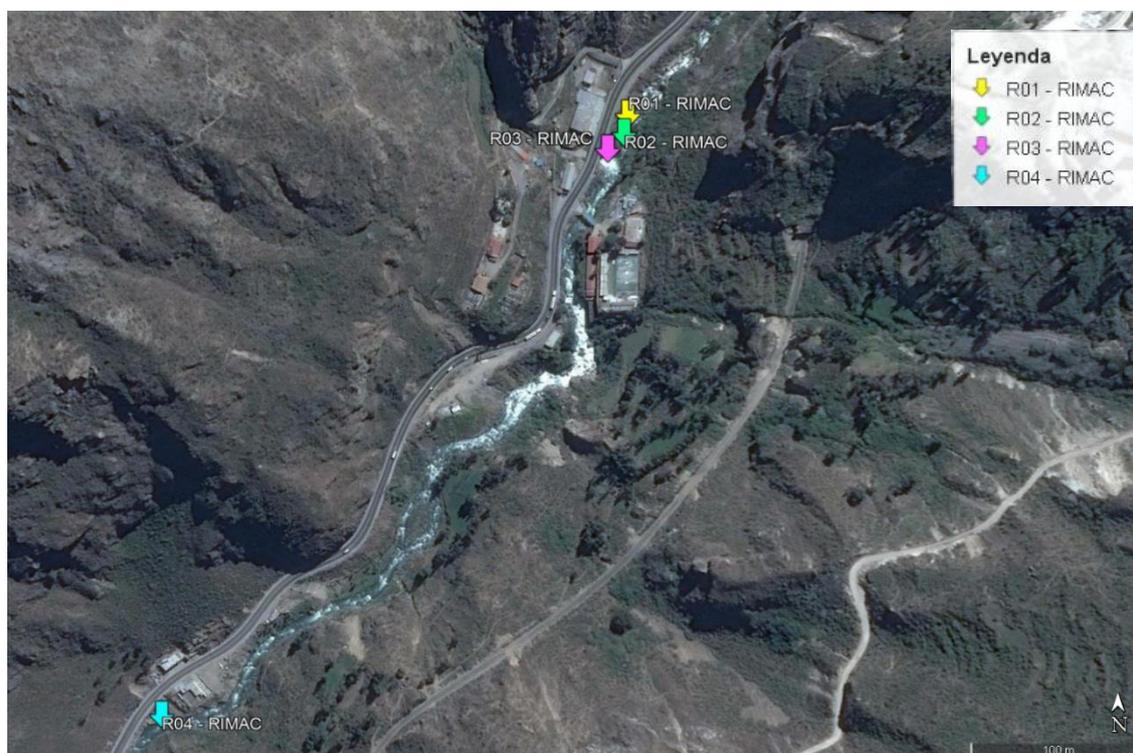


Ilustración 9. Ubicación de los punto de muestreo, viasta Google Earth.

3.5. Procesamiento de resultados

Los resultados del análisis de laboratorio realizado por los laboratorios contratados fueron entregados en las siguientes fechas:

- R – LAB S.A.C: 15 de febrero del 2019
- Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF): 11 de febrero del 2019

3.5.1. Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF)

Los resultados (Ver tabla 13) entregados por el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) se encontraron en dS/m para la conductividad eléctrica, meq/l para los Aniones y Cationes, y en ppm para microelementos (Hierro, Cobre, Zinc y Magnesio) y elementos pesados (Plomo, Cadmio y Cromo).

Tabla 13.
Resultados del Análisis de Agua hecho por LASPAF, referencia H.R. 67000

Parámetro	Unidad	R01 - RIMAC	R02 - RIMAC	R03 - RIMAC	R04 - RIMAC
Potencial Hidrogeno	pH	7.710	7.730	7.460	7.640
C.E	dS/m	0.420	0.410	1.110	0.760
Ca 2+	meq/l	3.080	3.090	8.550	5.860
Mag 2+	meq/l	0.730	0.750	1.570	0.970
K +	meq/l	0.030	0.030	0.110	0.080
Na+	meq/l	0.390	0.280	1.010	0.790
NO3 -	meq/l	0.000	0.000	0.000	0.000
HCO3 -	meq/l	1.960	1.980	3.520	2.820
SO4 2-	meq/l	1.860	1.730	5.210	3.080
Cl	meq/l	0.500	0.400	2.500	1.800
B	ppm	0.060	0.050	0.640	0.440
Fe	ppm	0.051	0.043	0.026	0.049
Cu	ppm	0.010	0.010	0.020	0.010
Zn	ppm	0.017	0.027	0.494	0.326
Mn	ppm	0.122	0.124	0.202	0.184
Pb	ppm	0.026	0.051	0.062	0.061
Cd	ppm	0.010	0.007	0.025	0.022
Cr	ppm	0.008	0.010	0.010	0.009

Fuente: Elaboración propia, 2019

Ante ello se realizaron las conversiones necesarias para su adecuado análisis mediante las formulas:

- Para la conductividad eléctrica (C.E.) se considera la siguiente igualdad, $1 \text{ dS/m} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$.
- Para convertir de meq/l a mg/l se considera la siguiente igualdad, $\text{meq/l} = (\text{mg/l}) / (\text{mg/meq})$, y los valores de la tabla 14.

Tabla 14.
Listado de principales Cationes y Aniones en el agua natural

CATIONES	Valencia	Peso molecular (mg/mmol)	Peso equivalente (mg/meq)
Calcio	+2	40.08	20.04
Magnesio	+2	24.32	12.16
Sodio	+1	22.99	22.99
Potasio	+1	39.10	39.10
ANIONES	Valencia	Peso molecular (mg/mmol)	Peso equivalente (mg/meq)
Carbonatos	-2	60.01	30.01
Bicarbonatos	-1	61.02	61.02
Cloruros	-1	35.46	35.46
Nitratos	-1	14.01	14.01
Sulfatos	-2	96.06	48.03

Fuente: wyagric.state.wy.us/aslab/wmterms.htm

- Por último, según Sawyer, McCarty, & Parkin (2000) se considera la igualdad, $\text{ppm} = \text{mg/l}$ en problemas relacionados con todo líquido con peso específico de 1.00 (agua natural).

Los resultados de las conversiones realizadas para cada punto de muestreo se presentan en la tabla 15.

Tabla 15.
Resultados del Análisis de Agua hecho por LASPAF en unidades comparativas para el ECA AGUA - Categoría 3, referencia H.R. 67000

Parámetro	Unidad	R01 - RIMAC	R02 - RIMAC	R03 - RIMAC	R04 - RIMAC
C.E	$\mu\text{S/cm}$	420.000	410.000	1110.000	760.000
Ca 2+	mg/l	61.723	61.924	171.342	117.434
Mag 2+	mg/l	8.877	9.120	19.091	11.795
K +	mg/l	1.173	1.173	4.301	3.128
Na+	mg/l	8.966	6.437	23.220	18.162
NO ₃ -	mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000
HCO ₃ -	mg/l	119.599	120.820	214.790	172.076
SO ₄ 2-	mg/l	89.336	83.092	250.236	147.932

Cl	mg/l	17.730	14.184	88.650	63.828
B	mg/l	0.060	0.050	0.640	0.440
Fe	mg/l	0.051	0.043	0.026	0.049
Cu	mg/l	0.010	0.010	0.020	0.010
Zn	mg/l	0.017	0.027	0.494	0.326
Mn	mg/l	0.122	0.124	0.202	0.184
Pb	mg/l	0.026	0.051	0.062	0.061
Cd	mg/l	0.010	0.007	0.025	0.022
Cr	mg/l	0.008	0.010	0.010	0.009

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5.2. R – LAB S.A.C

El laboratorio R-LAB S.A.C. presento sus resultados mg/l, como se requiere para el análisis, tabla 16.

Tabla 16.

Resultados del Análisis de Agua hecho por R-LAB S.A.C. - Informe de Ensayo N° 1902009A

Parámetro	Unidad	R01 - RIMAC	R02 - RIMAC	R03 - RIMAC	R04 - RIMAC
Aceites y Grasas	mg/l	< 1.6	< 1.6	< 1.6	< 1.6
Cianuro WAD	mg/l	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
Arsénico total	mg/l	0.0325	0.0311	0.1020	0.0732

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.6. Validación de resultados

Una vez obtenidos los resultados del análisis químico de los laboratorios, se debe de realizar el control de calidad de las muestras analizadas, para asegurar que las muestras fueron tomadas correctamente, y sobre todo, que el laboratorio realice un análisis adecuado. Uno de los métodos más usados es el error del balance iónico y también mediante la verificación de relación entre algunos iones y parámetros.

3.6.1. Balance Iónico (BI)

Mide la diferencia entre el total de aniones y cationes expresados en mili equivalentes por litro (meq/l). El error de balance iónico, debe hacerse

dentro de la evaluación del análisis químico para establecer la confiabilidad de los resultados del laboratorio. Según la educación:

$$Error (\%) = \frac{(\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones})}{(\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones})} * 100$$

Los rangos de error para aceptar o no el análisis de una muestra de agua, dependerá según la literatura, del valor de conductividad eléctrica. (Custodio & Llamas, 1996)

La Tabla 17 presenta los valores de error aceptables.

Tabla 17.
Error aceptable en balance iónico según la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica (μS/cm)	50	200	500	2000	> 2000
Error aceptable	± 30	± 10	± 8	± 4	± 4

Fuente: (Custodio & Llamas, 1996)

Estos valores suelen ser conservadores, y por lo tanto, se acepta un valor máximo en error del balance iónico de 10%.

A continuación, en las siguientes tablas se presenta el cálculo del balance iónico para cada punto de muestreo.

Tabla 18.
Balance iónico en el punto de muestreo R01-RIMAC

Aniones	meq/l	%	Cationes	meq/l	%
Cl	0.500	12%	Na+	0.390	9%
SO4 2-	1.860	43%	Ca 2+	3.080	73%
HCO3 -	1.960	45%	Mag 2+	0.730	17%
NO3 -	0.000	0%	k +	0.030	1%
Sumatoria	4.320	100%	Sumatoria	4.230	100%
Error de BI = -1.053					

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 19.
Balance iónico en el punto de muestreo R02-RIMAC

Aniones	meq/l	%	Cationes	meq/l	%
---------	-------	---	----------	-------	---

Cl	0.400	10%	Na+	0.280	7%
SO4 2-	1.730	42%	Ca 2+	3.090	74%
HCO3 -	1.980	48%	Mag 2+	0.750	18%
NO3 -	0.000	0%	k +	0.030	1%
Sumatoria	4.110	100%	Sumatoria	4.150	100%
Error de BI = 0.484					

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 20.
Balance iónico en el punto de muestreo R03-RIMAC

Aniones	meq/l	%	Cationes	meq/l	%
Cl	2.500	22%	Na+	1.010	9%
SO4 2-	5.210	46%	Ca 2+	8.550	76%
HCO3 -	3.520	31%	Mag 2+	1.570	14%
NO3 -	0.000	0%	k +	0.110	1%
Sumatoria	11.230	100%	Sumatoria	11.240	100%
Error de BI = 0.045					

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 21.
Balance iónico en el punto de muestreo R04-RIMAC

Aniones	meq/l	%	Cationes	meq/l	%
Cl	1.800	23%	Na+	0.790	10%
SO4 2-	3.080	40%	Ca 2+	5.860	76%
HCO3 -	2.820	37%	Mag 2+	0.970	13%
NO3 -	0.000	0%	k +	0.080	1%
Sumatoria	7.700	100%	Sumatoria	7.700	100%
Error de BI = 5.767×10^{-15}					

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los cuatro puntos de muestreo presentan un error de BI dentro de los rangos mencionados en la tabla 17. Lo que indica la validez y fiabilidad de la toma de las muestras y el análisis echa por los laboratorios.

3.7. Análisis Químico de resultados

Los parámetros para el control de la calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton, son establecidos en base al Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, de la

ANA, en su ítem 05: Monitoreo de la Calidad del Cuerpo receptor de Vertimientos Autorizados. (ANA, 2016)

Tabla 22.

Parámetros para el control de la calidad del agua natural de un cuerpo receptor en función a la actividad generadora.

Actividad generadora	Categoría 03
Minería y Metalúrgica	pH, AyG, Cianuro WAD, As, Cd, Cr y Cu.

Fuente: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA.

Los resultados reportados por los laboratorios, requeridos para el control de calidad del agua, tabla 22, se presentan en la tabla 23 (ECA-Agua Categoría. III – D1) y la tabla 24 (ECA-Agua Categoría. III – D2).

Tabla 23.

Parámetros para el control de calidad de agua (ECA-Agua Categoría. III – D1), Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales - ANA.

Parámetros	Unidades	R01-RIMAC	R02-RIMAC	R03-RIMAC	R04-RIMAC	D1: Riego de vegetales	
						Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
Potencial Hidrogeno	pH	7.710	7.730	7.460	7.640	6.5-8.5	
Aceites y Grasas	mg/l	< 1.6	< 1.6	< 1.6	< 1.6	5	
Cianuro Wad	mg/l	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	0.1	
Arsénico	mg/l	0.0325	0.0311	0.1020	0.0732	0.1	
Cadmio	mg/l	0.010	0.007	0.025	0.022	0.01	
Cromo total	mg/l	0.008	0.010	0.010	0.009	0.1	
Cobre	mg/l	0.010	0.010	0.020	0.010	0.2	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Valores que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua Categoría. III – D1.
--

Tabla 24.

Parámetros para el control de calidad de agua (ECA-Agua Categoría. III – D2), Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales - ANA.

Parámetros	Unidades	R01-RIMAC	R02-RIMAC	R03-RIMAC	R04-RIMAC	D2: Bebida de animales
						Valor límite de la norma
Potencial Hidrogeno	pH	7.710	7.730	7.460	7.640	6.5-8.4
Aceites y Grasas	mg/l	< 1.6	< 1.6	< 1.6	< 1.6	10
Cianuro Wad	mg/l	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008	0.1
Arsénico	mg/l	0.0325	0.0311	0.1020	0.0732	0.2
Cadmio	mg/l	0.010	0.007	0.025	0.022	0.05
Cromo total	mg/l	0.008	0.010	0.010	0.009	1
Cobre	mg/l	0.010	0.010	0.020	0.010	0.5

Fuente: Elaboración propia, 2019

Valores que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua Categoría. III – D2.
--

El resto de parámetros (Ver tabla 25 y tabla 26) obtenidos por el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (LASPAF) son comparados con el ECA Agua categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales, para fortalecer el análisis del control de calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del túnel Graton.

Tabla 25.

Parámetros para fortalecer el análisis del control de calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del Túnel Graton - ECA-Agua Categoría. III – D1

Parámetros	Unidades	R01-RIMAC	R02-RIMAC	R03-RIMAC	R04-RIMAC	D1: Riego de vegetales	
						Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido
Conductividad eléctrica	μS/cm	420	410	1110	760	2500	
Sulfatos	mg/l	89.336	83.092	250.236	147.932	1000	
Bicarbonatos	mg/l	119.559	120.820	214.790	172.076	518	
Cloruros	mg/l	17.730	14.184	88.650	63.828	500	
Boro	mg/l	0.060	0.050	0.640	0.440	1	
Hierro	mg/l	0.051	0.043	0.026	0.049	5	
Magnesio	mg/l	8.877	9.120	19.091	11.795	-	
Manganeso	mg/l	0.122	0.124	0.202	0.184	0.2	
Plomo	mg/l	0.026	0.051	0.062	0.061	0.05	
Zinc	mg/l	0.017	0.027	0.494	0.326	2	

Valores que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua Categoría. III – D1.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 26.

Parámetros para fortalecer el análisis del control de calidad del agua del río Rímac a la altura del vertido de aguas del Túnel Gratón - ECA-Agua Categoría. III – D2

Parámetros	Unidades	R01-RIMAC	R02-RIMAC	R03-RIMAC	R04-RIMAC	D2: Bebida de animales
						Valor límite de la norma
Conductividad eléctrica	μS/cm	420	410	1110	760	5000
Sulfatos	mg/l	89.336	83.092	250.236	147.932	1000
Bicarbonatos	mg/l	119.559	120.820	214.790	172.076	-
Cloruros	mg/l	17.730	14.184	88.650	63.828	-
Boro	mg/l	0.060	0.050	0.640	0.440	5
Hierro	mg/l	0.051	0.043	0.026	0.049	-
Magnesio	mg/l	8.877	9.120	19.091	11.795	250
Manganeso	mg/l	0.122	0.124	0.202	0.184	0.2

Plomo	mg/l	0.026	0.051	0.062	0.061	0.05
Zinc	mg/l	0.017	0.027	0.494	0.326	24

Valores que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua Categoría. III – D2.

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.8. Resultados del análisis hidroquímico

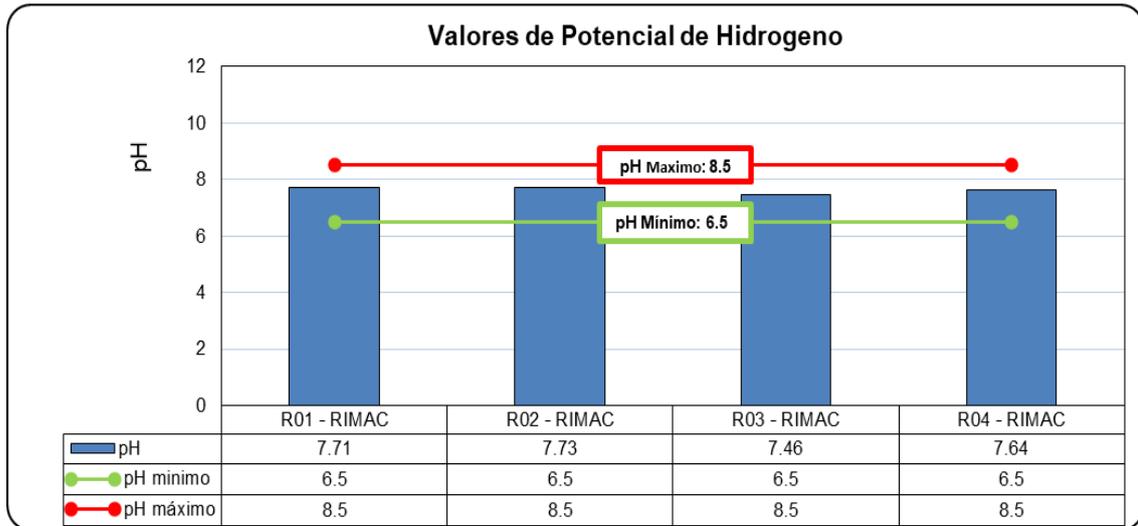
3.8.1. Parámetros para el control de la calidad del agua

A. *Potencial Hidrogeno*

Los valores obtenidos en los puntos de muestreo R01-RIMAC y R02-RIMAC muestran una ligera tendencia hacia la alcalinidad. Mientras que en el punto de muestreo R03-RIMAC el agua presenta un valor menor a los dos puntos anteriormente mencionados, destacando sus orígenes ajenos a las aguas del río Rimac.

En el punto de muestreo R04-RIMAC, ya se puede observar la homogenización de ambas aguas, presentando un valor diferencial entre R02-RIMAC y R03-RIMAC. La homogenización se hace evidente en las fotografías expuestas en el panel fotográfico (Fotos 5, 6 y 17).

El presente parámetro de control, mediante el análisis realizado en la Grafica 5, demuestra que el vertido de aguas del túnel Graton no impacta negativamente a las aguas del túnel Graton.



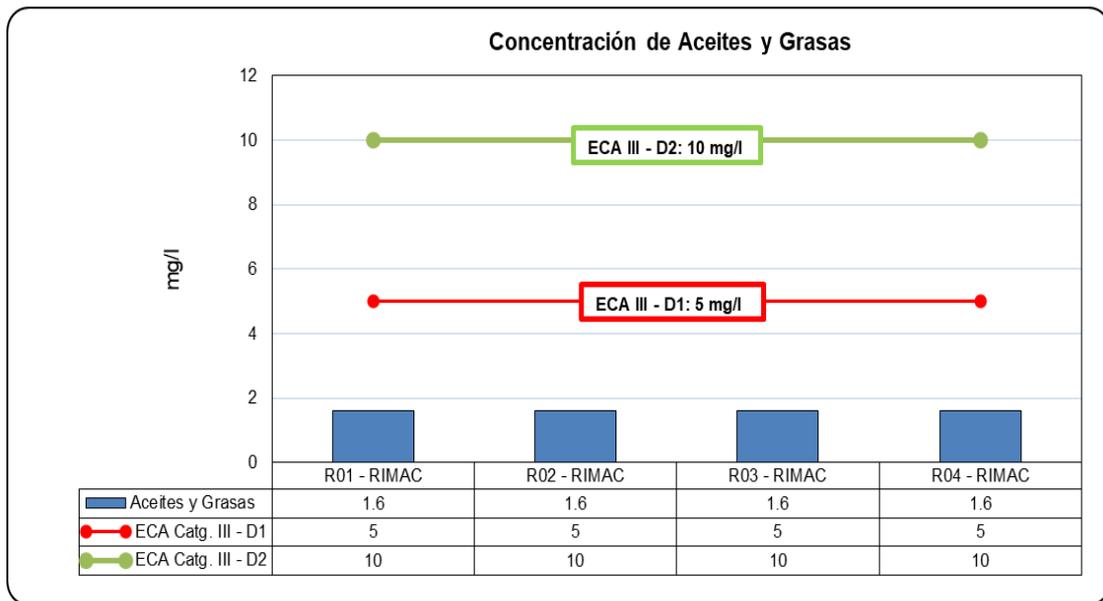
Gráfica 5. Potencial de Hidrogeno en los puntos muestreados.

Fuente: Elaboración propia, 2019

B. Aceites y Grasas

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 6. Muestran una constante aguas arriba antes del vertido de aguas del túnel Graton y aguas abajo posteriores al vertido de aguas del túnel Graton.

Por cual el vertido de las aguas del túnel Graton a las aguas del rio Rímac, no presentan un impacto negativo para este.



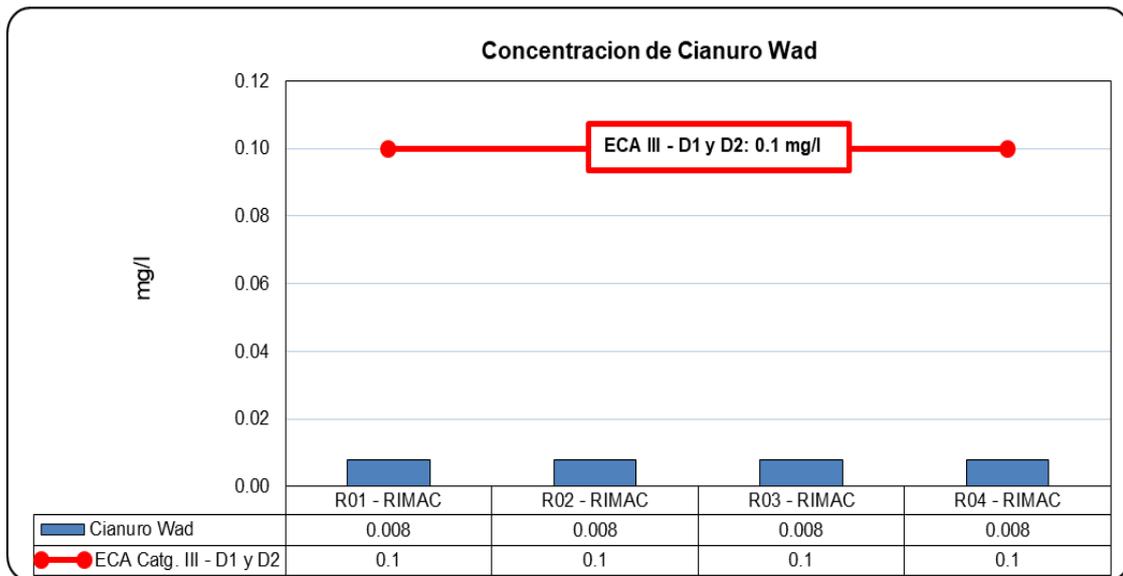
Gráfica 6. Concentraciones de Aceites y Grasas en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

C. Cianuro Wad

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 7. Muestran una constante aguas arriba antes del vertido de aguas del túnel Graton y aguas abajo posteriores al vertido de aguas del túnel Graton.

Por cual el vertido de las aguas del túnel Graton a las aguas del rio Rímac, no presentan un impacto negativo para este.



Gráfica 7. Concentraciones de Cianuro Wad en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

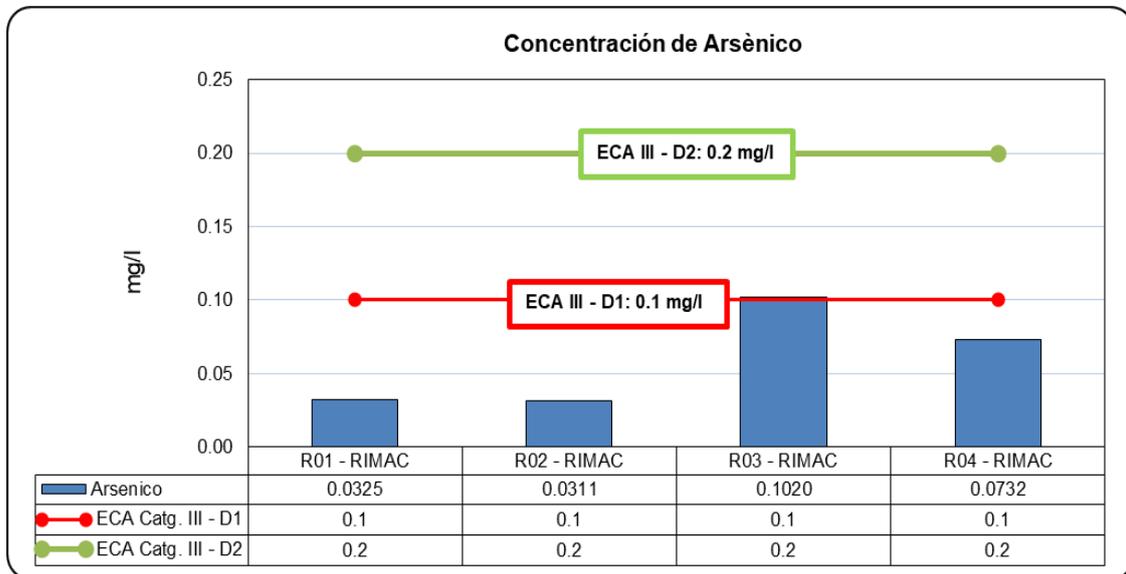
D. Arsénico

Los valores obtenidos del presente parámetro de control muestran una elevación en el punto de muestreo R03-RIMAC, donde se vierte directamente las aguas del túnel Graton. Viéndose una homogenización aguas abajo, lo cual se puede visualizar en el punto de muestreo R04-RIMAC, donde el valor obtenido es resultado de una diferencia entre los parámetros de R02-RIMAC y R03-RIMAC.

Siendo el punto de muestreo R03-RIMAC el que sobrepasa al ECA III sub categoría D1, por 0.002 mg/l de arsénico, esta puede ser tomada como consecuencia de la temporada venida y reducida por métodos convencionales.

En el punto de muestreo R04-RIMAC se observa un incremento del 50% (aprox.) en comparación al punto de muestreo R02-RIMAC. A pesar de

este incremento, el valor obtenido no sobrepasa al ECAII para ambas sub categorías, por lo cual el vertido de aguas del túnel Gratton no genera un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



Gráfica 8. Concentraciones de Arsénico en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

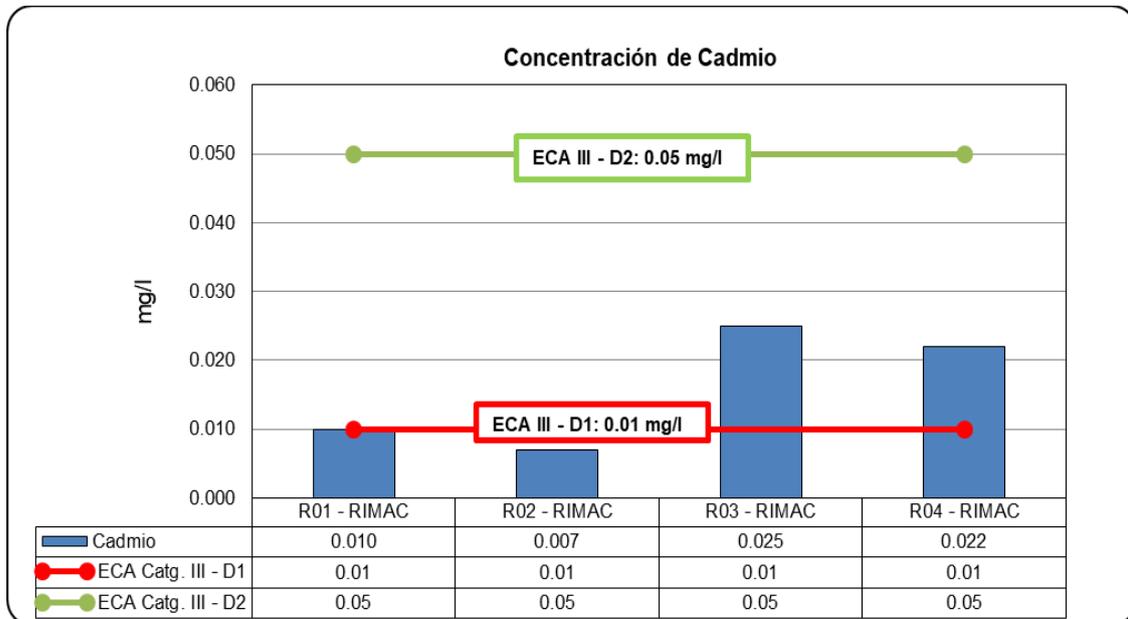
E. Cadmio

Los valores obtenidos del presente parámetro de control muestran en la Gráfica 9 una elevación en los puntos de muestreo R03-RIMAC y R04-RIMAC, los cuales son más del doble de los valores obtenidos en los parámetros R01-RIMAC y R02-RIMAC (aguas arriba antes del vertido de aguas del túnel Gratton).

Estos valores de los puntos de muestreo R03-RIMAC y R04-RIMAC solo sobrepasan la sub categoría D1 (Riego de Vegetales).

Por lo cual el vertido de las aguas del túnel Gratton genera un impacto negativo en la calidad de las aguas del rio Rímac para su uso en riego de

vegetales, siendo necesario un tratamiento previo a riego de estas aguas, en el cual estos valores sean reducidos por el riesgo de su bio acumulación en algunas especies vegetales de uso tanto para pastoreo como para consumo humano.



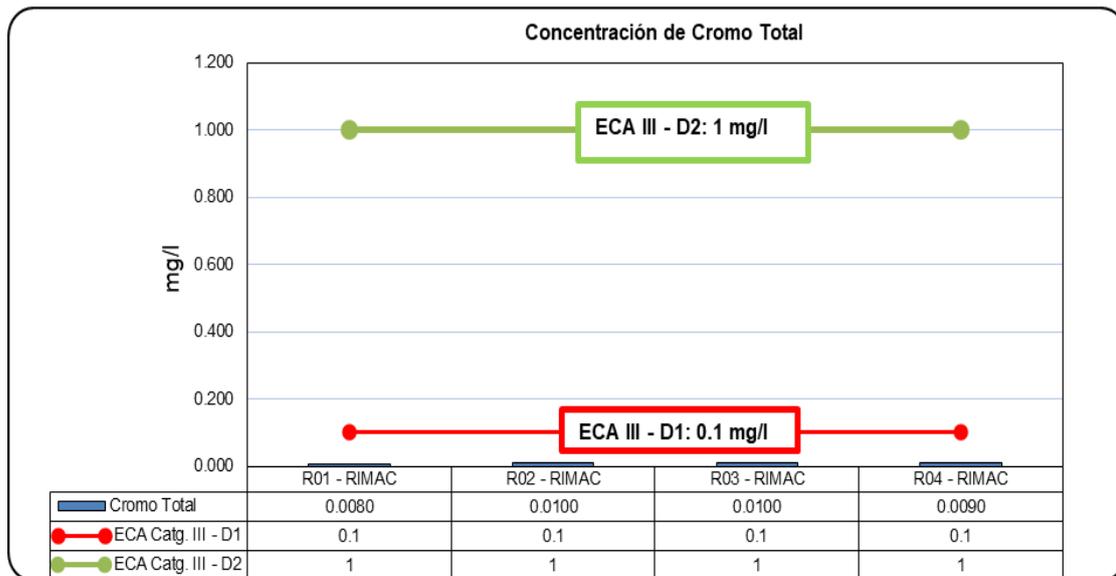
Gráfica 9. Concentraciones de Cadmio en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

F. Cromo total

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 10. Muestran una constante en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratton no presenta un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



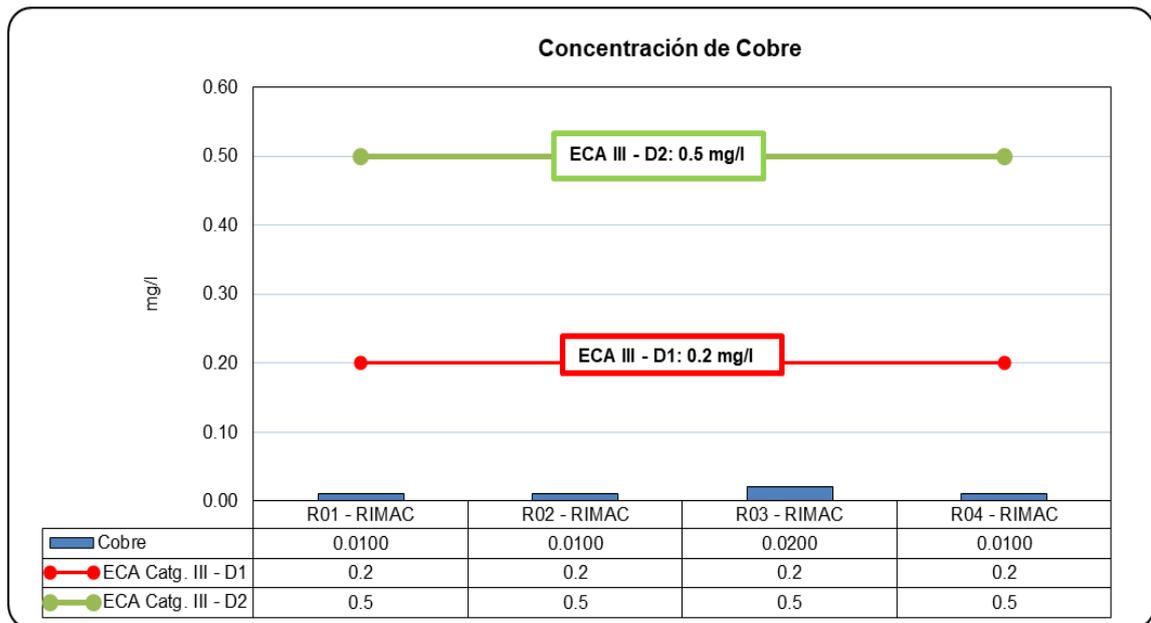
Gráfica 10. Concentraciones de Cromo Total en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

G. Cobre

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 11. Muestran una elevación en el punto de muestreo R03-RIMAC. El cual, a pesar de ser mayor a los otros puntos de muestreo, no sobrepasa al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratton no presenta un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



Gráfica 11. Concentraciones de Cobre en los puntos de muestreo.

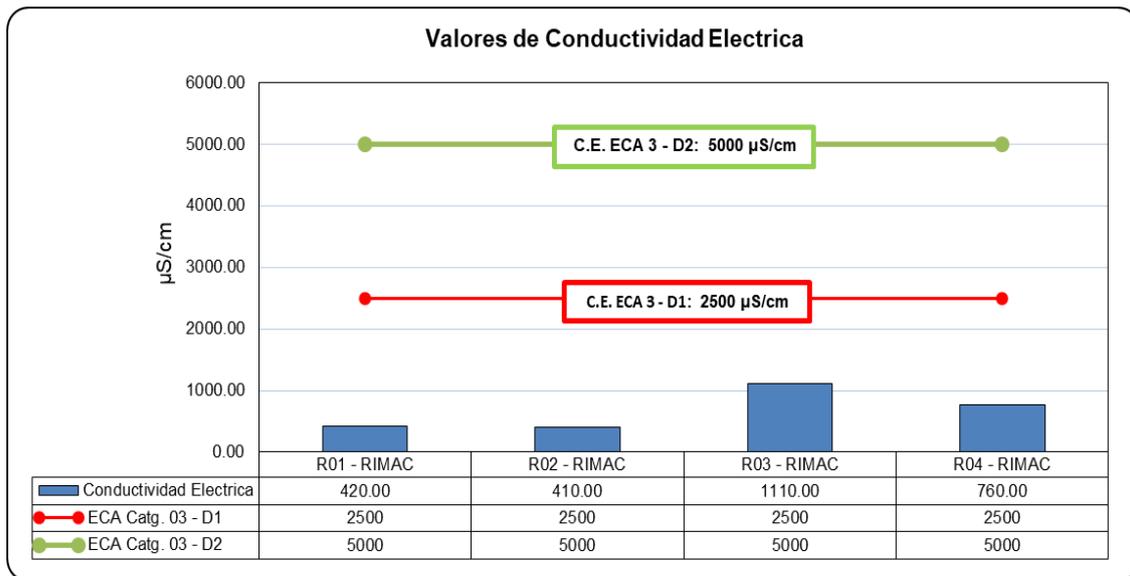
Fuente: Elaboración propia, 2019

3.8.2. Parámetros para fortalecer el análisis del control de calidad del agua

A. Conductividad eléctrica

Los valores obtenidos del presente parámetro, mediante el análisis de la Gráfica 12. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratón no presenta un impacto negativo a las aguas del río Rímac.



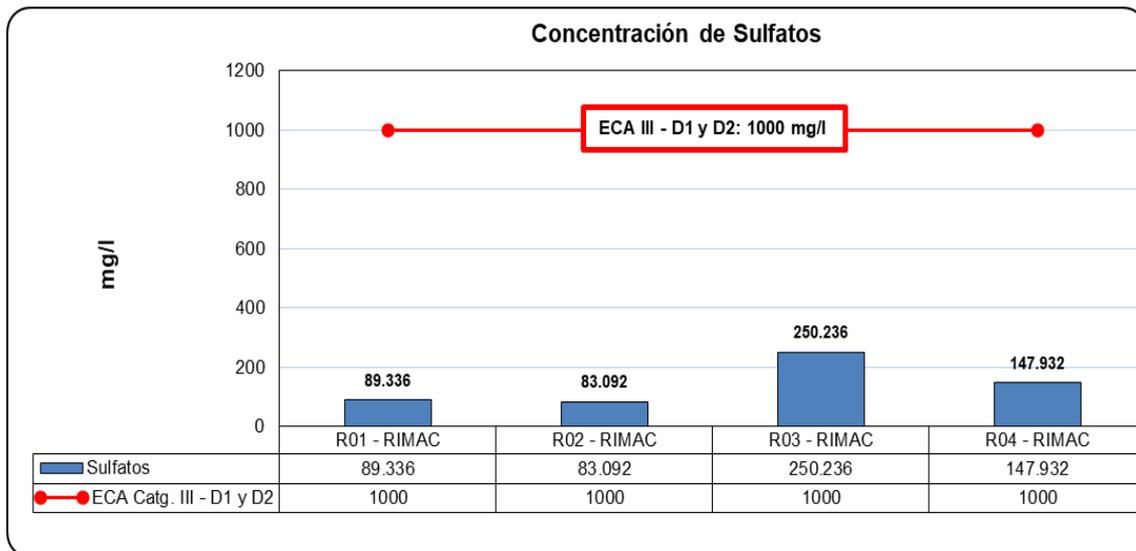
Gráfica 12. Conductividad Eléctrica en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

B. Sulfatos

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 13. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Graton no presenta un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



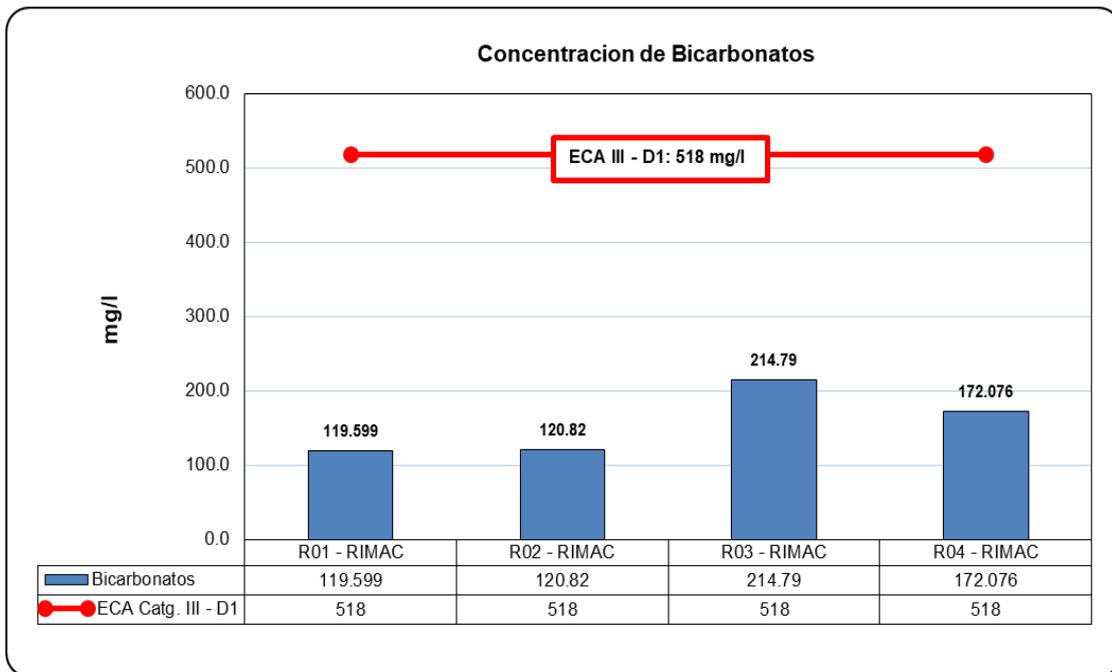
Gráfica 13. Concentraciones de Sulfatos en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

C. Bicarbonatos

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Gráfica 14. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratón no presenta un impacto negativo a las aguas del río Rímac.



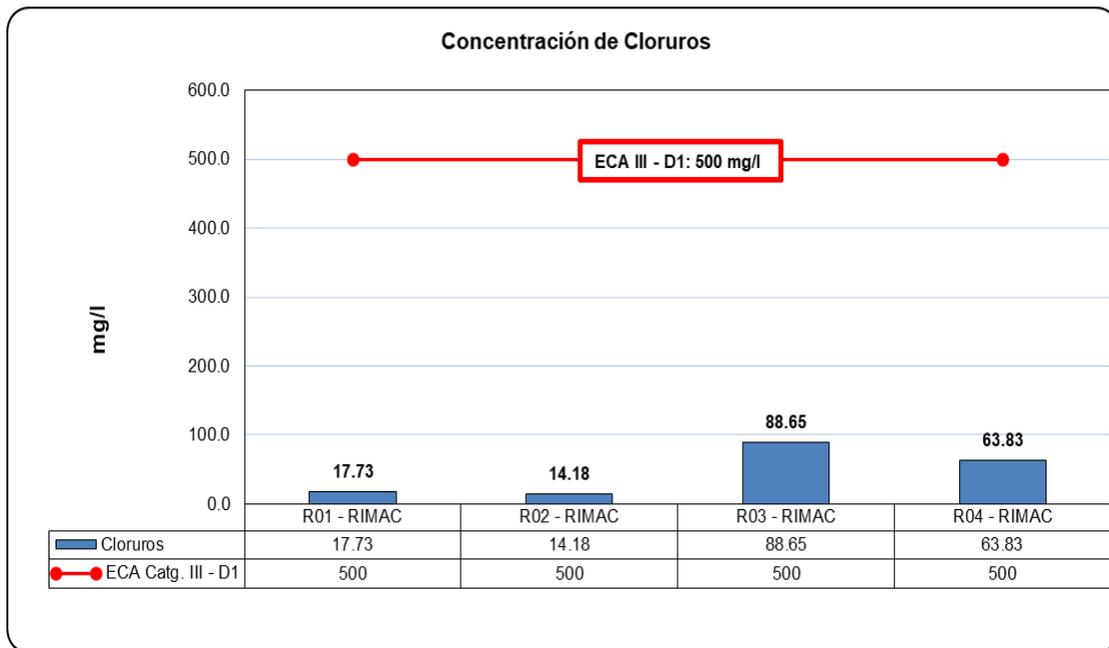
Gráfica 14. Concentraciones de Bicarbonatos en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

D. Cloruros

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 15. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratton no presenta un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



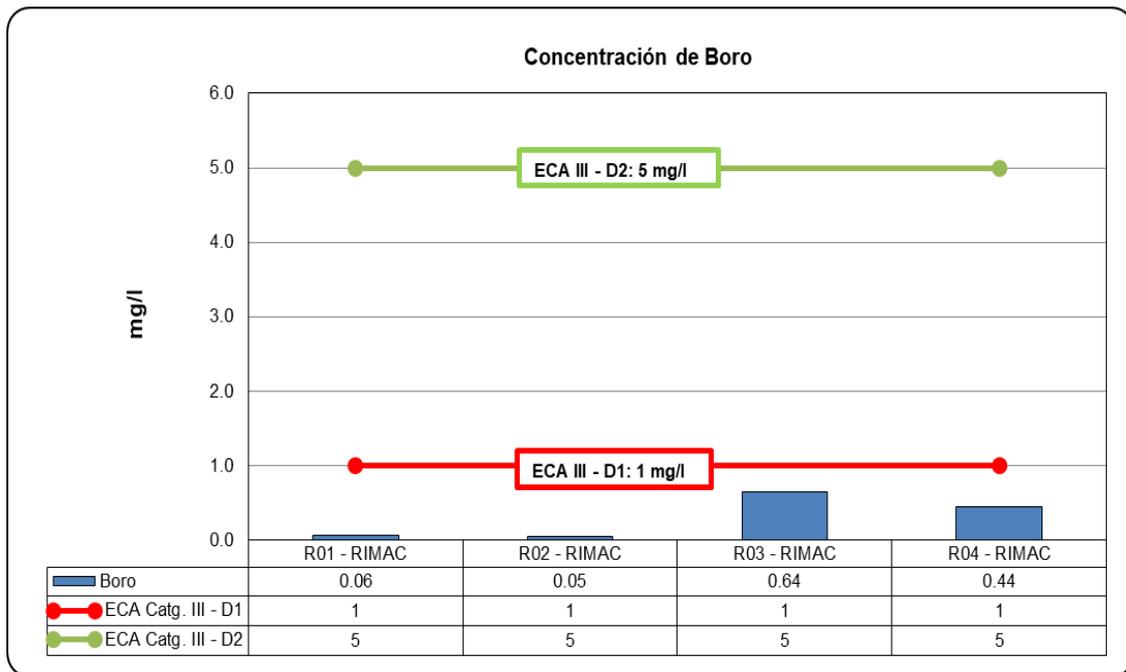
Gráfica 15. Concentraciones de Cloruros en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

E. Boro

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Gráfica 16. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratón no presenta un impacto negativo a las aguas del río Rímac.



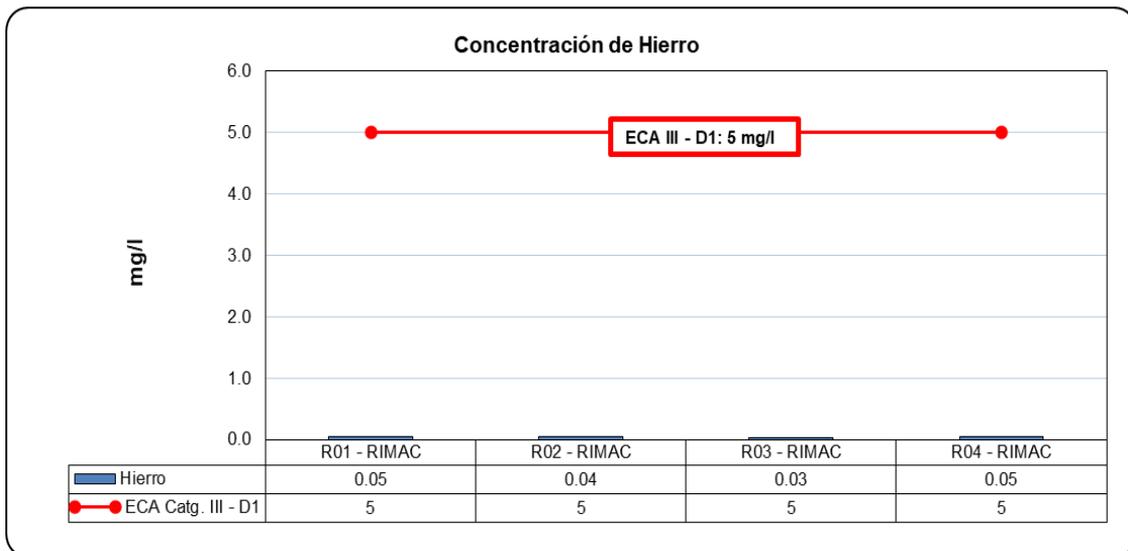
Gráfica 16. Concentraciones de Boro en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

F. Hierro

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Gráfica 17. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratón no presenta un impacto negativo a las aguas del río Rímac.



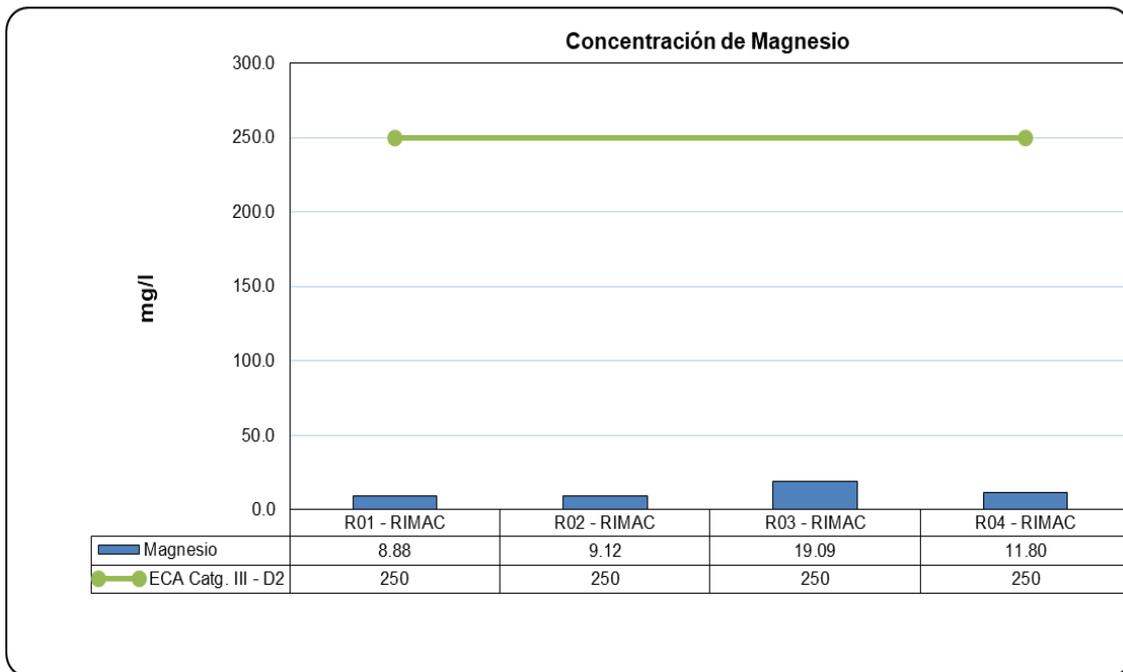
Gráfica 17. Concentraciones de Hierro en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

G. Magnesio

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Gráfica 18. Muestran una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Gratón no presenta un impacto negativo a las aguas del río Rímac.



Gráfica 18. Concentraciones de Magnesio en los puntos de muestreo.

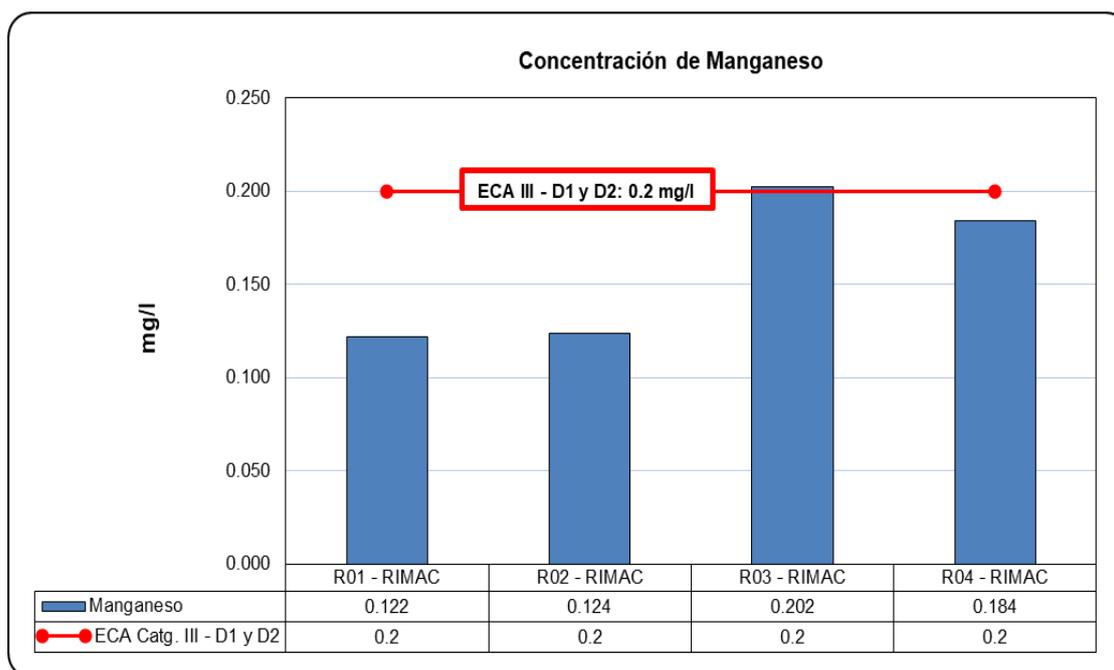
Fuente: Elaboración propia, 2019

H. Manganeso

Los valores obtenidos del presente parámetro muestran una elevación en el punto de muestreo R03-RIMAC, donde se vierte directamente las aguas del túnel Graton. Viéndose una homogenización aguas abajo, lo cual se puede visualizar en el punto de muestreo R04-RIMAC, donde el valor obtenido es resultado de una diferencia entre los parámetros de R02-RIMAC y R03-RIMAC.

Siendo el punto de muestreo R03-RIMAC el que sobrepasa al ECA III sub categoría D1 y D2, por 0.002 mg/l de manganeso, esta puede ser tomada como consecuencia de la temporada venida y reducida por métodos convencionales.

En el punto de muestreo R04-RIMAC se observa un incremento del 25% (aprox.) en comparación al punto de muestreo R02-RIMAC. A pesar de este incremento, el valor obtenido no sobrepasa al ECAII para ambas sub categorías, por lo cual el vertido de aguas del túnel Graton no genera un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



Gráfica 19. Concentraciones de Manganeso en los puntos de muestreo.

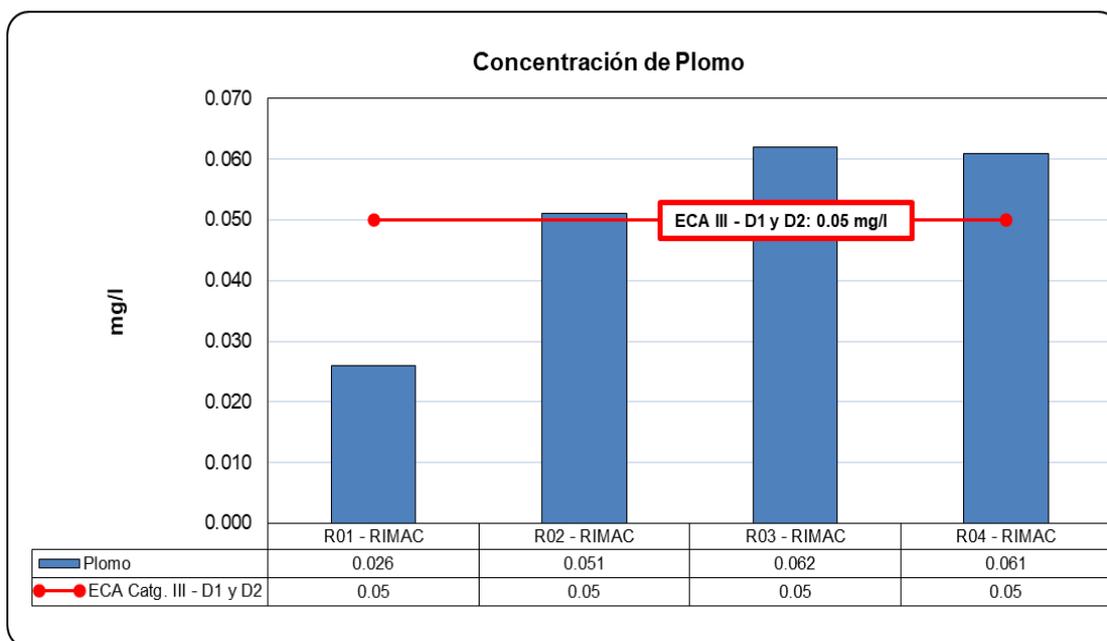
Fuente: Elaboración propia, 2019

I. Plomo

Los valores obtenidos del presente parámetro muestran en la Grafica 15 una elevación en los puntos de muestreo R02-RIMAC, R03-RIMAC y R04-RIMAC, los cuales son más del doble de los valores obtenidos en el parámetro de R01-RIMAC (aguas arriba antes del vertido de aguas del túnel Graton).

Estos valores de los puntos de muestreo R02-RIMAC, R03-RIMAC y R04-RIMAC solo sobrepasan la sub categoría D1 y D2 (Riego de Vegetales y Bebidas de Animales).

Por lo cual el vertido de las aguas del túnel Graton genera un impacto negativo en la calidad de las aguas del rio Rímac para su uso en riego de vegetales, siendo necesario un tratamiento previo a riego de estas aguas, en el cual estos valores sean reducidos por el riesgo de su bio acumulación en algunas especies vegetales de uso tanto para pastoreo como para consumo humano.



Gráfica 20. Concentraciones de Plomo en los puntos de muestreo.

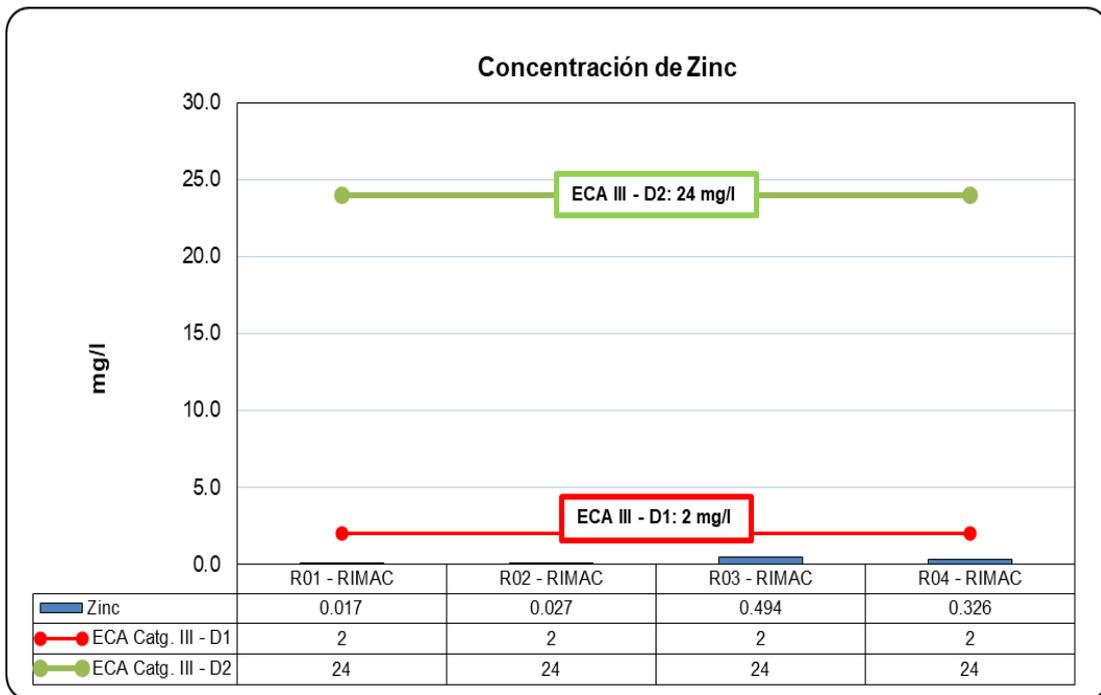
Fuente: Elaboración propia, 2019

J. Zinc

Los valores obtenidos del presente parámetro de control, mediante el análisis de la Grafica 16. Muestran una elevación en los puntos de muestreo

R02-RIMAC y R03-RIMAC. Los cuales, a pesar de ser mayores a los otros puntos de muestreo, no sobrepasan al ECA III para ambas sub categorías.

Por lo cual, el vertido de aguas del túnel Graton no presenta un impacto negativo a las aguas del rio Rímac.



Gráfica 21. Concentraciones de Zinc en los puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9. Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) - Puntual

Con los datos obtenidos de los 17 parámetros evaluados el ítem 3.8 se aplicará la metodología para determinar el ICA en cada punto de muestreo, siendo considerado los resultados obtenidos como indicadores puntuales de la calidad del agua. En la tabla 27 se presentan los valores obtenidos en los cuatro (04) puntos de muestreo y define los datos requeridos para determinar los valores de F1 y F2.

Tabla 27.

Datos correspondientes los cuatro (4) puntos muestreados.

Puntos de Monitoreo					R01 - RIMAC	R02 - RIMAC	R03 - RIMAC	R04 - RIMAC
Parámetros a Evaluar			ECA Categorí a 3 D1	ECA Categorí a 3 D2	1ºM	1ºM	1ºM	1ºM
Parámetros Fisicoquímicos	Potencial de Hidrogeno	-	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4	7.710	7.730	7.460	7.640
	Conductividad Eléctrica	µS/cm	2500	5000	420.000	410.000	1110.000	760.000
	Aceites y Grasas	mg/l	5	10	< 1.6	< 1.6	< 1.6	< 1.6
	Cianuro Wad	mg/l	0.1	0.1	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
	Sulfatos	mg/l	1000	1000	89.336	83.092	250.236	147.932
	Bicarbonatos	mg/l	518	-	119.599	120.820	214.790	172.076
	Cloruros	mg/l	500	-	17.730	14.184	88.650	63.828
Parámetros Inorgánicos	Arsénico	mg/l	0.1	0.2	0.033	0.031	0.102	0.073
	Cadmio	mg/l	0.01	0.05	0.010	0.007	0.025	0.022
	Cromo Total	mg/l	0.1	1	0.008	0.010	0.010	0.009
	Cobre	mg/l	0.2	0.5	0.010	0.010	0.020	0.010
	Boro	mg/l	1	5	0.060	0.050	0.640	0.440
	Hierro	mg/l	5	-	0.051	0.043	0.026	0.049
	Magnesio	mg/l	-	250	8.877	9.120	19.091	11.795
	Manganeso	mg/l	0.2	0.2	0.122	0.124	0.202	0.184
	Plomo	mg/l	0.05	0.05	0.026	0.051	0.062	0.061
Zinc	mg/l	2	24	0.017	0.027	0.494	0.326	
Datos Categoría 3 D1	Numero de parámetros que NO cumplen				0	1	4	2
	Número Total de parámetros a Evaluar				17	17	17	17
	Numero de datos que NO cumplen el ECA				0	1	4	2
	Número Total de Datos				17	17	17	17
Datos Categoría 3 D2	Numero de parámetros que NO cumplen				0	1	2	1
	Número Total de parámetros a Evaluar				17	17	17	17
	Numero de datos que NO cumplen el ECA				0	0	0	0
	Número Total de Datos				17	17	17	17

Fuente: Elaboración propia, 2019

Ya definidos los datos necesarios para el cálculo de F1 y F2, se procede a definir los valores excedentes de los parámetros respecto al valor

Tabla 28.

Calculo de los Factores del ICA y clasificación del ICA para cada punto de muestreo

Calculo de los Factores del ICA - PE	Datos Categoría 3 D1	F1	0	0.059	0.235	0.118	
		F2	0	0.059	0.235	0.118	
	Datos Categoría 3 D2	F1	0	0.059	0.118	0.059	
		F2	0	0.059	0.118	0.059	
	Potencial de Hidrogeno	-	Valores Excedentes de los Parámetros respecto al Valor establecido en el ECA -AGUA				
	Conductividad Eléctrica	µS/cm					
	Aceites y Grasas	mg/l					
	Cianuro Wad	mg/l					
	Sulfatos	mg/l					
	Bicarbonatos	mg/l					
	Cloruros	mg/l					
	Arsénico	mg/l				0.020	
	Cadmio	mg/l				1.500	1.200
	Cromo Total	mg/l					
	Cobre	mg/l					
	Boro	mg/l					
	Hierro	mg/l					
	Magnesio	mg/l					
	Manganeso	mg/l				0.010	
	Plomo	mg/l			0.020	0.240	0.220
Zinc	mg/l						
Datos Categoría 3 D1	Suma Normalizada de Excedentes		0	0.001	0.104	0.084	
Datos Categoría 3 D2	Suma Normalizada de Excedentes		0	0.001	0.015	0.013	
Datos Categoría 3 D1	F3		0	0.118	9.430	7.709	
Datos Categoría 3 D2	F3		0	0.118	1.449	1.278	
Datos Categoría 3 D1	Índice de Calidad del Agua ICA-PE		100	99.952	96.855	97.430	
			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	
Datos Categoría 3 D2	Índice de Calidad del Agua ICA-PE		100	99.952	99.514	99.573	
			Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	

3.10. Clasificación del agua muestreada

3.10.1. Diagrama de Piper y Stiff

Para clasificar los tipos de agua correspondiente a los puntos de muestreo realizados para el presente proyecto, se utiliza la composición química de éstas. Los diagramas de Piper (1944) y de Stiff (1951) son las herramientas a utilizar, basado en las concentraciones de los elementos mayores, tanto cationes (Ca, Mg, Na, y K), como aniones (Cl, HCO₃, SO₄). El diagrama de Piper utiliza dichas concentraciones medidas exclusivamente en miliequivalente (meq), mientras que el de Stiff se puede utilizar en unidades como meq, % (mg/l), o %(meq/l). Los diagramas se presentan el Anexo 3. Graficas Hidroquímicos.

De los diagramas de Piper se infiere la existencia de un (01) grupo principal de agua, las aguas de los puntos de muestreo corresponden a aguas de composición Sulfatada Clorurada Cálcida Magnésica.

De los diagramas de Stiff se infiere el incremento de Calcio y Sulfato en las aguas del rio Rimac, lo que denota la influencia de aguas de origen subterráneo sobre esta.

3.11. Evolución del agua

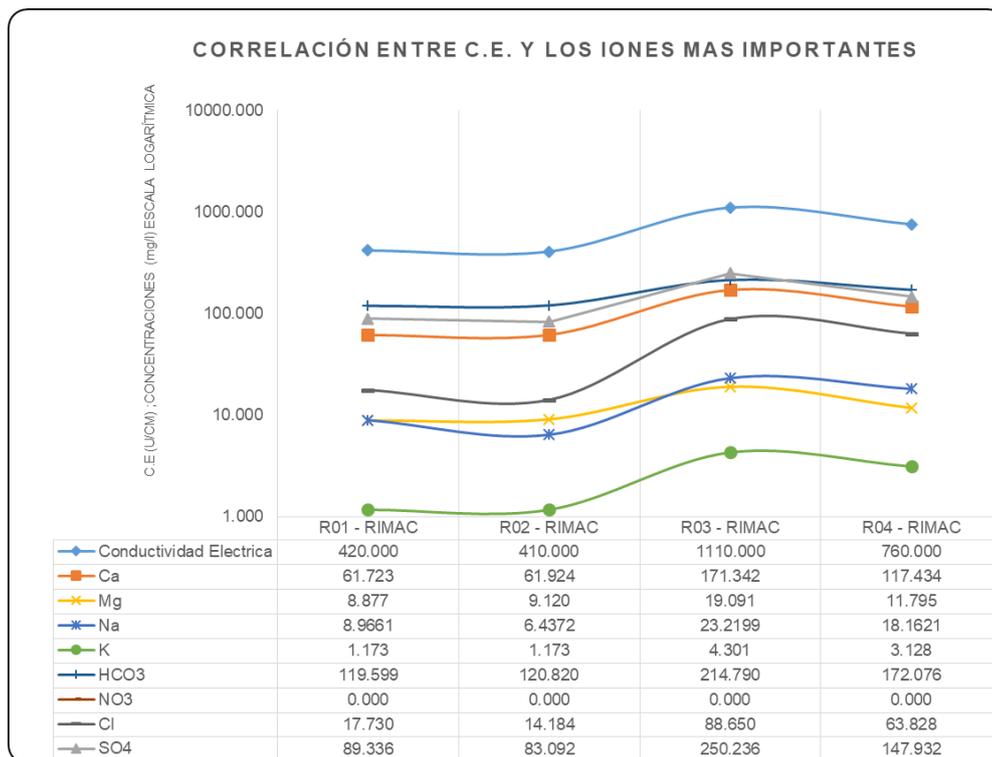
Del análisis de las aguas muestreadas en campo para los puntos de evaluados se identificaron un (1) tipo de agua: Sulfatada Clorurada Cálcida Magnésica.

La característica más resaltante es aquella que define a todo el grupo de aguas investigadas asociadas fuertemente con el ion Calcio, existente en los

volúmenes rocosos volcánicos a manera de feldspatos, carbonatos y sulfatos. De este modo las aguas son del tipo cálcicas.

Las ocurrencias de oxidación de los minerales primarios, componentes sulfurados que al estar afectos a las acciones de disociación fisicoquímica del agua generaron sulfatos, los cuales son transportados por el agua en disolución.

La presencia de bicarbonatos está asociado íntimamente a las formaciones de roca caliza que da lugar a la formación de aguas cálcicas, asimismo la presencia de feldspatos magnésicos y feldspatos cálcicos, dan origen a aguas de tipo magnésicas.



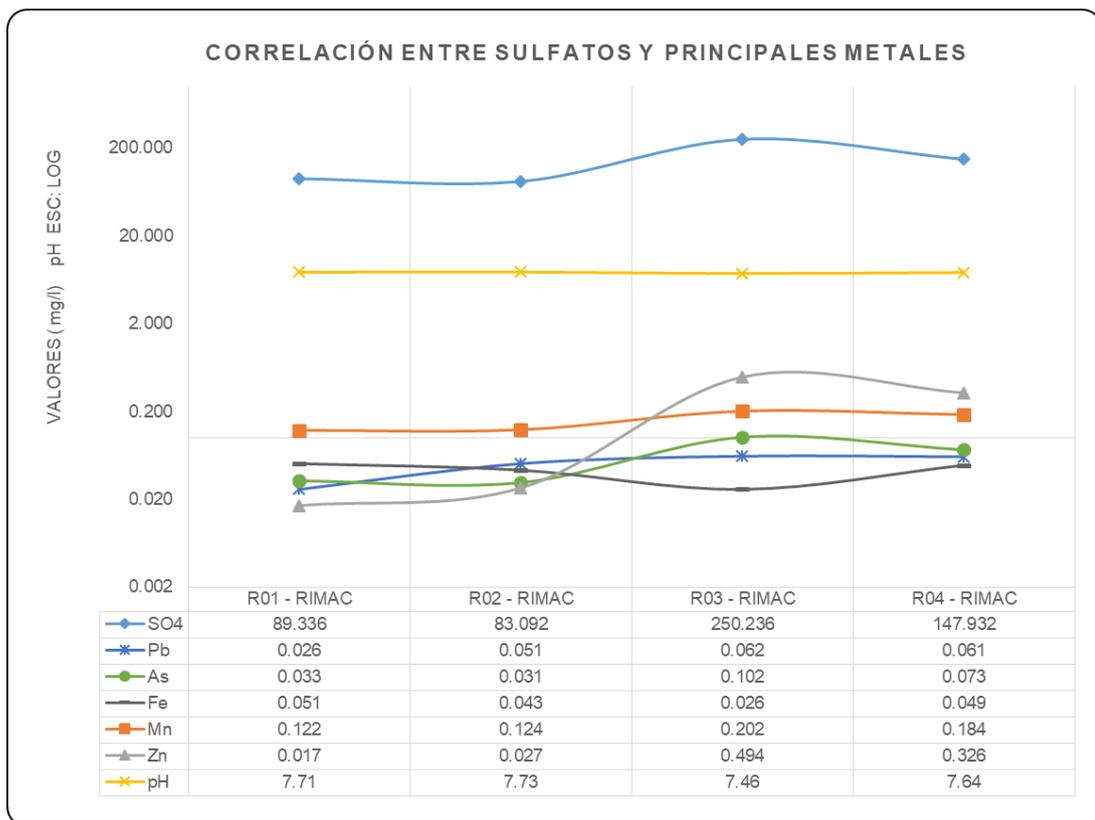
Gráfica 22. Correlación entre la Conductividad Eléctrica y los Iones más importantes.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Del gráfico se puede observar que hay una buena correlación entre la CE y los sulfatos, de la misma manera con el magnesio, potasio, calcio, sodio y el cloro. Se denota también una correlación ligeramente paralela con el bicarbonato.

La grafica muestra la influencia creciente de las aguas del túnel Graton sobre las aguas del rio Rímac, las cuales asumen características propias de aguas de origen subterráneo. Se ha de tomar en cuenta que el caudal promedio anual del túnel Graton es de 5m³, caudal equivalente a un rio secundario.

En el siguiente diagrama se visualiza el comportamiento de las aguas del túnel Graton entre la correlación de los sulfatos y los principales metales.



Gráfica 23. Correlación entre Sulfatos y principales Metales.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Del diagrama se puede observar el comportamiento creciente del Zinc, Arsénico, Magnesio y Plomo. Mientras que el hierro presenta una reducción la cual se mantiene en el punto de muestreo R04-RIMAC.

Adicionalmente, mediante una evaluación visual del color del agua del río Rímac metros antes de mezclarse con las aguas vertidas por el Túnel Graton, se observa que el color marrón oscuro propio del agua del río Rímac en época de avenida es diluido por las aguas claras provinientes del Túnel Graton, ver Ilustración 10.



Ilustración 10. Vista de las aguas vertidas por el Túnel Graton al río Rímac.

En el punto de muestreo R04-RIMAC, se observa que el color del agua del río Rímac pasó de un marrón oscuro a un marrón claro verdoso, ver Ilustración 11. Indicando que el material (lodos) que contiene el río Rímac en época

de avenida se ha reducido por la dilución con las aguas vertidas por el Túnel Graton.



Ilustración 11. Vista de las aguas del río Rímac después del Vertidos de las aguas del Túnel Graton.

De esta evaluación visual se puede evidenciar previo a cualquier análisis de campo (con equipos) o laboratorio, que las aguas vertidas por el túnel Graton impactan sobre la calidad de las aguas del río Rímac.

3.12. Afectación al Río Rímac

El impacto del vertido de las aguas del túnel Graton sobre las aguas del río Rímac, fue evaluado mediante al análisis de los parámetros de control de calidad de agua, establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la

Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (aprobado con la R.J N° 010-2016-ANA), Ítem 5. Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor de vertimientos autorizados. El protocolo establece para una actividad generadora Minera y Metalúrgica, y una categoría III (Sub categorías D1 y D2) del ECA Agua los siguientes siete (07) parámetros: Potencial de Hidrogeno (pH), Aceites y Grasas, Cianuro Wad, Arsénico, Cadmio, Cromo y Cobre. El análisis de los valores (parámetros de control) obtenidos de los laboratorios de los cuatro (04) puntos de muestreo tomados el 03 de febrero del 2019, se presentan en los Ítem 3.7 (tablas 17 y 18) e Ítem 3.8 (graficas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Del análisis de los parámetros de control, el Arsénico y el Cadmio sobrepasan los valores establecidos en el ECA Agua Categoría III en los siguientes puntos de muestreo:

- Arsénico:
R03-RIMAC: 0.102 mg/l (ECA III, D1:0.1 mg/l y D2:0.2 mg/l)
- Cadmio:
R03-RIMAC: 0.025 mg/l (ECA III, D1:0.01 mg/l y D2:0.05 mg/l)
R04-RIMAC: 0.022 mg/l (ECA III, D1:0.01 mg/l y D2:0.05 mg/l)

Ante estos resultados, las aguas vertidas del túnel Graton, constituyen un potencial aspecto negativo para la calidad de las aguas del rio Rímac y su uso evaluado por el ECA III, Sub categorías D1: Riego de Vegetales y D2: Bebida de animales.

Para una mayor evaluación, se procedió a realizar el análisis de diez (10) parámetros adicionales a los siete (07) parámetros de control establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. El análisis de los valores (parámetros de adicionales) obtenidos de

los laboratorios de los cuatro (04) puntos de muestreo tomados el 03 de febrero del 2019, se presentan en los Ítem 3.7 (tablas 19 y 20) e Ítem 3.8 (graficas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17).

Del análisis de los parámetros adicionales, el Manganeso y el Plomo sobrepasan los valores establecidos en el ECA Agua Categoría III en los siguientes puntos de muestreo:

- Manganeso:
R03-RIMAC: 0.202 mg/l (ECA III, D1:0.2 mg/l y D2:0.2 mg/l)
- Plomo:
R02-RIMAC: 0.051 mg/l (ECA III, D1:0.05 mg/l y D2:0.05 mg/l)
R03-RIMAC: 0.062 mg/l (ECA III, D1:0.05 mg/l y D2:0.05 mg/l)
R04-RIMAC: 0.061 mg/l (ECA III, D1:0.05 mg/l y D2:0.05 mg/l)

Los valores expuestos anteriormente fortalecen a la conclusión anterior, en la cual, las aguas vertidas del túnel Graton, constituyen un potencial aspecto negativo para la calidad de las aguas del rio Rímac.

Los altos valores de Cadmio y Plomo en el punto de muestreo R04-RIMAC (630 m aguas abajo del punto de muestreo R03-RIMAC), muestran que posterior a la homogenización de ambas aguas (del túnel Graton y del rio Rímac) estos metales podrán seguir siendo un potencial aspecto negativo para su uso en el riego de vegetales y bebida de animales, aguas más abajo del punto de muestreo R04-RIMAC, siempre y cuando los pobladores realicen su uso directo, sin un previo tratamiento.

El análisis de los principales aniones (nitratos, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros) y cationes (calcio, magnesio, potasio y sodio) mediante los diagramas de Piper y Stiff, nos permitió determinar cómo las

características de agua subterránea (altos valores de calcio, sulfatos y cloruros) propias de las aguas del túnel Graton, persisten posterior a su punto de vertido (punto de muestreo R03-RIMAC). La diferencia entre los valores obtenidos en los puntos de muestreo R02-RIMAC y R04-RIMAC son los siguientes:

Tabla 29.

Diferencia entre los parámetros de Calcio, Sulfatos y Cloruros de los puntos R02-RIMAC y R04-RIMAC

Parámetro	Punto de Muestreo	Valor obtenido (mg/l)	Diferencia (%)
Calcio	R02-RIMAC	61.924	89.64
	R04-RIMAC	117.434	
Sulfatos	R02-RIMAC	83.092	78.03
	R04-RIMAC	147.932	
Cloruros	R02-RIMAC	14.180	350.14
	R04-RIMAC	63.830	

Este incremento de más del 50% en los valores de los tres (03) parámetros de la tabla anterior, demuestran el impacto de las aguas del túnel Graton sobre las aguas del río Rímac, en su composición, a pesar de estos no sobrepasar lo establecido en el ECA Agua Categoría III.

3.13. Medidas ambientales

Como se describe en los Capítulos I y II, la calidad tanto del agua del río Rímac, como la calidad del agua vertida por Tunc Graton son evaluadas por el ANA. Siendo estas dos fuentes de agua, posiblemente impactadas por aspectos ajenos a los titulares y/o autorizados por el ANA en su uso como túnel de drenaje.

Estos aspectos llegarían a vulnerar todo el recorrido de las aguas en el Túnel Graton (11.7 km) desde las galerías subterráneas de Los Quenuales y CIA Casapalca (kilómetro 11.7) en el distrito de Casapalca hasta su salida (kilómetro

00.0) en el río Rímac en el distrito de San Mateo. De igual manera estos aspectos llegarían a vulnerar la calidad del agua del río Rímac antes y después del punto de vertido de las aguas del Túnel Graton.

Los principales aspectos propios de la zona, son los Pasivos Ambientales Mineros no remediados y/o abandonados (en adelante PAM) y actividades mineras artesanales e informales.

Las medidas ambientales para ambos aspectos son las siguientes:

- PAM

En este caso la primordial medida ambiental es la remediación (cierre) y el post-cierre, las cuales abarcan desde la instalación de tapones en túneles, geomembranas, geotextiles, top soil, sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales y/o de aguas acidas, programas de monitoreo de calidad ambiental (agua superficial, agua subterránea, sedimentos, aire, flora y fauna) al igual que el propio mantenimiento del PAM en el tiempo que corresponda a la etapa de post-cierre.

- Mineras artesanales e informales

- Implementar sistemas de recirculación de las aguas en los diversos procesos de beneficio.
- Instalar sistemas de tratamiento de agua residuales industriales.

- Realizar una caracterización detallada de la naturaleza química de los minerales procesados, para predecir una posible formación de compuestos ácidos.
- Caso de minería subterránea, las aguas usadas en los procesos de beneficio o de filtraciones de la roca, deberán ser transportadas por tuberías o canales revestidos mediante un sistema de bombeo, para evitar el arrastre de sedimentos.
- Caso de uso de mercurio y/o cianuro, deberán de implementar adicional a las medidas antes mencionadas, un monitoreo y medición de los niveles de mercurio y/o cianuro tanto en los sistemas de tratamiento como en los cuerpos receptores, estas mediciones deberán ser comparadas con los LMP y ECA correspondientes.

CONCLUSIONES

- Ambientalmente las aguas vertidas por el Túnel Graton no genera una afectación negativa, considerando que el ECA usado para la evaluación del presente estudio es el ECA - Agua, Categoría III Riego de Vegetales y Bebida de Animales (D1 y D2) y que el Índice de Calidad de Agua (ICA)- Puntual, en los cuatro (04) puntos muestreados presentan una clasificación de EXCELENTE

Siendo más bien un tributario potencial para mantener un caudal constante en el rio Rímac.

- La calidad del agua del rio Rímac a la altura del vertido de las aguas del Túnel Graton presenta para cuatro (04) parámetros evaluados: Arsénico, Cadmio, Manganeso y Plomo; valores que sobrepasan los límites establecidos en el ECA - Agua, Categoría III. E incrementos sobre el 50% en el catión Calcio y los aniones Sulfatos y Cloruros. Encontrándose la calidad del agua del rio Rímac, posterior al vertido de las aguas del Túnel Graton, alterada negativamente, pero no considerada peligrosa en base a la conclusión anterior.

- Mediante el análisis los diagramas de STIIF y PIPER se pudo determinar que el agua del rio Rímac posterior al punto de vertido de las aguas del Túnel Graton, presenta un incremento en los valores de Calcio, Sulfatos y Cloruros, propios de aguas subterráneas (análisis del diagrama de STIFF) y una constante en el tipo de agua (Sulfatada Clorurada Cálcica Magnésica) antes y después del vertido de las aguas del Túnel Graton (análisis del diagrama de PIPER), denotando que el área del estudio está en la cabecera de la cuenca Hidrográfica del rio Rímac,

y la cual es rica en manantiales, quebradas, puquiales estacionarios y afloramientos de agua subterránea.

RECOMENDACIONES

- Para una mejor evaluación del impacto de las aguas vertidas del túnel Graton a la calidad de las aguas del río Rímac, será necesario realizar monitoreos de calidad de agua trimestralmente, obteniendo de esta manera, resultados en época de Avenida y Estiaje.
- Ante presencia de altos valores de Cadmio y Plomo en los puntos de muestreo R03-RIMAC y R04-RIMAC, se recomienda realizar un monitoreo de fauna y flora en un rango de 1 km en los márgenes del río Rímac, iniciando (km 00) en el punto de vertido de las aguas del túnel Graton (R03-RIMAC). De esta manera se podrá tomar medidas de remediación o control sobre una posible afectación.
- Ante la presencia de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) no remediados y/o abandonados, y actividades mineras artesanales e informales, se recomienda aplicar las medidas ambientales expuestas en el Capítulo III, Ítem 3.13. Además, realizar una actualización del inventario de los PAM y el censo de las mineras artesanales e informales.
- Ante la nueva metodología (Índice de Calidad de Agua - ICA PE) establecida por el ANA, se recomienda promover su uso en proyectos ambientales fiscalizados por entidades como el OEFA, SENACE o MINEM, para poder evaluar su eficacia ante diversos proyectos en el Perú.

- Fortalecer la presencia del Ministerio del Ambiente (MINAM) por medio del OEFA, y del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) por medio del ANA; en toda la zona minera de la provincia de Huarochirí, brindando supervisiones constantes a Unidades Mineras en etapa de Exploración, Explotación, Cierre y Post cierre. Además, brindar capacitaciones tanto a pobladores como a mineros artesanales e informales.

BIBLIOGRAFÍA

- Administración Local de Agua Chillón, Rimac, Lurín. (2010). *Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rimac. Estudio*. Lima: Administración Local de Agua Chillón, Rimac, Lurín. .
- Agua y SIG. (10 de Enero de 2011). *Agua y SIG*. Obtenido de <https://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional par ael Monitoreo de la Calidad de los Recurso Hídricos Superficiales*. Lima, Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Ceras Cuadros, C., & Ochoa Leon, H. G. (2013). *Remocion de Zinc de las aguas de Mina en el Nivel 3900 de la compañía minera Los Quenuales - Unidad de Produccion Yauliyacu a nivel de laboratorio*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1996). *Hidrología Subteranea*. Barcelona: Omega.
- DIGESA. (2009). *Direccion General de Salud Ambiental*. Obtenido de Ministerio de Salud:
http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/vigilancia_recursos_hidricos.asp
- EcuRed. (09 de Enero de 2014). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Hidroqu%C3%ADmica>
- Fraume Restrepo, N. J. (2000). *Diccionario Ambiental*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- IPEN. (1992). *Origen de las Aguas que Drena el Tunel Gratón*. Instituto Peruano de Energia Nuclear, Lima.

- MINAM. (2015). *D.S.N° 015-2015-MINAN. Modifican los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Montoya Zavaleta, M. E. (2011). La Minería y los Acuíferos. *Jueves Minero* (pág. 31). Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- OEFA. (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización ambiental*. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental .
- OutletMinero. (16 de Febrero de 2016). *OutletMinero*. Obtenido de <http://outletminero.org/hidrogeoquimica/>
- Romero, R. J. (2009). *Calidad de Agua (3° Edición ed.)*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. .
- Sawyer, C., McCarty, P., & Parkin, G. (2000). *Química para Ingeniería Ambiental*. Bogota, D.C.: McGRAW-HILL.
- SEDAPAL. (2014). *Plan Maestro de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado*. Lima: Gerencia de Desarrollo e Investigación.
- SENAMHI. (2005). Evaluación del Régimen Hidrológico de los Principales Ríos del Perú. *Boletín Meteorológico e Hidrológico del Perú*, 28 - 47.
- SUNASS. (8 de Febrero de 2017). Relatorio del taller de formulación de Plan Maestro de Infraestructura Verde (PM IV) para SEDAPAL. Lima, Lima, Perú: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- Vilcapaza, E. N. (2012). *Propuesta de Estandar Nacional de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*. Principal, Ministerio del Ambiente, Viceministerio de Gestión Ambiental, Lima.

ANEXOS

Anexo 1. Mapas

Anexo 2. Ficha de Muestreo de Calidad de Agua

Anexo 3. Graficas Hidroquímicos

Anexo 4. Panel Fotográfico

Anexo 5. Cadenas de Custodia e Informes de Ensayos

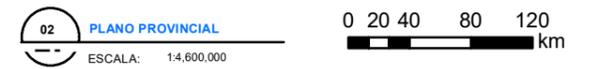
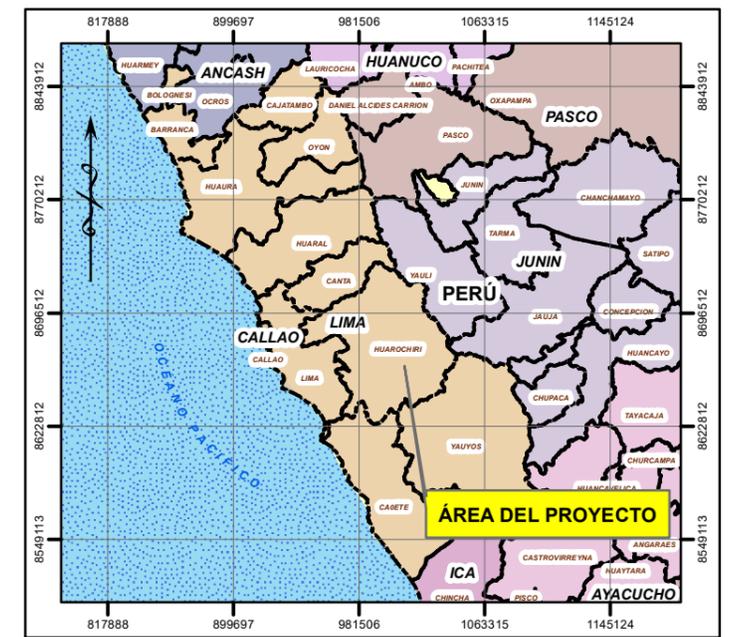
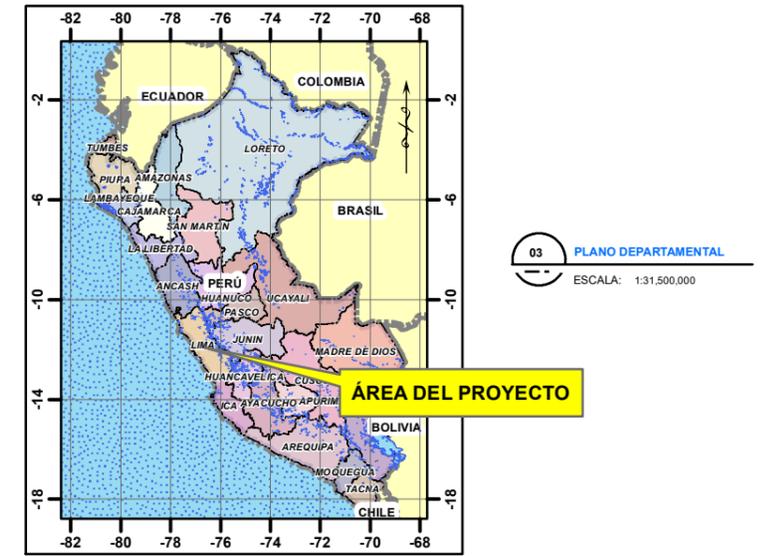
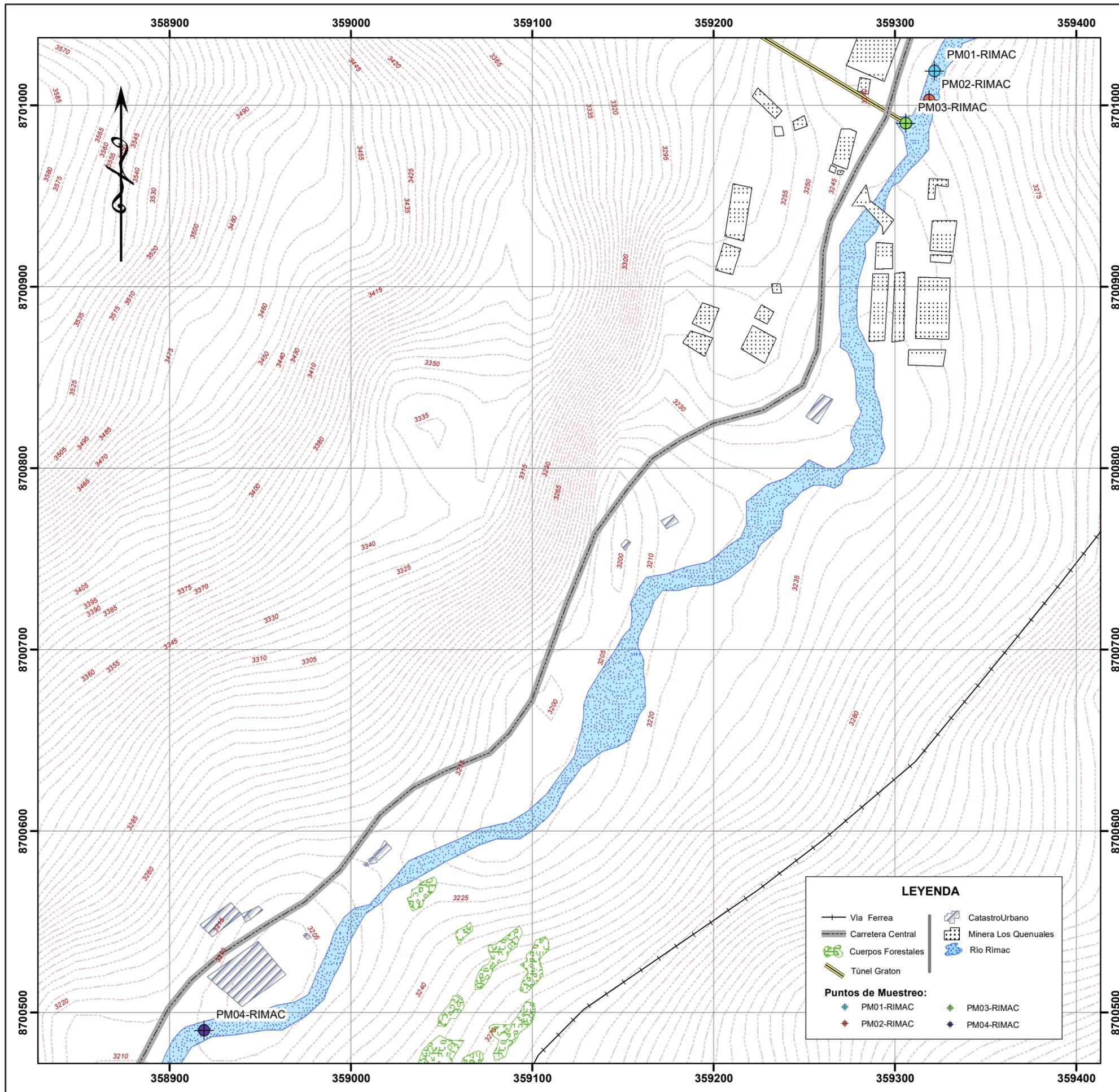
Anexo 6. Certificados de Calibración de Equipos R-Lab

Anexo 7. Certificados de Acreditación de Laboratorio

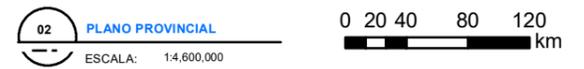
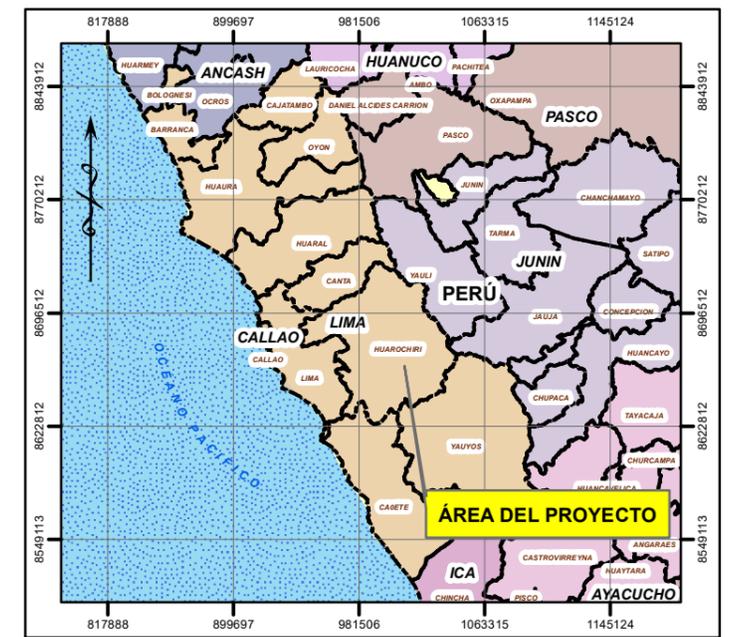
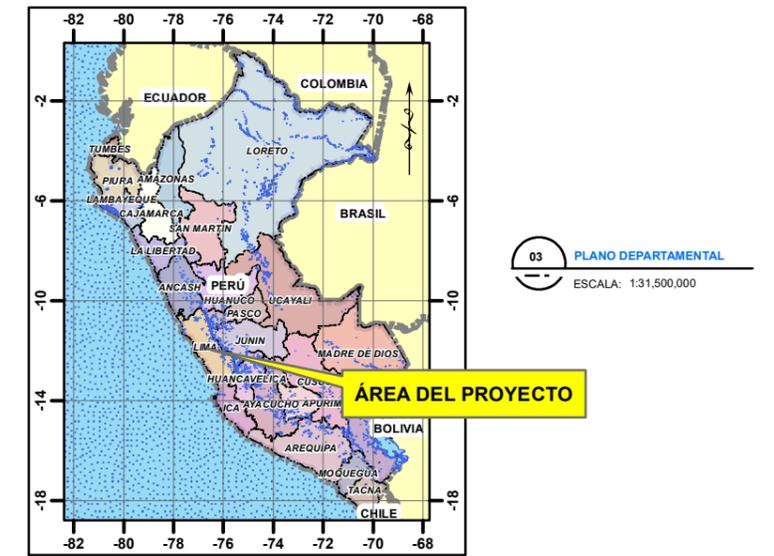
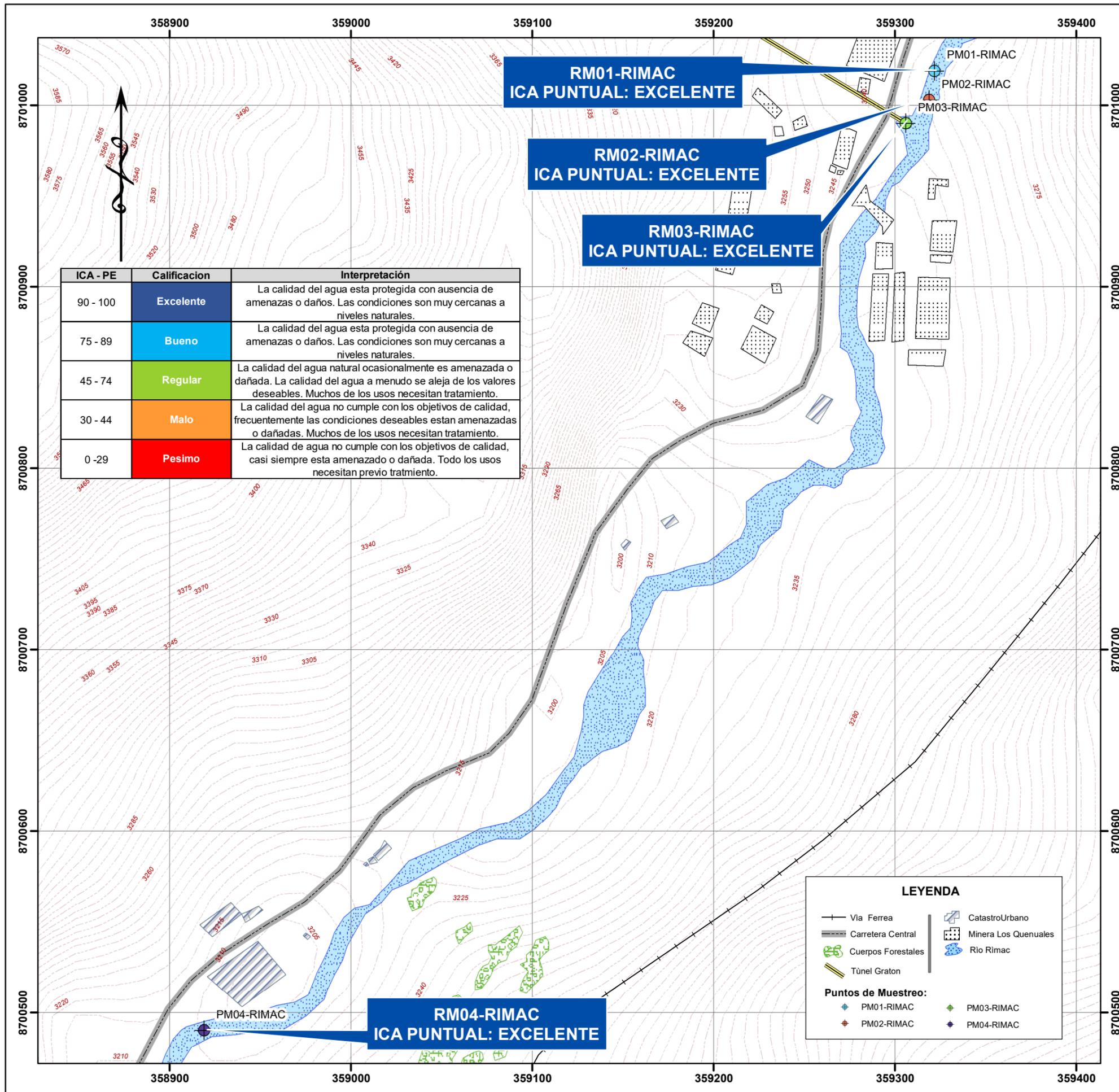
Anexo 8. Estándar de Calidad de Agua

Anexo 1.

Mapas



PLANO: Ubicación del Desarrollo del Proyecto			
PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO			
DISEÑADO: ING. MMO	APROBADO POR: ING. MMO	UBICACIÓN: Departamento: Lima Provincia: Huarochiri Distrito: San Mateo	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: Zona: 18 SUR Datum: WGS84 Proyección: UTM
REVISADO POR: ING. MMO	REVISIÓN: 00	DESCRIPCIÓN: EMITIDO PARA LA 2da REVISIÓN	FECHA: 29-05-2018
ESCALA: 1:2.200		Nº DE PLANO: EVA-TG-001	



PLANO: Índice de Calidad de Agua (ICA-PE) - Puntual			
PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS POR EL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO			
DISEÑADO: ING. MMO	APROBADO POR: ING. MMO	UBICACIÓN: Departamento: Lima Provincia: Huarochiri Distrito: San Mateo	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: Zona: 18 SUR Datum: WGS84 Proyección: UTM
REVISADO POR: ING. MMO	REVISIÓN: 00	DESCRIPCIÓN: EMITIDO PARA LA 2da REVISIÓN	FECHA: 29-05-2018
ESCALA: 1:2,200			Nº DE PLANO: EVA-TG-002

Anexo 2.

Ficha de Muestreo de Calidad de Agua

PUNTO DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL

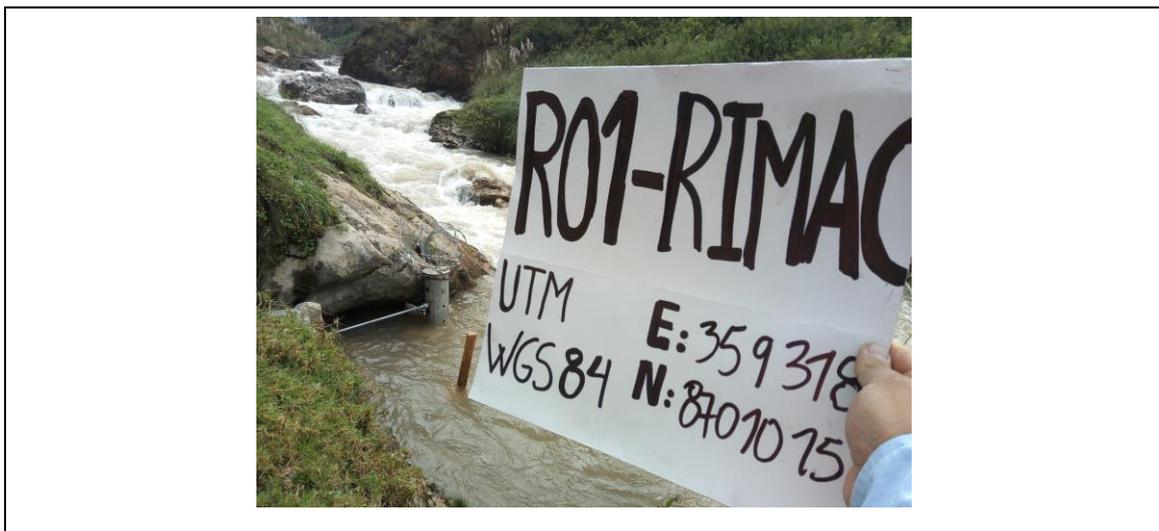
Nombre de la Empresa:	Martin Michael Maldonado Olivares		
Nombre del Proyecto:	Evaluación del impacto de las aguas vertidas del túnel Graton a la calidad de las aguas del rio Rímac en el distrito de san		
Nombre de Punto:	R01 - RIMAC		
Clase de Punto:	<input type="checkbox"/> R	E = Emisor	R = Receptor
Tipo de Muestra:	<input type="checkbox"/> L	L = Líquida	G = Gaseosa S = Sólida

UBICACIÓN

Distrito:	San Mateo
Provincia:	Huarochari
Departamento:	Lima
Sector:	Salida Túnel Graton
Cuenca:	Rio Rímac
Referencia:	Oficinas de la Empresa Minera Los Quenuales
	Cercano a la planta de Backus

COORDENADAS U.T.M. (AJUSTADAS MEDIANTE GOOGLE EARTH PRO)

Norte:	8701019	
Este:	368642	
Altitud:	3230	(Metros sobre el nivel del mar)
Zona:	18 Sur	
	WGS 84	



PUNTO DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL

Nombre de la Empresa:	Martin Michael Maldonado Olivares		
Nombre del Proyecto:	Evaluación del impacto de las aguas vertidas del túnel Graton a la calidad de las aguas del rio Rímac en el distrito de san		
Nombre de Punto:	R02 - RIMAC		
Clase de Punto:	<input type="checkbox"/> R	E = Emisor	R = Receptor
Tipo de Muestra:	<input type="checkbox"/> L	L = Líquida	G = Gaseosa S = Sólida

UBICACIÓN

Distrito:	San Mateo
Provincia:	Huarochari
Departamento:	Lima
Sector:	Salida Túnel Graton
Cuenca:	Rio Rímac
Referencia:	Oficinas de la Empresa Minera Los Quenuales
	Cercano a la planta de Backus

COORDENADAS U.T.M. (AJUSTADAS MEDIANTE GOOGLE EARTH PRO)

Norte:	8701003	
Este:	359319	
Altitud:	3228	(Metros sobre el nivel del mar)
Zona:	18 Sur	
	WGS 84	



PUNTO DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL

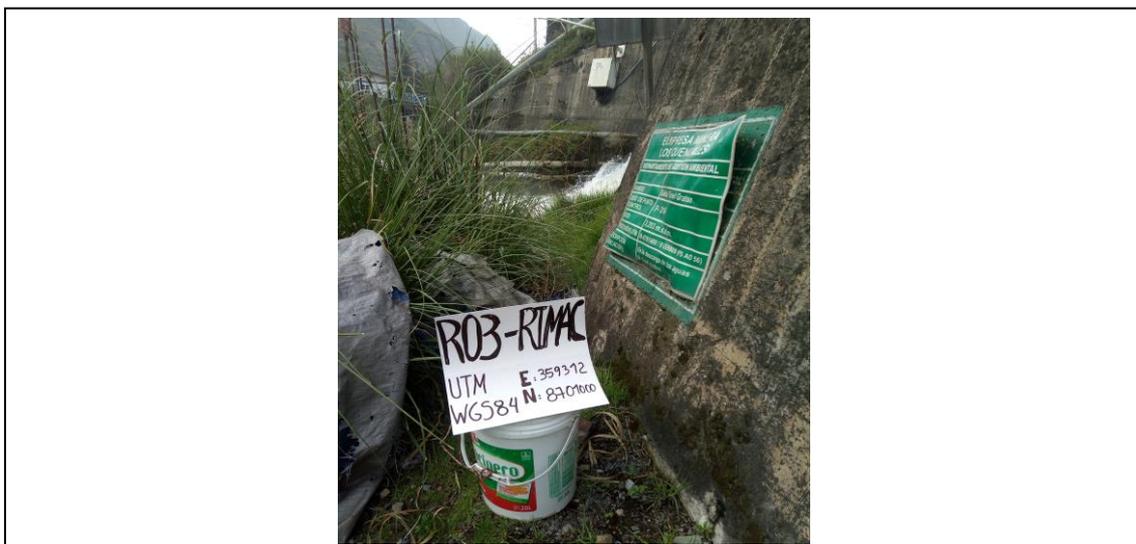
Nombre de la Empresa:	Martin Michael Maldonado Olivares		
Nombre del Proyecto:	Evaluación del impacto de las aguas vertidas del túnel Graton a la calidad de las aguas del rio Rímac en el distrito de san		
Nombre de Punto:	R03 - RIMAC		
Clase de Punto:	<input type="checkbox"/> R	E = Emisor	R = Receptor
Tipo de Muestra:	<input type="checkbox"/> L	L = Líquida	G = Gaseosa S = Sólida

UBICACIÓN

Distrito:	San Mateo
Provincia:	Huarochoiri
Departamento:	LIMA
Sector:	Salida Túnel Graton
Cuenca:	Rio Rímac
Referencia:	Oficinas de la Empresa Minera Los Quenuales
	Cercano a la planta de Backus

COORDENADAS U.T.M. (AJUSTADAS MEDIANTE GOOGLE EARTH PRO)

Norte:	8700990	
Este:	359306	
Altitud:	3324	(Metros sobre el nivel del mar)
Zona:	18 Sur	
	WGS 84	



PUNTO DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL

Nombre de la Empresa:	Martin Michael Maldonado Olivares		
Nombre del Proyecto:	Evaluación del impacto de las aguas vertidas del túnel Graton a la calidad de las aguas del rio Rímac en el distrito de san		
Nombre de Punto:	R04 - RIMAC		
Clase de Punto:	<input type="checkbox"/> R	E = Emisor	R = Receptor
Tipo de Muestra:	<input type="checkbox"/> L	L = Líquida	G = Gaseosa S = Sólida

UBICACIÓN

Distrito:	San Mateo
Provincia:	HUAROCHIRI
Departamento:	LIMA
Sector:	Salida Túnel Graton
Cuenca:	Rio Rímac
Referencia:	Oficinas de la Empresa Minera Los Quenuales
	Cercano a la planta de Backus

COORDENADAS U.T.M. (AJUSTADAS MEDIANTE GOOGLE EARTH PRO)

Norte:	8700490	
Este:	358919	
Altitud:	3194	(Metros sobre el nivel del mar)
Zona:	18 Sur	
	WGS 84	



Anexo 3.

Graficas Hidroquímicos

R01 - RIMAC

FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL

DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R01 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

2.- REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA PIPER

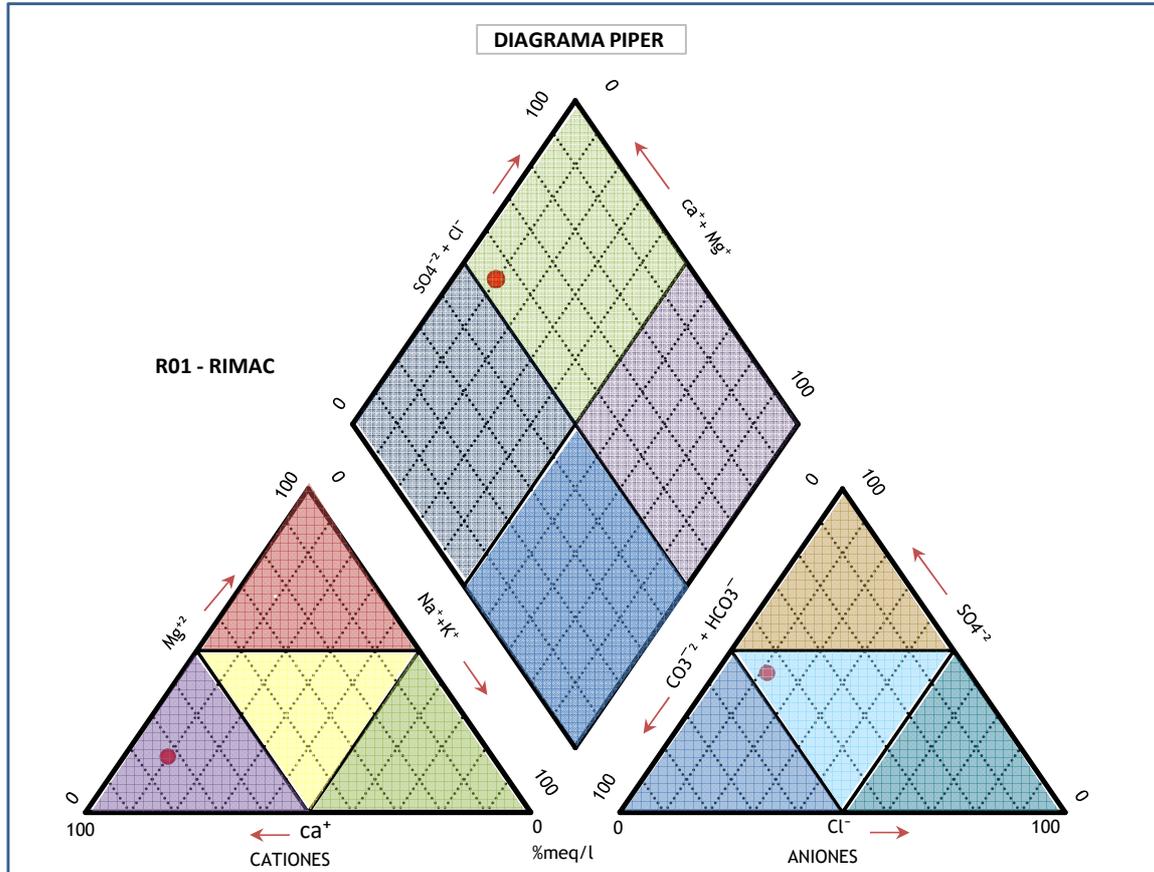
Opciones de Piper

Diagrama de Piper que represente la suma de ($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) y la ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

Diagrama de Piper en el cual se presenta Cl^- y Na^+

mg/l	ANIONES	meq/l	%
119.60	HCO_3^-	1.96	45.37%
0.00	CO_3^{2-}	0.00	0.00%
	$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$	1.96	45.37%
89.34	SO_4^{2-}	1.86	43.06%
17.73	Cl^-	0.50	11.57%
0.00	NO_3^-	0.00	0.00%
	$\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$	0.50	11.57%
	Σ ANIONES	4.32	100.00%

mg/l	CATIONES	meq/l	%
8.97	Na^+	0.39	9.22%
1.17	K^+	0.03	0.71%
61.72	Ca^{++}	3.08	72.81%
8.88	Mg^{+2}	0.73	17.26%
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	0.42	9.93%
	Σ CATIONES	4.23	100.00%



AGUA SULFATADA Y /O CLORURADA CÁLCICA Y / O MAGNÉSICA
 $\text{Ca}^{++}\text{-HCO}_3^-\text{-SO}_4^{2-}$

R01 - RIMAC

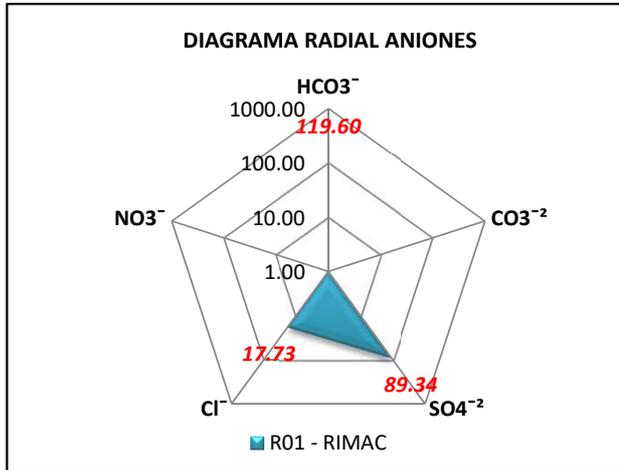
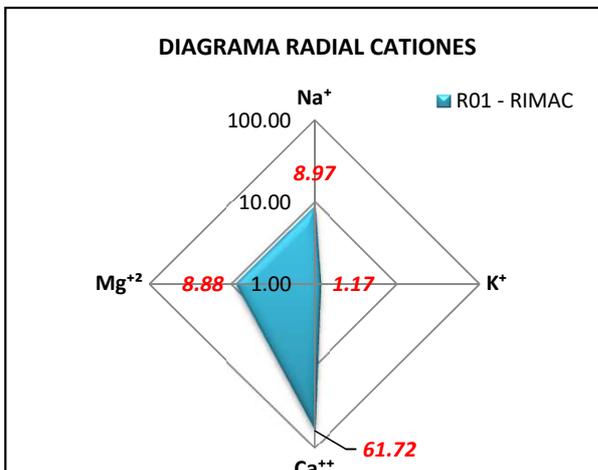
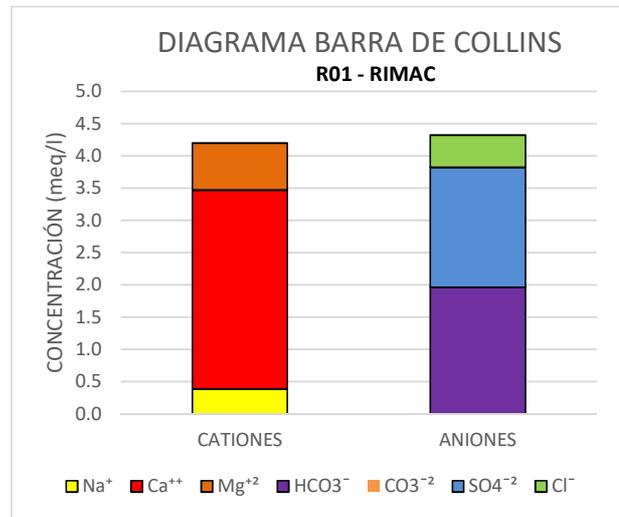
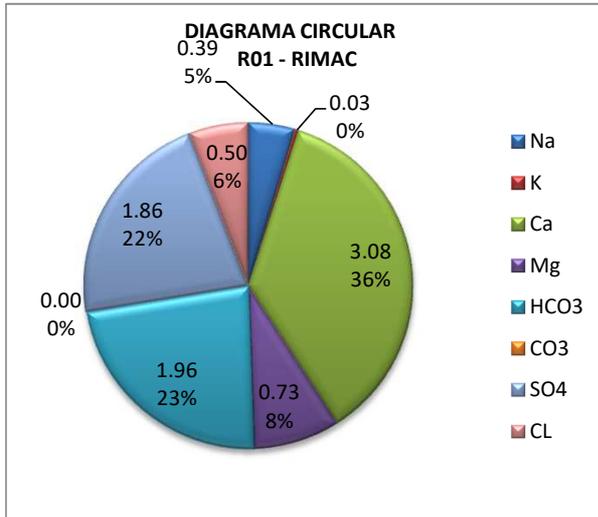
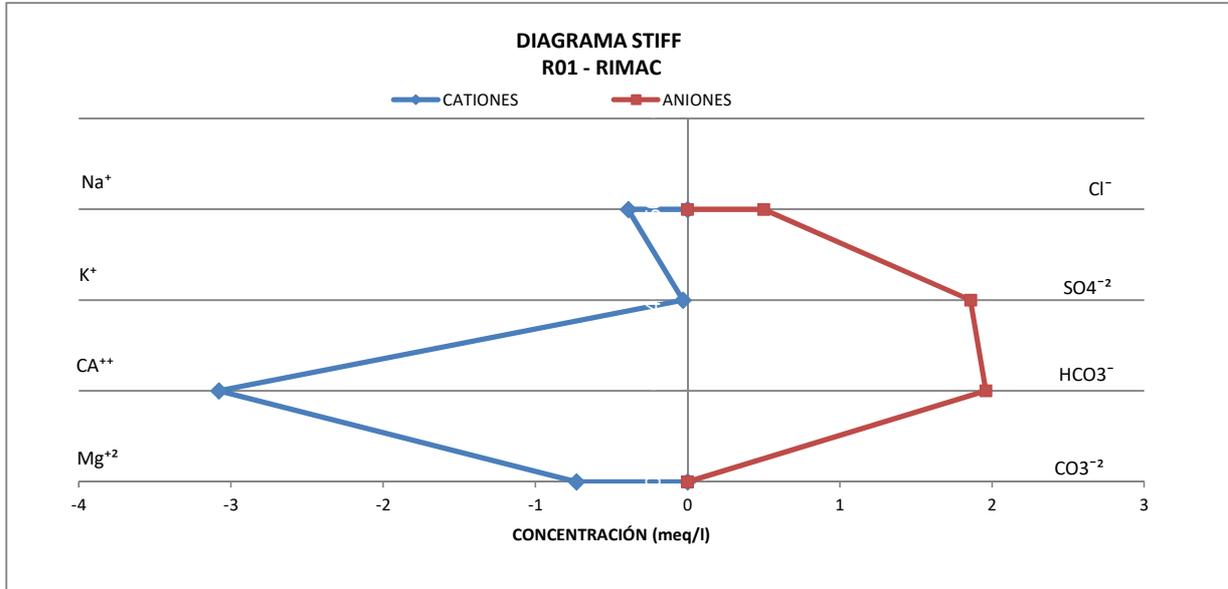
FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R01 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

1.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA STIFF



R02 - RIMAC

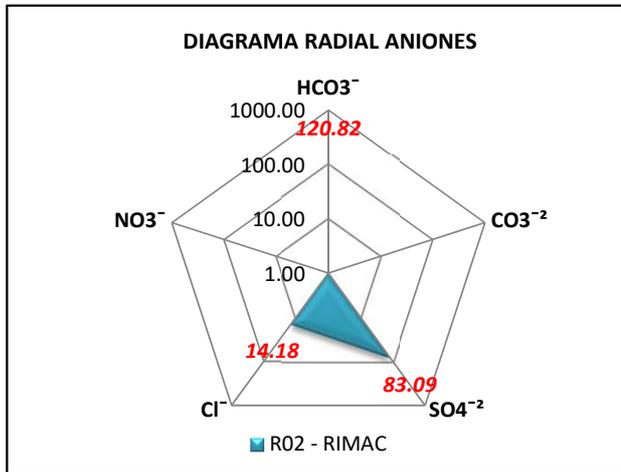
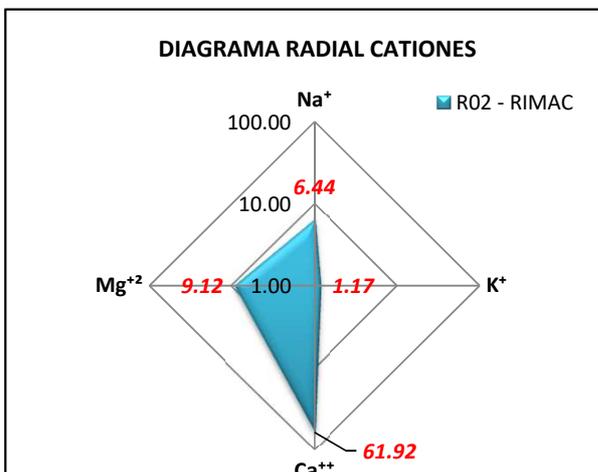
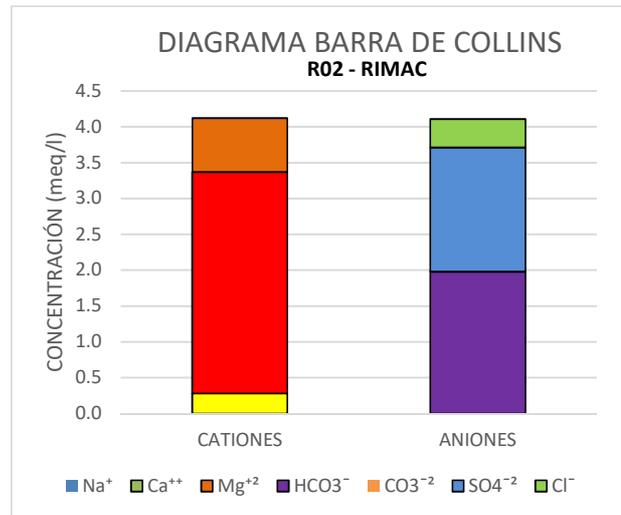
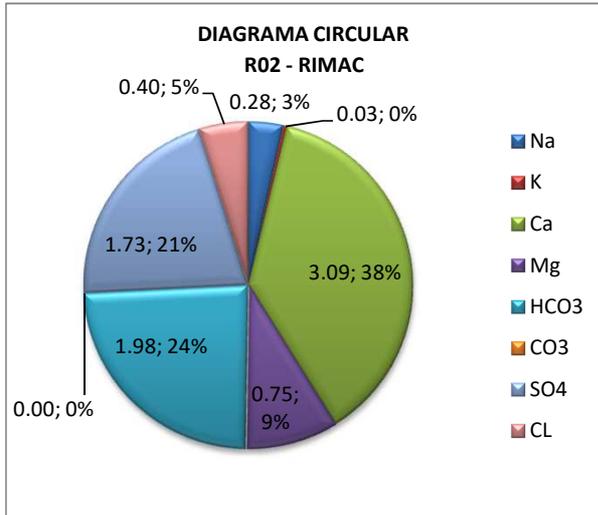
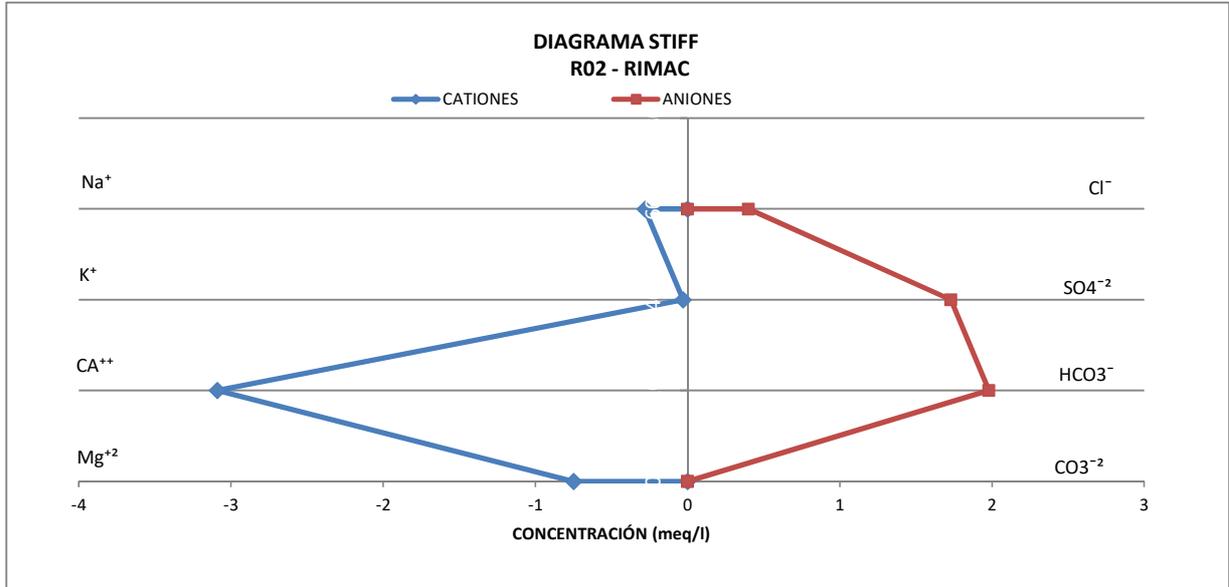
FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R02 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

1.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA STIFF



R03 - RIMAC

FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL

DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R03 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

2.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA PIPER

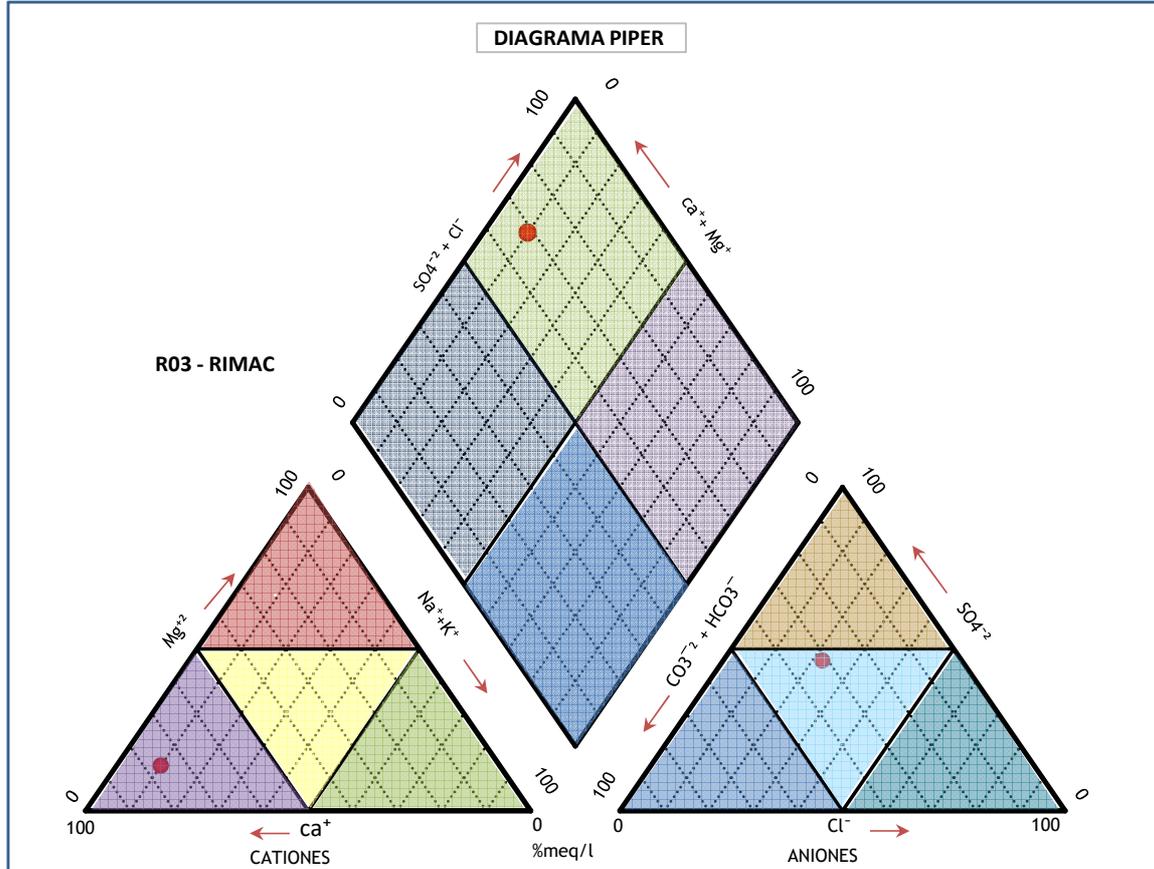
Opciones de Piper

Diagrama de Piper que represente la suma de ($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) y la ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

Diagrama de Piper en el cual sólo se presenta Cl^- y Na^+

mg/l	ANIONES	meq/l	%
214.79	HCO_3^-	3.52	31.34%
0.00	CO_3^{-2}	0.00	0.00%
	$\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-$	3.52	31.34%
250.24	SO_4^{-2}	5.21	46.39%
88.65	Cl^-	2.50	22.26%
0.00	NO_3^-	0.00	0.00%
	$\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$	2.50	22.26%
	Σ ANIONES	11.23	100.00%

mg/l	CATIONES	meq/l	%
23.22	Na^+	1.01	8.99%
4.30	K^+	0.11	0.98%
171.34	Ca^{++}	8.55	76.07%
19.09	Mg^{+2}	1.57	13.97%
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	1.12	9.96%
	Σ CATIONES	11.24	100.00%



AGUA SULFATADA Y /O CLORURADA CÁLCICA Y /O MAGNÉSICA
 $\text{Ca}^{++}\text{-SO}_4^{-2}\text{-HCO}_3^{-}\text{-Cl}^-$

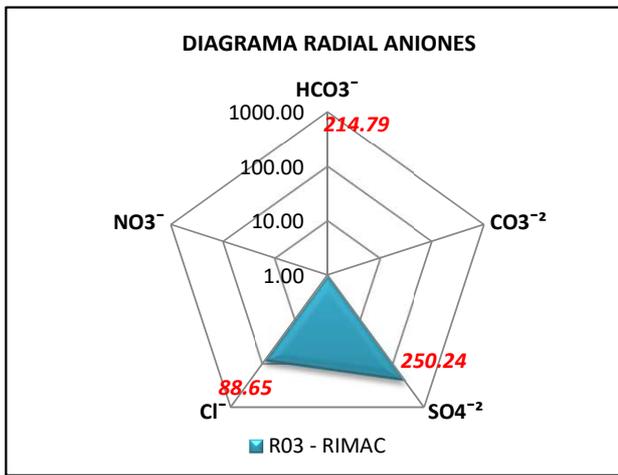
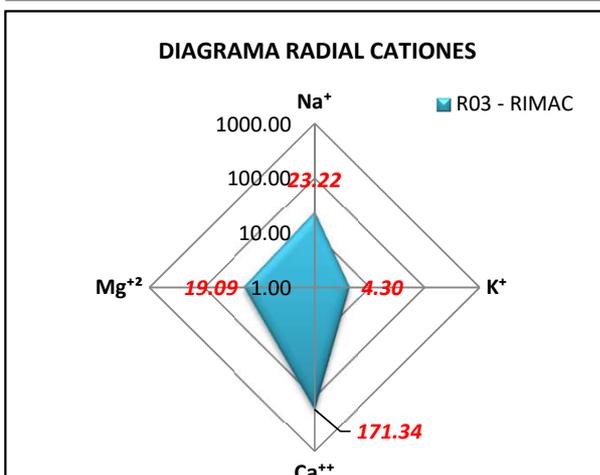
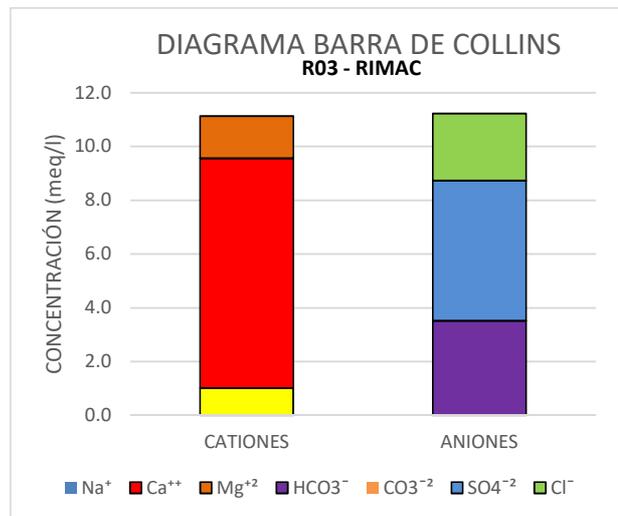
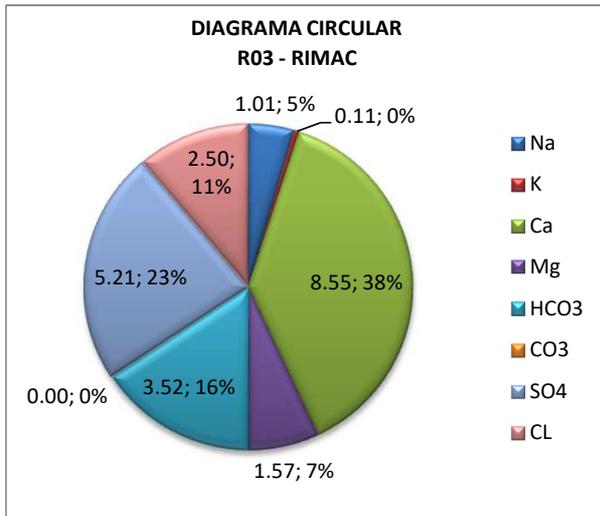
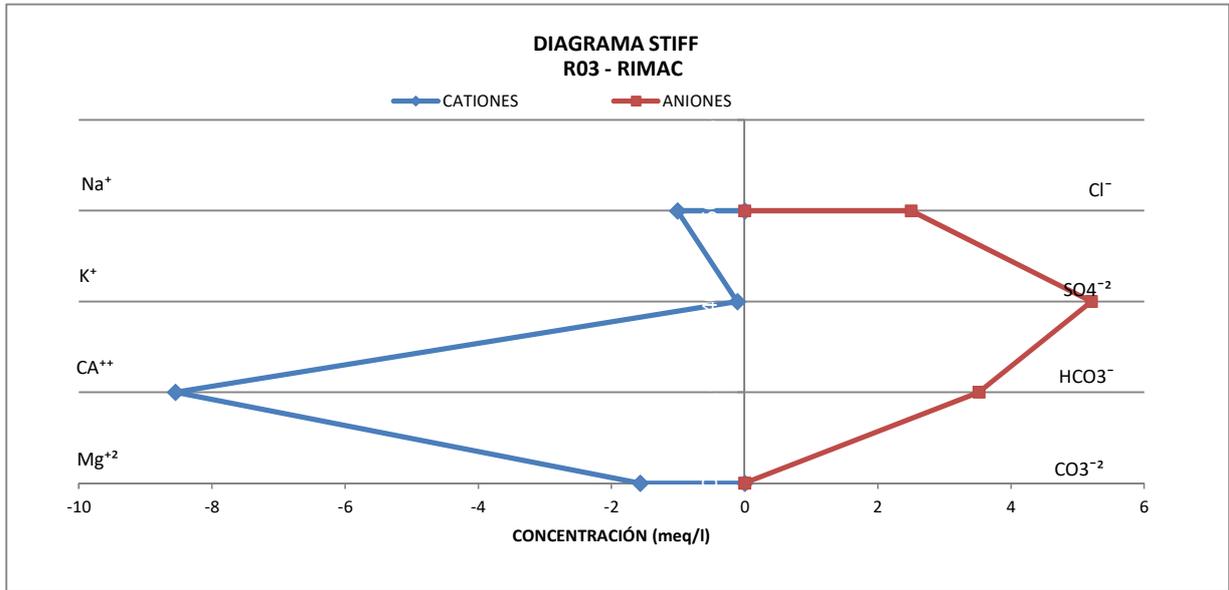
R03 - RIMAC

FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA
 MUESTRA: R03 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

1.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA STIFF



R04 - RIMAC

FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R04 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

2.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA PIPER

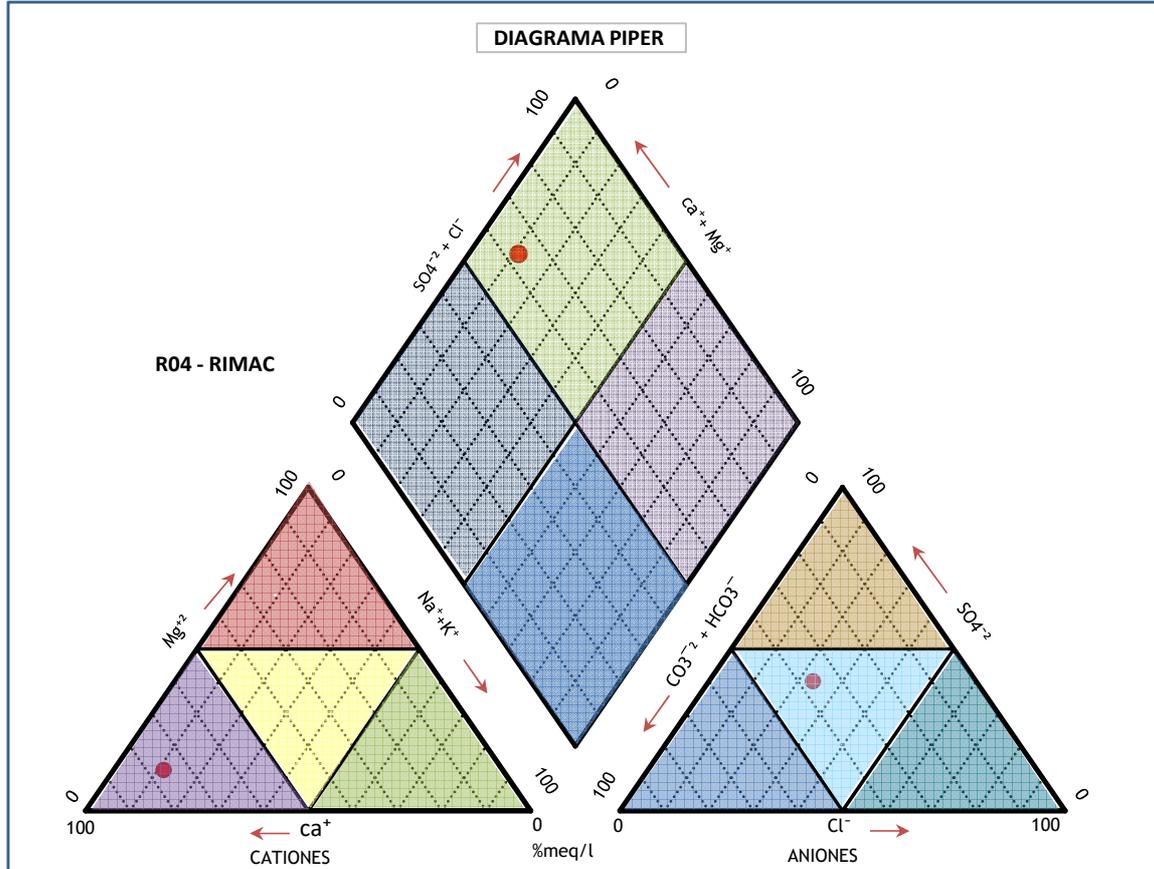
Opciones de Piper

Diagrama de Piper que represente la suma de ($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) y la ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)

Diagrama de Piper en el cual sólo se presenta Cl^- y Na^+

mg/l	ANIONES	meq/l	%
172.08	HCO_3^-	2.82	36.62%
0.00	CO_3^{-2}	0.00	0.00%
	$\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-$	2.82	36.62%
147.93	SO_4^{-2}	3.08	40.00%
63.83	Cl^-	1.80	23.38%
0.00	NO_3^-	0.00	0.00%
	$\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$	1.80	23.38%
	Σ ANIONES	7.70	100.00%

mg/l	CACIONES	meq/l	%
18.16	Na^+	0.79	10.26%
3.13	K^+	0.08	1.04%
117.43	Ca^{++}	5.86	76.10%
11.80	Mg^{+2}	0.97	12.60%
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	0.87	11.30%
	Σ CACIONES	7.70	100.00%



AGUA SULFATADA Y /O CLORURADA CÁLCICA Y /O MAGNÉSICA
 $\text{Ca}^{++}\text{-SO}_4^{-2}\text{-HCO}_3^{-}\text{-Cl}^-$

R04 - RIMAC

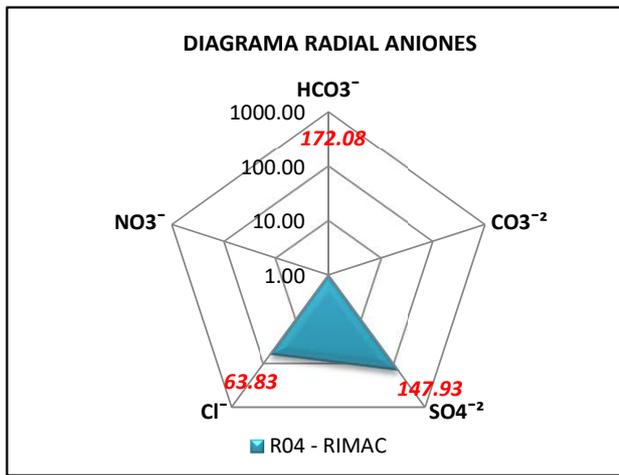
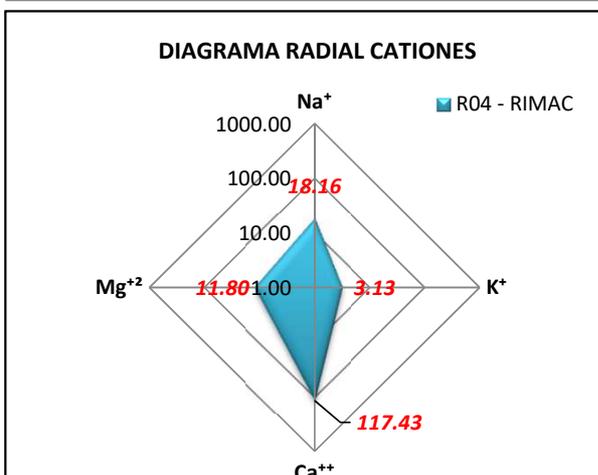
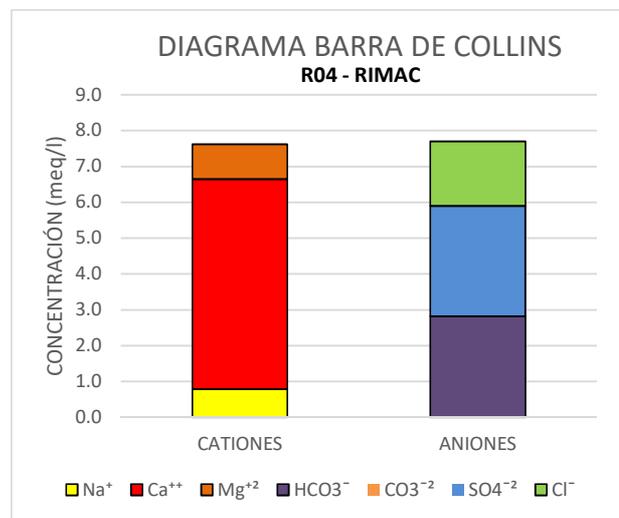
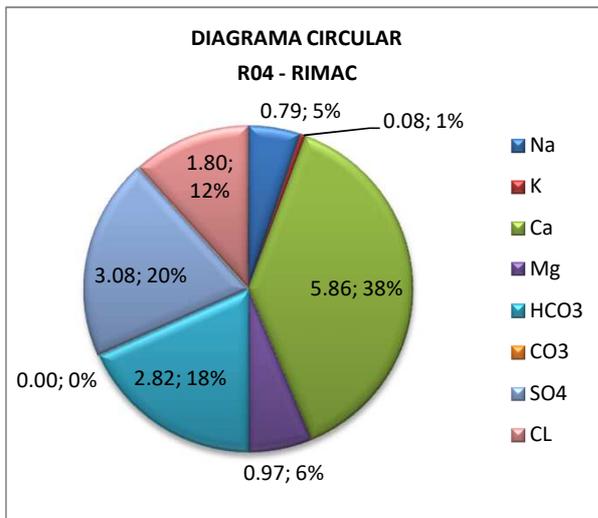
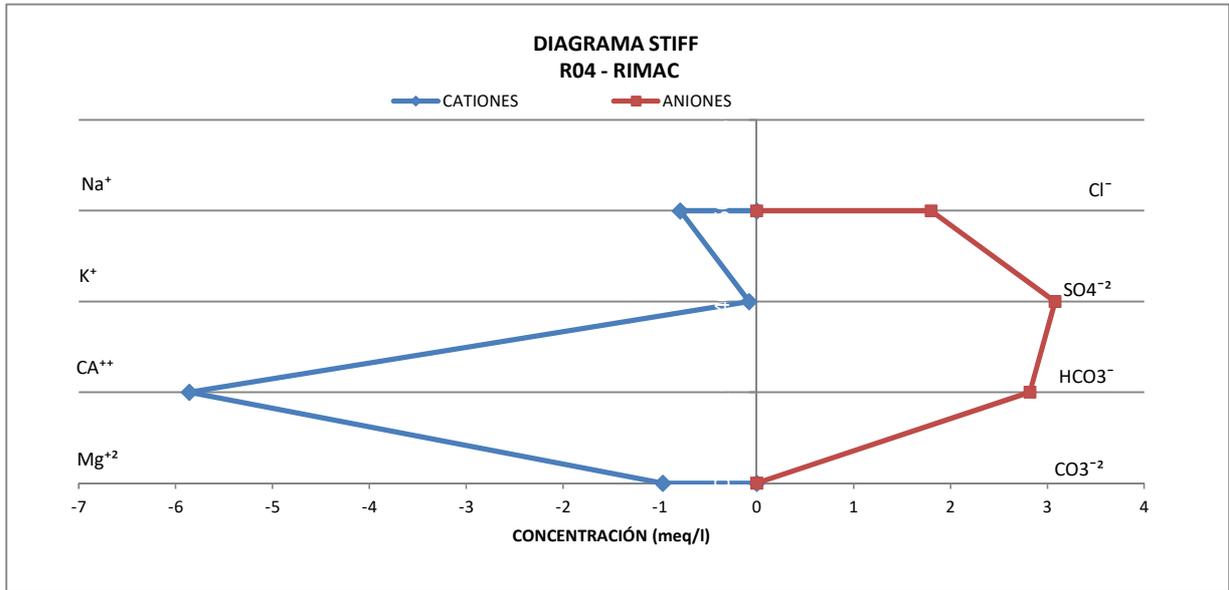
FICHA DE GRÁFICAS HIDROQUÍMICAS

PROYECTO: EVALUACION DEL IMPACTO DE LAS AGUAS VERTIDAS DEL TUNEL GRATON A LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO RIMAC EN EL DISTRITO DE SAN MATEO

UBICACIÓN : DISTRITO: SAN MATEO PROVINCIA: HUAROCHIRI DEPARTAMENTO: LIMA

MUESTRA: R04 - RIMAC FECHA: 3/02/2019

1.-REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA STIFF



Anexo 4.

Panel Fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Acceso a salida de las aguas del túnel Graton.



Fotografía N° 02: Bajada a la salida de las agua del túnel Graton.



Fotografía N° 03: Punto de muestreo R03-RIMAC, salida de agua del túnel Graton.



Fotografía N° 04: Salida de las aguas del túnel Graton.



Fotografía N° 05: Zona de vertimiento directo de las aguas del túnel Graton.



Fotografía N° 06: Encuentro de las aguas del río Rímac y el túnel Graton.



Fotografía N° 07: Punto de muestreo R01-RIMAC, 30 m aguas arriba de R03-RIMAC.



Fotografía N° 08: Medidor de altura alcanzada por caudal del río Rímac, instalada por Empresa Minera Los Quenuales.



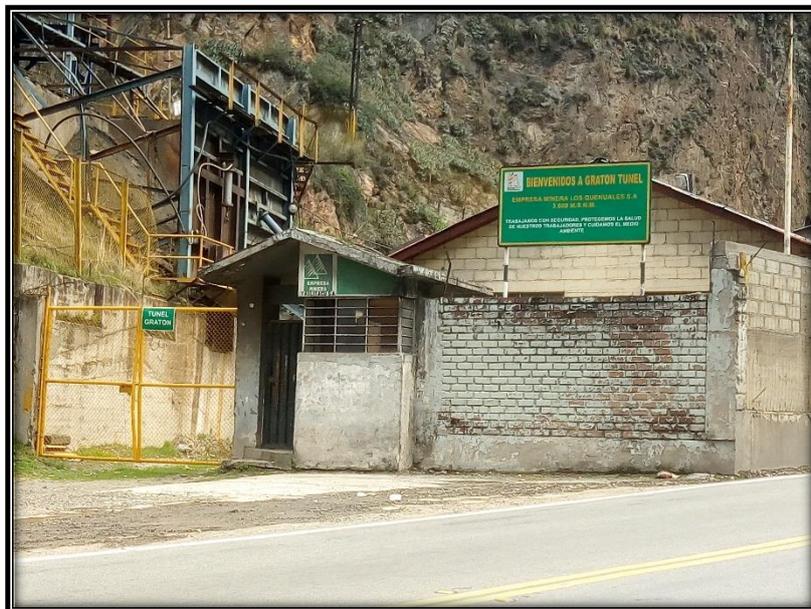
Fotografía N° 09: Punto de muestreo R02-RIMAC, 20 m aguas arriba de R03-RIMAC.



Fotografía N° 10: Vista desde la carreta central del R02-RIMAC.



Fotografía N° 11: Malla metálica electrificada instalada por Empresa Minera Los Quenuales



Fotografía N° 12: Instalaciones de Empresa Minera Los Quenuales, a alturas de la salida de las aguas del túnel Graton.



Fotografía N° 13: Llenado de frascos para análisis de laboratorios.



Fotografía N° 14: Aplicación de preservantes para el Laboratorio R-Lab.



Fotografía N° 15: Guardado y embalado de frascos para su transporte.



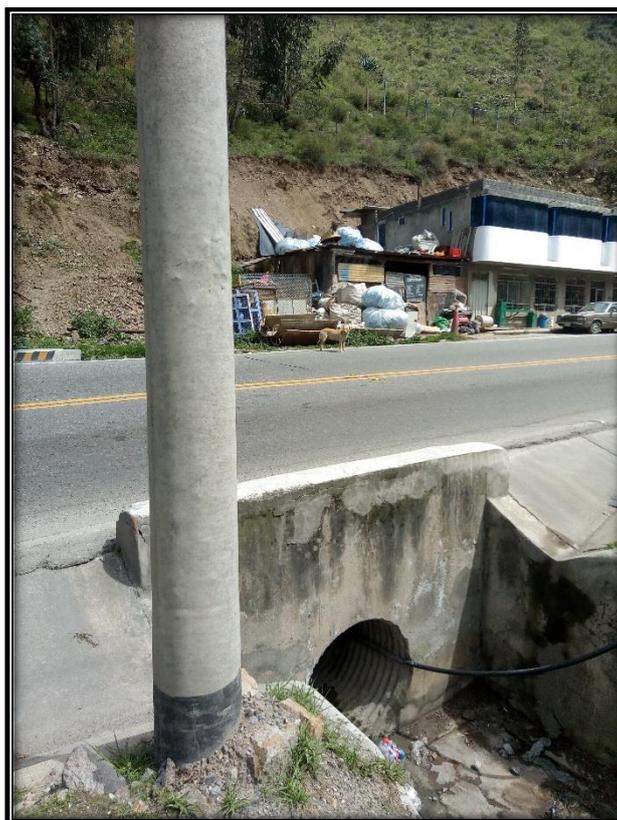
Fotografía N° 16: Punto de muestreo R04-RIMAC, 630 m aguas abajo de R03-RIMAC.



Fotografía N° 17: Vista desde la carretera central del punto de muestreo R04.RIMAC.



Fotografía N° 18: Vista del punto de muestreo R04-RIMAC, hacia la carretera central.



Fotografía N° 19: Infraestructuras en caso de activación de quebrada con dirección hacia el río Rimac altura del punto de muestreo R04-RIMAC.



Fotografía N° 20: Muestras de agua para el laboratorio R-Lab.



Fotografía N° 21: Muestras de agua para el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes - LASPAF.

Anexo 5.

Cadenas de Custodia e Informes de Ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : MARTIN MICHAEL MALDONADO OLIVARES
PROCEDENCIA : LIMA/ HUAROCHIRI/ SAN MATEO
REFERENCIA : H.R. 67000
BOLETA : 2527

No. Laboratorio	084	085	086	087
No. Campo	R01 - RIMAC	R02- RIMAC	R03- RIMAC	R04- RIMAC
pH	7.71	7.73	7.46	7.64
C.E. dS/m	0.42	0.41	1.11	0.76
Calcio meq/L	3.08	3.09	8.55	5.86
Magnesio meq/L	0.73	0.75	1.57	0.97
Potasio meq/L	0.03	0.03	0.11	0.08
Sodio meq/L	0.39	0.28	1.01	0.79
SUMA DE CATIONES	4.23	4.15	11.24	7.70
Nitratos meq/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Carbonatos meq/L	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos meq/L	1.96	1.98	3.52	2.82
Sulfatos meq/L	1.86	1.73	5.21	3.08
Cloruros meq/L	0.50	0.40	2.50	1.80
SUMA DE ANIONES	4.32	4.11	11.23	7.70
Sodio %	9.21	6.75	8.98	10.27
RAS	0.28	0.20	0.45	0.43
Boro ppm	0.06	0.05	0.64	0.44
Clasificación	C2-S1	C2-S1	C3-S1	C3-S1
Hierro ppm	0.051	0.043	0.026	0.049
Cobre ppm	0.010	0.010	0.020	0.010
Zinc ppm	0.017	0.027	0.494	0.326
Manganeso ppm	0.122	0.124	0.202	0.184
Plomo ppm	0.026	0.051	0.062	0.061
Cadmio ppm	0.010	0.007	0.025	0.022
Cromo ppm	0.008	0.010	0.010	0.009

La Molina, 11 de Febrero del 2018



Sady García Bendejú
Jefe del Laboratorio

UNALM
Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Interpretación de la Calidad de Riego

La salinidad total es determinada por la medición de la conductividad del agua. (CE.) Expresada en unidades de deci Siemens por metro (d Sm¹) o en milimhos por centímetro (mmhos cm¹). También puede ser expresada como la cantidad total de sales disueltas (TDS), donde: TDS (en ppm o mgL⁻¹) = 640 x CE (en d Sm¹ ó mmhos cm¹)

Cuadro 1 Clasificación de las aguas de riego basada en su CE y TDS

Peligro de Salinidad	Características	CE dSm-1	TDS ppm
Bajo (C ₁)	* Bajo peligro de salinidad, no se espera efectos dañinos sobre las plantas y suelos.	<0.25	< 160
Medio (C ₂)	* Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo.	0.25 - 0.75	160 - 500
Alto (C ₃)	* Salinidad afectará a muchas plantas. Requiere: selección de plantas tolerantes a salinidad, buen drenaje y lixiviación.	0.75 - 2.25	500 - 1500
Muy Alto (C ₄)	* Generalmente no aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, se requiere excelente drenaje y lixiviación.	> 2.25	>1500

* SAR (Relación de Absorción de Sodio): $SAR = Na \text{ en meq. L}^{-1} / ((Ca + Mg \text{ en meq L}^{-1})/2)^{1/2}$

Cuadro 2 Peligro de Sodio basado en el valor del SAR

Peligro de Na	SAR del agua	Comentarios sobre el peligro de Na
Bajo (S ₁)	<10	* Puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura.
Medio (S ₂)	10 - 18	* Puede desmejorarse la permeabilidad de suelos de textura fina con alta CIC. Puede usarse en suelos de textura gruesa con buen drenaje.
Alto (S ₃)	18 - 26	* Se producen, daños de los suelos, por acumulación de Na. Se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas, drenaje y lixiviación.
Muy Alto (S ₄)	>26	* Generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales: Se requerirá prácticas de manejo.

* Carbonato de sodio residual. (RCS.) Tercer criterio que se usa para juzgar el peligro de sodio en las aguas de riego. Es definido como: $RCS = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$.

Cuadro 3 Peligro de Sodio basado en el valor del RSC

Valores de RSC (meq L ⁻¹)	Peligro de Na
> 0 (valores negativos)	* Ninguno. Ca y Mg del agua no participarán como carbonatos, ellos se mantienen Activos para prevenir la acumulación de Na en los sitios de cambio de la CIC.
0 - 1.25	* Bajo. Existe alguna remoción del Ca y Mg del agua de riego.
1.25 - 2.50	* Medio. Apreciable remoción de Ca y Mg del agua de riego.
> 2.50	* Alto. Todo o mayor parte del Ca y Mg del agua de riego es removido como carbonato precipitado produciendo acumulación de Na.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 1902009A

Ciente	: MALDONADO OLIVARES MARTIN MICHAEL
Dirección del cliente	: ASOC. 06 DE AGOSTO MZ. 33 LT17 – VILLA EL SALVADOR
Usuario	: -
Lugar de Muestreo	: RÍO RÍMAC, TRAMO PLANTA BACKUS, DISTRITO SAN MATEO - HUAROCHIRI
Tipo de Matriz y/o Producto	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL-RÍO
Muestreo Realizado por	: EL CLIENTE
Procedimiento de Muestreo	: -
Referencia al Plan de Muestreo	: -
Número de Muestras	: 04
Fecha de Recepción	: 04-02-2019
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	04 -02-2019 al 08 -02-2019

F-IE-01
Revisión: 04
Fecha: 24-01-2019

Fecha de emisión: 15-02-2019


Celso Roberto Chuquimayo Arellano
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
CQP - 779

El informe de ensayo presentado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados presentados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
Calle Berna N° 100, Urb. "Los Portales de Javier Prado" 1era Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 1902009A

Código de Laboratorio	1902009A-01	1902009A-02	1902009A-03	1902009A-04
Identificación de la Muestra	R01 - RIMAC	R02 - RIMAC	R03 - RIMAC	R04 - RIMAC
Descripción del Punto de Muestreo	Río Rímac – Distrito San Mateo			
Fecha y hora de muestreo	03-02-2019 (09:30)	03-02-2019 (08:50)	03-02-2019 (08:20)	03-02-2019 (10:30)
Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: 8701019 E: 359322	N: 8701003 E: 359319	N: 8700990 E: 359306	N: 8700490 E: 358927
Tipo de Matriz y/o Producto	AGUA NATURAL SUPERFICIAL-RÍO			

Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados			
² Aceites y Grasas	mg/L	5,0	1,6	<1,6	<1,6	<1,6	<1,6
² Cianuro WAD	mg/L	0,025	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
² Arsénico Total	mg/L	0,0050	0,0016	0,0325	0,0311	0,1020	0,0732

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno, vidrio ámbar y esterilizados.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ (*) Método de ensayo no acreditado por el INACAL-DA.
- ✓ ¹ Ensayos realizados en la Sede de Ate-Lima ubicada en Calle: Berna N° 100, Urb. Los Portales de Javier Prado 1ra Etapa, Ate-Lima.
- ✓ ² Ensayos realizados en la Sede de Villa el Salvador-Lima Ubicada en Asoc. Cruz de Motupe, Mz. B, Lote 4, Villa el Salvador-Lima.

F-IE-02
Revisión: 05
Fecha: 24-01-2019


Celso Roberto Chuquimayo Arellano
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
CQP - 779

El informe de ensayo presentado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados presentados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
Calle Berna N° 100, Urb. "Los Portales de Javier Prado" 1era Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE -103

INFORME DE ENSAYO N° 1902009A

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Aceites y Grasas	EPA – 821-R-10-001 Method 1664 Revision B.	N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable material (SGT – HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.	2010
Cianuro WAD	APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ I, F. 23rd Ed.	Cyanide –Ion Selective Electrode Method. Weak Acid Dissociable Cyanide	2017
Arsénico Total	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part 3030 B, 3114 C. 23rd Ed.	Filtration for Dissolved and Suspended Metals / Continuous Hydride Generation /Atomic Absorption Spectrometry Method	2017

Fin de documento


Celso Roberto Chudomayo Arellano
JEFE DE LABORATORIO DE FQ
CQP - 779

El informe de ensayo presentado no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.
Los resultados presentados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
Calle Berna N° 100, Urb. "Los Portales de Javier Prado" 1era Etapa, Lima-03 / Telf. : 6776533 / 972733385, Correo: rlaboratorio1@gmail.com

Anexo 6.

Certificados de Calibración de Equipos R-Lab



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0262-2018

SERV- 0351-2018
 Pág. 1 de 3

1 Cliente : R-LAB S.A.C.
Dirección : Cal. Berna Nro. 100 Urb. Portales de J. Prado
 1 ET. - Ate - Lima - Lima

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

2 Instrumento Calibrado : Balanza
 Clasificación : No automática
 Marca : OHAUS
 Modelo : PA224C
 Número de serie : B739750282
 Procedencia : China
 Identificación : 31100303
 Capacidad máxima : 220 g
 Capacidad mínima : No indica
 Div. de escala (d) : 0,0001 g
 Div. de verificación (e) : No indica
 Clase de exactitud : No indica
 Tipo : Electrónica
 Ubicación : Laboratorio Físicoquímica - Área de Pesado

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma y sellos del responsable de SAT carecen de validez.

3 Fecha y lugar de calibración
 Fecha de calibración : 2018-04-16
 Lugar de calibración : Instalaciones de R-LAB S.A.C., ubicado en
 Mz. B Lote 4, Asociación de Vivienda de
 Motupe - Villa el Salvador - Lima.

4 Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación según el procedimiento PC-011, 4ta Ed. , "PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO. CLASE I y CLASE II", del INDECOPI-SNM.

5 Trazabilidad

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM.
 Se utilizaron las siguientes pesas patrones con sus respectivos certificados de calibración:

Código	Clase de exactitud	Certificado de calibración
LM-PE2-01	E2	LM-C-417-2017
LM-PE2-03	E2	LM-073-2018
LM-PE2-08	E2	B749105812

Fecha de emisión: 2018-04-26

Ing. VICENTIA LINDA RES VIDAL
 Jefe de Laboratorio de Masa

Ing. YANET I. MALDONADO PANEZ
 Jefe de División de Metrología



6 Resultados de medición

Inspección Visual

AJUSTE DE CERO	Tiene	ESCALA	No aplica
OSCILACIÓN LIBRE	No tiene	CURSOR	No aplica
PLATAFORMA	Tiene	NIVELACIÓN	Tiene
SISTEMA DE TRABA	No tiene		

Ensayo de Repetibilidad

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	23,5	23,7

HUMEDAD RELATIVA (%)	INICIAL	FINAL
	77	78

Medición N°	CARGA L ₁ (g) = 110,0001		E (g)
	I (g)	ΔL (mg)	
1	110,0004	0	0,00028
2	110,0003	0	0,00018
3	110,0004	0	0,00028
4	110,0004	0	0,00028
5	110,0004	0	0,00028
6	110,0004	0	0,00028
7	110,0004	0	0,00028
8	110,0005	0	0,00038
9	110,0005	0	0,00038
10	110,0003	0	0,00018
Diferencia máxima (g)			0,00020
± Error máximo permisible (g)			0,002

Medición N°	CARGA L ₂ (g) = 220,0001		E (g)
	I (g)	ΔL (mg)	
1	220,0006	0	0,00053
2	220,0006	0	0,00053
3	220,0003	0	0,00023
4	220,0004	0	0,00033
5	220,0004	0	0,00033
6	220,0002	0	0,00013
7	220,0002	0	0,00013
8	220,0004	0	0,00033
9	220,0002	0	0,00013
10	220,0002	0	0,00013
Diferencia máxima (g)			0,00040
± Error máximo permisible (g)			0,003

Ensayo de Excentricidad

POSICIÓN DE LAS CARGAS

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	23,7	23,7

2	5
1	
3	4

HUMEDAD RELATIVA (%)	INICIAL	FINAL
	78	78

POSICIÓN DE CARGA	DETERMINACION DE E ₀			DETERMINACION DEL ERROR CORREGIDO E _c					
	CARGA EN CERO (g)	I (g)	ΔL (mg)	E ₀ (g)	CARGA L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (g)	E _c (g)
1	0,0010	0,0010	0	0,00000	70,0000	70,0002	0	0,00015	0,00015
2		0,0008	0	-0,00020		69,9998	0	-0,00025	-0,00005
3		0,0009	0	-0,00010		70,0005	0	0,00045	0,00055
4		0,0010	0	0,00000		70,0004	0	0,00035	0,00035
5		0,0009	0	-0,00010		70,0000	0	-0,00005	0,00005
± Error máximo permisible (g)									0,002





Ensayo de Pesaje

TEMPERATURA (°C)	INICIAL	FINAL
	23,7	23,8

HUMEDAD RELATIVA (%)	INICIAL	FINAL
	78	79

CARGA L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± EMP (g)
	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (g)	E _c (g)	
E ₀ 0,0010	0,0010	0	0,00000	----	----	----	----	----	----
0,0100	0,0100	0	0,00000	0,00000	0,0100	0	0,00000	0,00000	0,001
20,0000	20,0000	0	-0,00001	-0,00001	20,0000	0	-0,00001	-0,00001	0,001
50,0000	50,0001	0	0,00006	0,00006	50,0000	0	-0,00004	-0,00004	0,001
70,0000	70,0003	0	0,00025	0,00025	70,0001	0	0,00005	0,00005	0,002
90,0001	90,0003	0	0,00023	0,00023	90,0001	0	0,00003	0,00003	0,002
110,0001	110,0002	0	0,00008	0,00008	110,0002	0	0,00008	0,00008	0,002
160,0002	160,0004	0	0,00024	0,00024	160,0002	0	0,00004	0,00004	0,002
180,0002	180,0005	0	0,00033	0,00034	180,0004	0	0,00024	0,00024	0,002
200,0001	200,0005	0	0,00044	0,00044	200,0001	0	0,00004	0,00004	0,002
220,0001	220,0003	0	0,00023	0,00023	220,0003	0	0,00023	0,00023	0,003

L: Carga puesta sobre la balanza.
 l: Lectura de la balanza.
 ΔL: Carga incrementada.

E₀: Error en cero.
 E: Error encontrado.
 E_c: Error corregido.

EMP: Error máximo permisible.

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Incertidumbre Expandida (g)	$U_R = 2 \times \sqrt{4,00E-08 \text{ g}^2 + 1,88E-09 \times R^2}$
Lectura corregida (g)	$R_{\text{corregida}} = R - 1,74E-06 \times R$

R= Lectura de la balanza después de la calibración (g)
 E-xx significa potencia de 10. Ejemplo E-04 = 10⁻⁴

La incertidumbre expandida reportada es la incertidumbre combinada multiplicada por el factor de cobertura k = 2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

7 Observaciones

- Se realizó una precarga usando la carga patrón de: 200 g para la cual la balanza indicó: 200,0009 g
- Se realizó un ajuste a la balanza antes de la calibración, se utilizó la pesa de 200 g del cliente de código 31200103 y certificado de calibración PE17-C-1014.
- La balanza es de rango simple.
- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación: CALIBRADO.
- Para esta balanza los Errores Máximos Permisibles (EMP) y capacidad mínima, son correspondientes a los EMP para una balanza en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud I, división de verificación 0,001 g y capacidad mínima 0,01 g, según la norma NMP-003-2009.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código del certificado

TE - 558 - 2018

Pág. 1 de 4

Laboratorio de Temperatura

Fecha de calibración: 2018-04-25
Instrumento de medida: Baño María
Marca: Yamato
Modelo: BM200
Serie: BD900009
Tipo de controlador: Termómetro Analógico
Resolución: 5 °C
Intervalo de indicación: 30 °C a 100 °C
Temperatura de trabajo: 85 °C
Fluido de trabajo: Agua desionizada
Identificación: 31100501
Circulación: Natural
Solicitante: R-LAB S.A.C.
Dirección solicitante: Mza. B Lote 4, Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, Villa El Salvador - Lima
Número de páginas: 04 Pág.
Expediente: E706-1094B-2018
Lugar de la calibración: Área de tratamiento de muestras 1

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son validos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL.

Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe publica y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General o Gerente Técnico de LO JUSTO S.A.C y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Procedimiento utilizado:

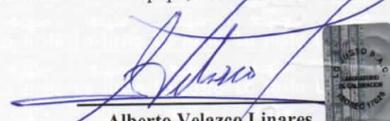
PC-LJ-027 Procedimiento para la caracterización térmica de Baños y Hornos de temperatura controlada, Método de comparación directa para determinar gradientes de temperatura y estabilidad de medios isotermos, Edición 1 "LO JUSTO S.A.C."

Revisado:

Arequipa, 30 de abril de 2018



Alexander Fuentes Velasquez
Responsable Laboratorio de Temperatura y Humedad



Alberto Velasco Linares
Ing. Mecánico CIP 23 716
Gerente General
LO JUSTO S.A.C.



FT02-INRE/MJ Ed. 2

Etiqueta de calibración N° 45974

ISO / IEC 17025

A 081739

Código del certificado

TE - 558 - 2018

Laboratorio de Temperatura

Pág. 2 de 4

Declaración de patrones:

- Termómetro digital de multicanal, con certificado emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-1369-2017.
- Termómetro digital marca ETI Ltd, con número de serie D13420194 y certificado de calibración TE-1297-2017.
- Termohigrómetro, con certificado de calibración TE-1683-2017.
- Cinta métrica Medid Clase I de 8 m con d = 1 mm, código del certificado de calibración emitido por el INACAL, Código del certificado de calibración LLA-069-2017.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Temperatura de trabajo: °C	Selector equipo °C	Temperatura			Estabilidad °C	U _{est} °C	Gradiente °C	U _{grad} °C
		Promedio °C	Máxima °C	Mínima °C				
85	*	84,9	85,8	84,0	0,38	0,038	0,41	0,378

Incertidumbre Expandida para la temperatura máxima y mínima es: 0,04 °C.

- La calibración se realizó a La temperatura de trabajo solicitada por el cliente.
- Las condiciones ambientales al momento de la calibración: Temperatura ambiente: 26,8 °C, Humedad relativa: 65 %HR.
- Se colocó una etiqueta de color plateado con el logotipo de LO JUSTO S.A.C., identificada con el N° 45974
- Los sensores se ubicaron a una distancia aproximada de las paredes internas del 10 %.
- El tiempo de estabilización para alcanzar la temperatura seleccionada fue de 2 horas.
- El baño termostático forma parte de un rotavapor.
- La calibración se realizó con una cubierta de aluminio como tapa.
- El equipo de verificación del baño termostático es un termómetro de líquido en vidrio con alcance de -10 °C a 150 °C y resolución 1 °C.

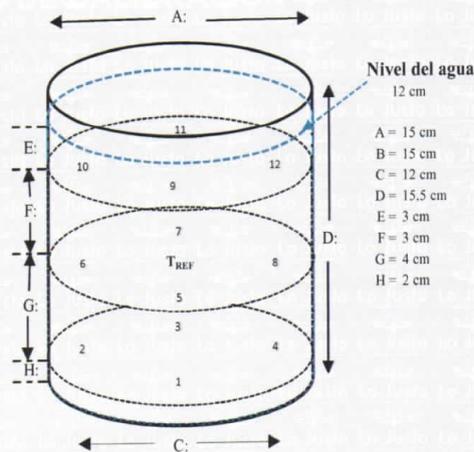
Foto de distribución de los sensores de temperatura y carga durante la calibración



* Foto del Selector



Ubicación de los sensores en la calibración



LO JUSTO S.A.C.
2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081740

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado

TE - 558 - 2018

Pág. 3 de 4

Tabla De Resultados
85 °C

T. ind. °C del Instrumento	Temperatura en las Posiciones de Medición (°C)												T. Prom °C		
	T _{REF}	Plano Inferior				Plano Central				Plano Superior					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	
0	85	84,8	84,8	84,6	84,5	84,9	85,0	84,9	84,8	84,9	84,9	85,0	85,0	85,0	84,9
1	85	84,5	84,7	84,3	84,5	84,8	84,9	84,5	84,5	84,8	84,8	84,6	84,6	84,6	84,6
2	85	84,2	84,5	84,2	84,4	84,7	84,8	84,4	84,6	84,7	85,0	85,5	84,7	85,0	84,7
3	85	84,7	84,6	85,0	85,0	85,2	84,8	85,3	85,0	85,0	85,3	85,5	85,1	85,1	85,0
4	85	85,2	85,2	85,2	85,3	85,5	85,3	85,4	85,3	85,5	85,2	85,8	85,5	85,6	85,4
5	85	85,0	85,1	84,8	84,8	85,3	85,1	84,9	85,0	85,2	85,2	84,7	85,1	85,1	85,0
6	85	84,6	84,9	84,6	84,8	84,9	85,1	84,8	84,8	85,1	85,0	84,5	84,9	84,9	84,8
7	85	84,3	84,6	84,2	84,6	84,8	84,8	84,4	84,5	84,7	84,7	84,6	84,6	84,5	84,6
8	85	84,3	84,3	84,4	84,6	84,9	85,1	85,0	84,4	84,9	85,2	85,5	84,7	85,4	84,8
9	85	84,9	84,4	85,1	84,7	85,4	85,0	85,3	85,1	85,2	85,5	85,7	85,0	85,1	85,1
10	85	85,0	85,2	84,7	85,1	85,6	85,4	85,2	85,2	85,4	85,0	85,3	85,3	85,3	85,2
11	85	84,7	84,9	84,6	84,6	84,9	85,0	84,9	84,9	84,9	85,1	84,9	85,1	84,9	84,9
12	85	84,4	84,7	84,3	84,6	84,8	84,9	84,5	84,6	84,8	84,7	84,4	84,7	84,7	84,6
13	85	84,2	84,7	84,2	84,2	84,6	85,1	84,4	84,5	84,8	85,0	84,6	84,6	84,7	84,6
14	85	84,7	84,2	85,0	84,9	85,1	84,6	85,1	84,9	85,3	85,3	85,8	84,9	84,9	85,0
15	85	85,2	84,8	84,8	85,1	85,4	85,4	85,4	85,3	85,3	85,2	85,7	85,6	84,9	85,2
16	85	84,9	84,8	84,7	85,0	85,3	85,3	85,0	85,0	85,3	85,1	85,0	85,1	85,2	85,1
17	85	84,6	84,7	84,4	84,5	84,8	85,1	84,8	84,7	84,9	85,0	84,9	84,8	84,8	84,8
18	85	84,3	84,6	84,3	84,5	84,8	84,7	84,4	84,5	84,7	84,6	84,5	84,5	84,4	84,5
19	85	84,3	84,9	84,6	84,7	84,9	85,0	84,9	84,5	85,0	85,0	85,0	84,7	84,6	84,8
20	85	84,9	84,5	85,2	85,1	85,2	84,8	85,4	85,0	85,0	85,5	85,7	85,3	85,2	85,1
21	85	84,8	85,1	84,9	84,8	85,3	84,9	85,1	85,0	85,3	85,1	85,4	85,2	85,2	85,1
22	85	84,5	84,7	84,5	84,6	84,8	85,1	84,8	84,7	84,9	85,1	84,9	84,9	84,9	84,8
23	85	84,3	84,8	84,4	84,6	84,8	84,8	84,5	84,5	84,8	84,8	84,6	84,6	84,6	84,6
24	85	84,5	84,5	84,1	84,0	84,6	84,6	84,4	84,3	84,7	84,7	84,7	84,6	84,8	84,5
25	85	85,0	84,6	85,0	85,1	85,1	85,0	85,0	85,2	85,2	85,4	85,3	84,8	84,9	85,0
26	85	84,9	84,9	85,3	85,1	85,4	85,3	85,4	85,3	85,4	85,2	85,5	85,4	85,2	85,3
27	85	84,8	84,9	84,5	84,7	85,0	85,2	85,0	85,0	85,1	85,1	84,9	85,0	85,1	85,0
28	85	84,4	84,6	84,5	84,7	84,8	85,0	84,6	84,7	84,7	84,9	84,7	84,8	84,7	84,7
29	85	84,3	84,4	84,3	84,2	85,0	85,0	84,4	84,4	84,7	85,6	84,6	84,4	84,5	84,6
T. PROM	85	84,7	84,7	84,6	84,7	85,0	85,0	84,9	84,8	85,0	85,1	85,1	84,9	84,9	84,9
T. MAX	85	85,2	85,2	85,3	85,3	85,6	85,4	85,4	85,3	85,5	85,6	85,8	85,6	85,6	85,6
T. MIN	85	84,2	84,2	84,1	84,0	84,6	84,6	84,4	84,3	84,7	84,6	84,4	84,4	84,4	84,4
S _{standard}	0	0,30	0,24	0,33	0,31	0,27	0,22	0,36	0,30	0,25	0,25	0,46	0,31	0,28	0,28

T. PROM Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.
T. Prom Promedio de las temperaturas en los doce puntos mas la Temperatura de Referencia para un instante dado.
T. MAX Temperatura máxima.
T. MIN Temperatura mínima.
S_{standard} Desviación estándar

LO JUSTO S.A.C.

2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081741

Laboratorio de Temperatura

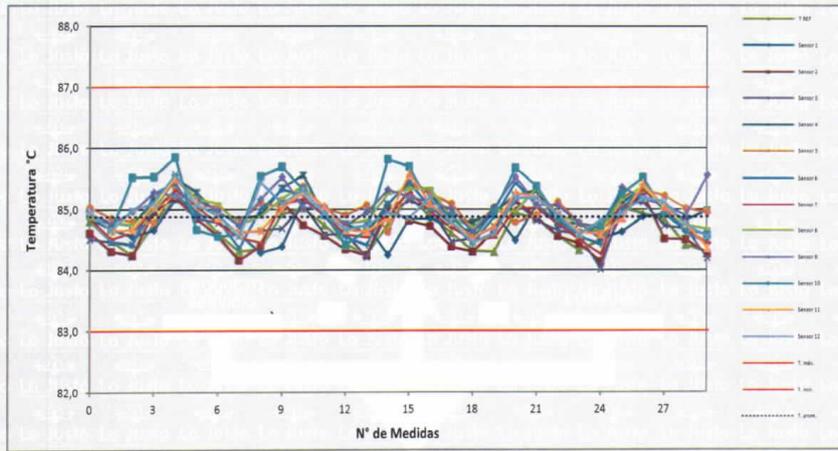
Código del certificado

TE - 558 - 2018

Pág. 4 de 4

GRÁFICO DE LA CALIBRACIÓN

85 °C



** FIN DEL DOCUMENTO **

LO JUSTO S.A.C.

2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081742

INFORME TÉCNICO AL CERTIFICADO TE - 558 - 2018

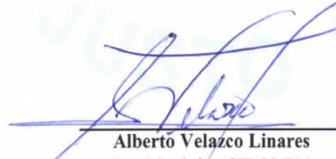
Exp: E706-1094B-2018

1 SOLICITANTE	: R-LAB S.A.C.
2 DIRECCIÓN	: Mza. B Lote 4, Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, Villa El Salvador - Lima
3 INSTRUMENTO DE MEDIDA	: Baño María
Identificación	: 31100501
4 TOLERANCIAS	: $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

5 CONCLUSIONES

- » El solicitante requiere se indique el cumplimiento con las tolerancias correspondientes a sus métodos de ensayo y/o procedimientos.
- » La directriz de INACAL DA-acr-06D Versión:00 en el punto 5.10.5 referente a Opiniones e Interpretaciones, se indica "Cuando el Laboratorio de Ensayo o Calibración le sean solicitadas opiniones, interpretaciones, sugerencias o recomendaciones a partir de los resultados del ensayo o calibración, éstas deben hacerse en un documento que no formen parte del informe de ensayo o certificado de calibración" es por ello que las tolerancias de temperatura y el cumplimiento deben hacerse en un documento que no forme parte del certificado acreditado.
- » Analizando los resultados del certificado de calibración se concluye que durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el Baño María Si cumple con las tolerancias requeridas por el solicitante. Salvo que exista una normativa o razones técnicas que sustenten debidamente lo contrario.

Arequipa, 30 de abril de 2018



Alberto Velazco Linares
Ing. Mecánico CIP 23 716
Gerente General
LO JUSTO S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado
TE-559-2018

Pág. 1 de 10

Fecha de calibración: 2018-04-25

Instrumento de medida: Estufa

Marca: MEMMERT

Modelo: UN75

Serie: B317.0535

Identificación: 31102803

Tipo de Circulación: Ventilación Natural

Temperaturas de Trabajo: 70 °C; 104 °C; 180 °C; 260 °C

Intervalo del selector: 20 °C a 300 °C

Resolución del selector: 0,1 °C (20 °C a 100 °C)
0,5 °C (100 °C a 300 °C)

Solicitante: R-LAB S.A.C.

Dirección solicitante: Mza. B Lote 4, Asoc. de Vivienda
Cruz de Motupe, Villa El Salvador -
Lima

Expediente N°: E706-1094B-2018

Lugar de calibración: Área de Tratamiento de Muestras 2

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad. Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL.

Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General o Gerente Técnico de LO JUSTO S.A.C y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Procedimiento utilizado

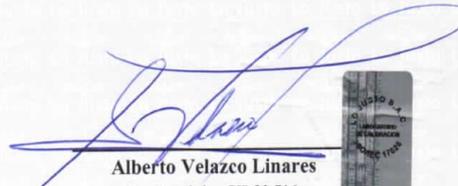
Se utilizó el método de comparación directa "PC-018 Procedimiento para calibración de medios isotermos con aire como medio termostático (SNM-INDECOPI) Edición 2", Lima - Perú.

Aprobación:

Arequipa, 30 de abril de 2018



Alexander Fuentes Velasquez
Responsable Laboratorio de
Temperatura y Humedad



Alberto Velazco Linares
Ing. Mecánico CIP 23 716
Gerente General
LO JUSTO S.A.C.



FT01-INRE/CC Ed. 3

Etiqueta de calibración N° 45975

ISO / IEC 17025

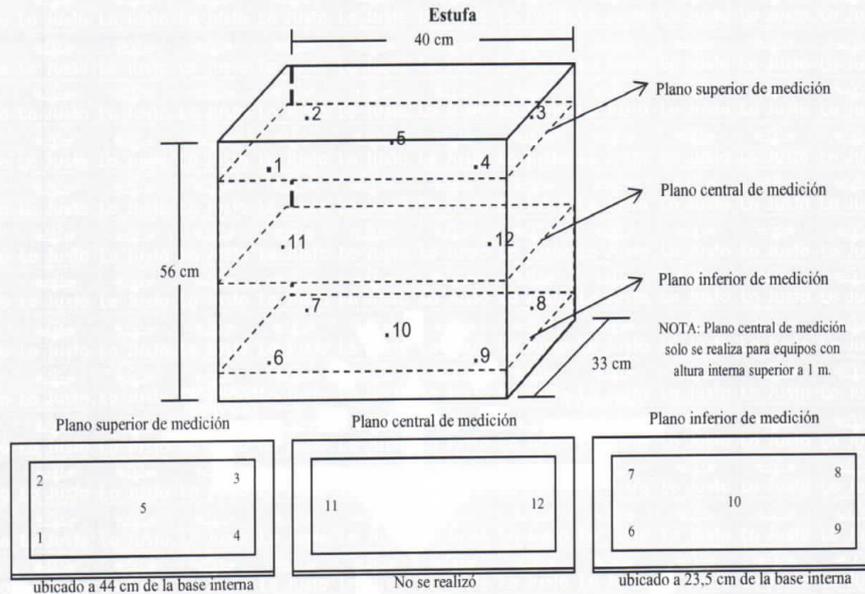
A 081743

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado
TE-559-2018

Pág. 2 de 10

Distribución de los sensores de temperatura en el equipo durante la medición.



Los sensores 1; 2; 3; 4; 6; 7; 8 y 9 se ubicaron a 4 cm de la puerta y fondo, y a 4 cm de las paredes laterales.
Los sensores 5 y 10 se ubicaron en la parte central de cada plano.
Porcentaje de carga del volumen a calibrar: 50%

Declaración de patrones:

- Termómetro digital de multicanal, con certificado emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-1369-2017.
- Termohigrómetro con certificado de calibración emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-1683-2017.
- Medidor de tiempo de indicación digital, con Informe de calibración emitido por INACAL, código del certificado de calibración LTF-010-2018.
- Cinta métrica Medid Clase 1 de 8 m con $d = 1$ mm, código del certificado de calibración emitido por el INACAL, Código del certificado de calibración LLA-069-2017.

Notas y aclaraciones:

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.

Las condiciones ambientales al momento de la calibración fueron: Temperatura ambiente: 27,2 °C, Humedad Relativa 61 %H.R.

Tiempo de estabilización para alcanzar la temperatura configurada cada 2 horas para cada temperatura.

Se ha colocado una etiqueta de color blanco plateado N°45975 respectivamente, en señal de haber sido calibrado.

Se empleó como material de carga para el ensayo Luna de reloj y crisoles.

El termómetro de verificación del medio isotérmico es el mismo selector, termómetro digital.

La trampilla (KLAPPE) del equipo estuvo seteadado en 20% durante la calibración.

LO JUSTO S.A.C.
2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081744

Código del certificado
TE-559-2018

Laboratorio de Temperatura

Pág. 3 de 10

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
70 °C

Tiempo (min.)	T. ind. °C del Instrumento	Temperatura en las Posiciones de Medición (°C)												T Prom. °C	Tmax-Tmin °C
		Plano Superior					Plano Inferior					Plano Central			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0	72,0	71,2	71,3	71,2	71,5	71,4	69,2	68,7	68,7	68,7	68,6	--	--	70,0	3,0
2	72,0	71,2	71,3	71,2	71,4	71,4	69,1	68,7	68,7	68,7	68,6	--	--	70,0	2,9
4	72,0	71,1	71,3	71,1	71,5	71,3	69,2	68,7	68,6	68,9	68,5	--	--	70,0	2,9
6	72,0	71,0	71,2	71,1	71,4	71,3	69,1	68,6	68,6	68,7	68,5	--	--	70,0	2,9
8	72,0	71,2	71,3	71,1	71,5	71,3	68,9	68,6	68,6	68,9	68,5	--	--	70,0	2,9
10	72,0	71,1	71,3	71,1	71,4	71,3	68,9	68,6	68,7	68,9	68,5	--	--	70,0	2,9
12	72,0	71,2	71,3	71,1	71,5	71,3	69,1	68,6	68,6	69,0	68,5	--	--	70,0	3,0
14	72,0	71,2	71,2	71,2	71,5	71,3	69,0	68,7	68,6	69,0	68,6	--	--	70,0	2,9
16	72,0	71,0	71,2	71,1	71,5	71,3	69,1	68,5	68,6	69,0	68,5	--	--	70,0	3,0
18	72,0	70,9	71,2	71,1	71,4	71,2	69,0	68,4	68,6	68,9	68,4	--	--	69,9	3,0
20	72,0	71,1	71,2	71,1	71,4	71,3	69,1	68,4	68,5	68,9	68,4	--	--	69,9	3,0
22	72,0	71,1	71,2	71,1	71,4	71,3	69,0	68,8	68,6	68,9	68,5	--	--	70,0	2,8
24	72,0	71,0	71,2	71,1	71,6	71,3	69,3	68,5	68,7	68,9	68,7	--	--	70,0	3,0
26	72,0	71,0	71,3	71,2	71,5	71,4	69,1	68,7	68,7	69,0	68,5	--	--	70,0	3,0
28	72,0	71,1	71,2	71,2	71,4	71,3	69,0	68,6	68,6	69,0	68,5	--	--	70,0	2,9
30	72,0	71,1	71,2	71,1	71,6	71,3	69,2	68,6	68,7	69,1	68,5	--	--	70,0	3,0
32	72,0	71,2	71,2	71,1	71,4	71,3	69,3	68,6	68,6	69,0	68,6	--	--	70,0	2,9
34	72,0	71,0	71,2	71,1	71,4	71,3	69,2	68,7	68,7	69,0	68,6	--	--	70,0	2,8
36	72,0	71,1	71,2	71,2	71,4	71,3	69,2	68,6	68,6	69,0	68,6	--	--	70,0	2,8
38	72,0	71,0	71,2	71,2	71,4	71,3	69,2	68,5	68,7	68,9	68,5	--	--	70,0	3,0
40	72,0	71,0	71,2	71,0	71,4	71,2	69,0	68,5	68,6	68,9	68,5	--	--	69,9	2,9
42	72,0	71,0	71,2	71,0	71,3	71,2	69,1	68,6	68,6	68,9	68,5	--	--	69,9	2,8
44	72,0	71,0	71,1	70,9	71,4	71,2	69,1	68,4	68,5	68,9	68,3	--	--	69,9	3,1
46	72,0	71,2	71,2	71,1	71,4	71,2	69,1	68,5	68,5	68,9	68,6	--	--	70,0	2,9
48	72,0	71,1	71,2	71,1	71,5	71,2	69,2	68,7	68,6	69,0	68,7	--	--	70,0	2,9
50	72,0	71,3	71,2	71,1	71,5	71,3	69,3	68,5	68,8	69,1	68,8	--	--	70,1	3,0
52	72,0	71,2	71,3	71,1	71,5	71,3	69,4	68,7	68,6	69,1	68,8	--	--	70,1	2,8
54	72,0	71,2	71,3	71,2	71,3	71,4	69,4	68,6	68,7	69,1	68,7	--	--	70,1	2,7
56	72,0	71,1	71,3	71,1	71,4	71,4	69,3	68,7	68,7	69,1	68,6	--	--	70,1	2,8
58	72,0	71,1	71,2	71,1	71,5	71,3	69,2	68,6	68,6	68,9	68,6	--	--	70,0	2,9
60	72,0	71,1	71,2	71,0	71,4	71,3	68,9	68,5	68,7	68,9	68,4	--	--	69,9	3,0
T. PROM	72,0	71,1	71,2	71,1	71,4	71,3	69,1	68,6	68,6	68,9	68,6	--	--	70,0	
T. MAX	72,0	71,3	71,3	71,2	71,6	71,4	69,4	68,8	68,8	69,1	68,8	--	--		
T. MIN	72,0	70,9	71,1	70,9	71,3	71,2	68,9	68,4	68,5	68,7	68,3	--	--		
DTT	0,0	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	--	--		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	71,6	0,31
Mínima Temperatura Medida	68,3	0,30
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,5	0,10
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,9	0,11
Estabilidad Medida (±)	0,25	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,11
Selector del equipo	72,0	

T. PROM Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom Promedio de las temperaturas en los diez puntos de medición para un instante dado.
T. MAX Temperatura máxima.
T. MIN Temperatura mínima.
DTT Desviación de la temperatura en el tiempo.

Laboratorio de Temperatura

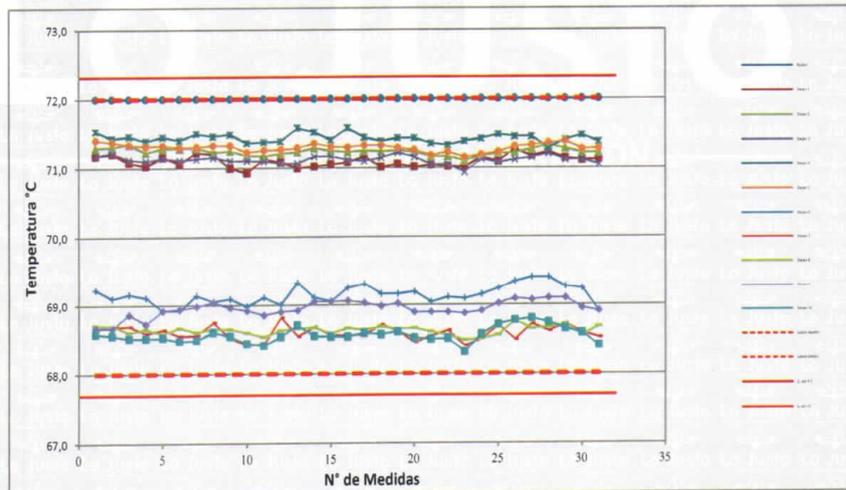
Código del certificado
TE-559-2018

Pág. 4 de 10

Foto de distribución de los sensores de temperatura y carga durante la calibración



GRAFICOS DE LA CALIBRACIÓN
70 °C



LO JUSTO S.A.C.
2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081746

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado
TE-559-2018

Pág. 5 de 10

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
104 °C

Tiempo (min.)	T. ind. °C del Instrumento	Temperatura en las Posiciones de Medición (°C)												T Prom. °C	Tmax-Tmin °C
		Plano Superior					Plano Inferior					Plano Central			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0	106,0	105,1	105,0	104,9	104,7	105,1	103,0	102,7	102,9	102,8	102,6	--	--	103,9	2,5
2	106,0	105,1	105,0	104,9	104,8	105,1	102,7	102,7	103,1	102,8	102,6	--	--	103,9	2,5
4	106,0	105,0	104,9	105,0	104,7	105,1	102,6	102,7	102,7	102,8	102,5	--	--	103,8	2,6
6	106,0	105,0	105,0	105,1	104,8	105,1	102,8	102,6	102,7	102,8	102,5	--	--	103,8	2,7
8	105,9	105,0	104,9	104,9	104,9	105,0	102,6	102,5	102,8	102,7	102,3	--	--	103,8	2,6
10	106,0	105,2	104,9	104,9	104,8	105,0	102,5	102,6	102,7	102,8	102,4	--	--	103,8	2,8
12	105,9	105,0	104,9	104,9	104,6	105,0	102,5	102,5	102,4	102,8	102,5	--	--	103,7	2,6
14	106,0	105,0	104,9	105,1	104,9	105,1	102,6	102,4	102,8	102,7	102,6	--	--	103,8	2,7
16	106,0	105,1	105,0	105,0	104,9	105,1	102,6	102,7	102,8	102,6	102,6	--	--	103,8	2,6
18	106,0	105,2	105,0	104,9	104,7	105,1	102,7	102,5	102,8	102,7	102,5	--	--	103,8	2,7
20	106,0	105,2	105,0	105,1	104,7	105,1	102,8	102,6	102,7	102,8	102,6	--	--	103,9	2,6
22	106,0	105,1	104,9	105,1	104,8	105,1	102,7	102,7	102,7	102,8	102,5	--	--	103,8	2,6
24	106,0	105,0	104,9	104,9	104,8	105,1	102,7	102,5	103,0	102,8	102,4	--	--	103,8	2,6
26	106,0	105,0	104,9	104,8	104,9	105,0	102,6	102,7	102,6	102,7	102,6	--	--	103,8	2,5
28	105,9	105,0	104,9	104,9	104,7	105,0	102,4	102,6	102,8	102,6	102,5	--	--	103,7	2,6
30	106,0	105,0	104,9	104,8	104,7	105,1	102,6	102,7	102,8	102,7	102,6	--	--	103,8	2,5
32	106,0	105,1	104,9	104,9	105,1	105,1	102,9	102,6	102,9	102,8	102,5	--	--	103,9	2,6
34	106,0	105,1	104,9	104,9	104,8	105,1	102,5	102,6	102,8	102,6	102,6	--	--	103,8	2,6
36	105,9	105,0	104,9	105,1	104,8	105,0	102,4	102,5	102,8	102,6	102,4	--	--	103,8	2,7
38	106,0	105,0	104,9	104,9	105,0	105,0	102,5	102,7	102,5	102,7	102,4	--	--	103,8	2,6
40	106,0	105,0	104,9	105,0	104,7	105,1	102,7	102,6	102,5	102,9	102,5	--	--	103,8	2,6
42	106,0	105,2	105,0	105,0	104,7	105,0	102,7	102,4	102,6	102,7	102,4	--	--	103,8	2,7
44	106,0	105,1	105,0	104,9	104,7	105,2	102,8	102,7	102,9	102,9	102,5	--	--	103,9	2,6
46	106,0	105,0	104,9	105,0	104,7	105,1	102,7	102,7	102,5	102,8	102,6	--	--	103,8	2,6
48	106,0	105,0	104,9	105,0	104,7	105,0	102,8	102,6	102,7	102,8	102,5	--	--	103,8	2,6
50	106,0	105,1	104,9	105,1	104,6	105,1	102,7	102,7	102,4	102,6	102,6	--	--	103,8	2,7
52	106,0	105,0	104,9	104,9	104,7	105,1	102,8	102,5	102,7	102,7	102,5	--	--	103,8	2,6
54	106,0	105,2	105,0	105,0	105,0	105,1	102,6	102,6	102,8	102,7	102,5	--	--	103,9	2,7
56	106,0	105,1	104,9	104,9	104,7	105,1	102,7	102,5	103,0	102,7	102,6	--	--	103,8	2,6
58	105,9	105,1	105,0	104,8	104,7	105,1	102,6	102,6	102,9	102,4	102,5	--	--	103,8	2,7
60	106,0	105,1	105,0	104,8	104,8	105,1	102,7	102,7	102,9	102,8	102,6	--	--	103,8	2,6
T. PROM	106,0	105,1	104,9	105,0	104,8	105,1	102,7	102,6	102,7	102,7	102,5	--	--	103,8	
T. MAX	106,0	105,2	105,0	105,1	105,1	105,2	103,0	102,7	103,1	102,9	102,6	--	--		
T. MIN	105,9	105,0	104,9	104,8	104,6	105,0	102,4	102,4	102,4	102,4	102,3	--	--		
DTT	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,6	0,4	0,7	0,4	0,3	--	--		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	105,2	0,32
Mínima Temperatura Medida	102,3	0,30
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,7	0,10
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,6	0,11
Estabilidad Medida (±)	0,35	0,04
Uniformidad Medida	2,8	0,11
Selector del equipo	106,0	

T. PROM Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom Promedio de las temperaturas en los diez puntos de medición para un instante dado.
T. MAX Temperatura máxima.
T. MIN Temperatura mínima.
DTT Desviación de la temperatura en el tiempo.

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado

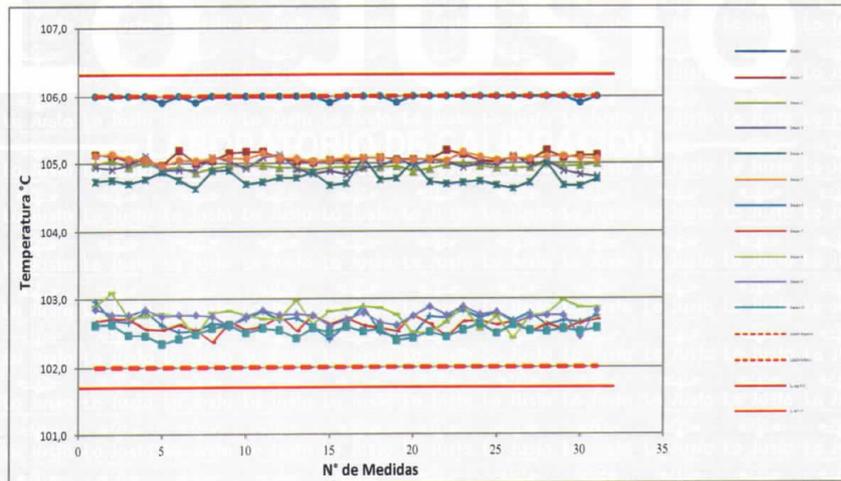
TE-559-2018

Pág. 6 de 10

Foto de distribución de los sensores de temperatura y carga durante la calibración



GRAFICOS DE LA CALIBRACIÓN
104 °C



LO JUSTO S.A.C.

2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081748

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado
TE-559-2018

Pág. 9 de 10

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
260 °C

Tiempo (min.)	T. ind. °C del Instrumento	Temperatura Convencionalmente verdadera °C												T Prom. °C	Tmax-Tmin °C
		Plano Superior					Plano Inferior					Plano Central			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0	260,9	261,2	261,2	261,3	261,0	261,0	258,3	258,6	259,1	259,2	259,5	--	--	260,0	3,1
2	260,9	261,1	261,1	261,3	260,8	261,0	258,6	258,3	258,9	259,1	258,8	--	--	259,9	2,9
4	261,0	261,2	261,2	261,3	260,9	261,1	258,7	258,3	258,5	259,0	259,5	--	--	260,0	3,1
6	261,0	261,2	261,3	261,6	261,0	261,1	259,1	258,3	259,5	258,9	259,1	--	--	260,1	3,3
8	261,0	261,4	261,3	261,4	261,0	261,1	258,9	258,7	259,4	259,0	259,5	--	--	260,2	2,8
10	261,0	261,3	261,3	261,5	261,0	261,1	258,3	258,3	259,2	258,9	259,6	--	--	260,0	3,2
12	261,0	261,2	261,2	261,5	261,0	261,0	259,1	259,4	259,1	259,3	258,9	--	--	260,2	2,6
14	261,0	261,2	261,2	261,5	261,1	261,1	258,6	258,5	259,4	259,6	259,2	--	--	260,1	3,0
16	261,0	261,3	261,2	261,4	261,1	261,1	259,0	259,6	258,7	259,5	259,2	--	--	260,2	2,7
18	261,0	261,3	261,2	261,7	261,2	261,2	259,3	259,0	259,7	259,1	259,4	--	--	260,3	2,6
20	261,0	261,3	261,3	261,5	261,1	261,1	259,0	259,5	259,3	259,3	259,2	--	--	260,3	2,5
22	261,0	261,2	261,2	261,4	261,0	261,1	258,9	259,1	259,6	259,0	259,4	--	--	260,2	2,5
24	261,0	261,2	261,3	261,4	261,1	261,0	258,8	259,2	259,1	259,6	259,4	--	--	260,2	2,5
26	260,9	261,1	261,1	261,4	261,0	261,0	258,7	259,2	259,1	258,8	259,0	--	--	260,0	2,7
28	260,9	261,2	261,2	261,4	260,9	261,1	258,3	258,3	258,9	258,6	259,1	--	--	259,9	3,1
30	261,0	261,2	261,1	261,3	260,9	261,0	258,8	258,5	259,3	259,0	259,5	--	--	260,1	2,8
32	261,0	261,3	261,4	261,5	261,0	261,0	258,5	259,1	259,1	259,6	258,9	--	--	260,2	3,0
34	261,0	261,3	261,4	261,5	261,1	261,3	259,1	258,6	259,5	259,3	259,4	--	--	260,2	2,9
36	261,0	261,4	261,4	261,6	261,2	261,2	259,5	259,7	259,5	259,2	259,3	--	--	260,4	2,4
38	261,0	261,3	261,3	261,7	261,3	261,1	259,0	258,7	259,6	259,2	259,6	--	--	260,3	2,9
40	261,0	261,4	261,4	261,6	261,1	261,2	258,9	259,5	259,7	259,2	259,6	--	--	260,4	2,6
42	261,0	261,3	261,4	261,4	261,2	261,2	259,1	259,2	258,9	259,4	259,4	--	--	260,2	2,6
44	261,0	261,4	261,4	261,5	261,1	261,1	259,2	259,3	259,3	258,7	259,1	--	--	260,2	2,8
46	260,9	261,3	261,2	261,4	261,1	261,0	258,7	258,7	259,1	259,1	258,8	--	--	260,0	2,7
48	260,9	261,2	261,2	261,2	261,0	260,9	258,7	259,2	259,0	259,2	258,9	--	--	260,0	2,5
50	261,0	261,2	261,1	261,6	260,8	260,9	258,9	259,3	258,9	258,9	259,2	--	--	260,1	2,7
52	261,0	261,4	261,3	261,4	261,1	261,3	258,3	259,1	259,3	259,0	259,5	--	--	260,2	3,2
54	261,0	261,3	261,3	261,6	261,1	261,2	259,3	259,5	259,6	259,6	258,9	--	--	260,3	2,7
56	261,0	261,3	261,3	261,5	261,1	261,1	258,4	258,9	259,3	259,1	259,0	--	--	260,1	3,1
58	261,0	261,3	261,4	261,7	261,1	261,1	258,6	259,5	259,6	258,8	259,1	--	--	260,2	3,1
60	261,0	261,2	261,2	261,5	260,9	261,1	259,1	258,4	259,4	259,2	259,2	--	--	260,1	3,1
T. PROM	261,0	261,3	261,3	261,5	261,0	261,1	258,8	259,0	259,2	259,2	259,2	--	--	260,2	
T. MAX	261,0	261,4	261,4	261,7	261,3	261,3	259,5	259,7	259,7	259,6	259,6	--	--		
T. MIN	260,9	261,1	261,1	261,2	260,8	260,9	258,3	258,3	258,5	258,6	258,8	--	--		
DTT	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	1,3	1,5	1,2	1,0	0,9	--	--		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	261,7	0,30
Mínima Temperatura Medida	258,3	0,30
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,5	0,10
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,6	0,13
Estabilidad Medida (±)	0,75	0,04
Uniformidad Medida	3,3	0,16
Selector del equipo	261,0	

T. PROM Promedio de la temperatura en un solo punto de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom Promedio de las temperaturas en los diez puntos de medición para un instante dado.
T. MAX Temperatura máxima.
T. MIN Temperatura mínima.
DTT Desviación de la temperatura en el tiempo.

ISO / IEC 17025

A 081751

Laboratorio de Temperatura

Código del certificado

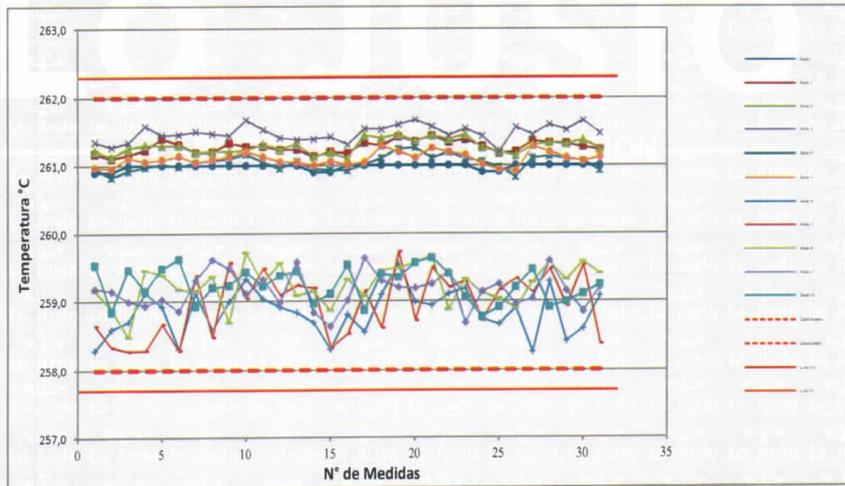
TE-559-2018

Pág. 10 de 10

Foto de distribución de los sensores de temperatura y carga durante la calibración



GRAFICOS DE LA CALIBRACIÓN
260 °C



** FIN DEL DOCUMENTO **

LO JUSTO S.A.C.
2018-04-30

ISO / IEC 17025

A 081752

INFORME TÉCNICO AL CERTIFICADO TE-559-2018

Exp: E706-1094B-2018

1 SOLICITANTE	: R-LAB S.A.C.
2 DIRECCIÓN	: Mza. B Lote 4, Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, Villa El Salvador - Lima
3 INSTRUMENTO DE MEDIDA	: Estufa
Identificación	: 31102803
4 TOLERANCIAS	: 70 °C ± 2 °C ; 104 °C ± 2 °C ; 180 °C ± 2 °C 260 °C ± 2 °C

5 CONCLUSIONES

- » El solicitante requiere se indique el cumplimiento con las tolerancias correspondientes a sus métodos de ensayo y/o procedimientos.
- » La directriz de INACAL DA-acr-06D Versión:00 en el punto 5.10.5 referente a Opiniones e Interpretaciones, se indica "Cuando el Laboratorio de Ensayo o Calibración le sean solicitadas opiniones, interpretaciones, sugerencias o recomendaciones a partir de los resultados del ensayo o calibración, éstas deben hacerse en un documento que no formen parte del informe de ensayo o certificado de calibración" es por ello que las tolerancias de temperatura y el cumplimiento deben hacerse en un documento que no forme parte del certificado acreditado.
- » Analizando los resultados del certificado de calibración se concluye que durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma Si cumple con las tolerancias requeridas por el solicitante. Salvo que exista una normativa o razones técnicas que sustenten debidamente lo contrario. Según el punto 11. del PC-018 Declaración de cumplimiento de Límites específicos de Temperatura.

Arequipa, 30 de abril de 2018



Alberto Velasco Linares
Ing. Mecánico CIP 23 716
Gerente General
LO JUSTO S.A.C.

ISO / IEC 17025

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y VERIFICACION OPERACIONAL

AA 11-18

Cliente:	R-LAB S.A.C.
Contacto - Responsable:	Ing. Roberto Chuquimayo
Instrumento:	Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Marca:	Varian
Modelo:	AA240
Número de serie:	E106103765
Identificación interna del equipo:	31106201
Fecha de servicio / Fecha próximo mantenimiento:	Octubre 22, 2018 / Octubre 2019
Versión de software:	SpectrAA versión 5.1

1. RESUMEN DEL MANTENIMIENTO

Se realizan las pruebas iniciales del equipo para evaluar las condiciones iniciales de ruido y absorbancia para solución de Cu 5 ppm en condiciones estándar de operación.

Se encuentra el equipo con bastante suciedad y polvo al interior del mismo.

Se realiza limpieza general interna y externa del equipo. Se limpian la caja de gases, las tarjetas electrónicas, el sistema óptico, el compartimiento de lámparas y el bloque del quemador. Así mismo se realiza la verificación de los cables y conectores de los equipos.

Se limpian las ventanas de separación del compartimento de llama.

Se lavan todas las componentes de la cámara de nebulización y se les cambia todas las orings.

Se realiza el mantenimiento del accesorio Generador de Vapor VGA77 con número de serie AY0904M223.

Se realizan las pruebas finales de verificación con la ayuda del software de diagnóstica y estandar de cobre de 5 ppm proporcionado por el cliente.

Estándar empleado:

Marca: Merck KGaA

Lote: HC57095486

Concentración: 1.000 mg/L Cobre

Vencimiento: Noviembre 30, 2018

2. CONDICIONES INICIALES DEL INSTRUMENTO

Test de ruido inicial	0.0000
<i>Lámpara de cobre a 324.75 nm y 1 nm de abertura de rendija, sin llama debe dar 0.000 +/- 0.001 absorbancias</i>	
Test de absorbancia inicial con solución de Cu de 5 ppm (con flow spoiler)	0.7351
<i>Lámpara de cobre a 324.75 nm y 0.5 nm de abertura de rendija, llama aire/acetileno debe ser al menos de 0.40 absorbancias con flow spoiler o al menos 0.55 absorbancias sin flow spoiler</i>	
Velocidad inicial de toma de muestra del nebulizador	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Debe dar un valor entre 5 y 8 ml</i>	

3. REVISION GENERAL DEL EQUIPO

	PASA	OBSERVACIONES
<i>Limpieza general del instrumento, interior y exterior</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Revisión y limpieza del sistema de gases</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se encontró con bastante polvo
<i>Válvulas solenoides y mangueras de suministro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Aire</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Oxido nitroso</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Acetileno</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Reservorio interno de aire</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Switch de presión de aire</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Funciona correctamente
<i>Ignitor</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se limpió de hollín en su superficie
<i>Solenoides ignición</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tubería capilar</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Limpieza de las tarjetas electrónicas.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se retira el polvo de las tarjetas
<i>Tarjeta de la fuente de poder.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tarjeta del fotomultiplicador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Mainboard</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tarjeta SIPS</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Verificación de las conexiones</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Verificación del sistema óptico</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Todos los espejos y lentes en buen estado
<i>Espejos ópticos.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Ventanas laterales</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se limpia la suciedad de su superficie
<i>Monocromador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Beam Splitter</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Chopper</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Micrómetro</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

4. SISTEMA DE NEBULIZACIÓN	PASA	OBSERVACIONES
<i>Cambio de o-rings</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se reemplazaron todos los orings
<i>Bloque del nebulizador.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tapón alivio de presión</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Aguja</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Guía de la aguja</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Venturi</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Ajuste del bastón de impacto</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tornillos (3)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Alimentación de gases a la cámara(2)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Quemador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Verificación de interruptores de seguridad.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Todos funcionan de forma correcta
<i>Falta de agua en la trampa de líquido.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tapón de alivio.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Pin del quemador correcto</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Presión de oxidante baja.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Sensor de llama.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Puerta de protección de la llama.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Verificar el cambio de llama con quemador de N₂ O</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Limpieza y verificación del sistema de nebulización.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Limpieza de la ranura del quemador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se lavaron los quemadores
<i>Verificación que abertura del quemador sea uniforme</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Revise el tubo de drenaje para un buen flujo.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Verifique que el tubo de drenaje este sobre el líquido</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>El recipiente de residuos no es de cristal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Compruebe el sistema de extracción.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Flow spoiler</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tornillo de ajuste de flujo</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Cojinete del nebulizador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Aguja</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Resorte</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Guía de la aguja</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Venturi</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Bastón de impacto</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Trampa de líquido y flotador</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Bloque del nebulizador.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<i>Tapón de alivio de presión</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	

5. VERIFICACION DE SUMINISTRO DE BAJO VOLTAJE (MAINBOARD)

Ranura 12 voltios (Debe estar entre +10.8 y +13.2 voltios)	12.30
Ranura -12 voltios (Debe estar entre -13.2 y -10.8 voltios)	-11.80
Ranura 5 voltios (Debe estar entre +4.5 y +5.5 voltios)	5.20
Ranura -5 voltios (Debe estar entre -5.5 y -4.5 voltios)	-5.10
Ranura 30 voltios (Debe estar entre +27 y +33 voltios)	31.60

6. VERIFICACION DE LA SEÑAL

Verificar alineación lámpara HC	<input checked="" type="checkbox"/>
Verificar alineación lámpara D2	<input checked="" type="checkbox"/>
Verificación de la longitud de onda	324.7

Lámpara de cobre, barrido de aprox 100 nm, debe mostrar el pico dentro de 324.3 - 325.1 nm

Test de ganancia del tubo fotomultiplicador	29%
---	-----

Lámpara de cobre a 324.75 nm y con anchura de rendija de 0.5 nm debe dar como máximo 50%

Test de ruido final	0.0002
---------------------	--------

Lámpara de cobre a 324.75 nm y 1 nm de abertura de rendija, sin llama debe dar 0.000 +/- 0.001 absorbancias

Velocidad final de toma de muestra del nebulizador	<input checked="" type="checkbox"/>
--	-------------------------------------

Debe dar un valor entre 5 y 8 ml

7. VERIFICACION DE LA COMUNICACION.

Verificar la comunicación del equipo con la PC	<input checked="" type="checkbox"/>
Verificar la comunicación de los accesorios (de ser el caso).	<input checked="" type="checkbox"/>

8. MÓDULO VGA77

	PASA	OBSERVACIONES
Limpieza y verificación de los componentes internos del equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificación de las mangueras y tubos del equipo (cambiar si es necesaria)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificar el separador de gas a liquido (cambiar si es necesario)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificar el funcionamiento de la bomba peristáltica	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificación de los fisibles del equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificación del funcionamiento del accesorio	<input checked="" type="checkbox"/>	

VERIFICACION OPERACIONAL

9. RENDIMIENTO ANALITICO

Test de absorbancia de blanco reactivo	0.0002
--	--------

Lámpara de cobre a 324.75 nm y 0.5 nm de abertura de rendija, llama aire/acetileno debe dar un valor de 0.000 +/- 0.004 unidades de absorbancia

Test de absorbancia final con solución de Cu de 5 ppm (con flow spoiler)	0.6969
--	--------

Lámpara de cobre a 324.75 nm y 0.5 nm de abertura de rendija, llama aire/acetileno debe ser al menos de 0.4 absorbancias con flow spoiler o al menos 0.55 absorbancias sin flow spoiler

10. REPORTE OPERACIONAL SOFTWARE DE VERIFICACIÓN PASA OBSERVACIONES

VERIFICACIÓN	PASA	OBSERVACIONES
Verificación de la frecuencia	<input checked="" type="checkbox"/>	Frecuencia medida = 60 Hz
Verificación del suministro de energía	<input checked="" type="checkbox"/>	Todos los voltajes dentro del rango normal
Verificación del balance del haz	<input checked="" type="checkbox"/>	
Perpendicularidad del grating (lámpara codificada)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Repetibilidad de longitud de onda	<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificación mecánica	<input checked="" type="checkbox"/>	
Motor de Longitud de onda	<input checked="" type="checkbox"/>	
Motor de ranura	<input checked="" type="checkbox"/>	
Motor de la torreta de lámparas	NA	No Aplica
Motor de ajuste automático del quemador	NA	No Aplica
Misceláneos	<input checked="" type="checkbox"/>	
Linealidad de procesamiento de señal	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensores de seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	Todos funcionan correctamente
Quemador fijado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Quemador de N ₂ O fijado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Puerta de seguridad de llama	<input checked="" type="checkbox"/>	
Control de gases fijado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tapón de alivio de presión	<input checked="" type="checkbox"/>	
Trampa de líquido fijado	<input checked="" type="checkbox"/>	
Detector de llama	<input checked="" type="checkbox"/>	
Unidad de control de gases activa	<input checked="" type="checkbox"/>	
Presión de oxidante	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambio de oxidante de aire a N ₂ O	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ignición	<input checked="" type="checkbox"/>	
Auto reconocimiento de lámparas	<input checked="" type="checkbox"/>	
Monitorización de la temperatura GTA	NA	No Aplica

11. CONSUMIBLES Y REPUESTOS UTILIZADOS EN EL MANTENIMIENTO

Cantidad	Descripción	Código
1	Juego de oring para nebulizador MK-7	9910093400

12. CONSUMIBLES Y REPUESTOS RECOMENDADOS

Cantidad	Descripción	Código
1	Juego de oring para nebulizador MK-7	9910093400

13. CONCLUSIONES, OBSERVACIONES, RECOMENDACIONES FINALES

El equipo cumple con todas la especificaciones técnicas del fabricante en cuanto a sus parámetros de operatividad y pasa de forma satisfactoria todas las pruebas de verificación. Se recomienda mantener las presiones de ingreso del acetileno en 12 psi y de los oxidantes en 50 psi. El equipo queda operativo y en buenas condiciones de operación.

14. ANEXOS

- Prueba de ruido inicial
- Pruebas de absorbancia inicial para estándar de Cu de 5ppm
- Barrido de longitud de onda de cobre
- Prueba de ruido final
- Prueba de lectura de blanco reactivo
- Prueba de absorbancia para una solución de Cu de 5 ppm
- Reporte del software de diagnóstico, verificación de desempeño

Ingeniero de Servicio:	Emilio Lisson M. RPC. 993360237	
------------------------	------------------------------------	---


MARIO LAGOS DROVILLA
Gerente General
ANALYTICAL S.A.C.

Anexo 7.

Certificados de Acreditación de Laboratorio

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE,

OTORGA la presente Acreditación a:

R-LAB S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Calle Berna N° 100 Urb. Los Portales de Javier Prado, Primera Etapa, distrito de Ate, provincia de Lima y departamento de Lima

Fecha de Acreditación: 14 de noviembre de 2016

Fecha de Vencimiento: 14 de noviembre de 2019

Registro N° LE - 103

Fecha de emisión: 21 de noviembre de 2016

DA-acr-01P-02M Ver. 00

Augusto Mello Romero

Director - Dirección de Acreditación



Anexo 8.

Estándar de Calidad de Agua

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (E.): ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabrillas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (E.): erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (E.): hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (E.): habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (E.): árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (E.): trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (E.): algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (E.): maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Preclíse que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los Instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la Información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cloruro Total	mg/L	0,07	**	**
Cloruro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitritos (NO ₂ -) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ -) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperature	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₉ - C ₂₆)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,08	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2-Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Oxanotrioxidos				
Meclon	mg/L	0,19	0,0001	**
Oxanoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoos, copepodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁴	<5x10 ⁴

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{ECA_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{ECA_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{ECA_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{ECA_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitros ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitros ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Berio	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos Intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Ácidos y Greses	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cloruro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala PVCo	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ -) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	60	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Teluro	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,061	0,061	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCBs)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃-).

(d) Área Aprobada: Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	8,8	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,28	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,787	0,258	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*) El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Gresas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitritos (NO ₂ -N) + Nitros (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitros (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Berio	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Peratón	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	Et: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Ácidos y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cloruro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,082
Nitritos (NO ₂) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Piombo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Teluro	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benz(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endén	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000036	0,000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Sierra	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000038	0,000038
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,00	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,58	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,80	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,58	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,80	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,58

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus Informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.