

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES  
PROCEDENTES DE PRE LAVADOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS  
Y DERIVADOS DEL AGUA S. A. C. PARA DISMINUIR EL  
CONSUMO DE AGUA POTABLE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**ELÍ LEONARDO TELLO ARAUJO**

**ASESOR**

**MARIA LUISA ESPINOZA GARCIA URRUTIA**

**<https://orcid.org/0000-0002-7527-3834>**

**Chiclayo, 2021**

**PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES  
PROCEDENTES DE PRE LAVADOS EN LA EMPRESA  
INDUSTRIAS Y DERIVADOS DEL AGUA S. A. C. PARA  
DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE**

PRESENTADA POR:  
**ELÍ LEONARDO TELLO ARAUJO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Vanessa Castro Delgado  
PRESIDENTE

Danny Bustamante Sigüeñas  
SECRETARIO

Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A nuestro Dios, el que me ha dado la fuerza para continuar cuando estuve a punto de caer, por ello desde lo más dentro de mi humilde corazón, le dedico todo el trabajo realizado.

De igual manera, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos hábitos, sentimientos y valores que me han permitido a salir adelante en los momentos más arduos.

Al hombre que me dio la vida, que siempre estuvo ahí para apoyarme y a motivarme para no dejar pasar esta oportunidad de consolidar mis estudios profesionales.

A mi gran amigo Cesar, que lo conocí cuando realicé mis prácticas preprofesionales, estaré eternamente agradecido por su apoyo y sus conocimientos que me dieron otras perspectivas de mi trabajo realizado, hicieron de esta una de las más especiales experiencias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias, aprendizajes y felicidad.

## **PRESENTACIÓN**

Actualmente, diversas empresas de todo tipo de rubro tienen un ineficiente manejo de sus recursos necesarios para la producción, como la electricidad, el agua, los insumos y las materias primas. Debido a la creciente preocupación latente por el medio ambiente, las empresas están optando por aplicar en la gestión, procesos y tecnología que ayuden a mejorar el tema de la reutilización de sus recursos, con el fin de generar una mayor producción con el mínimo de materiales, generando menor cantidad de residuos y cuidando al medio ambiente, mediante la disminución de agentes contaminantes.

La presente investigación pretende solucionar uno de los problemas que actualmente enfrenta la empresa Industrias y Derivados S. A. C, que se dedica a la producción y envasado de agua de mesa en bidones retornables de 20 litros, donde se utiliza agua proveniente de la red pública, para el lavado de bidones en las áreas de Pre Lavado I y II; de los cuales se elimina grandes volúmenes de aguas residuales que si bien están por debajo de los valores máximos permisibles, pueden ser reutilizados, previo la implementación de un sistema de tratamiento, para procesos de limpieza externa a la planta, lavado de vehículos, uso en sanitarios, así mismo ayudaría a ahorrar en costos por consumo de agua.

**El Autor**

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la empresa Industrias y Derivados S. A. C. la cual se dedica a la producción de agua de mesa.

La investigación está enfocada en dos áreas que tiene esta empresa: Pre Lavado I y II, en donde se genera una elevada cantidad de agua residual que, por sus características fisicoquímicas, pueden ser tratadas para ser utilizadas en etapas indirectas al proceso productivo.

Inicialmente se caracterizó esta agua residual, obteniendo parámetros que cumplen con los valores máximos admisibles para su descarga en el alcantarillado, pero no para la reutilización en etapas indirectas al proceso productivo. Seguidamente, se investigó y se seleccionó opciones de tratamiento para la reutilización de las aguas procedentes de Pre Lavados. Mediante la utilización del método de factores ponderados se seleccionó la opción más viable de acuerdo con el tamaño de planta disponible, costo de implementación y nivel de tratamiento.

Se diseñó un sistema de tratamiento compuesto por las siguientes etapas: Coagulación, Floculación, Filtración I y Filtración II las cuales reducen las concentraciones obtenidas en los efluentes de las etapas de Pre Lavado I y II, el DBO<sub>5</sub> se redujo en un 97,677 %, el DQO se redujo en un 99,498 % y los SST en un 99,228 %.

La presente propuesta de implementación se cotizó en un monto de S/ 46 552,7; donde por cada S/ 1 invertido se obtiene una ganancia de S/ 0,146 así mismo le permitirá reducir un 22% del consumo total de agua potable en la empresa.

## PALABRAS CLAVES

Tratamiento de aguas residuales, Pre Lavados, parámetros fisicoquímicos.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in the company, Industrias y Derivados S. A. C. which is dedicated to the production of fresh water.

The investigation focuses on two areas: Prewash I and II, where a high amount of wastewater is generated which, due to its physical and chemical characteristics, can be treated to be used in indirect stages to the productive process.

Initially this wastewater was characterized, obtaining parameters that comply with the maximum admissible values for sewer discharge, but not for reuse in indirect stages to the productive process. Then, treatment options for the reuse of water from Prewashed were investigated and selected. By using the weighted factor method, the most viable option was selected according to the available plant size, implementation cost, and treatment level.

A treatment system was designed consisting of the following stages: Coagulation, Flocculation, Filtration I, and Filtration II which reduce the concentrations obtained in the effluents of the Pre-Wash stages I and II. The BOD<sub>5</sub> was reduced by 97.677%, the COD was reduced by 99.498% and the SST by 99.228%.

The present implementation proposal was quoted in an amount of S/ 46 552.7; where for each S/ 1 invested a profit of S/ 0.146 is obtained, it will also allow it to reduce 22% of the total consumption of drinking water in the company.

### Keywords

Wastewater treatment, Prewashing, physical and chemical parameters.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>IV</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Agua.....	19
2.2.2 Aguas Residuales .....	19
2.2.3 Tipos de Aguas Residuales .....	19
2.2.4 Características del agua residual .....	20
2.2.5 Objetivos del tratamiento .....	22
2.2.6 Técnicas convencionales y alternativas de tratamiento de aguas residuales .....	22
2.2.7 Tipos de Tratamiento .....	24
2.2.8 Marco Legal .....	29
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LOS PROCESOS DE PRE LAVADOS .....</b>	<b>38</b>
3.1.1. La Empresa .....	38
3.1.2. Cuantificación del agua Residual en el área de Pre Lavado I .....	63
3.1.3 Cuantificación del agua Residual en el área de Pre Lavado II .....	68
3.1.4. Caracterización de las aguas residuales en el área de Pre Lavado I .....	72
3.1.5 Caracterización de las aguas residuales en el área de Pre Lavado II.....	76
3.1.6. Parámetros a tratar.....	80
<b>3.2 MÉTODO DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE PRE LAVADOS I Y II .....</b>	<b>83</b>
3.2.1 Esquematización de la selección de tecnología para el tratamiento del agua residual de área de Pre Lavado I y II.....	83
3.2.2. Elección de los sistemas para el tratamiento de agua residual de Pre Lavado I y II .....	85
3.2.3. Uso de factores ponderados para la selección del sistema de tratamiento.....	97
<b>3.3. DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL TRATAMIENTO Y LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>98</b>
3.3.1 Diseño del sistema de tratamiento de agua residuales obtenidas de las áreas de Pre Lavado I y II ...	98
3.3.2 Balance de Materia para el sistema de tratamiento de aguas residuales.....	104
3.3.3. Comparación de parámetros finales del balance de materia con LMP y criterios de reúso. ....	108
3.3.4 Diseño de planta.....	109
<b>3.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO .....</b>	<b>117</b>
3.4.1. Costos de inversión .....	117
3.4.2. Costos del sistema de tratamientos de efluentes.....	119
3.4.3. Análisis costo beneficio – costo de la propuesta.....	120
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>122</b>
<b>V. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>124</b>
<b>VI. ANEXOS .....</b>	<b>126</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....	30
TABLA N° 2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	32
TABLA N° 3. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA.....	32
TABLA N° 4. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL.....	34
TABLA N° 5. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL.....	35
TABLA N° 6. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 2: EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES .....	35
TABLA N° 7. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA CATEGORÍA 2: EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES .....	36
TABLA N° 8. GUIDELINE VALUES FOR DOMESTIC RECLAIMED WATER USED IN TOILET AND URINAL FLUSHING .....	36
TABLA N° 9. CALIDAD DE AGUA TRATADA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO ADOPTADO Y SU TIPO DE REÚSO .....	37
TABLA N° 10. FICHA TÉCNICA DEL AGUA SIN GAS NIAGARA ENVASADA EN BIDONES DE VEINTE LITROS.....	44
TABLA N° 11. BIDONES RETORNABLES DE 20 LITROS LAVADOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C. DESDE EL AÑO 2016 HASTA EL 2018. ....	51
TABLA N° 12. CONSUMO EN M <sup>3</sup> DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....	52
TABLA N° 13. CONSUMO DE AGUA POTABLE EN M <sup>3</sup> PARA ENVASADO DE BIDONES EN LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018 .....	56
TABLA N° 14. AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN M <sup>3</sup> POR CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA OTROS USOS FUERA DE PLANTA .....	59
TABLA N° 15. AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN M <sup>3</sup> POR CONSUMO DE AGUA POTABLE PARA OTROS USOS DENTRO DE PLANTA.....	59
TABLA N° 16. CONSUMO Y COSTO DE AGUA POTABLE EN PRE LAVADO I EN EL AÑO 2016.....	65
TABLA N° 17. CONSUMO Y COSTO DE AGUA POTABLE EN PRE LAVADO I EN EL 2017.....	66
TABLA N° 18. CONSUMO Y COSTO DE AGUA POTABLE EN PRE LAVADO I EN EL 2018.....	67
TABLA N° 19. CONSUMO DE AGUA MENSUAL PARA LAVADO DE BIDONES EN EL ÁREA DE PRE LAVADO II EN EL 2016 .....	69
TABLA N° 20. CONSUMO DE AGUA MENSUAL PARA LAVADO DE BIDONES EN EL ÁREA DE PRE LAVADO II EN EL 2017 .....	70
TABLA N° 21. CONSUMO DE AGUA MENSUAL PARA LAVADO DE BIDONES EN EL ÁREA DE PRE LAVADO II EN EL AÑO 2018.....	71
TABLA N° 22. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO I.....	74
TABLA N° 23. RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO I .....	75
TABLA N° 24. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO.....	78
TABLA N° 25. RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO II.....	79
TABLA N° 26. PROMEDIO PONDERADO DE LOS PARÁMETROS A TRATAR DEL ÁREA DE PRE LAVADO I Y II. ....	81
TABLA N° 27. EJEMPLO DE MATRIZ PARA ANÁLISIS ENTRE LOS FACTORES PONDERADOS.....	83
TABLA N° 28. RANGO DE CALIFICACIÓN DE FACTORES .....	84
TABLA N° 29. EJEMPLO DE CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES PARA CADA TRATAMIENTO ANALIZADO EN LA INVESTIGACIÓN .....	84
TABLA N° 30. PROYECCIÓN DE LA CANTIDAD DE UNIDADES DE BIDONES LAVADOS EN EL ÁREA DE PRE LAVADO I Y II DESDE AÑO 2019 HASTA 2023.....	85
TABLA N° 31. PROYECCIÓN DE VOLUMEN EN M <sup>3</sup> DE AGUA POTABLE CONSUMIDA EN LA EMPRESA DESDE 2019 HASTA 2023.....	87
TABLA N° 32. PROYECCIÓN CONSUMO EN M <sup>3</sup> DE AGUA PARA ENVASADO DE BIDONES EN LA EMPRESA DESDE EL AÑO 2019 HASTA EL 2023 .....	88
TABLA N° 33. PROYECCIÓN DE VOLUMEN EN M <sup>3</sup> DE AGUA RESIDUAL GENERADA EN PRE LAVADO I Y II 2019 -2023 .....	88
TABLA N° 34. PROYECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN M <sup>3</sup> POR EL CONSUMO DE AGUA PARA OTROS USOS EXTERNOS A LA PLANTA.....	90
TABLA N° 35. PROYECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN M <sup>3</sup> POR EL CONSUMO DE AGUA PARA OTROS USOS INTERNOS A LA PLANTA.....	91
TABLA N° 36. OPCIONES DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EVALUACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN.....	91

<b>TABLA N° 37. COMPARACIÓN DE LAS OPCIONES DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DEL PROCESO DE PRE LAVADO I Y II.....</b>	<b>95</b>
<b>TABLA N° 38. ANÁLISIS ENTRE LOS FACTORES PONDERADOS.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA N° 39. CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES PARA CADA TRATAMIENTO ANALIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA N° 40. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON EL SISTEMA PROPUESTO CON LOS VALORES RECOMENDADOS POR AIDIS Y UNESCO .....</b>	<b>108</b>
<b>TABLA N° 41. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.....</b>	<b>109</b>
<b>TABLA N° 42. CÁLCULO DE SS, SG, SE Y SUPERFICIE TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....</b>	<b>110</b>
<b>TABLA N° 43. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES .....</b>	<b>110</b>
<b>TABLA N° 44. CÁLCULO DE SS, SG, SE Y SUPERFICIE TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....</b>	<b>111</b>
<b>TABLA N° 45. COMPARATIVO ENTRE EL VOLUMEN TOTAL CONSUMIDO EN TODA LA EMPRESA SIN IMPLEMENTACIÓN Y CON IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>115</b>
<b>TABLA N° 46. COMPARATIVO DE COSTOS DE RECIBOS ANUALES SIN IMPLEMENTAR Y CON IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>115</b>
<b>TABLA N° 47. VOLÚMENES DE AGUA CONSUMIDA Y ELIMINADA EN LA EMPRESA DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>TABLA N° 48. PORCENTAJES DE AGUA CONSUMIDA Y GENERADA EN LA EMPRESA DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>TABLA N° 49. COSTOS DE INVERSIONES TANGIBLES .....</b>	<b>118</b>
<b>TABLA N° 50. COSTOS DE INVERSIONES INTANGIBLES.....</b>	<b>118</b>
<b>TABLA N° 51. CAPITAL DE TRABAJO.....</b>	<b>118</b>
<b>TABLA N° 52. INVERSIÓN TOTAL (S/).....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA N° 53. COSTOS ANUALES POR CONSUMO DE AGUA POTABLE SIN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA N° 54. COSTOS POR TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL .....</b>	<b>120</b>
<b>TABLA N° 55. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO.....</b>	<b>121</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1: DIAGRAMA DE FLUJO TÍPICO DE TECNOLOGÍAS QUÍMICAS CON LA SEPARACIÓN POR FILTRACIÓN O FLOTACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA N° 2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA N° 3. DIAGRAMA DE RED DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA N° 4. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AGUA DE MESA EN BIDONES RETORNABLES DE 20 LITROS.....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA N° 5. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE LA OBTENCIÓN DE AGUA DE MESA ENVASADA EN BIDONES DE 20 LITROS. ....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA N° 6. UNIDAD DE BIDONES LAVADOS EN LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018 EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA N° 7. CONSUMO DE AGUA POTABLE EN M<sup>3</sup>EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C EN LOS AÑOS 2016, 2017 Y 2018 .....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA N° 8. CONSUMO EN M<sup>3</sup> DE AGUA POTABLE PARA ENVASADO DE BIDONES POR CADA MES EN EL AÑO 2016, 2017 Y 2018.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA N° 9. AGUA RESIDUAL GENERADA EN EL AÑO 2016 POR OTROS USOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA N° 10. AGUA RESIDUAL GENERADA EN EL AÑO 2017 POR OTROS USOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA N° 11. AGUA RESIDUAL GENERADA EN EL AÑO 2018 POR OTROS USOS EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA N° 12. ÁREA DE PRE LAVADO I.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA N° 13. DIAGRAMA DE GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL EN EL ÁREA DE PRE LAVADO I.....</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA N° 14. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARAMETROS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO I CON LOS VALORES REGLAMENTADOS EN LOS LMP DEL DS N 021-2009 .....</b>	<b>74</b>
<b>FIGURA N° 15. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARAMETROS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO I Y LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO IMPUESTA EN EL DS N° 031-2010-SA .....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA N° 16. DIAGRAMA DE GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL EN EL ÁREA DE PRE LAVADO II.....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA N° 17. CONTROL DE pH DEL AGUA RESIDUAL.....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA N° 18. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO II Y LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL VERTIMIENTO A LA RED DE ALCANTARILLADO IMPUESTA EN EL DS N 021-2009. ....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA N° 19. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADO II Y LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO IMPUESTA EN EL DS N° 031-2010-SA .....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA N° 20. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS PROMEDIOS CON RESPECTO A LOS VALORES SUGERIDOS POR LA AIDIS Y UNESCO.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA N° 21. PROYECCIÓN DE LOS BIDONES EN UNIDADES LAVADOS EN PRE LAVADO I Y II DESDE EL 2019 HASTA 2023.....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA N° 22. PROYECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN LAS ÁREAS DE PRE LAVADO I Y PRE LAVADO II DESDE EL AÑO 2019 HASTA EL 2023 .....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA N° 23. ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO .....</b>	<b>98</b>
<b>FIGURA N° 24. VISTA DE PLANTA DEL COAGULADOR DE MEZCLA RÁPIDA .....</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA N° 25. VISTA DE PERFIL DEL COAGULADOR.....</b>	<b>100</b>
<b>FIGURA N° 26. VISTA DE PLANTA DEL FLOCULADOR .....</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA N° 27. VISTA DE PERFIL DEL FLOCULADOR.....</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA N° 28. FILTRO MULTICAPA .....</b>	<b>102</b>
<b>FIGURA N° 29. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR.....</b>	<b>103</b>
<b>FIGURA N° 30. BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN .....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURA N° 31. BALANCE DE MASA DEL PROCESO DE FILTRACIÓN MULTICAPA.....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURA N° 32. BALANCE DE MASA PARA EL PROCESO DE FILTRACIÓN CON CARBÓN ACTIVADO GRANULAR.....</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA N° 33. DOP DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LAS ÁREAS DE PRE LAVADO I Y II .....</b>	<b>107</b>
<b>FIGURA N° 34. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS CON EL SISTEMA PROPUESTO CON LOS VALORES RECOMENDADOS POR AIDIS Y UNESCO .....</b>	<b>108</b>
<b>FIGURA N° 35. PLANO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE AGUA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C. ....</b>	<b>112</b>

<b>FIGURA N° 36. PLANO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE DESAGÜE EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.</b> .....	113
<b>FIGURA N° 37. PLANO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PRE LAVADO I Y II EN LA EMPRESA INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C.</b> .....	114

## I. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua dulce es una complicación grave que afecta a al menos una quinta parte de la población mundial, debido al incremento de la población, la mala gestión, el aumento de la urbanización y el cambio climático. Los conceptos innovadores y tecnologías se necesitan de inmediato para cerrar el ciclo de agua. La reutilización de aguas grises es una de las trascendentales opciones para comprimir el consumo de agua potable en los hogares, industrias y edificios comerciales. [1]

En muchos países se ha elevado el saneamiento construyendo redes de alcantarillado, pero sin ofrecer la correspondiente vigilancia al tratamiento y eliminación de las aguas residuales, estimándose que el 90% de las aguas residuales de las ciudades de los países en desarrollo se vierte directamente sin tratar en los ríos, los lagos o el mar. Por otra parte, la demanda mundial de agua para la producción industrial se pronostica que aumente un 400% hasta el 2050, mucho más que en cualquier otro sector. La mayor parte de este aumento se originará en las economías salientes y en los países en progreso. [2]

El mercado global del agua embotellada está sometido por grandes agrupaciones internacionales de alimentación como es Nestlé, Danone también compañías dedicadas a la manufactura de bebidas y refrescos como Coca-Cola y PepsiCo han ingresado a este mercado valiéndose de su vasta capacidad y red de distribución. Pues mientras la población mundial se duplicó estos 45 años, el uso de agua envasada se multiplicó por 233. Esto, a pesar de que puede costar hasta mil veces más que el agua potable que sale de la llave, de acuerdo con cálculos de la UNESCO. [3]

A consecuencia de esta tendencia mundial, los peruanos están buscando el mejor cuidado de su salud, y que implica la realización de un cambio en la ingesta de alimentos y bebidas; por lo tanto, el consumo de comida rápida y carbonatos está disminuyendo, mientras que las categorías tales como Agua embotellada, jugos y bebidas energéticas están teniendo un comportamiento muy positivo.

Por esta razón en la región existe cerca de 26 empresas que procesan y envasan agua en bidones retornables, siendo una de ellas Industrias y Derivados S. A. C. que produce agua de mesa en bidones retornables de 20 litros a pedido bajo la marca Niagara.

La empresa cuenta con un área total de 460,22 m<sup>2</sup> (metros cuadrados), su planta de procesamiento está distribuida con 6 áreas las cuales son: Pre Lavado I, Pre Lavado II, Tratamiento, Lavado y Envasado de Agua, Almacén de Producto Terminado, Almacén de

Materias Primas (ver Anexo N° 1). Para todo su proceso productivo emplea como materia prima el agua potable suministrada por EPSEL S. A., para el envasado de agua de mesa usa bidones retornables de 20 litros de capacidad, para poder desinfectar estos bidones utiliza como insumos el hipoclorito de sodio. Novagrass- SP, Suma J512 y para labores de aseo e higiene de la planta además utiliza Shureclean Plus.

Durante el periodo de toma de datos comprendido entre enero del año 2016 hasta octubre del 2018, se obtuvo la siguiente información: el consumo agua potable total en el 2016, 2017 y hasta octubre del 2018 fue de 5 237 m<sup>3</sup> (metros cúbicos), 5 925 m<sup>3</sup> y 5 271,152 m<sup>3</sup> respectivamente. El volumen total de agua residual generado en este periodo de estudio fue de 4 831,610 m<sup>3</sup> representando un total de S/ 64 272, concluyendo el gran papel del agua potable para el funcionamiento de esta empresa ya que lo emplea como materia prima principal, como insumo: para limpieza de bidones retornables y para las operaciones de aseo dentro de la planta como las áreas externas a ella. Por esta razón la empresa tiene una tasa alta de generación de efluentes residuales durante la limpieza de los bidones retornables en las áreas de Pre Lavado I y II que corresponde entre el 29 y 30 % del agua total consumida.

Toda esta investigación partió del siguiente problema: ¿La propuesta de tratamiento y reutilización de aguas residuales procedentes de Pre Lavados logrará reducir el consumo y el costo por suministro de agua potable en la empresa Industrias y Derivados S. A. C., y luego para dar solución al problema planteado se realizó el siguiente objetivo general: Proponer el tratamiento y la reutilización de las aguas procedentes de Pre Lavados para reducir el consumo y costo por suministro de agua potable en la empresa Industrias y Derivados S. A. C. así mismo se realizó los siguientes 4 objetivos específicos: Realizar la cuantificación y caracterización del agua residual procedentes de Pre Lavados, Determinar el método de tratamiento y reutilización de las aguas residuales procedentes de Pre Lavados, Realizar el diseño de Ingeniería para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales y Realizar un análisis costo beneficio de la propuesta.

Finalmente, esta investigación se centró en reducir el consumo de agua potable en la empresa Industrias y Derivados S. A. C. partiendo de una cuantificación del agua residual producida en las áreas estudiadas, una caracterización fisicoquímica y microbiológica del efluente residual, un análisis de las opciones de sistemas de tratamiento a implementar, el diseño del sistema de tratamiento elegido y el análisis costo-beneficio del sistema de tratamiento a implementar.

## II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

### 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la investigación '*Selección de tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales municipales*' se hizo un análisis de las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales tomando en cuenta la composición típica del agua residual, la eficiencia de remoción de contaminantes por el tipo de tecnología utilizado, indicadores de desempeño por tecnología el cual se resume como una base fundamental de aspectos técnicos, económicos y ambientales de manera que sea utilizado como una herramienta para la toma de decisiones para invertir en futuras plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las tecnologías descritas en la investigación fueron el desarenador convencional, sedimentador primario, tanque séptico, tanque séptico – filtro, tanque imhoff, primario avanzado, filtro anaerobio, reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB), UASB – laguna facultativa, UASB - lodo activado, UASB – lodo activado reactores biológicos secuenciales (SBR), reactor anaerobio de flujo pistón (RAP), reactor anaerobio de contacto, reactor anaerobio de lecho fluidizado, lodo activado convencional, lodo activado – SBR, Lodo activado – aireación prolongada, filtro percolador alta tasa, filtro percolador súper tasa, laguna aerobia, laguna anaerobia, lagunas aireadas, lagunas facultativas, lagunas maduración, laguna anaerobia – humedal, Biodiscos. [4]

En el artículo científico - experimental: "*Sistema de reutilización de agua del lavado en lavadora o lavadero*, se diseñó la fabricación de un sistema de tratamiento y reutilización de las aguas grises procedentes del lavado, ya sea del lavadero o lavadora con el fin de reutilizarla nuevamente para la descarga del sanitario y el lavado. Las aguas grises presentaron 951 m/l de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), 1826 mg/l de Demanda Química de Oxígeno (DQO), 405 mg/l de sólidos suspendidos totales (SST) y un Potencial Hidrogeno (pH) de 9,42. Con el objetivo de reducir o retirar en su totalidad los parámetros mencionados, se determinó utilizar un sistema compuesto por un proceso de coagulación y floculación, precedido de una filtración y finalmente la desinfección con la incorporación de pastillas de cloro. Para ello se implementó un mezclador, un difusor de sulfato de aluminio, un floculador de dos secciones y un tanque de almacenamiento para el tratamiento primario, una bomba centrifuga, una red de filtrado para el tratamiento secundario, el clorador para la desinfección y el tanque de almacenamiento de agua tratada. En el sistema implementado se obtuvo como

resultado un porcentaje de remoción del 97,48% de DBO, para el DQO un total de 95,07%, para los sólidos suspendidos totales un 93,83%. [5]

En el artículo: “*A case study of the conversion of greywater to a flush water source in a Turkish student residence hall*” (Un estudio de caso de la conversión de las aguas grises a una fuente de agua de descarga en una residencia de estudiantes de Turquía), realizaron un estudio para tratar el agua gris de una residencia de estudiantes de la megaciudad turca de Estambul procedentes de duchas/bañeras y lavandería, para reutilizarla como fuente de descarga en inodoros. Para ello se usó como método de tratamiento el sistema MBR (reactores Biológicos de Membrana) y se tomaron muestras por todo un año para caracterizar dichos efluentes en cuanto a la materia orgánica (DQO/DBO), sólidos en suspensión (SST / SSV), nutrientes (N/P) y los indicadores microbiológicos (coliformes totales / fecales. *Escherichia coli*, *Enterococcus*). Los resultados de este trabajo revelaron que los indicadores microbiológicos de materia y orgánicos fueron los contaminantes importantes para estas aguas grises específicas. Después del tratamiento en un sistema MBR, la calidad de las aguas grises cumplió con las normas dadas para su reutilización como agua de descarga. La residencia de estudiantes era un buen ejemplo de la conversión a gris agua como fuente de agua de descarga. Como tal, el 25% de las aguas residuales podría ser reevaluado y el 25% del suministro regular de agua al día podría ser salvado. [6]

En la investigación: “Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual”, se diseñó un sistema hidráulico de una casa-habitación para la reutilización de agua de uso doméstico por medio de la selección de las corrientes a tratar (agua de la lavadora, pluvial, regadera y fregadero) y ocupando diferentes medios filtrantes como: carbón activado, cascarón de huevo, tezontle, zeolita, bagazo de café, cáscara de naranja, viruta de madera y hojas de maíz; para respetar las normas oficiales, con base en los fundamentos de la ingeniería, y de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas. Además de ello emplearon el programa computacional Autodesk Homestyler®.

Para el dimensionamiento del sistema hidráulico usaron como medio de una bomba centrífuga de ½ Hp. Concluyendo que las corrientes para reúso seleccionadas debido a su facilidad de tratamiento por su composición fueron el agua del ciclo de lavado y el agua pluvial, las cuales permitieron un ahorro del 40% del agua consumida. También se concluyó que los mejores medios filtrantes son: cascarón de huevo y zeolita. [7]

En la investigación: “*Decentralized light greywater treatment using aerobic digestion and hydrogen peroxide disinfection for non-potable reuse*” (tratamiento descentralizado de aguas grises usando la digestión aeróbica y desinfección con peróxido de hidrógeno para su reutilización no potable) usaron una unidad de digestión aeróbica integrado con una unidad de desinfección de peróxido de hidrógeno con el propósito de estudio para tratar aguas grises y convertirlos en agua para uso estándar no potable, como resultado se obtuvo que el sistema es capaz de eliminar de 88% y el 68% del total de sólidos en suspensión y la demanda química de oxígeno, respectivamente, con los ajustes óptimos de funcionamiento determinado que son 5 horas de tiempo de retención hidráulica y una tasa de carga orgánica DQO de 2,16g /L-día. Concluyeron que el sistema evaluado en este estudio puede ser más simple en comparación con otros procesos de tratamiento utilizados actualmente, aunque recomendaron que se requiere una optimización adicional para maximizar la eficiencia del tratamiento de este sistema, que tiene el potencial para la aplicación en pequeñas comunidades debido a la actividad microbiana mínima después del almacenamiento y el área relativamente pequeña requerida para el tratamiento. [8]

En el artículo: “*Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods*” (caracterización cuantitativa y cualitativa de aguas grises en los hogares griegos e investigación de su tratamiento usando métodos fisicoquímicos), tuvieron como objetivo caracterizar las aguas grises procedentes de los hogares griegos y someterlos a tratamientos fisicoquímicos. Los resultados fueron que al día producen una media de  $82,6 \pm 49,3$  L por habitante mientras que sus fuentes fueron ducha / bañera y lavandería en un 41% y 26% respectivamente. Por otro lado, la producción de aguas negras se estimó en  $59,4 \pm 29,6$  L por habitante y día. El agua gris se produce en la ducha / bañera y lavado tenía características similares de calidad, mientras que las aguas grises del fregadero de la cocina eran más contaminadas, presentando bajos valores de pH y las concentraciones más altas de SST y DQO total.

Como método de tratamiento usaron la coagulación para la eliminación de DQO y SST y un método combinado de coagulación, filtración de arena y la adsorción en carbón activado granular para lograr una calidad adecuada para aguas grises reutilizar; los experimentos de coagulación con cloruro de hierro ( $\text{FeCl}_3$ ) y sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) mostraron que la eficiencia del proceso se diferenció significativamente de acuerdo con el tipo de aguas grises y el coagulante utilizado. La eficiencia más alta de eliminación (DQO: 81%; TSS: 79%) se logró para aguas grises que no contenía las aguas residuales de la ropa Por otro parte la

aplicación de la coagulación, filtración de arena y la adsorción de carbón activado dio lugar a concentraciones promedio de DQO y TSS igual a  $28 \pm 11$  y  $11 \pm 3$  mg/L, respectivamente en aguas grises tratadas. [9]

En la investigación *Performance of Activated Carbon in Water Filters*, se sometieron a análisis dos tipos de agua: agua de grifo y agua de pozo, donde se comprobó la efectividad de los filtros de carbón activado granular de tipo GAC-A y GAC-B con y sin el tratamiento ultravioleta. Las características de las aguas de grifo presentan una composición de 7 mg/l de SST, 258 mg/l de DQO y 26, 145 mg/l de DBO<sub>5</sub>, por otro lado, el agua de pozo presentó una concentración de 10 mg/l de SST, 18 mg/l de DQO y 20,09 mg/l de DBO<sub>5</sub>.

En las pruebas realizadas de tratamiento con carbón activado granular GAC-A, se obtuvo como resultado una efectividad del 85,71 % de remoción de SST, 98,06 % para el DQO y 78,88 % para la DBO<sub>5</sub>, donde el agua tratada obtuvo las siguientes características de 1 mg/l de SST, 5 mg/l de DQO y 5,53 mg/l de DBO<sub>5</sub>. [10]

En el artículo: *"Greywater treatment using different designs of sand filters"*, se evaluó diferentes diseños de filtros de arena como tratamiento secundario, entre ellos se analizaron filtro de grava hacia abajo (GFDF), filtro de grava hacia arriba (GFUF), flujo descendente del filtro de arena (SFDF), filtro de grava seguido del filtro de arena (GFSF), y el filtro de arena de flujo horizontal (HFSF). Durante el periodo de estudio, GFDF, GFUF y SFDF se operaron con un caudal de influente de  $173 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{d}$ , mientras que GFSF y HFSF se operaron a un caudal de  $86,5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{d}$ .

La concentración de DBO<sub>5</sub> fue de 90,50 mg/l, 190,80 mg/l para DQO y 41,40 mg/l para los SST, y la eficiencia del filtro GFSF es de 78% de DBO<sub>5</sub>, 48,20 % para el DQO y 82,00 % para los SST. [11]

## 2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.2.1 Agua

El agua es un recurso muy valioso que además de sus usos domésticos, el ser humano la emplea en otras muchas actividades, tales como la agrícola, forestal, minera e industrial. Todas ellas contaminan el agua, pero más lo hace la industria en sus muy variados tipos. Los residuos líquidos industriales, más generalmente denominados aguas residuales industriales, se definen según la directiva europea 91/271 CEE como “todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial” Consistirían, por lo tanto, en una mezcla de residuos líquidos y sólidos suspendidos o disueltos, originados en las distintas etapas del proceso productivo. [12]

### 2.2.2 Aguas Residuales

Las aguas residuales son definidas como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser tratadas antes de ser reutilizadas, vertidas al sistema de alcantarillado o cuerpos de agua debido a que contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

### 2.2.3 Tipos de Aguas Residuales

- **Aguas residuales domésticas:** Se denominan a todas aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
  - **Aguas grises o jabonosas:** Se denominan aguas grises a las aguas procedentes principalmente de lavabos y lavamanos, duchas y bañeras. El bajo nivel de contaminación de este tipo de aguas provoca que posteriormente a un tratamiento puedan volver a ser utilizadas en aplicaciones como el llenado de cisternas de inodoro (WC), la limpieza de viales, el riego de determinadas zonas ajardinadas e incluso el lavado de vehículos.
  - **Aguas negras:** Son las aguas que proceden directamente de los inodoros, retretes, de las aguas resultantes del aseo personal con una alta carga de contaminación microbiológica.

- **Aguas residuales industriales:** Proceden de las fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes. Antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su constitución es muy inconstante, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
  - **Aguas residuales agrícolas:** Son los procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.
- [13]

#### 2.2.4 Características del agua residual

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** es generada por la presencia de la materia orgánica en las masas de agua, la cual es el principal alimento para las bacterias y que ocasiona la reproducción acelerada de ellas. En condiciones aerobias van a consumir oxígeno y cuyo resultado es la disminución del oxígeno disuelto.

La DBO se define como la cantidad de oxígeno que se necesita para descomponer la materia orgánica que se encuentra presente en el agua residual mediante acción de bacterias en condiciones aerobias. La respiración de las bacterias causa la DBO y por ello cesará a agotarse la materia orgánica.

- **Oxígeno Disuelto (OD):** es uno de los primordiales parámetros que se usan para caracterizar las aguas residuales y la principal razón es que la gran cantidad de los organismos dependen directamente de él para mantener los procesos metabólicos, para conseguir energía y generar su reproducción. Asimismo, el oxígeno disuelto es uno de los principales indicadores del estado de contaminación de las aguas residuales, pues la materia orgánica adjunta en ella tiene como derivación inmediata el uso del oxígeno disuelto.

Cuando la presencia de OD es menor a 1 mg/L, se localizarán con seguridad zonas anaeróbica, que no posee Oxígeno, y por consiguiente el agua residual emitirá malos olores. Cuando la concentración llega a cero, la descomposición anaeróbica es generalizada, y la presencia de malos y bacterias también.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es otra manera de medir la materia orgánica indirectamente, a través de la demanda de oxígeno de los compuestos orgánicos. La DQO es una forma de medir la energía contenida en los compuestos, pero inicialmente se pensó como sustituto más rápido y preciso que la DBO.

La relación DQO/DBO nos indica la cantidad de materia orgánica no biodegradable presente en el cuerpo de un agua residual.

- **Sólidos:** es otro parámetro de gran jerarquía en el tratamiento de las aguas residuales. La materia orgánica por lo general está en forma de partículas suspendidas, por lo que es obligatorio diferenciarla entre los sólidos suspendidos (SS) y los sólidos disueltos (SD). Además, los sólidos pueden ser volátiles (SV), que indican procedencia orgánica, o fijos que se presumen como sólidos inorgánicos.
- **Materia Orgánica (MO):** representa la parte más transcendental de la contaminación, aquella que es la principal responsable de la disminución del oxígeno disuelto (OD), en los cuerpos de agua de los ríos, lagos, bahías, etc. En una masa de agua residual de constitución típica, son cerca del 70% de los sólidos suspendidos (SS) y el 45-50% de los sólidos fijos o filtrados. La materia orgánica está compuesta principalmente de Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, elementos comunes a todos los compuestos orgánicos, junto con el Nitrógeno en algunos casos.

También están presentes peculiarmente otros compuestos como el Fosforo, Azufre, Hierro, etc.

- **Proteínas:** componen entre el 40 y el 60 % de las masas de aguas residuales. Son el principal constituyente de los organismos animales.  
Las proteínas son la primera fuente de Nitrógeno y cuando está presente en magnas cantidades, la producción de malos olores es posible.
- **Carbohidratos:** oscilan entre el 25 al 50% de las aguas residuales y proceden primordialmente de la materia vegetal.  
Están presentes en la naturaleza de manera muy extensa e incluyen Azucares, Almidones, Celulosa y Fibra de Madera; las fibras son insolubles (especialmente la celulosa) y son muy tenaces a la descomposición en las masas de aguas residuales.
- **Aceites y grasas:** son elementos muy inalterables y dificultosos de descomponer por las bacterias en las masas de aguas residuales. Por ello deben ser removidos al principio del tratamiento o generaran problemas en la descomposición de la materia orgánica.
- **Surfactantes:** son moléculas magnas levemente solubles en agua y que ocasionan espuma. Conocidos como detergentes, se usan en limpieza.
- **pH:** es una medida referente de la acidez o alcalinidad del agua.
- **Coliformes:** son bacterias en forma cilíndrica, presentes en el tracto intestinal humano.

Los organismos coliformes no son en sí mismos nocivos y de hecho son interesantes para la degradación de la materia orgánica en los procesos de tratamiento.

### 2.2.5 Objetivos del tratamiento

La tesis desarrollada tuvo como objetivo encontrar la mejor solución para el tratamiento de las aguas de Pre Lavado I y II basándose en la remoción de los siguientes parámetros:

- Eliminación o minimización de DBO y DQO.
- Eliminación o minimización de los sólidos suspendidos totales.
- Eliminación de los patógenos.

### 2.2.6 Técnicas convencionales y alternativas de tratamiento de aguas residuales

- **Pretratamiento:** en esta etapa es donde se eliminan los sólidos arrastrados por las aguas residuales. A continuación, se detallará las técnicas siguientes:
  - **Desarenado:** tiene la función de separar las gravas arenas presentes en la masa de agua residual, para ello frena la corriente del agua residual, ocasionando que las partículas sedimenten rápidamente.
  - **Cribado:** el agua residual pasa por unas rejillas o cribas que tienen como función de retener los sólidos gruesos que luego serán retirados.
  - **Dilaceración:** es la disminución del tamaño de los sólidos a dimensiones adecuadas para su posterior tratamiento.
- **Tratamiento Primario:** en estos tratamientos se busca la separación de las materias en suspensión que transporta el agua residual.
  - **Sedimentación:** tiene como función separar por medio de la gravedad, las partículas, quedando arriba un líquido de mejor calidad y un lodo poco espeso en la parte inferior.
  - **Floculación:** debido a que el tratamiento anterior no es muy eficaz, por ello se recurre a la adición de un producto que produce la floculación y así mismo forme agregados que por su mayor tamaño se sedimentan con mayor rapidez y eficacia.
  - **Filtración y flotación:** la filtración está basado en el paso del agua residual a través de materiales como grava, arena, carbón, tierra de diatomeas, etc., que pueden retener los sólidos en suspensión.

La flotación es un proceso es un proceso que se basa en la inyección de pequeñas burbujas de aire junto con agentes espumantes al agua residual lo que hace que los materiales en suspensión floten en la mezcla con espuma y puedan ser separados del agua residual.

- **Separación de grasas y aceites:** estos procesos al principio son muy similares a los de la flotación, lo que ayuda a la separación de materiales sólidos difíciles de sedimentarse o filtrarse como son las grasas y los aceites. [14]
- **Tratamiento secundario:** estos tratamientos buscan la reducción de la DBO, fundamentalmente biológicos. En este tipo de tratamientos los microorganismos y otras bacterias destruyen y metabolizan las materias orgánicas coloidales y solubles. Estos tratamientos se pueden realizar en presencia de oxígeno y por ello es llamados aeróbicos o sin presencia de oxígeno por el cual es denominado como anaeróbico.
  - **Sistema aerobio:**
    - ✓ Lagunas de estabilización.
    - ✓ Lagunas aireadas.
    - ✓ Filtros biológicos (percolados) o lechos bacterianos.
    - ✓ Lodos activos.
    - ✓ Biodiscos.
  - **Sistema anaerobio:**
    - ✓ Filtros anaerobios.
    - ✓ Reactores de contacto.
    - ✓ Lecho fluidificado.
    - ✓ Sistema UASB.
- **Tratamiento terciario:** también conocido como tratamiento avanzado, es una sucesión de procesos cuyo fin es obtener una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario. Seguidamente, se detalla los principales tratamientos terciarios:
  - **Eliminación de sólidos en suspensión:** lo que no se ha podido eliminar en las operaciones de tratamientos primarios y secundarios, pueden constituir una parte importante de la DBO de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se dispone de los siguientes procesos para la eliminación de estos sólidos en suspensión:
    - ✓ **Microtamizado:** Los micro tamices se construyen sobre tambores rotativos. El agua residual se alimenta de forma continua en la parte interna del tambor, fluyendo hasta una cámara de acumulación de agua clara en la parte interior del tambor.  
Con el micro tamizado se obtiene eliminaciones del 70 al 90% de los sólidos en suspensión.

- ✓ **Filtración:** se utiliza para obtener rendimientos en la eliminación de sólidos en suspensión de hasta 99%.
- ✓ **Coagulación:** se lleva a cabo utilizando sulfato de alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos.
- **Absorción en Carbón Activo:** es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido.
- **Intercambio Iónico:** es un proceso en que los iones que se conservan unidos a grupos funcionales sobre la superficie de un sólido por fuerzas electrostáticas se intercambian iones de una especie diferente en disolución. Este proceso ha llegado a ser marcadamente trascendental en el estudio del tratamiento de las masas de aguas residuales.
- **Osmosis Inversa:** el afluente contaminado pasa por una membrana adecuada a una presión superior a la presión osmótica de la solución, bajo esas condiciones, el agua con una gran cantidad muy pequeña de contaminantes pasa por la membrana. Los contaminantes que se encuentran disueltos se reúnen en la sección del agua residual. Este concentrado, que probablemente sea una pequeña porción del volumen total del agua residual a tratar, se descarga. Se consigue agua purificada en la otra sección.
- **Cloración:** La cloración tiene como opción la desinfección por lo que elimina o inhibe el crecimiento de bacterias y algas, otro de los objetivos es que llega a reducir la DBO a través de la oxidación de los compuestos orgánicos.
- **Ozonación:** es un método efectivo para el tratamiento de aguas residuales ya que fácilmente reacciona con los productos orgánicos no saturados presentes en las masas de aguas residuales, la tendencia a formar espuma de las aguas residuales también disminuye. [15]

### 2.2.7 Tipos de Tratamiento

#### ▪ Sistemas De Tratamiento Simples

Tecnologías simples son utilizados para el reciclaje de aguas grises por lo general de dos etapas, sistemas basados en una etapa de filtración o sedimentación gruesa para eliminar los sólidos más grandes, seguido de desinfección.

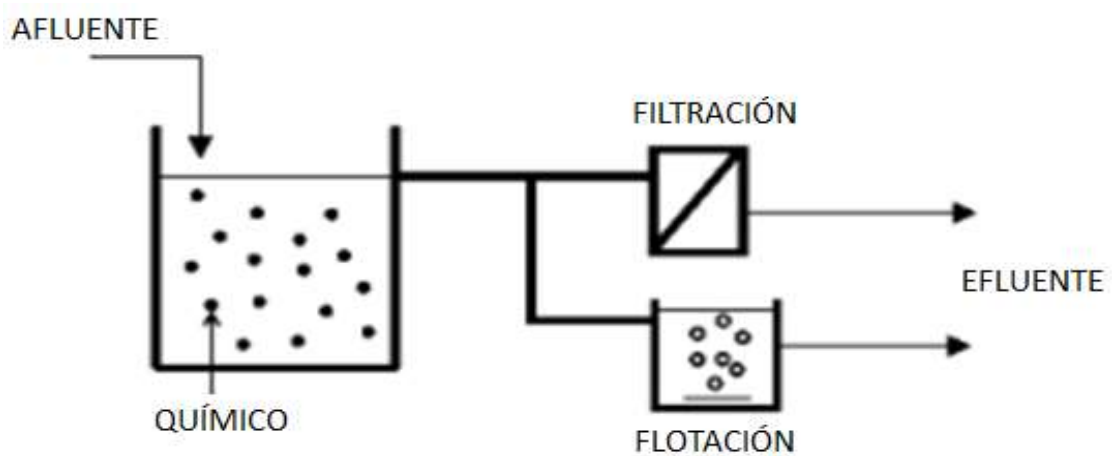
Las tecnologías simples sólo proporcionan un tratamiento limitado de las aguas grises en términos de compuestos orgánicos y sólidos. La extracción promedio de 70, 56 y 49% para la DQO, sólidos en suspensión y la turbidez. Sin embargo, una buena

eliminación de los microorganismos debido a la etapa de desinfección ha sido observada con coliformes totales residuales por debajo de 50 cfu 100m/l en el tratado de efluentes. En consecuencia, estos sistemas se usan preferiblemente a tan pequeña escala en una sola casa. Por otra parte, generalmente se utilizan para tratar las aguas grises de baja resistencia de baño, ducha y lavandería debido al tratamiento limitado que pueden lograr y aplicaciones posteriores son cisterna del inodoro y el riego de jardines.

Los sistemas simples se promocionan como simple de utilizar y con unos costes operativos bajos. [16]

#### ▪ **Sistemas de Tratamiento Químicos**

Sólo tres esquemas que utilizan una tecnología química para reciclaje de aguas grises eran reportados en la literatura (ver Figura N° 1). La tecnología de tratamiento de dos de los esquemas se basa en la coagulación con el aluminio. La primera fue una combinación de la coagulación, filtro de arena y carbón activado granular (GAC) para el tratamiento de aguas grises de lavandería. [16]



**Figura N° 1: Diagrama de flujo típico de tecnologías químicas con la separación por filtración o flotación**

Fuente: Pidou et al 2007, 119-131.

El segundo electro-coagulación combinado con la desinfección del tratamiento de una baja fuerza de aguas grises. El último ejemplo nos proporcionó un buen tratamiento de las aguas grises con DBO y sólidos suspendidos residuales de 9 mg/l, una la turbidez residual de 4 NTU y niveles no detectables de E Coli. Sin embargo, cabe señalar que la fuente tenía una resistencia orgánica muy baja con una concentración de DBO de 23

mg/L en las aguas grises en bruto. El primer sistema también consigue un buen tratamiento con residuos de 10 mg/L para BOD y por debajo de 5 mg/L para los sólidos en suspensión, con la propia etapa de coagulación alcanza el 51% de la eliminación de la DBO y 100% de la remoción de sólidos suspendido. Las dos tecnologías logran estos tratamientos con bastantes tiempos cortos de contacto. Del mismo modo, el tercer esquema basado en fotocatalítica oxidación con dióxido de titanio y UV consigue un buen tratamiento en un plazo relativamente poco tiempo. De hecho, con un tiempo de retención hidráulico menor a 30 minutos, se informó para lograr una 90% de eliminación de los compuestos orgánicos y 6 de la eliminación del registro de los coliformes totales. [16]

Los sistemas químicos son los más usados en el tratamiento y depuración de aguas residuales, junto a varios procesos físicos completan el tratamiento secundario y terciario de aguas residuales incluyendo aquí también la separación de nitrógeno o fosforo.

- **Coagulación Química:** se utiliza para la separación de coloide y materiales en suspensión y reducción de carga biodegradable (DBO5 y DQO).
- **Neutralización:** Permite controlar el pH, en otras palabras, controla la incrustación y estabilización de efluentes.
- **Oxidación – Desinfección:** Se suele aplicar diferentes reactivos químicos como: cloro, dióxido de cloro, ozono, etc. Se suele emplear para el control de microorganismos en aguas y fangos, el manejo de olores, eliminación de carga biodegradable, grasas, amonio y reducción del contenido de compuestos orgánicos diversos.
- **Precipitación Química:** pretende reducir materias en suspensión, contenido total de sales y carga biodegradable, actuando sobre fosforo y metales pesados, y el control de corrosión en colectores y en elementos depuradores. Es considerado como tratamiento físico químico general en depuración.
- **Procesos de oxidación avanzada (AOP en sus Siglas en Ingles):** Son aplicados fundamentalmente para reducir la cantidad de compuestos orgánicos de síntesis. habitualmente refractarios a otros tipos de depuración química o biológica.
- **Intercambio Iónico:** Está enfocado en la separación del amonio, metales pesados. sales disueltas o incluso a eliminar algunos componentes orgánicos concretos. [17]

## 1. Sistema de tratamientos Físicos

Sistemas físicos se pueden dividir en dos subcategorías; filtros arena y membranas. Se han encontrado filtros de arena pueden ser utilizado por sí solo o en combinación con la desinfección con el carbono activado y desinfección. Usado como un escenario único tratamiento, filtros de arena proporcionan una filtración gruesa de las aguas grises.

Alternativamente el tratamiento por membranas proporciona una eliminación limitada de los contaminantes orgánicos pero una excelente eliminación de los sólidos disueltos y suspendidos. Para ilustrar, la eliminación de hasta el 100% de la turbidez y sólidos en suspensión han sido registrados y concentraciones de otro modo residuales por debajo 2 NTU para la turbidez y por debajo de 10 mg/l de los sólidos en suspensión, suficiente para cumplir con los más estrictos estándares de reutilización, fue generalmente observada. [16]

- **Filtros de arena:** La utilización de los filtros de arena se hace indispensable cuando se desea tratar aguas que contengan gran cantidad de materias orgánicas y algas, tales como las que proceden de las aguas procedentes de embalses abiertos y canales. El filtrado se efectúa a presión al atravesar el agua la arena del filtro en forma descendente. El proceso está constituido de tres acciones distintas:
  - ✓ Tamizado en la capa superior de la arena.
  - ✓ Filtrado en profundidad por adherencia.
  - ✓ Sedimentación de partículas, la granulometría recomendada para la arena es de 0,8 a 1,2 mm.
- **Membrana:** es una película semipermeable que interviene como barrera selectiva, que solo permite el paso de ciertos componentes que se encuentran en el agua residual y rechazando otros. Entre las principales membranas contamos con las de micro filtración, ultrafiltración y de ósmosis inversa.
  - ✓ **Membranas de micro y ultrafiltración:** mediante su empleo, podemos eliminar partículas no disueltas, así como macromoléculas disueltas en el agua. Se utilizan en el tratamiento de agua residual para su depuración y regeneración con la finalidad de obtener agua tratada de calidad asegurada para su reutilización en otras aplicaciones. También se utilizan en desaladoras de última generación como pre tratamiento al proceso de ósmosis inversa.
  - ✓ **Membranas de ósmosis inversa:** tienen un diámetro de corte mucho más pequeño que las membranas de micro y ultrafiltración, ya que admiten separar las sales disueltas de manera que se logra como producto agua osmotizada libre

de compuestos iónicos, en otras palabras, libre de sales. Se usan generalmente para la desalación de agua de mar y salobres. Por consiguiente, agua de similitud potable. Si se emplean al tratamiento de las masas de agua residual, precedida de una primera fase de micro-ultrafiltración, permitiría obtener agua regenerada para su reutilización potable indirecta.

## 2. Sistema de Tratamientos Biológicos

Una extensa gama de procesos biológicos es usada para el reciclaje y tratamiento de aguas grises. Procesos tales como reactores de película fija, filtros anaerobios, Reactor discontinuo secuencial, membrana biorreactores y filtros aireados biológicos (BAF), se informaron en la literatura. Los sistemas biológicos, apenas se utilizan de forma individual y, cuando era el caso para la investigación de los procesos a escala piloto.

En la mayoría de los casos, los procesos biológicos fueron precedidas por un pre-tratamiento físico tal como sedimentación o pruebas y / o seguida de desinfección. Ellos También se combinaron con membranas en procesos tales como el MBR, filtro de arena, Carbón activado y humedal artificial. Los esquemas biológicos cuando se instala a escala completa fueron el tipo de tratamiento más visto comúnmente en los edificios más grandes. De hecho, los sistemas se pueden encontrar en residencias de estudiantes, edificios de varios pisos y estadios. [16]

Todos los procesos de naturaleza biológica que se utilizan en el tratamiento de agua residual tienen su principio en procesos y fenómenos que se originan en la naturaleza. Los cuales radica en el manejo del medio ambiente de los microorganismos de manera que se logren circunstancias de crecimiento muy óptimas.

Las principales aplicaciones de estos procesos son: la eliminación de la materia orgánica carbonosa del agua residual, medida como DBO, Carbono Orgánico Total (COT) o DQO; la nitrificación; la denitrificación; la eliminación de fósforo; y la estabilización de fangos.

Los principales procesos biológicos aplicados al tratamiento de agua residual se dividen en cinco grandes grupos:

- **Procesos aerobios:** son los procesos de lagunas aireadas, sistemas biológicos rotativos de contacto o biodiscos (RBC), fangos activados, digestión aerobia. filtros percoladores, filtros de desbaste, biofiltros activados.
- **Procesos anóxicos:** son los procesos de nitrificación con cultivo en suspensión, y la de nitrificación de película fija.

- **Procesos anaerobios:** son los procesos de digestión anaerobia, filtro anaerobio, proceso anaerobio de contacto (UASB), y lecho expandido.
- **Procesos anaerobios. anóxicos o aerobios combinados:** Proceso que tiene una o varias etapas.
- **Procesos en estanques o lagunajes:** son los procesos de lagunas aerobias, lagunas facultativas, lagunas anaerobias y lagunas de maduración o terciarias. Estos procesos en estanques o lagunajos se podrían incluir de igual manera en los procesos precedentemente mencionados. [18]

Independientemente del número y tipo de procesos, incluidos todos los esquemas con una etapa biológica logra una excelente eliminación orgánica y sólidos.

### 2.2.8 Marco Legal

Actualmente no existen límites máximos permisibles para el agua residual tratada que será reutilizada para el riego, ni para otros tipos de reúso. [19]

Sin embargo, en la revisión del marco legal, se debe tomar en cuenta una serie de reglamentos para el reúso del agua residual, los valores máximos admisibles para el vertimiento de agua residual, la calidad del agua para consumo humano, y los parámetros mínimos para potabilizar una masa de agua.

## 3. Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA

DECRETA:

### Artículo N 1.- Finalidad, Ámbito de Aplicación y Obligatoriedad de la Norma

La presente norma regula mediante valores máximos Admisibles (VMA) las descargar de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.

Los valores máximos admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicio de saneamiento – EPS, o las entidades que hagan sus veces.

## **Artículo N2.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA)**

Apruése los VMA de las descargas de aguas residuales no domesticas en los sistemas de alcantarillado sanitario.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en la tabla N° 1 de la norma, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en la tabla N° 1 de la Norma no pueden ser sobrepasados. En caso de que se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto a suspensión del Servicio.

**Tabla N° 1. Valores máximos admisibles de concentración de parámetros fisicoquímicos**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VMA PARA DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO</b>
Demanda Bioquímica de oxígeno (5días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	500
Demanda química de Oxígeno	DQO	mg/l	1000
Sólidos suspendidos totales		mg/l	500

Fuente: MVCS, 2009.

#### **4. Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano Ministerio de Salud: DS N° 031-2010-SA**

TÍTULO IX: REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

##### **Artículo 59° . - Agua apta para el consumo humano**

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

##### **Artículo 60° . - Parámetros microbiológicos y otros organismos**

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en la Tabla N° 4, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y escherichia coli.
2. Virus.

3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y
5. Nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
6. Para el caso de bacterias heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

**Artículo 61° . - Parámetros de calidad organoléptica**

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en la Tabla N° 3 del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

**Artículo 63° . - Parámetros de control obligatorio (PCO)**

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termo tolerantes;
3. Residual de desinfectante; y
4. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias escherichia coli, como prueba confirmativa de la contaminación fecal. (Ver Tabla N° 2)

**Tabla N° 2. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos.**

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35 C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termo tolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44,5 C	0 (*)

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <1,8/100 ml

Fuente: MINSA, 2010.

**Tabla N° 3. Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad organoléptica.**

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Sólidos totales Disueltos	mg/L	1000

Fuente: MINSA, 2010.

## 5. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

El Ministerio del Ambiente (MINAM) establece las siguientes normas legal para la protección de los recursos hídricos:

### **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**

Apruébese 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**

#### **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.

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

#### **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.

#### **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. (Ver Tabla del N° 4 al N° 7)

**Tabla N° 4. Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

PARAMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES DESTINADA A LA PRODUCCION DE AGUA POTABLE		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional I	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
MICROBIOLOGICO				
Coliformes Termo tolerantes (44,5 C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Coliformes Totales (35 – 37 C)	NMP/100 ml	50	2 000	20 000

NMP/100 ml: Numero más probable en 100 ML.

\*\* Se entenderá que, para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine

Fuente: DS 004 – 2017 – MINAM.

**Tabla N° 5. Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua categoría 1: Poblacional y Recreacional**

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES DESTINADA A LA PRODUCCION DE AGUA POTABLE		
		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
		VALOR	VALOR	VALOR
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>				
D.B.O.s	mg/L	3	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30
Materiales Flotantes	mg/L N	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Oxígeno Disuelto	mg/L	$\geq 6$	$\geq 5$	$\geq 4$
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
TDS	mg/L	1 000	1 000	1 500

UNT: Unidad Nefelométrico Turbiedad

TDS: Solidos Disueltos Totales

\*\* Se entenderá que, para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine

Fuente: DS 004 – 2017 – MINAM.

**Tabla N° 6. Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua Categoría 2: Extracción, Cultivo y Otras Actividades Marino Costeras y Continentales**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	C1	C2	C3
		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.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	$\leq 14$ (área aprobada) (d)	$\leq 30$	1 000
	NMP/100 ml	$\leq 88$ (área restringida) (d)		

(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

Fuente: DS 004 – 2017 – MINAM.

**Tabla N° 7. Estándares Nacionales De Calidad Ambiental Para Agua Categoría 2: Extracción, Cultivo Y Otras Actividades Marino Costeras Y Continentales**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	C1	C2	C3
		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.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	**	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70

Fuente: DS 004 – 2017 – MINAM.

En Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing, que está basado y coincide con Guidelines for the Non- Potable Uses of Recycled Water in Western Australia, se ha determinado los valores máximos permitidos para el reúso doméstico no potable como por ejemplo para riego, lavado de automóviles, lavado de servicios públicos, descarga en inodoros, agua para descarga en sanitarios y para lavado de ropa donde están establecidos los parámetros máximos permitidos como los requisitos mínimos de monitoreo permitido (Ver Tabla N° 8). [20]

**Tabla N° 8. Guideline values for domestic reclaimed water used in toilet and urinal flushing**

PARAMETERS	UNITS	WATER QUALITY PARAMETERS	
		MEDIAN	MAXIMUN
BOD <sub>5</sub>	mg/L	=< 10	=< 20
TSS	mg/L	=< 10	=< 20
THERMOTOLERANT COLIFORMS	CFU/100 mL	Not detected	=< 200

Fuente: Minister of Health of Canadá.

En el libro presentado por AIDIS en colaboración con la UNESCO del año 2016 presentaron una tabla con parámetros que podrían tomarse en cuenta para un reúso posible del agua residual tratada (Ver Tabla N° 9). [21]

Para un reúso industrial, como agua de enfriamiento o lavados de diverso tipo no alimentario, la remoción de nutrientes es pedida para evitar el crecimiento de algas y biopelículas en los sistemas, como las torres de enfriamiento o cisternas y así reducir el consumo de reactivos comúnmente empleados para su control. Además, se debe cuidar la concentración de sales, particularmente para evitar incrustaciones en los componentes del sistema de enfriamiento. El reúso en descarga de sanitarios y lavado de pisos o automóviles, debe atender los mismos requisitos, pero con una doble barrera a los organismos patógenos. [21]

**Tabla N° 9. Calidad de agua tratada en función del tren de tratamiento adoptado y su tipo de reúso**

TREN DE TRATAMIENTO	OBJETIVO	CALIDAD DE AGUA OBTENIDA	REÚSO POSIBLE
1	Remoción de carbón orgánico y solidos suspendidos, y coliformes.	DQO<160 mg/l DBO<60 mg/l SST<40 mg/l	Riego agrícola con restricciones.
2	Tren 1+ remoción total de solidos suspendidos, huevos de helmintos y coliformes.	DQO<100 mg/l DBO<30 mg/l SST<5 mg/l	Riego agrícola sin restricciones.
3	Tren 1+ remoción de nitrógeno y coliformes.	DQO<160 mg/l SST<5 mg/l	Servicio (lavado de autos, pisos, riego de áreas verdes).
4	Tren 1 + remoción de nitrógeno, fosforo, solidos suspendidos, huevos de helmintos y coliformes.	DQO<20 mg/l SST<5 mg/l DBO<5 mg/l	Intradomiciliario (descarga de sanitarios, lavado de pisos, riego de jardines). Industria (enfriamiento). Infiltración superficial.
5	Tren 4 + remoción de materia orgánica residual, color y olor.	DQO<10 mg/l SST<5 mg/l	Inyección directa al acuífero.
6	Tren 5 + remoción de sales disueltas.	DQO<5 mg/l SST<0 mg/l	Uso sin restricciones.

Fuente: AIDIS y UNESCO.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LOS PROCESOS DE PRE LAVADOS

##### 3.1.1. La Empresa

INDUSTRIAS Y DERIVADOS S. A. C. con número de RUC: 20480328427, se encuentra localizada en Av. Grau Nro. 1359, distrito de La Victoria, en la provincia de Chiclayo y en el departamento de Lambayeque.

La empresa, se dedica a la producción y comercialización de agua de mesa envasada en bidones de 20 litros, los cuales se distribuyen en distintos mercados dentro del departamento de Lambayeque.

Actualmente, la planta se encuentra ubicado en un área de 460,22 metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

##### 3.1.1.1. Organigrama

Esta empresa es una sociedad anónima cerrada, en donde una inversionista tiene a cargo la Gerencia General. (Ver Figura N° 2).

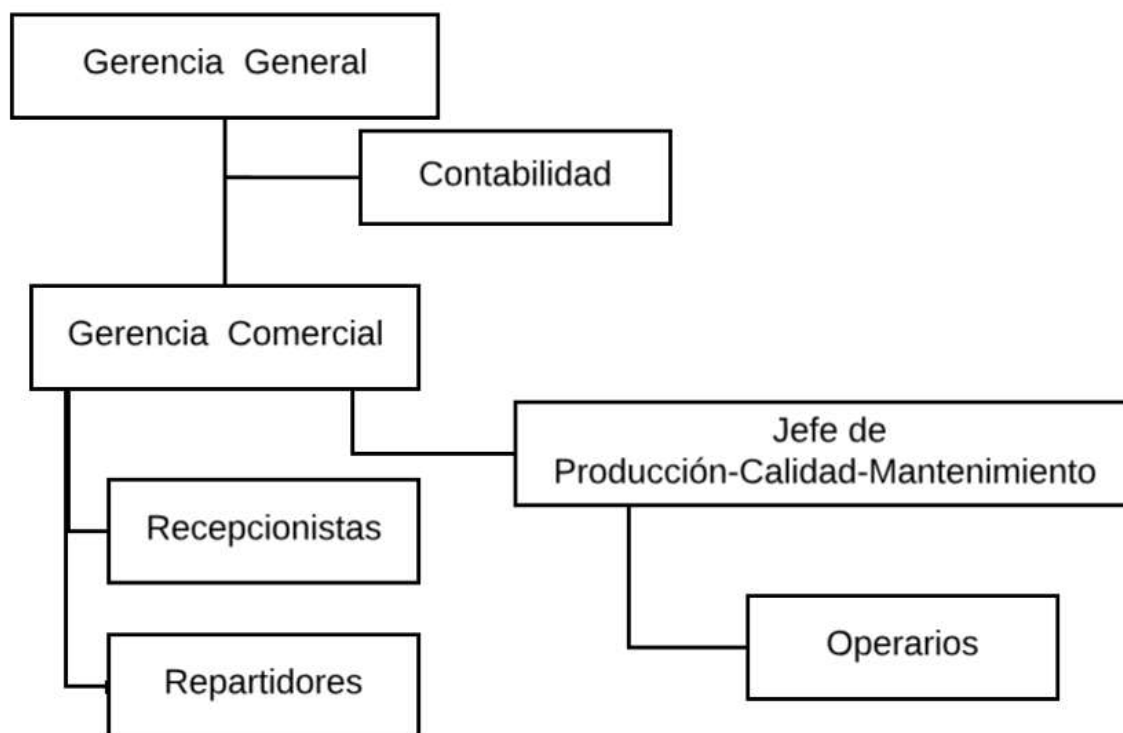
- **Gerencia general:** Es la encargada de autorizar y firmar los salarios y gastos que se generan en la empresa. También es la encargada de la representación de la empresa en eventos, conferencias y actividades de relaciones públicas.
- **Contador:** Se encarga de la elaboración de informes de estados financieros para la toma de decisiones, genera los respectivos balances, el manejo de las cuentas de la compañía, los movimientos financieros de crédito o liquidez, hace las respectivas declaraciones y pagos a la SUNAT.
- **Gerencia Comercial:** Se encarga de supervisar y coordinar todas las actividades de las áreas de la compañía, atiende a los clientes y proveedores, organiza eventos de carácter publicitarios, se encarga de gestionar las compras de materia prima, insumos y abastecimiento, así mismo es el responsable directo de organizar la distribución de los bidones ya envasados.
- **Encargado de Producción, calidad y mantenimiento:** Su función es de controlar, programar el proceso productivo, las buenas prácticas de manufactura, debido a que el sistema de producción no es complejo, también se encarga del control de calidad y mantenimiento de la planta.
- **Operarios:** La empresa cuenta con un total de 14 operarios de los cuales uno tiene la función del área de Pre Lavado I, 10 en el área de Pre Lavado II, uno en el área de

lavado y envasado, el encargado de manteniendo, así como uno encargado de las labores de limpieza tanto dentro y fuera de la planta.

- **Recepcionistas:** Actualmente, la empresa tiene 3 personas encargadas de recibir los pedidos, los que a la vez coordinan con los clientes y repartidores la entrega de los bidones ya envasados.
- **Repartidores:** La empresa cuenta con un total de 8 repartidores, los cuales tienen como función, la entrega de los productos, la facturación y la cobranza respectiva.

Cabe mencionar, que la dinámica de trabajo es en parejas, con la finalidad de poder distribuir de manera equilibrada los bidones, evitando la fatiga por esfuerzo laboral.

La distribución se realiza en 04 móviles, 03 modelo combi y 01 camión.



**Figura N° 2. Estructura organizacional de la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

### 3.1.1.2. Clientes:

Los bidones de 20 litros son distribuidos en el mercado departamental como en supermercados, locales de diversión, discotecas, restaurantes y a personas naturales en venta directa.

### 3.1.1.3. Descripción del sistema de producción:

Industrias y Derivados S. A. C tiene en un sistema de producción continua, basada en una demanda estacionaria de bidones de agua de mesa.

#### ▪ **Materia prima:**

- **Agua Potable:** Obtenida del suministro público, esta es tratada física y químicamente para la obtención de agua de mesa, la cual es envasada y distribuida en bidones de 20 litros, también es usada para actividades de aseo y limpieza como lavado de bidones (reutilizados), limpieza de pisos, paredes, canaletas, limpieza de sanitarios y servicios higiénicos.

#### ▪ **Materiales:**

La empresa utiliza los siguientes materiales durante el proceso de producción.

- **Hipoclorito de Sodio (cloro concentrado al 5%):** Utilizado para el proceso de cloración del agua potable que será envasada, además es usado como aditivo para enriquecer los pediluvios, remojar los grifos que vienen con los bidones retornables y para usos de aseo también (ver Anexo N° 2).
- **Precintos:** Usados para sellar tanto la tapa como los grifos plásticos del bidón.
- **Novagras - SP:** Detergente líquido viscoso y concentrado, usado en el área de Pre Lavado II para limpiar, desinfectar y desengrasar los bidones retornables (ver Anexo N° 3).
- **Shureclean Plus:** Es un detergente líquido neutro, concentrado y de alta espuma, utilizado para limpieza de paredes (ver Anexo N° 4).
- **Suma J512:** Desinfectante ultra concentrado usado para limpieza de partes metálicas y para el grifo del área de envasado (Ver Anexo N° 5).
- **Divosan:** Un desinfectante oxidante altamente efectivo, a base de ácido peracético, con 15% de activo, usado para el lavado interno del bidón antes de ser enjuagado y envasado con agua de mesa final. (Ver Anexo N° 6).
- **Esponjas:** utilizados en el área de Pre Lavado II y por los encargados de limpieza.
- **Guantes de jebe:** Se utiliza en el área de Pre Lavado II para manipular los bidones procedentes de Pre Lavado I.
- **Mandiles:** Delantal o prenda utilizada en planta por los operarios para cubrir la parte ventral del cuerpo del operario.
- **Cofia:** Es una prenda que cubre parcialmente la cabeza de los operarios. Se utiliza para cumplir con las normas de higiene en la manipulación de los bidones, materiales e insumos dentro de planta.

- **Guantes Quirúrgicos:** Se utiliza para cubrir las manos de los operarios durante la manipulación de los bidones, insumos y equipos dentro de la planta.
- **Alcohol:** Se utiliza para desinfectar las manos antes de entrar al área de Pre Lavado II como parte de rutina de higiene.
- **Detergente:** Es utilizado para los procesos de limpieza tanto la parte interna como externa de la planta de procesamiento de agua de mesa.
- **Escobillas:** Se utiliza como herramientas para las labores de limpieza tanto dentro de planta con exteriores.
- **Tapa boca:** Indumentaria regulada y que es usada por los operarios dentro de planta como parte del cumplimiento de las normas de higiene y salubridad.
- **Paños absorbentes:** Su uso es extendido para la limpieza de equipos, materias tanto en el exterior de la planta como dentro de ella.

▪ **Insumos:**

Son todos los objetos utilizados por la empresa para producir agua embotellada de 20 litros.

- **Bidones de policarbonato:** Bidones de 20 L de capacidad utilizados para el envasado de agua de mesa, se caracteriza por no ser traslucido y por su durabilidad.
- **Tapas:** Usadas para aislar el producto terminado del exterior del bidón, manteniendo la inocuidad del producto.
- **Caños:** Usados para cada bidón el cual permite se usarlos como dispensador de agua para el consumo final, está compuesto por una válvula antirretorno en un solo sentido.

▪ **Maquinaria y Equipo:**

Para que todo el proceso de producción se lleve a cabo, la empresa cuenta con una serie de maquinarias y equipos.

- Cisterna de concreto de 6000 litros de capacidad.
- Tanque elevado de 2500 litros.
- 2 tanque elevado de 1100 litros.
- Tanque elevado de 2000 litros.
- Sistema de tuberías para agua y desagüe.
- 2 bombas para la distribución del agua a todo el sistema.
- Contador de Caudal de agua.
- Sistema de tratamiento con purificador de Ultravioleta (UV), filtros 2 y 5 micras y filtro de carbón activado.

- Equipo de lavado y envasado, el cual permite el lavado y enjuagado del bidón antes de envasarlo con producto terminado.
- Sistema ozonizador para el producto terminado.
- Tanque de almacenamiento de producto terminado de capacidad 1100 litros.
- Trampas de radiación UV ubicadas a la entrada y salida de la planta.
- 3 móviles Daihatsu modelo combi para el reparto de productos.
- 1 móvil Hyundai modelo H-100 medio camioncito para el reparto en zonas alejadas como pueblos.

▪ **Sistema actual de tuberías:**

El diseño actual de la red de agua y alcantarillado en la empresa está constituido de la siguiente forma:

- **Red de Tuberías para Sanitarios, Pre Lavado I y II**

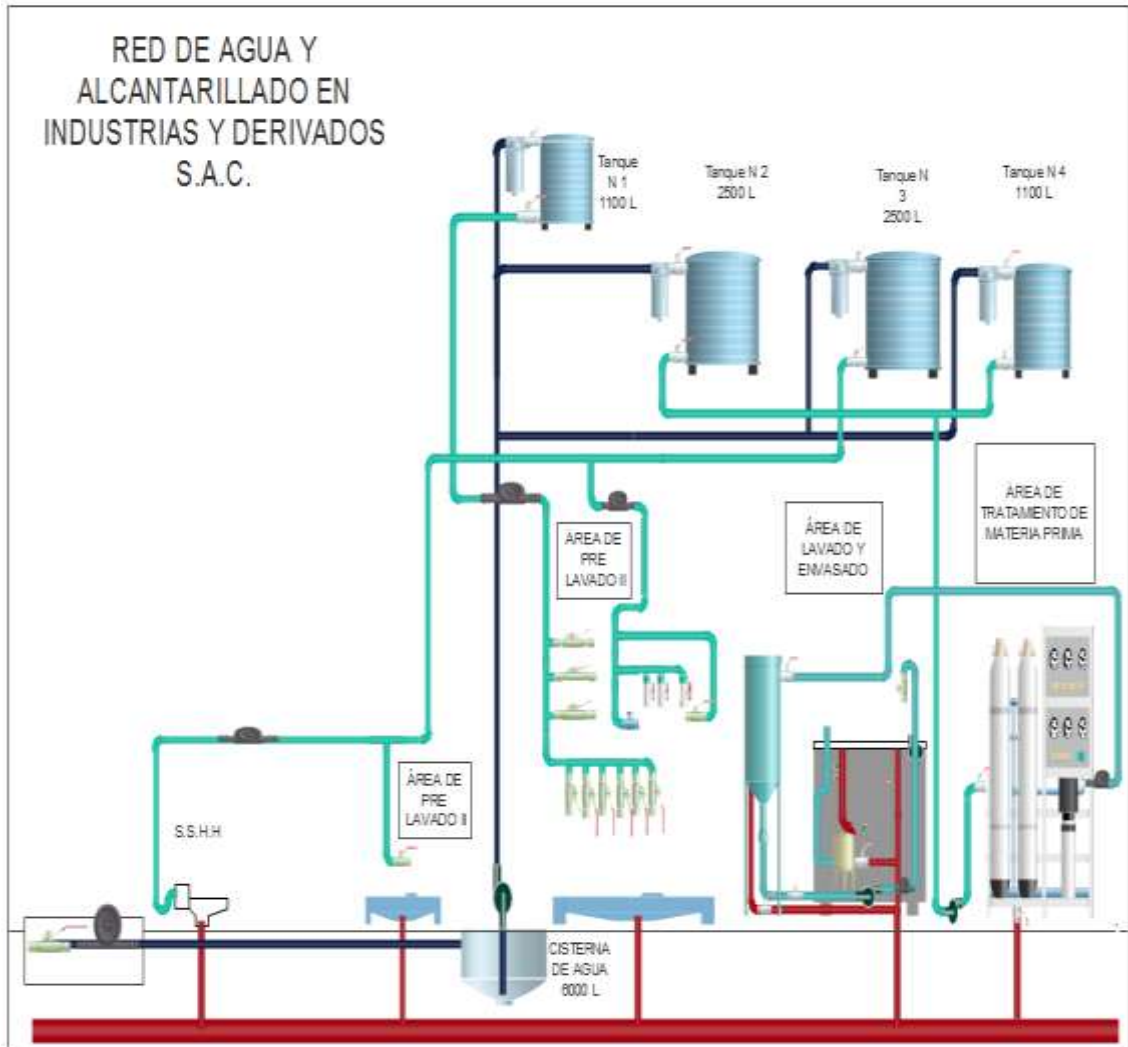
Está área de Pre Lavado II es provista de agua de los tanques N 1 Y N 3 debido a que tiene 2 circuitos de grifos para lavado de bidones (Ver Figura N° 3).

- **Red de Tuberías para Tratamiento de Materia Prima (agua)**

Está área de tratamiento es proveída de agua de los tanques N 2 Y N 4, por ello se deberá colocar 1 medidor de volumen de agua en el ducto final ya que nos dirá cuánta agua va al área de lavado y envasado.

- **Red de Tuberías para Área de Lavado y Envasado**

En esta área se colocará un medidor en el ducto que suministra agua tratada para el envasado, con ello sabremos cuanta agua tratada es aprovechada y cuanta es perdida tomando como referencia el agua que ingresa a esta área y que es registrado por el medidor N 5.



**Figura N° 3. Diagrama de Red de Suministro de Agua potable y sistema de alcantarillado en Industrias y Derivados S. A. C.**

#### ▪ **Productos**

La empresa produce agua de mesa envasada en bidones de 20 litros y que cumple una serie de especificaciones y requisitos:

#### **Especificaciones:**

- ✓ Material: 100% agua de mesa.
- ✓ Envasado: Bidón de policarbonato o polipropileno.
- ✓ Cantidad: 20 L.
- ✓ Durabilidad: 3 meses.

**Requisitos:** El agua envasada cumple con una serie de parámetros establecidos por ley detallados en la siguiente ficha técnica mostrada en la Tabla N° 10.

**Tabla N° 10. Ficha técnica del agua sin gas Niagara envasada en bidones de veinte litros**

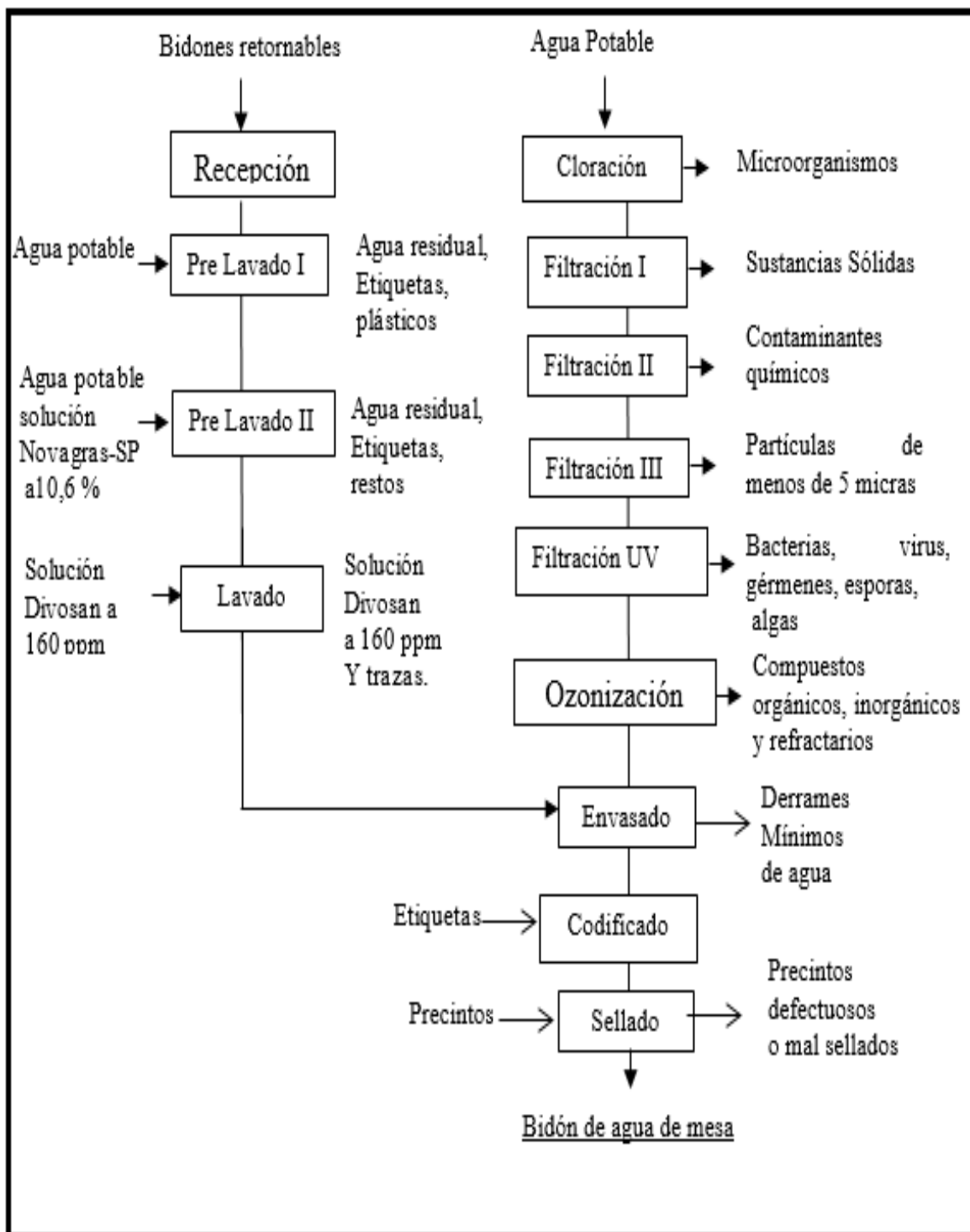
<b>Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
<b>Límites máximos permisibles de Parámetros de calidad organolépticas</b>	Olor	---	Aceptable
	Sabor	---	Aceptable
	Color	UCV	15
	Turbiedad	UNT	5
	pH	Valor de pH	6,5-8,5
	Sólidos totales disueltos	Mg L <sup>-1</sup>	1000
	Amoníaco	MgN L <sup>-1</sup>	1,5
	Cloruros	Mgcl <sup>-1</sup> L <sup>-1</sup>	250
	Dureza Total	MgCaCo <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
	Conductividad	Umho/cm	1500
	Sulfatos	Mg So <sub>4</sub> L <sup>-1</sup>	174
	Hierro	Mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
	Manganeso	Mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
	Aluminio	Mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
	Cobre	Mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
	Zinc	Mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
Sodio	Mg Na L <sup>-1</sup>	200	
<b>Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos</b>	Bacterias Totales Coliformes	UFC/100ml a 35 C°	0(*)
	E. Coli	UFC/100ml a 44,5 C°	0(*)
	Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100ml a 35 C°	500
	Huevos y larvas de Helminthos. quistes y coquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
	Virus	UFC/mL	0
	Organismos de Vida Libre	N° org/L	0

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

#### 3.1.1.4. Proceso de fabricación de Agua de mesa.

- **Cloración:** El agua potable es sometido a este proceso en un tanque de 1100 litros de capacidad, al cual se le añade hipoclorito de sodio hasta que se obtenga 1 ppm, de esta manera se elimina microorganismos que puedan estar presente en el agua.
- **Filtración I:** El agua potable ya clorada pasa por un filtro que está compuesto por una grava, cuarzo y un colchón de arena que filtra las sustancias sólidas, el agua recorre de abajo hacia arriba, sale por otra tubería pequeña e ingresa a un segundo filtro.
- **Filtración II:** El agua recorre por un filtro que contiene carbón activado, permitiendo eliminar olores, colores y sabores como cloro y una gran variedad de contaminantes químicos.
- **Filtración III:** El agua pasa por un filtro pulidor que retiene partículas muy pequeñas de hasta 5 micras y le brinda una especie de brillo al agua.
- **Tratamiento UV:** El agua pasa a través de una lámpara ultravioleta que se encuentra debidamente protegida y funciona como germicida ya que elimina bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que pudieran estar contenidas en el agua.
- **Ozonización:** Permite la eliminación de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, reduciéndose el carbono orgánico total (TOC), olor, color, sabor y turbidez de las aguas, así como, compuestos refractarios (sustancias tóxicas y compuestos farmacéuticos).
- **Recepción:** En esta fase del proceso, el encargado de control de planta recepciona los bidones retornables y mediante un examen visual determina el estado de los mismos, siendo descartados los que presenten abolladuras, fracturas y presenten olores fuertes.
- **Pre Lavado I:** en esta etapa, un operario retira la suciedad presente en los bidones, así como las etiquetas antes que pasen a planta. Las aguas residuales que allí se generan tienen potencial a ser reutilizadas. Esta operación está a cargo de una persona que agrupa 25 bidones y mediante el uso de una manguera la lava durante 60 s.
- **Pre Lavado II:** Los bidones pasan a planta y es allí donde se lavan la parte externa, interna y el grifo plástico del bidón con una solución de Novagras al 0,6%. Al día se utiliza un total de 50 litros de solución de Novagras al 0,6%.
- **Lavado:** En el área de Lavado y envasado con una solución de Divosan a 160 ppm se remoja los bidones para luego ser enjuagado con agua purificada de mesa. Actualmente la empresa cuenta con un tratamiento de estas aguas residuales en este punto ya que el Divosan es un desinfectante oxidante altamente efectivo, a base de ácido peracético, con 15% de activo por lo que no se puede verter directamente a la red de alcantarillado.

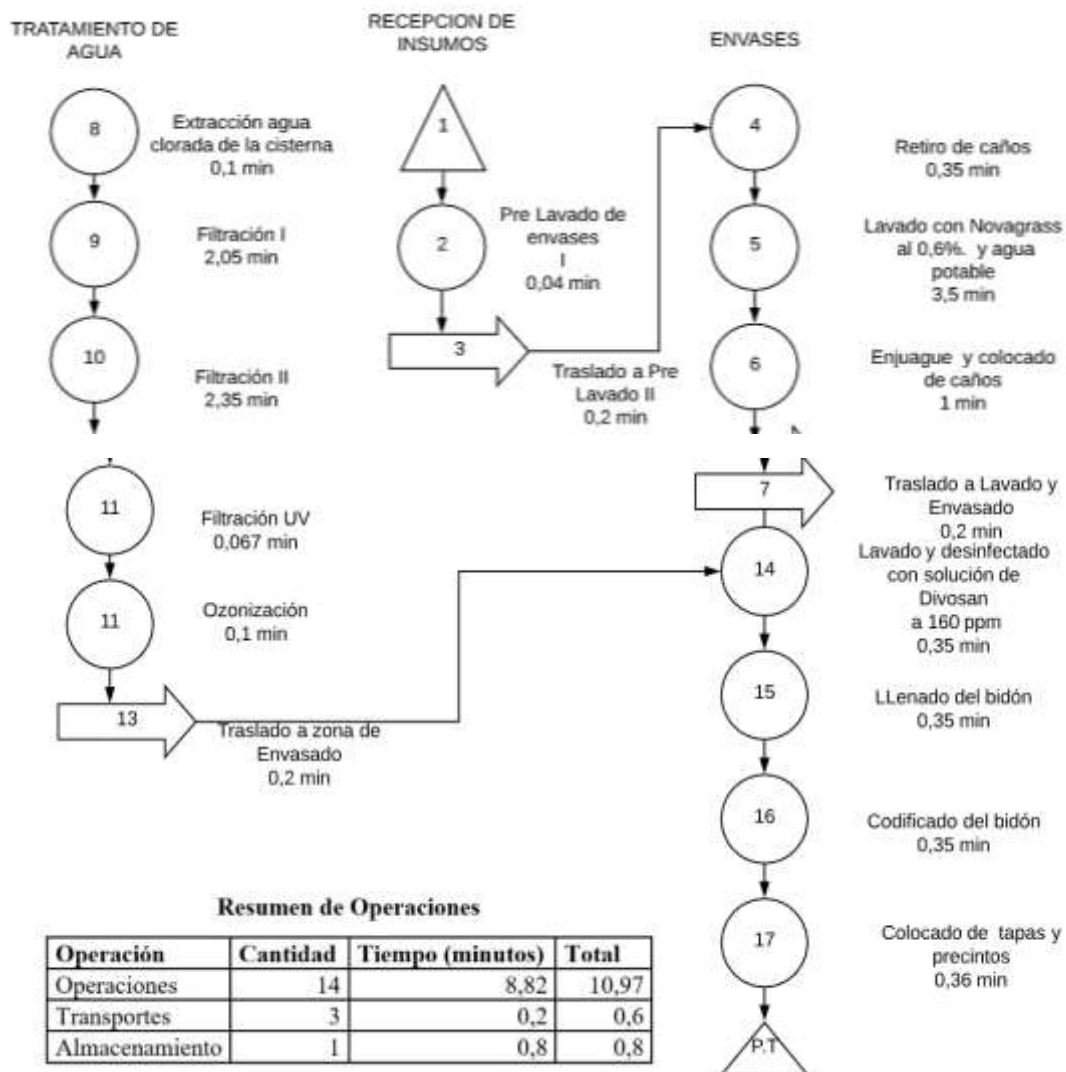
- **Envasado:** Se llena los bidones con 20 litros de agua de mesa purificada, se colocan las tapas.
- **Codificado:** A cada bidón se le colocan etiquetas de fecha de producción y vencimiento, finalmente al producto se le colocan 2 precintos en la parte de la tapa y el grifo plástico.



**Figura N° 4. Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación de agua de mesa en bidones retornables de 20 litros**

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Figura N° 4 se muestra el diagrama de bloques de todo el proceso de tratamiento del agua potable para el envasado de bidones de agua de mesa de 20 litros, así mismo, se muestra también el flujo de los bidones retornables antes de entrar al proceso de envasado.



**Figura N° 5. Diagrama de Análisis del proceso de la obtención de agua de mesa envasada en bidones de 20 litros**

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

A partir del análisis del proceso (DAP) (Ver Figura N° 5), se puede identificar que la empresa cuenta con un total de 17 actividades, donde 14 son operaciones con un tiempo total de 10,97 minutos, además, se tiene 3 transportes cuyo tiempo total es de 0,6 minutos y un almacenamiento de 0,8 minutos.

Del DAP desarrollado, se puede observar que el cuello de botella está en el área de Pre Lavado en la operación de Lavado con solución de Novagras al 0,6% y con agua potable con un tiempo de 3,5 minutos, seguido de la operación de Filtración II con un tiempo total de 2,35 minutos que es realizado por una máquina.

### 3.1.1.5. Bidones retornables lavados en la empresa

En la Figura N° 6, se muestra el histórico de la cantidad de bidones de lavados en la empresa desde enero del año 2016 hasta octubre del 2018, los meses de noviembre y diciembre han sido proyectados estacionalmente. La figura cuenta con una leyenda de 3 colores en donde las barras de color azul muestran la cantidad de bidones que se han lavado en el año 2016, el color naranja indica la cantidad lavada en el año 2017 y finalmente el color gris para la cantidad de bidones lavados en el año 2018.

Al analizar la Figura N° 6, se puede determinar que existe un aumento estacional de la cantidad de bidones lavados en un determinado mes del año 2016 respecto al 2017 y 2018. Por ejemplo, en el mes de enero del 2016 se lavaron un total de 9 999 bidones, 11 782 bidones fueron lavados el mismo mes el año 2017 y 13 565 en el 2018.

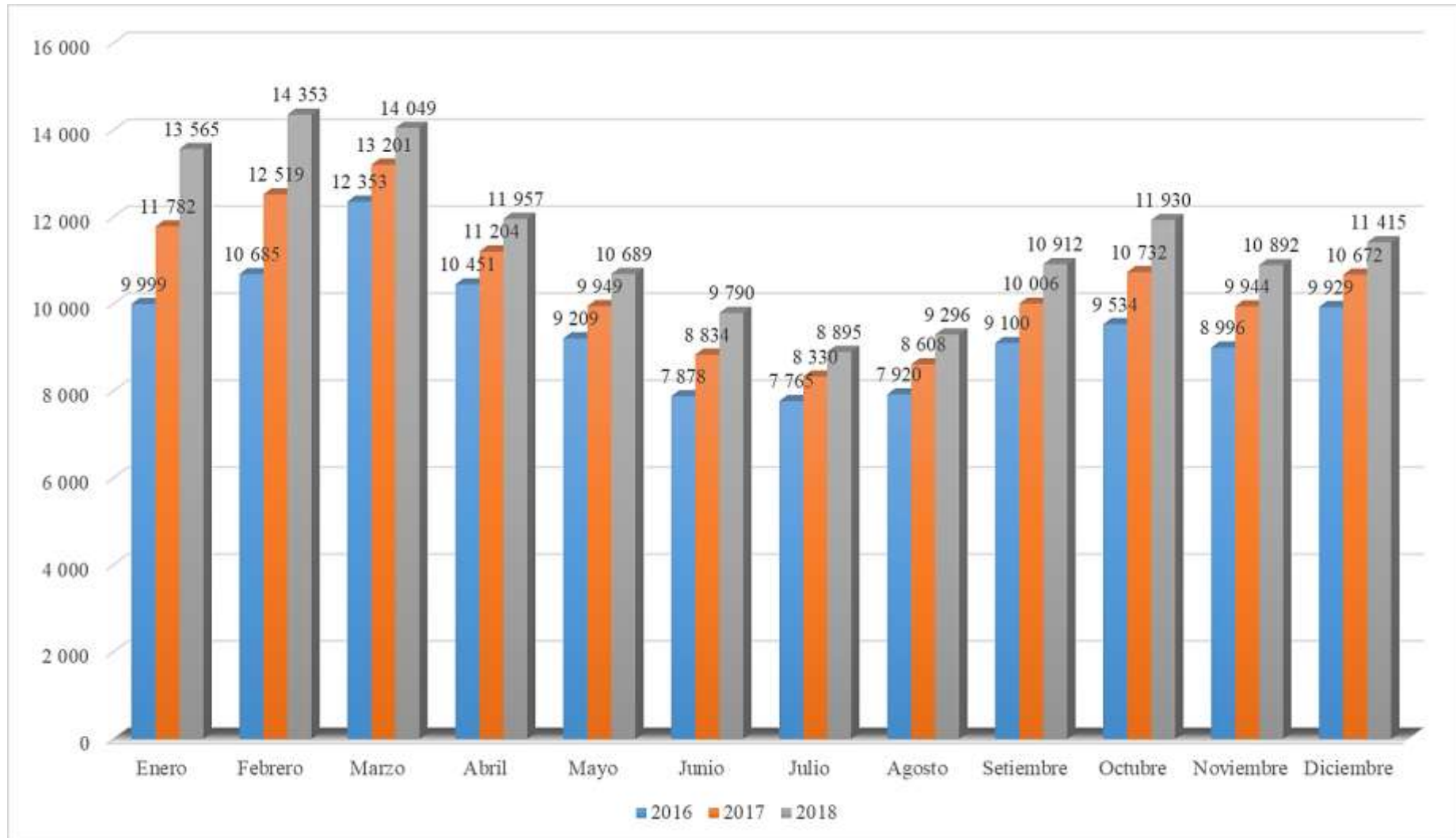
Al observar la Figura N° 6, se puede deducir que a partir del mes de abril hasta julio la empresa tiene una caída en la cantidad de bidones que lava para poder envasar, sin embargo, a partir del mes de agosto en adelante se puede corroborar que existe un crecimiento de la cantidad de bidones lavados salvo en el mes de noviembre donde decae para nuevamente recuperarse en el mes de diciembre y este patrón se repite en el año 2017 y se espera repetir en el 2018.

Al analizar la Tabla N° 11, se puede notar que existe un aumento de la cantidad de bidones lavados por año, en donde en el 2016 se lavaron un total de 113 819 bidones, 125 781 y 137 743 bidones en los años 2017 y 2018 respectivamente.

En el año 2016 la mayor cantidad de bidones se lavaron en el mes de marzo llegando a un total de 13 201 unidades, la menor cantidad de bidones lavados se registró en el mes de julio donde solo llegaron a un total de 7 765 unidades.

En el año 2017 la mayor cantidad de bidones se lavaron en el mes de marzo llegando a un total de 12 353 unidades, la menor cantidad de bidones lavados se registró en el mes de julio donde solo llegaron a un total de 8 330 unidades.

En el año 2018 la mayor cantidad de bidones se lavaron en el mes de febrero llegando a un total de 14 353 unidades, la menor cantidad de bidones lavados se registró en el mes de julio donde solo llegaron a un total de 8 895 unidades.



**Figura N° 6. Unidad de bidones lavados en los años 2016, 2017 y 2018 en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**

\* noviembre y diciembre del año 2018 han sido proyectados estacionalmente

**Tabla N° 11. Bidones retornables de 20 litros lavados en la empresa Industrias y Derivados S. A. C. desde el año 2016 hasta el 2018.**

MES	2 016	2 017	2 018
Enero	9 999	11 782	13 565
Febrero	10 685	12 519	14 353
Marzo	12 353	13 201	14 049
Abril	10 451	11 204	11 957
Mayo	9 209	9 949	10 689
Junio	7 878	8 834	9 790
Julio	7 765	8 330	8 895
Agosto	7 920	8 608	9 296
Setiembre	9 100	10 006	10 912
Octubre	9 534	10 732	11 930
Noviembre	8 996	9 944	*10 892
Diciembre	9 929	10 672	*11 415
<b>TOTAL</b>	<b>113 819</b>	<b>125 781</b>	<b>137 743</b>

\* noviembre y diciembre del año 2018 han sido proyectados estacionalmente  
Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

### 3.1.1.6. Consumo de agua potable en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.

El consumo total de agua potable está dividido en agua que ingresa al proceso de tratamiento, como materia prima, para elaborar agua de mesa que luego será envasado en bidones de 20 litros, otra agua es destinada a las áreas de Pre Lavado I y Pre Lavado II para la limpieza de bidones retornables, otra cantidad mínima entra al proceso de lavado de bidones con una solución de Divosan y finalmente el agua restante es utilizada para otros usos dentro de la planta de procesamiento y fuera de ella.

El objetivo de esta tesis es poder tratar el agua residual generado en el área de Pre Lavado I y II para poder reutilizada en reemplazo del agua destinada a otros usos fuera de planta.

Agua total = agua de las áreas de Pre Lavado I y II + agua utilizada para la producción + agua para lavado + agua utilizada para otros usos.

**Tabla N° 12. Consumo en m<sup>3</sup> de agua potable en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**

MES	2016	2017	2018
Enero	395	509	535
Febrero	395	636	550
Marzo	442	611	550
Abril	449	431	490
Mayo	473	472	526
Junio	335	489	490
Julio	517	410	572
Agosto	353	432	462
Setiembre	453	489	555
Octubre	405	503	541
Noviembre	478	481	*494
Diciembre	542	462	*580
<b>TOTAL</b>	<b>5 237</b>	<b>5 925</b>	<b>6 345</b>

\* noviembre y diciembre del año 2018 han sido proyectados estacionalmente

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Tabla N° 12, se puede observar el consumo ascendente de agua potable para un uso general en la empresa en los años 2016, 2017 y 2018 en donde se han consumido un total de 5 237 m<sup>3</sup> en el primer año, 5 925 m<sup>3</sup> para el 2017 y se espera un consumo total de 6 345 m<sup>3</sup> para el cierre del año 2018.

En el año 2016, se puede verificar que el mayor consumo de agua potable ocurrió en el mes de julio con un total de 517 m<sup>3</sup> consumido y el consumo más bajo se produjo en el mes de junio con un total de 335 m<sup>3</sup>.

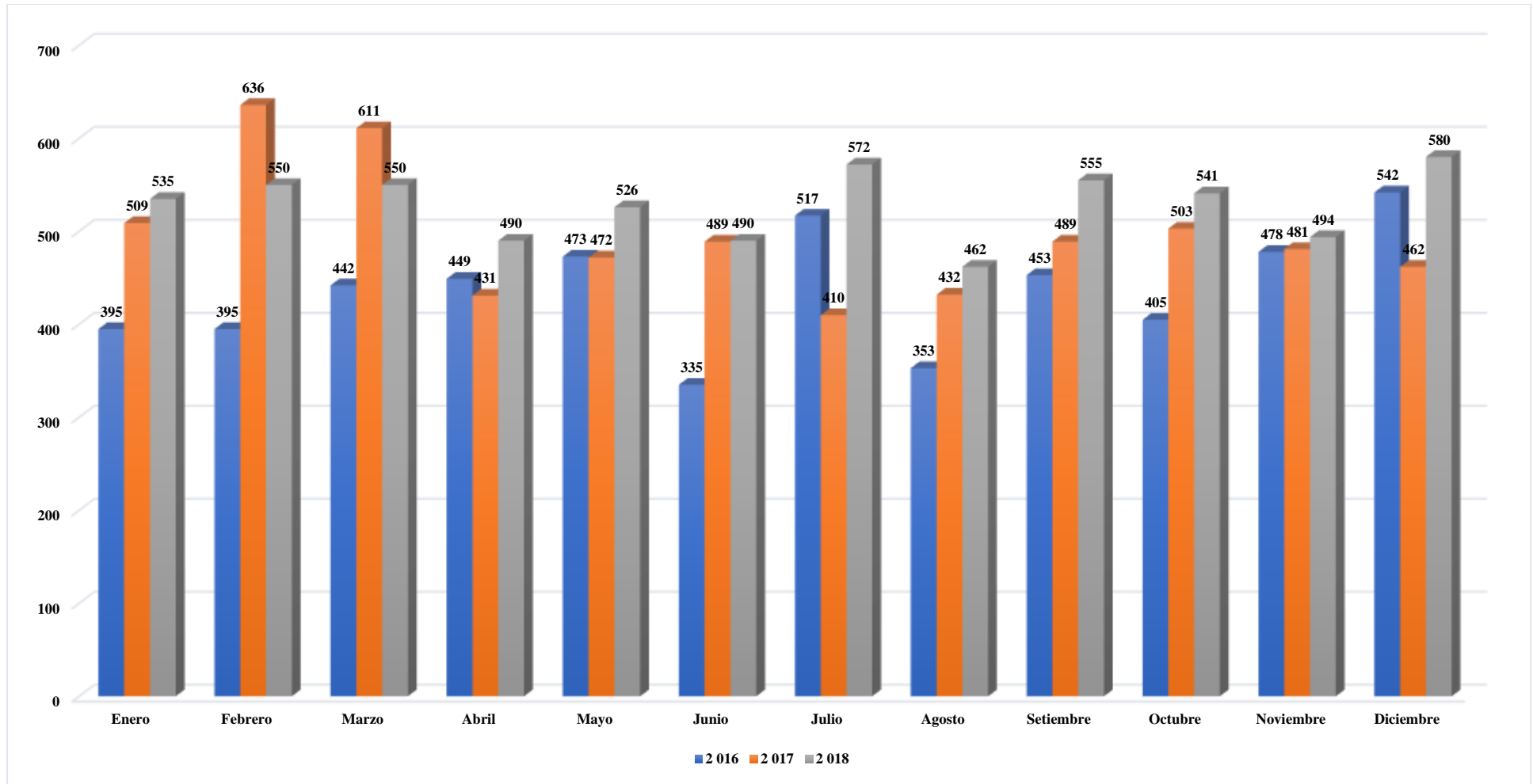
En el año 2017, se corrobora que en el mes de febrero el consumo de agua potable llegó hasta 611 m<sup>3</sup>, siendo este su mayor pico y por otra parte la mayor baja en el consumo de agua se ha registrado en el mes de julio con un total de 410 m<sup>3</sup> consumidos.

En el año 2018 el, mayor consumo de agua potable se espera en el mes de diciembre pudiendo llegar a un total de 580 m<sup>3</sup> y el consumo más bajo se ha reportado en el mes de agosto llegando solo a 462 m<sup>3</sup>.

En la Figura N° 7, se puede observar barras de color azul, naranja y gris que significa el volumen consumido por mes durante los años 2016, 2017 y 2018 respectivamente.

El estudio abarca desde enero del 2016 hasta octubre del año 2018, sin embargo, los meses de noviembre y diciembre del 2017 han sido proyectados estacionalmente.

De la Figura N° 7, se puede identificar que, hubo un consumo elevado en el mes de enero, junio, agosto, setiembre, octubre y noviembre en los 3 años, sin embargo, en los meses de febrero, marzo se muestra que se consumió una mayor cantidad de agua potable en el año 2017 debido a factores externos y a acontecimientos registrados en nuestra región. Así mismo otro comportamiento atípico se puede verificar en el consumo de agua potable registrado en los meses de abril, mayo, julio y diciembre del año 2016 en donde por fallas técnicas y errores en el manejo del agua potable generaron que el consumo sea mayor en esos meses respecto a lo que se consumió el año 2017.



**Figura N° 7. Consumo de agua potable en m<sup>3</sup> en la empresa Industrias y Derivados S. A. C en los años 2016, 2017 y 2018**

\* noviembre y diciembre del año 2018 han sido proyectados estacionalmente

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

### 3.1.1.7. Consumo de agua potable para tratamiento y envasado de agua de mesa

En la Tabla N° 13, se puede constatar la cantidad de agua potable consumida en metros cúbicos ( $m^3$ ) para el proceso de envasado de bidones en donde se puede concluir un aumento ascendente en los 3 años estudiados, por ejemplo, en el 2016 se ha consumido un total de 4 293,38  $m^3$ ; 4 534,62  $m^3$  en el año 2017 y se espera un consumo de 4 775,86  $m^3$  al cierre del año 2018.

En el año 2016, se muestra un mayor consumo en el mes de marzo, llegando a un total de 247,06  $m^3$  y un mínimo de 155,30  $m^3$  en el mes de julio.

En el año 2017, se verifica que el mayor consumo se ha registrado en el mes de marzo con un total de 264,02  $m^3$  y un mínimo de 166,60  $m^3$  en julio.

El mayor consumo registrado en el año 2018 se llevó a cabo en el mes de febrero, llegando a un total de 287,06  $m^3$  y la más baja en el mes de julio con solo un total de 177,90  $m^3$  de agua envasada.

En la Figura N° 8, se puede observar el consumo de agua en metros cúbicos ( $m^3$ ) por cada mes, en donde las barras de color azul representan los consumos en el año 2016, el color naranja en el año 2017 y el color gris los valores de los años 2018.

Al igual que en la Figura N° 7, se puede identificar un aumento en el consumo de agua para envasado en los meses de enero, febrero, agosto, setiembre, octubre y diciembre. También se registra una caída en el consumo en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y noviembre.

De la Figura N° 8, se puede identificar que el consumo del agua para envasado es estacional ascendente en la mayoría de los meses, por ejemplo, si comparamos el mes de marzo en los años 2016, 2017 y 2018, el consumo fue de 247,06  $m^3$ , 264,02  $m^3$ , 280,98  $m^3$  respectivamente, identificando crecimiento en el consumo anual de este mes.

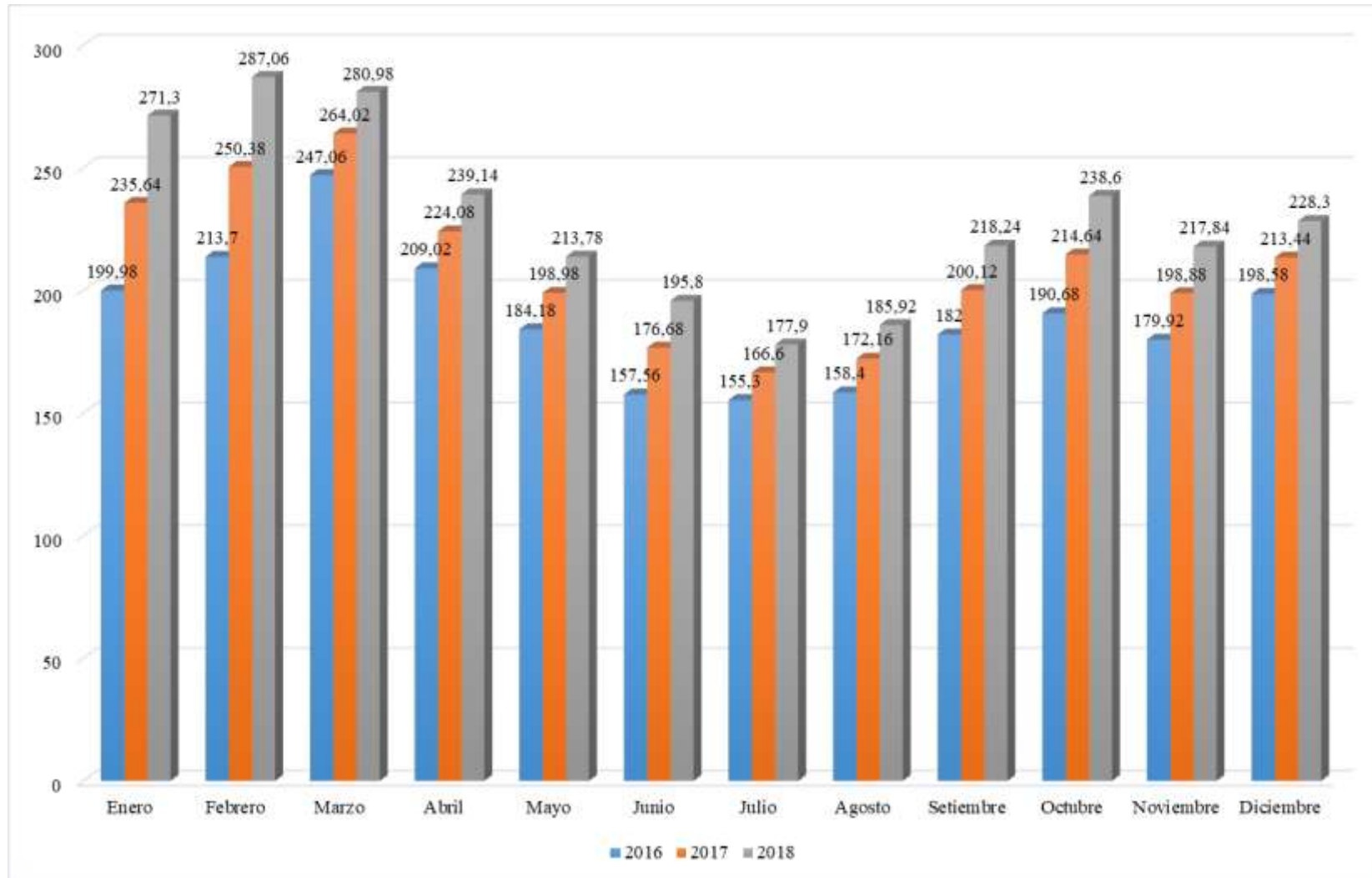
Otro ejemplo claro se verifica en el mes de Julio, siendo el más bajo, donde el consumo de agua para envasado llegó a un total de 155,30  $m^3$  en el 2016, un total de 166,60  $m^3$  en el año 2017 y 177,90  $m^3$  en el año 2018.

Al observar la Figura N° 8, se puede concluir que a partir del mes de abril hasta julio la empresa tiene una caída en la cantidad de bidones que lava, sin embargo, a partir del mes de agosto, en adelante, se puede reconocer que existe un crecimiento de la cantidad de bidones lavados, salvo, en el mes de noviembre donde decae para nuevamente recuperarse en el mes de diciembre y este patrón se repite en el año 2017 y se espera repetir en el 2018.

**Tabla N° 13. Consumo de agua potable en m<sup>3</sup> para envasado de bidones en los años 2016, 2017 y 2018**

<b>MES</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Enero	199,980	235,640	271,300
Febrero	213,700	250,380	287,060
Marzo	247,060	264,020	280,980
Abril	209,020	224,080	239,140
Mayo	184,180	198,980	213,780
Junio	157,560	176,680	195,800
Julio	155,300	166,600	177,900
Agosto	158,400	172,160	185,920
Setiembre	182,000	200,120	218,240
Octubre	190,680	214,640	238,600
Noviembre	179,920	198,880	217,840
Diciembre	198,580	213,440	228,300
<b>TOTAL</b>	<b>2 276,380</b>	<b>2 515,620</b>	<b>2 754,860</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.



**Figura N° 8. Consumo en m<sup>3</sup> de agua potable para envasado de bidones por cada mes en el año 2016, 2017 y 2018**

\* noviembre y diciembre del año 2018 han sido proyectados estacionalmente

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

### 3.1.1.8. Generación de aguas residuales

La empresa actualmente genera aguas residuales en las áreas de Pre Lavado I y II, que han sido desarrollados a partir del ítem 3.1.2, en el área de lavado y envasado de bidones y para otros usos que han sido detallados a continuación y en el Anexo N° 7.

Agua residual total = Agua residual del área de Pre Lavado I y II + Agua residual del área de lavado y envasado + agua residual procedentes de otros usos.

El agua residual generado por el consumo de agua potable para otros usos dentro de planta ha sido generador los procesos de:

- ✓ El agua residual producido en la limpieza del área de Pre Lavado I.
- ✓ El agua residual producida en la limpieza del área de Pre Lavado II.
- ✓ El agua residual producido en la limpieza del área de tratamiento de agua para envasado.
- ✓ El agua residual producido en la limpieza del área de lavado y envasado de bidones.
- ✓ El agua residual producido en la limpieza del área de producto terminado.
- ✓ El agua residual producido en el lavado de traslapes.

De igual manera el agua residual producido por el consumo de agua potable para otros usos externos a la planta, se ha generado por los procesos:

- ✓ Para la limpieza de patios de maniobra.
- ✓ Para la limpieza de reservorios de agua.
- ✓ Para la limpieza de vehículos.
- ✓ Para la limpieza de oficinas.
- ✓ Para la limpieza de vestuarios.
- ✓ El agua residual producida en los servicios higiénicos.
- ✓ Para la limpieza del pasadizo de despacho.
- ✓ El agua residual producido en el área de lava botas.
- ✓ El agua residual producido por derrames y fugas en la empresa.

En la figura N° 9, 10 y 11, se verifica los porcentajes de agua residual producidos en la empresa para otros usos y están clasificados de la siguiente manera:

En las tres figuras, se puede observar que más del 50% del agua residual generada se genera en el lavado de vehículos y en los generados en los sanitarios de la empresa tanto en el año 2016, 2017 y 2018.

En el año 2016 el agua residual generado en el lavado de vehículos represento el 49% del total de agua de otros usos, por otro lado, el agua residual generado en los sanitarios represento el 12 % y para el generado en el patio de maniobras un 7%.

En el 2017 y 2018 el agua utilizada y el agua residual generado en el lavado de vehículos, el agua residual generado en los sanitarios, el patio de maniobras y áreas externas representó un 80%.

En la Tabla N° 14, se muestra el agua residual producida por el consumo de agua potable para otros usos externos a la planta de procesamiento, en donde se puede corroborar un aumento en la demanda del agua residual producida ya que en el año 2016 se consume un total de 1 129,301 m<sup>3</sup>, en el año 2017 se incrementa hasta 1 358,124 m<sup>3</sup> y finalmente en el 2018 se espera producir un total de 1 372,735 m<sup>3</sup>.

**Tabla N° 14. Agua residual producida en m<sup>3</sup> por consumo de agua potable para otros usos fuera de planta**

AÑO	2016	2017	2018
CONSUMO (m <sup>3</sup> )	1 129,301	1 358,124	1 372,735

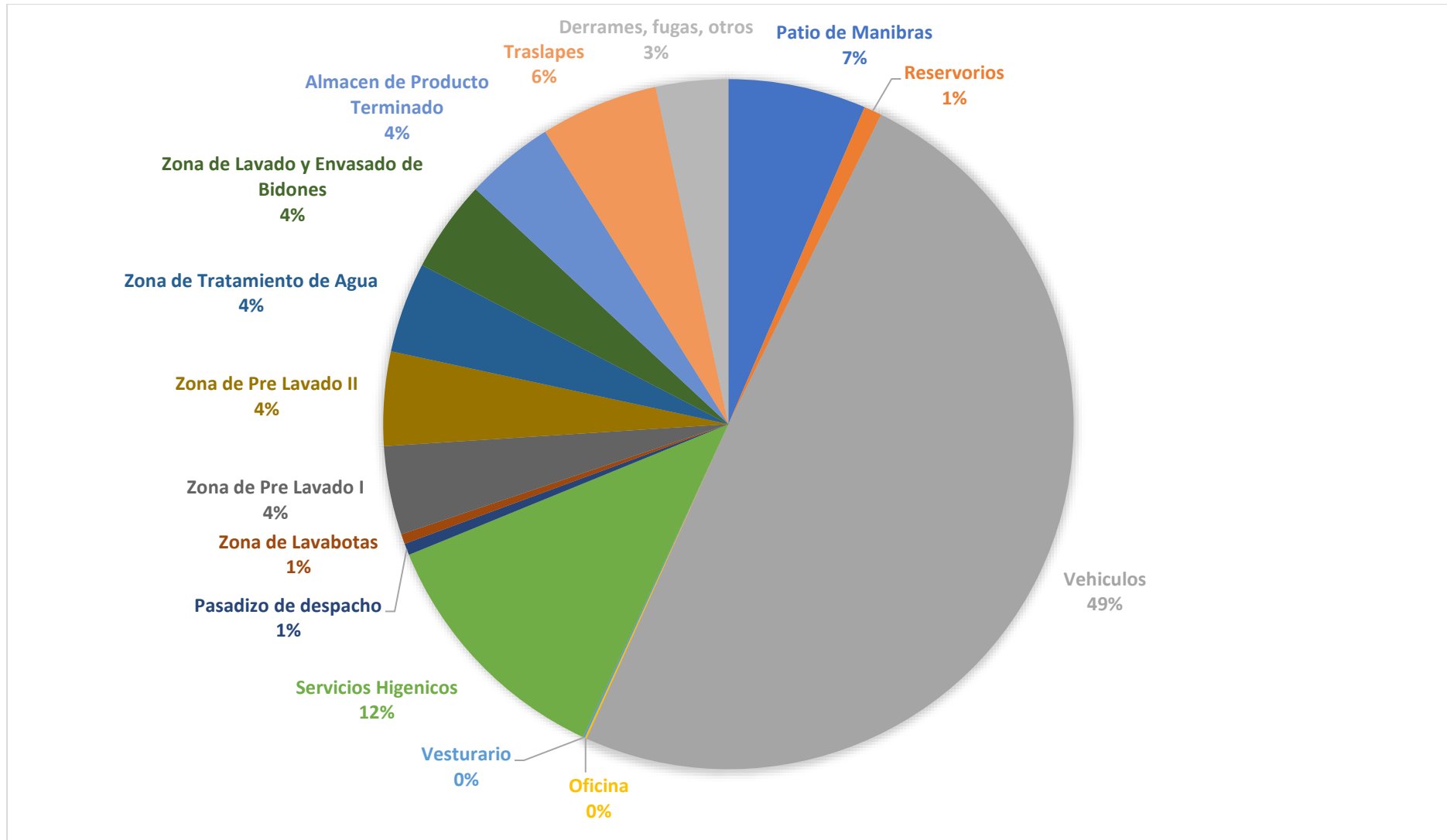
Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

Por otro lado, en Tabla N° 15 se muestra el volumen anual de agua residual producida por el uso de agua potable en otros usos dentro de la planta de procesamiento de agua de mesa, donde se observa que en el año 2016 se llegó a producir 282,325 m<sup>3</sup>, en el 2017 se alcanzó la cifra de 339,531 m<sup>3</sup> y finalmente para el año 2018 se espera generar hasta 343,184 m<sup>3</sup>.

**Tabla N° 15. Agua residual producida en m<sup>3</sup> por consumo de agua potable para otros usos dentro de planta**

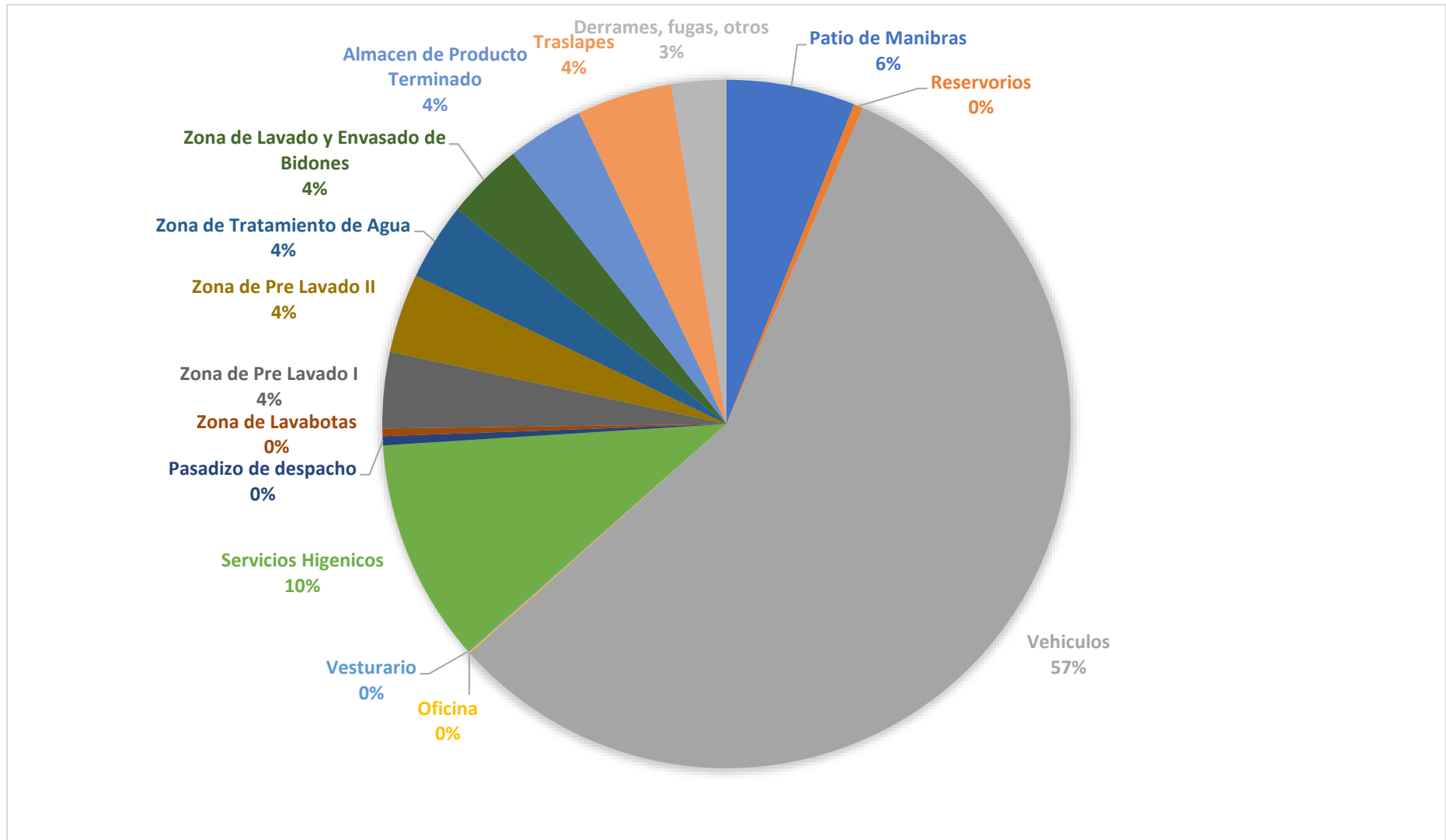
MES	2016	2017	2018
CONSUMO (m <sup>3</sup> )	282,325	339,531	343,184

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.



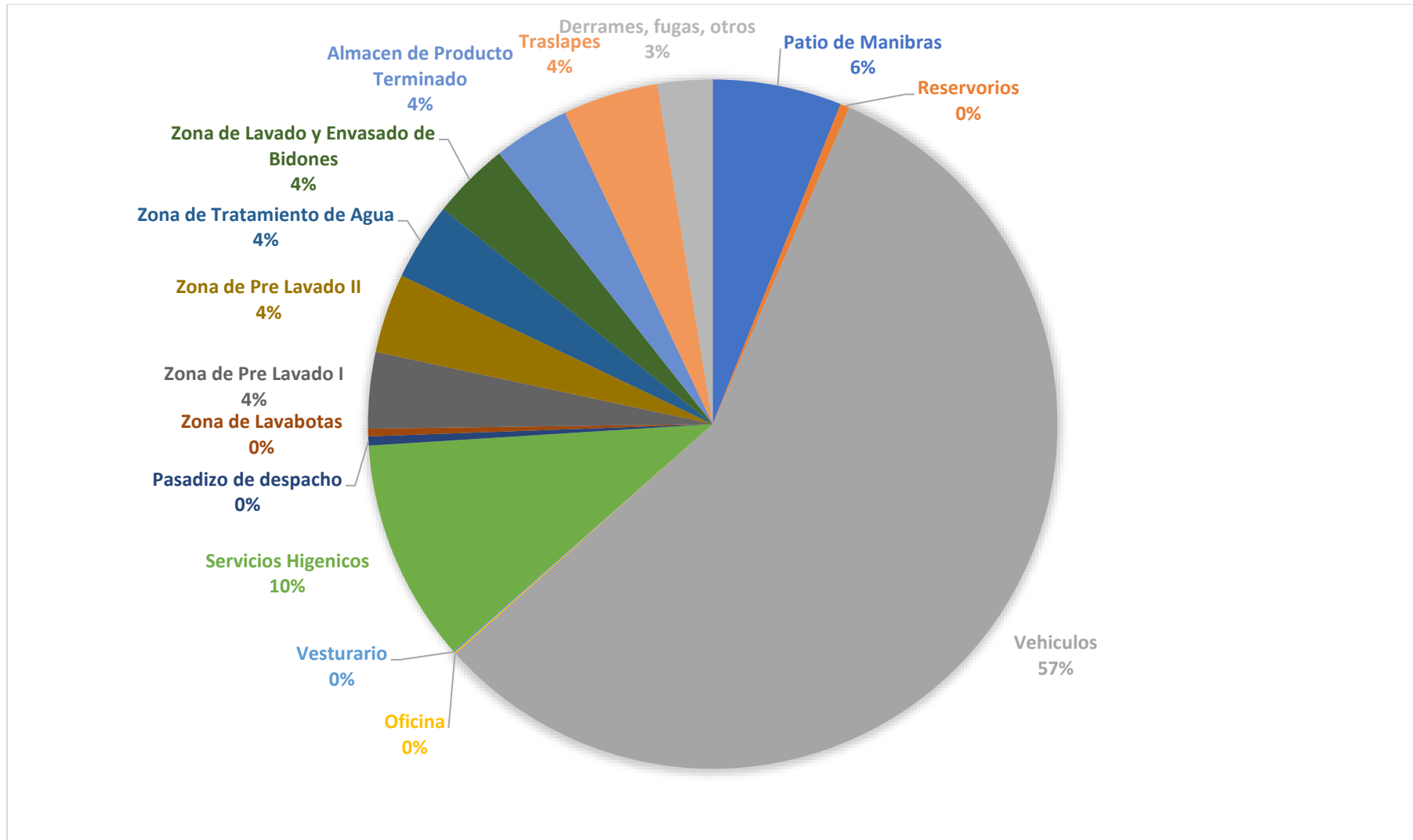
**Figura N° 9. Agua residual generada en el año 2016 por otros usos en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.



**Figura N° 10. Agua residual generada en el año 2017 por otros usos en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.



**Figura N° 11. Agua residual generada en el año 2018 por otros usos en la empresa Industrias y Derivados S. A. C.**  
Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

### 3.1.2. Cuantificación del agua Residual en el área de Pre Lavado I

Para determinar el volumen total de agua residual generado en esta área (Ver Figura N° 12), que solo cuenta con 1 grifo se determinó el consumo de agua potable por bidón. Para poder determinar la cantidad de observaciones de tomas de tiempo, se recurrió a utilizar el método tradicional con un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de  $\pm 5\%$  (ver Anexo 9). Se calculó el tiempo que le toma al operario del área en dejar abierta la llave del grifo mientras lava una ruma de 25 bidones (ver Anexo del N° 10 al N° 13), luego se calculó el caudal del grifo del área (ver Anexo del N° 14 al N° 17) y finalmente se calculó el volumen de agua residual que se produce cada vez que se lava un bidón.

A partir de ello se determinó el tiempo que llena un recipiente de 15 litros es 48,83 segundos y por ende el caudal encontrado fue de 0,307 l/s.



**Figura N° 12. Área de Pre Lavado I**  
Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen del Recipiente}}{\text{Tiempo Promedio de llenado del recipiente}} = \frac{15 \text{ l}}{48,83 \text{ s}} = 0,31 \text{ l/s}$$

Debido a que el operario agrupa 25 bidones y los lava todos durante un tiempo promedio de 60 segundos, el tiempo de lavado promedio de cada bidón equivale a 2,4 s/ bidón, con este dato se calculó el consumo de agua de un bidón en este proceso mediante la siguiente formula:

- Consumo de agua en Pre Lavado I = (caudal promedio) (tiempo promedio de lavado de 1 bidón)
- Consumo de agua en Pre Lavado I =  $\left(0,307 \frac{\text{l}}{\text{s}}\right) \left(2,400 \frac{\text{s}}{\text{bidón}}\right) = 0,744 \frac{\text{l}}{\text{bidón}}$

Al resultado encontrado se le hizo una conversión a  $m^3$ /bidón:

- Consumo de agua en Pre Lavado I =  $0,744 \frac{l}{bidón} \times \frac{1 m^3}{1000 l}$
- Consumo de agua en Pre Lavado I =  $0,744 \times 10^{-3} \frac{m^3}{bidón}$

Para poder calcular el volumen de agua residual generado en el área de Pre Lavado I, se multiplico la cantidad de bidones lavados por la cantidad de agua que consume la operación de prelavado I, para ello se tomó el histórico de bidones que ingresaron a esta área y que han sido mostrados en la tabla 12, así mismo se utilizó la siguiente formula:

- Volumen de agua residual de Pre Lavado I = (bidones lavados) (consumo de agua).

En el mes de enero se lavaron 9 999 unidades, el consumo de agua por bidón lavado es de  $0,744 \times 10^{-3} \frac{m^3}{bidón}$

- Volumen de agua residual de Pre Lavado I =  $(9\ 999) \left( 0,744 \times 10^{-3} \frac{m^3}{bidón} \right)$
- Volumen de agua residual de Pre Lavado I =  $7,44 m^3$

Luego se calculó el costo asociado al consumo de agua potable más el servicio de vertimiento a la red de alcantarillado, basado en el tarifario otorgado por EPSEL S. A. (ver Anexo N° 8). Para el cálculo se utilizó la tarifa industrial clase no residencial donde el costo del agua potable es de S/ 7,268 por  $m^3$  consumido más el costo por el servicio de alcantarillado de S/ 3,211 por  $m^3$  vertido y un cargo fijo de S/ 1,41.

- Costo de agua =  $\frac{S/7,268}{m^3} \times 7,44 m^3 = S/ 54,07$ .
- Costo de desagüe =  $\frac{S/3,211}{m^3} \times 7,44 m^3 = S/ 23,89$ .
- Cargo Fijo = S/ 1,41.
- Subtotal = S/ 54,07+ S/ 23,89 + S/ 1,41 = S/ 79,37.
- IGV (18%) =  $0,18 \times S/ 79,37 = S/ 14,29$ .
- Costo total del agua residual = S/ 79,37 + S/ 14,29 = S/ 93,66.

El procedimiento anterior, ha sido replicado para los siguientes meses del año 2016, 2017 y 2018 y que se muestran en las tablas N° 16, N° 17 y N° 18 respectivamente.

**Tabla N° 16. Consumo y Costo de Agua Potable en Pre Lavado I en el año 2016**

<b>MES</b>	<b>BIDONES LAVADOS (Unid)</b>	<b>AGUA RESIDUAL EN EL AREA PRE LAVADO I (m<sup>3</sup>)</b>	<b>COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)</b>
Enero	9 999,00	7,44	93,66
Febrero	10 685,00	7,95	99,96
Marzo	12 353,00	9,19	115,31
Abril	10 451,00	7,78	97,81
Mayo	9 209,00	6,85	86,38
Junio	7 878,00	5,86	74,14
Julio	7 765,00	5,78	73,10
Agosto	7 920,00	5,89	74,53
Septiembre	9 100,00	6,77	85,38
Octubre	9 534,00	7,09	89,37
Noviembre	8 996,00	6,69	84,43
Diciembre	9 929,00	7,39	93,01
<b>TOTAL</b>	<b>113 819,00</b>	<b>84,68</b>	<b>1 067,07</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Tabla N° 16, se puede observar que se han lavado un total de 113 819 bidones, generando un total de 84,68 m<sup>3</sup> de agua residual y que representó para la empresa un costo total de S/ 1 067,07. También podemos observar que en el mes de marzo la empresa alcanzó a producir un total de 9,82 m<sup>3</sup> de agua residual el cual represento un costo total de S/ 115,31; siendo este el mayor registrado.

Por otra parte, podemos definir al mes de julio como el mes donde se produjo la menor cantidad de agua residual, pues la empresa solo produjo 5,78 m<sup>3</sup>; el cual represento un total de S/ 73,10.

El lavado de bidones correspondiente al año 2016 tiene un comportamiento estacional, debido una mayor demanda de agua embotellada en bidones de 20 litros, pues se observa un incremento en el lavado de estos desde el mes de enero hasta marzo, luego empieza a descender hasta julio, a partir del mes de agosto nuevamente se observa un incremento hasta octubre, en noviembre nuevamente decae para finalmente en el mes de diciembre recuperarse.

**Tabla N° 17. Consumo y Costo de Agua Potable en Pre Lavado I en el 2017**

<b>MES</b>	<b>BIDONES LAVADOS (Unid)</b>	<b>AGUA RESIDUAL EN EL AREA PRE LAVADO I (m<sup>3</sup>)</b>	<b>COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)</b>
Enero	11 782,00	8,77	<b>110,05</b>
Febrero	12 519,00	9,31	<b>116,84</b>
Marzo	13 201,00	9,82	<b>123,11</b>
Abril	11 204,00	8,34	<b>104,74</b>
Mayo	9 949,00	7,40	<b>93,19</b>
Junio	8 834,00	6,57	<b>82,93</b>
Julio	8 330,00	6,20	<b>78,30</b>
Agosto	8 608,00	6,40	<b>80,86</b>
Septiembre	10 006,00	7,44	<b>93,72</b>
Octubre	10 732,00	7,98	<b>100,40</b>
Noviembre	9 944,00	7,40	<b>93,15</b>
Diciembre	10 672,00	7,94	<b>99,84</b>
<b>TOTAL</b>	<b>125 781,00</b>	<b>93,58</b>	<b>1 177,00</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Tabla N° 17, se puede mostrar que en el año 2017 se lavó la cantidad 125 781 bidones, así mismo generó un total de 93,58 m<sup>3</sup> de agua residual que representó un costo total de S/ 1 177,00.

En el mes de marzo se produjo la mayor cantidad de agua residual, llegando a un total de 9,82 m<sup>3</sup> que equivale a S/ 123,11.

Así mismo, se puede observar en el mes de julio solo se produjo 6,20 m<sup>3</sup> de agua residual lo que en costos significó S/ 78,30; siendo este el mes más bajo.

El lavado de bidones realizado en el año 2017 tiene un comportamiento estacional al igual que en año 2016, debido una mayor demanda de agua embotellada en bidones de 20 litros, pues de igual manera se observa un incremento en el lavado de estos desde el mes de enero hasta marzo, luego empieza a descender hasta julio, a partir del mes de agosto nuevamente se observa un incremento hasta octubre, en noviembre nuevamente decae para finalmente en el mes de diciembre recuperarse.

**Tabla N° 18. Consumo y Costo de Agua Potable en Pre Lavado I en el 2018**

<b>MES</b>	<b>BIDONES LAVADOS (Unid.)</b>	<b>AGUA RESIDUAL EN EL ÁREA PRE LAVADO I (m<sup>3</sup>)</b>	<b>COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)</b>
Enero	13 565	10,09	126,46
Febrero	14 353	10,68	133,71
Marzo	14 049	10,45	130,91
Abril	11 957	8,90	111,66
Mayo	10 689	7,95	100,00
Junio	9 790	7,28	91,73
Julio	8 895	6,62	83,50
Agosto	9 296	6,92	87,18
Septiembre	10 912	8,12	102,05
Octubre	11 930	8,88	111,42
Noviembre	*10 892	*8,10	*101,87
Diciembre	*11 415	*8,49	*106,68
<b>TOTAL</b>	<b>137 743</b>	<b>102,48</b>	<b>1 287,00</b>

\*Datos basados en proyección lineal estacional.

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Tabla N° 18, se podemos observar que en el año 2018 se espera lavar una cantidad de 137 743 bidones para generar un total de 102,48 m<sup>3</sup> de agua residual que corresponderá un costo total de S/ 1 287,00.

Durante este periodo analizado se puede observar que en el mes de febrero se ha lavado una mayor cantidad de bidones, lo que ha ocasionado que se haya generado un volumen total de agua residual en el área de Pre Lavado I correspondiente a 10,68 m<sup>3</sup> y que a su vez equivale a un costo total de S/ 133,71.

Por otro lado, se puede observar que en el mes de julio solo se han lavado un total de 8 895 bidones, generando 6,62 m<sup>3</sup> de agua residual en el área estudiada y que equivale a un costo total de S/ 83,50.

La cantidad de bidones lavados en el año 2018 al igual que en los dos años anteriores tiene un comportamiento estacional, pues enero, febrero y marzo son los meses que existe mayor demanda de agua embotellada en bidones de 20 litros, así mismo la demanda decrece a partir del mes de abril hasta julio, luego en el mes de agosto nuevamente se verifica un crecimiento en la cantidad de bidones lavados y se espera que para noviembre la cantidad decaiga para nuevamente recuperarse en diciembre.

### 3.1.3 Cuantificación del agua Residual en el área de Pre Lavado II

Para determinar el total de agua residual generada en esta área, primero se determinó el consumo de agua por cada bidón lavado, para ello se recurrió al mismo método empleado para el área de Pre Lavado I (ver Anexo N° 9), logrando obtener un tiempo promedio de 21 segundos empleados por cada bidón lavado (ver Anexo del N° 18 al N° 21).

Luego se determinó el caudal promedio en los grifos del área de Pre Lavado II, para ello se tomó 10 muestras de tiempo que demora en llenar un recipiente de 15 litros en los grifos de esta área (Ver Anexo del N° 22 al N° 25), después de realizar el cálculo en Excel se llegó a la conclusión que el tiempo promedio que se demora en llenar un recipiente de 15 litros es de 24,49 segundos por lo que el caudal de los grifos del área de Pre Lavado II es de  $0,61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .

- $$\text{Caudal} = \frac{15 \text{ l}}{24,49 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 0,61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Al final se realizó un producto entre el tiempo promedio de consumo de agua para lavado de un bidón por el caudal calculado, llegando a la conclusión que se gasta  $12,86 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{bidón}$ , que es una cifra que debe analizarse y a tomar en cuenta para poder reutilizar.

- Consumo de agua en Pre Lavado II = (Caudal promedio) (Tiempo promedio de lavado por bidón)
- Consumo de agua en Pre Lavado II =  $0,61 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{21 \text{ s}}{\text{bidón}}$
- Consumo de agua en Pre Lavado II =  $12,86 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{bidón}}$

Luego de realizar los cálculos respectivos anteriores, se realizó el cálculo del volumen de agua generada en el área de Pre Lavado II, para ello se sumó al producto de la cantidad de bidones lavados con el consumo de agua por bidón más los  $0,05 \text{ m}^3$  de volumen diario de solución de Novagras al 0,6% que se utiliza en el área.

- Volumen de agua residual en Pre Lavado II = (bidones lavados x consumo de agua por bidón) + ( $0,05 \text{ m}^3 \times$  número de días)

En el mes de enero se procedió a calcular la cantidad de agua residual que generó en el área:

- Volumen de agua residual en Pre Lavado II =

$$\left[ (9999 \text{ bidones}) \left( 12,86 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{bidón}} \right) \right] + \left( 0,05 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 31 \text{ días} \right)$$

- Volumen de agua residual en Pre Lavado II =  $130,14 \text{ m}^3$

Para poder determinar el costo del agua residual producida, se utilizó el cuadro tarifario de EPSEL S. A. categoría Industrial clase no residencial, donde el costo del volumen de agua es de S/7,268 por m<sup>3</sup>, S/ 3,221 por m<sup>3</sup> para alcantarillado y un cargo fijo de S/ 1,41 (ver Anexo N° 8).

- Costo de agua =  $\frac{S/7,268}{m^3} \times 130,14 m^3 = S/ 945,86$ .
- Costo de desagüe =  $\frac{S/3,211}{m^3} \times 130,14 m^3 = S/ 417,88$ .
- Cargo Fijo = S/ 1,41.
- Subtotal = S/ 945,86 + S/ 417,88 + S/ 1,41 = S/ 1 365,15.
- IGV (18%) = 0,18 x S/ 1 365,11 = S/ 245,73.
- Costo total del agua residual = S/ 1 365,15 + S/ 245,72 = S/ 1 610,88.

Basándose en el cálculo anterior, el procedimiento ha sido replicado para calcular el volumen de agua residual generado en los meses del año 2016, 2017 y 2018, así como el costo del agua residual generado (Ver Tabla del N° 19 al N° 21).

**Tabla N° 19. Consumo de Agua Mensual para lavado de bidones en el Área de Pre Lavado II en el 2016**

MES	BIDONES LAVADOS (Unid.)	AGUA RESIDUAL EN EL AREA PRE LAVADO II (m <sup>3</sup> )	COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)
Enero	9 999	130,14	1 610,88
Febrero	10 685	138,81	1 718,07
Marzo	12 353	160,41	1 985,16
Abril	10 451	135,90	1 682,10
Mayo	9 209	119,98	1 485,21
Junio	7 878	102,81	1 272,95
Julio	7 765	101,41	1 255,59
Agosto	7 920	103,40	1 280,24
Septiembre	9 100	118,53	1 467,26
Octubre	9 534	124,16	1 536,90
Noviembre	8 996	117,19	1 450,73
Diciembre	9 929	129,24	1 599,71
<b>TOTAL</b>	<b>113 819</b>	<b>1 481,96</b>	<b>18 344,76</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

De la Tabla N° 19, se puede observar que en el año 2016 que la cantidad 113 819 bidones generó un total de 1 481,96 m<sup>3</sup> de agua residual que ascendió a un costo total de S/ 18 344,76.

**Tabla N° 20. Consumo de Agua Mensual para lavado de bidones en el Área de Pre Lavado II en el 2017**

<b>MES</b>	<b>BIDONES LAVADOS (Unid.)</b>	<b>AGUA RESIDUAL EN EL AREA PRE LAVADO II (m<sup>3</sup>)</b>	<b>COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)</b>
Enero	11 782	153,07	1 894,36
Febrero	12 519	162,44	2 010,32
Marzo	13 201	171,31	2 120,01
Abril	11 204	145,58	1 801,84
Mayo	9 949	129,49	1 602,89
Junio	8 834	115,11	1 424,97
Julio	8 330	108,67	1 345,44
Agosto	8 608	112,25	1 389,65
Septiembre	10 006	130,18	1 611,33
Octubre	10 732	139,56	1 727,40
Noviembre	9 944	129,38	1 601,47
Diciembre	10 672	138,74	1 717,24
<b>TOTAL</b>	<b>125 781</b>	<b>1 635,79</b>	<b>20 246,91</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

De la Tabla N° 20, se puede identificar en el año 2017 que la cantidad 125 781 bidones generó un total de 1 635,79 m<sup>3</sup> de agua residual que ascendió a un costo total de S/ 20 246,91.

En el mes de marzo se produjo la mayor cantidad de agua residual alcanzada de 171,31 m<sup>3</sup> que equivale a un costo total de S/ 2 120,01; por otro lado, en el mes de julio se produjo la menor cantidad, solo llegando a un total de 108,67 m<sup>3</sup> que equivalió a un costo total de S/ 1 345,44.

La cantidad de agua residual generado en el año 2017 tiene un comportamiento estacional proporcional a la cantidad de bidones lavados durante ese periodo y que se repite como en el año 2016, donde se identifica un incremento desde el mes de enero hasta marzo, luego a partir del mes de abril decae hasta el mes de julio, así mismo a partir del mes de agosto la generación de aguas residuales crece hasta el mes de octubre para luego decaer en el mes de noviembre y finalmente asciende en el mes de diciembre.

**Tabla N° 21. Consumo de Agua Mensual para lavado de bidones en el Área de Pre Lavado II en el año 2018**

<b>MES</b>	<b>BIDONES LAVADOS (Unid.)</b>	<b>AGUA RESIDUAL EN EL AREA PRE LAVADO II (m<sup>3</sup>)</b>	<b>COSTO DE AGUA POTABLE Y SERVICIO DE ALCANTARILLADO (S/)</b>
Enero	11 782	153,07	2 177,89
Febrero	12 519	162,44	2 301,34
Marzo	13 201	171,31	2 254,86
Abril	11 204	145,58	1 921,57
Mayo	9 949	129,49	1 720,56
Junio	8 834	115,11	1 576,99
Julio	8 330	108,67	1 435,28
Agosto	8 608	112,25	1 499,05
Septiembre	10 006	130,18	1 755,40
Octubre	10 732	139,56	1 917,90
Noviembre	*9 944	*129,38	*1 752,22
Diciembre	*10 672	*138,74	*1 836,01
<b>TOTAL</b>	<b>137 743</b>	<b>1 789,62</b>	<b>22 149,07</b>

\*proyección lineal estacional

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

En la Tabla N° 21, podemos observar que, si realizamos una proyección lineal estacional para los meses de noviembre y diciembre, tendríamos 137 743 bidones lavados que generarían un total de 1 789,62 m<sup>3</sup> y representaría un costo total de S/ 22 149,07.

Durante el periodo analizado desde el mes de enero hasta octubre se observa que en el mes de marzo se ha producido la mayor cantidad de agua residual con un total de 171,31 m<sup>3</sup> que equivale a un costo total de S/ 2 254,86.

Por otro lado, en el mes de julio se produjo la menor cantidad de agua residual correspondiente a 108,67 m<sup>3</sup> que equivalió a un costo total de S/ 1 435,28.

La generación de agua residual tiene un comportamiento estacional, donde existe un incremento desde el mes de enero hasta marzo y este patrón se repite desde el mes de agosto hasta octubre, mientras que desde el mes de abril hasta el mes de julio decrece.

Para el mes de noviembre se espera que la cantidad de agua residual disminuya con respecto al mes de octubre, mientras que para diciembre aumente.

### 3.1.4. Caracterización de las aguas residuales en el área de Pre Lavado I

Se realizaron análisis fisicoquímicos como microbiológicos a los efluentes generados en esta área de Pre Lavado I (Ver Anexo N° 26).

#### ▪ **Análisis Fisicoquímicos**

Para analizar los parámetros fisicoquímicos se tomaron bajo los métodos estandarizados por la American Public Health Association, donde se tomaron 3 muestras de 1 litro (l) cada uno en envases de polipropileno para los parámetros de DBO, DQO, Sólidos Sólidos Suspendidos Totales y para analizar oxígeno disuelto se recogió una muestra de 500 mililitros (ml) en un frasco de vidrio, todas estas muestras se recolectaron a la salida de esta área (ver Figura N° 13), luego se enviaron al laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A. S debidamente refrigeradas en un plazo menor de 24 horas.

#### ○ **Análisis de DBO**

En cuanto al análisis de DBO fue realizado para medir la cantidad de Oxígeno usado por la actividad respiratoria de los microorganismos que utilizan la materia orgánica del agua residual para crecer y para metabolizar a partir de ella y de otros microorganismos sus componentes celulares. A partir de ella se puede medir el impacto de la contaminación causada por las aguas residuales, basándonos en la siguiente escala [22]:

- Agua Pura.....0 - 20 mg/L
- Agua Levemente Contaminada.....20 - 100 mg/L
- Agua Medianamente Contaminada .....100 - 500 mg/L
- Agua Muy Contaminada ..... 500 - 3000 mg/L
- Agua Extremadamente Contaminada ...3000 - 15000 mg/L

#### ○ **Análisis de DQO**

El análisis de DQO se realizó para medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la totalidad de la materia oxidable, tanto Orgánica como Mineral.

El análisis de los sólidos disueltos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide concretamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un

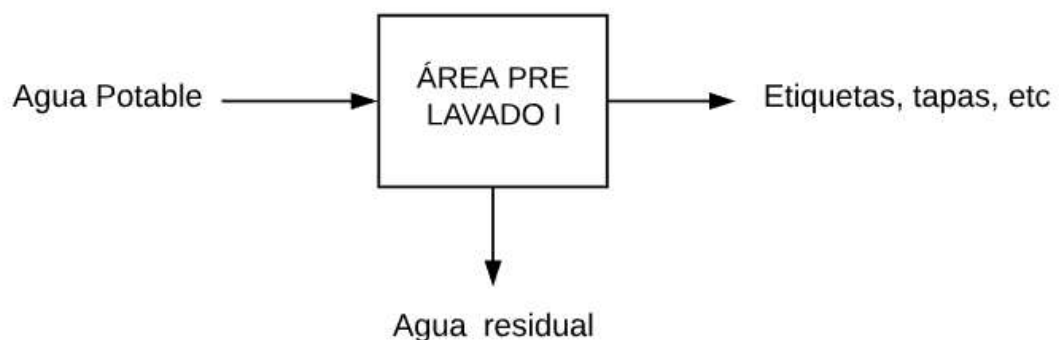
efluente de varias formas. Las aguas destinadas al consumo humano, con una alta tasa de contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden provocar una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable en los Estados Unidos. Los análisis de sólidos disueltos también son de gran importancia como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas.

○ **Análisis de Sólidos Suspendidos Totales**

Los sólidos suspendidos son aquéllos que son retenidos en un filtro de 0,45  $\mu\text{m}$  y en a grandes rasgos corresponden a los sólidos insolubles de la muestra, aunque no necesariamente tengan una tendencia a sedimentar. En general, los sólidos suspendidos se utilizan para evaluar la calidad general del agua después de un proceso de tratamiento: un alto valor de sólidos suspendidos es inaceptable.

Cuando están presentes, los sólidos suspendidos contienen una cantidad significativa de los contaminantes presentes en el agua; por otro lado, pueden ser suprimidos del agua por medio de procedimientos relativamente sencillos de sedimentación y filtración. [23]

En la Figura N° 13, se representa un diagrama explicativo de cómo se produce el agua residual en el área de Pre Lavado I, en donde tenemos como ingreso el agua potable, como salidas al agua residual. Debido a que en esta área se procede a retirar etiquetas y tapas, se puede observar que también hay la generación de residuos sólidos.



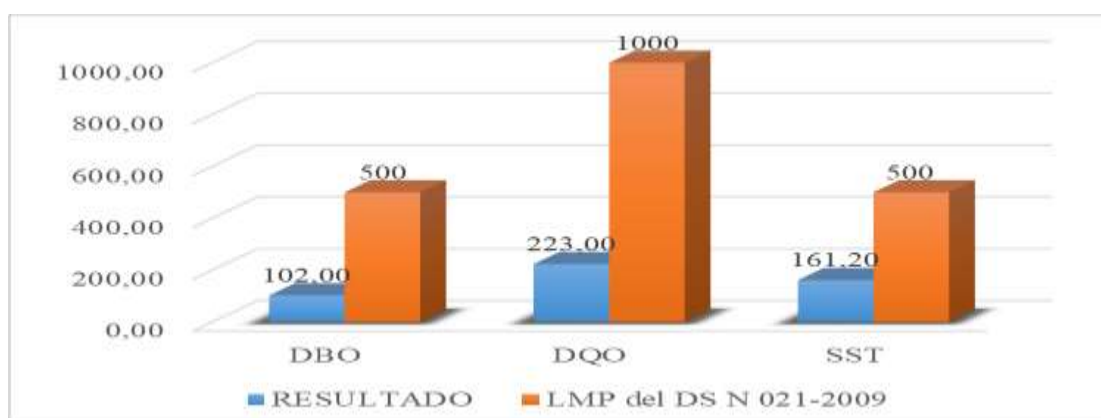
**Figura N° 13. Diagrama de Generación de agua residual en el área de Pre Lavado I**

**Tabla N° 22. Resultados de Análisis fisicoquímicos del agua residual de Pre Lavado I**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	LD	RESULTADO
DBO	mg/L	2	102,00
DQO	mg/L	10	223,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	5	161,20

LD: Límite de detección

Fuente: Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.



**Figura N° 14. Comparación de los Resultados de los parámetros del agua residual de Pre Lavado I con los valores reglamentados en los LMP del DS N 021-2009**

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas para el agua residual generada en el área de Pre Lavado I, mostrados en la Tabla N° 22, podemos observar que se está vertiendo a la red de alcantarillado con un valor de 102 mg/L de DBO<sub>5</sub> el cual está dentro de lo permitido para la descarga a la red de alcantarillado impuesto por el Ministerio de Vivienda en el **Decreto Supremo N° 021-2009** con un valor de 500 mg/L pero según Dr. Calderón Lab esta agua residual estaría medianamente contaminada, en cuanto a DQO se obtuvo como resultado 223 mg/L que está por debajo del valor máximo de 1000 mg/L impuesto en esa Resolución Ministerial. Del mismo modo la cantidad de Sólidos suspendidos se obtuvo como resultado 161,20 mg/L que está dentro del rango permitido para la descarga a la red de alcantarillado que es de 250 mg/L.

#### ▪ Análisis Microbiológicos

Para analizar los parámetros Microbiológicos del agua residual generada en esta área se operó bajo los métodos estandarizados por la American Public Health Association, por ello se recogió una muestra de 1 litro en un envase de polipropileno, las muestras fueron recogidas a la salida de aguas residuales del área de Pre Lavado I, y se envió

debidamente refrigerada en un plazo no mayor de 24 h al Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.

El análisis de Coliformes totales fue necesaria ya que deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas. En caso de estar presentes, su número no puede estar por encima de a 2-3 coliformes. Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectas en días sucesivos.

En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución.

El análisis de coliformes fecales fueron realizados debido que son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua.

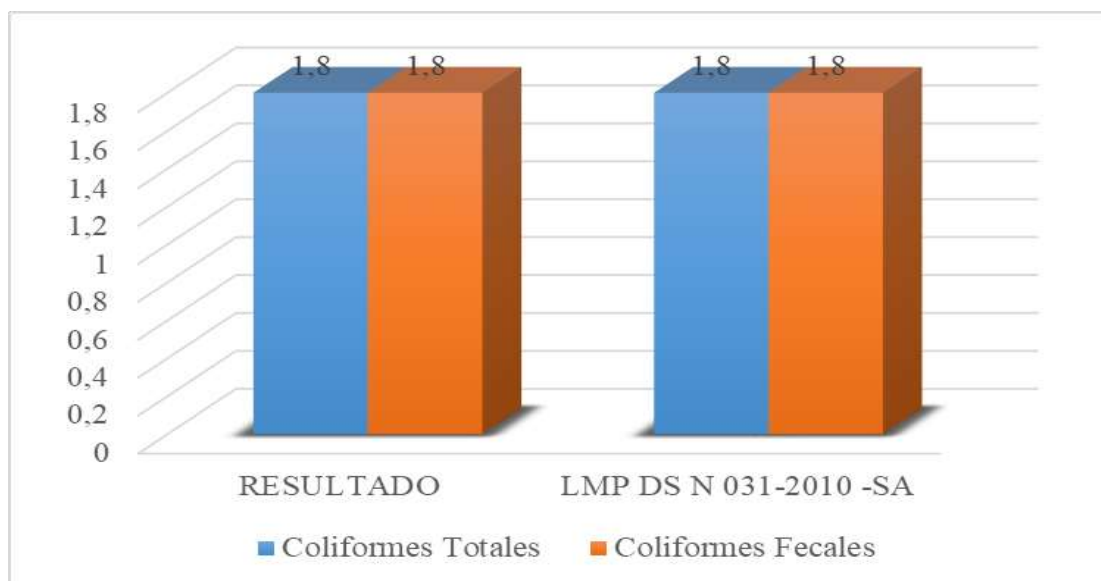
Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta designación está ganando más seguidores actualmente, pues sería una forma más conveniente de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior. [24]

**Tabla N° 23. Resultados de Análisis del agua residual de Pre Lavado I**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	LC	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/100	1,8	<1,8
Coliformes Fecales	NMP/100	1,8	<1,8

LC: Límite de cuantificación

Fuente: Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.



**Figura N° 15. Comparación de los Resultados de los parametros del agua residual de Pre Lavado I y los Límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano impuesta en el DS N° 031-2010-SA**

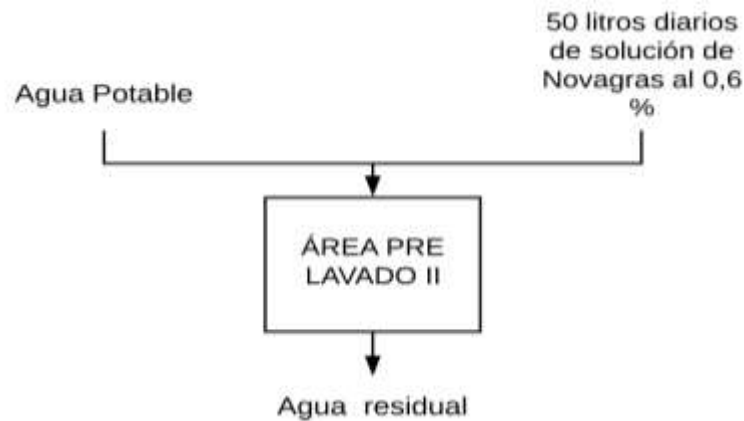
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en las pruebas de ensayos para coliformes totales y fecales mostrados en la Tabla N° 23, arrojaron una concentración menor de 1,8 NMP/100 para ambos parámetros con ello cumple los parámetros mínimos para agua de consumo humano establecido en el decreto del MINSA: **DS N° 031-2010-SA**, y garantiza que el agua resultante del lavado esta óptima para tratar y reusar.

### 3.1.5 Caracterización de las aguas residuales en el área de Pre Lavado II

- **Análisis Físicoquímicos**

Para analizar los parámetros físicoquímicos del agua residual generada en el área de Pre Lavado II, se tomaron bajo los métodos estandarizados por la American Public Health Association, donde se tomaron 3 muestras de 1 L cada uno en envases de polipropileno para los parámetros de DBO, DQO y Sólidos Suspendidos Totales, todas las muestras fueron tomadas a las salida de agua residual del área de Pre Lavado II (ver Figura N° 16), luego se enviaron al laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A. S debidamente refrigeradas en un plazo menor de 24 horas.



**Figura N° 16. Diagrama de Generación de agua residual en el área de Pre Lavado II**

Adicionalmente se realizó un análisis del pH de esta agua residual (ver Figura N° 17) teniendo un valor de 7,5 y comparado con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano Ministerio de Salud: DS N° 031-2010-SA, podemos decir que esta agua residual generado en esta área cumple con los requisitos mínimos de pH potencialmente para ser tratado y reutilizado.



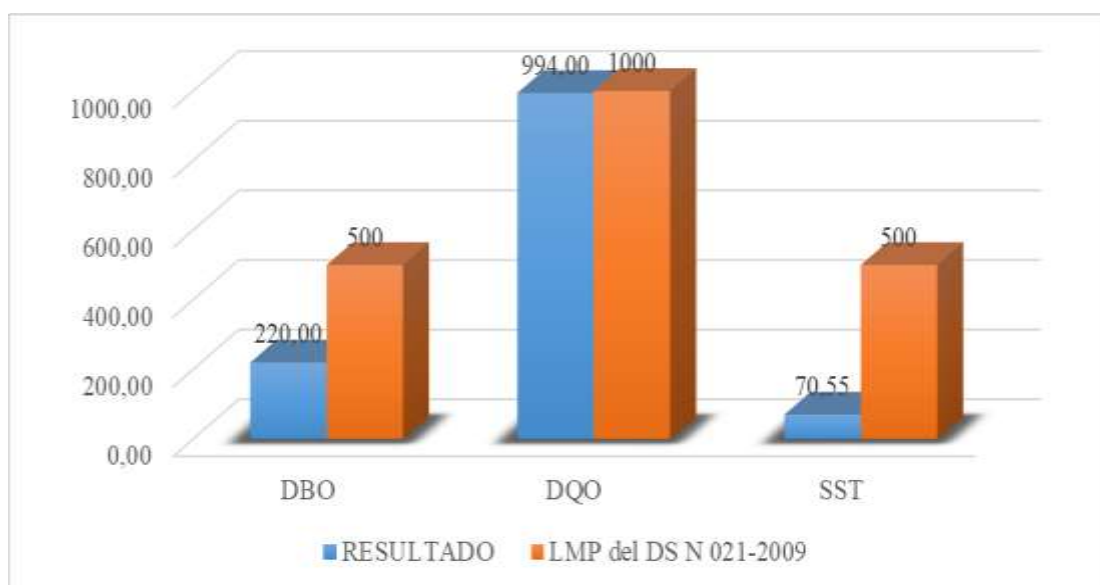
**Figura N° 17. Control de pH del Agua Residual.**

**Tabla N° 24. Resultados de Análisis físico – químicos del agua residual de Pre Lavado.**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	LD	RESULTADO
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	220,00
DQO	mg/L	10	994,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	70,55

LD: Límite de detección

Fuente: Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.



**Figura N° 18. Comparación de los Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua residual de Pre Lavado II y los Límites máximos permisibles para el vertimiento a la red de alcantarillado impuesta en el DS N 021-2009**

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas (ver Tabla N° 24) para el agua residual generada en el área de Pre Lavado II, indican que se está vertiendo a la red de alcantarillado con un valor de 220 mg/L de DBO el cual está dentro de lo permitido para la descarga a la red de alcantarillado impuesto por el Ministerio de Vivienda en el **Decreto Supremo N° 021-2009** con un valor de 500mg/L pero según laboratorio Dr. Calderón Lab, esta agua residual estaría medianamente contaminada, en cuanto a DQO, se obtuvo como resultado 994 mg/L que está por debajo del valor máximo de 1000 mg/L impuesto en esa Resolución Ministerial. Del mismo modo la cantidad de Sólidos suspendidos, se obtuvo como resultado 70,55 mg/L que está dentro del rango permitido para la descarga a la red de alcantarillado que es de 250 mg/L.

### ▪ Análisis Microbiológicos

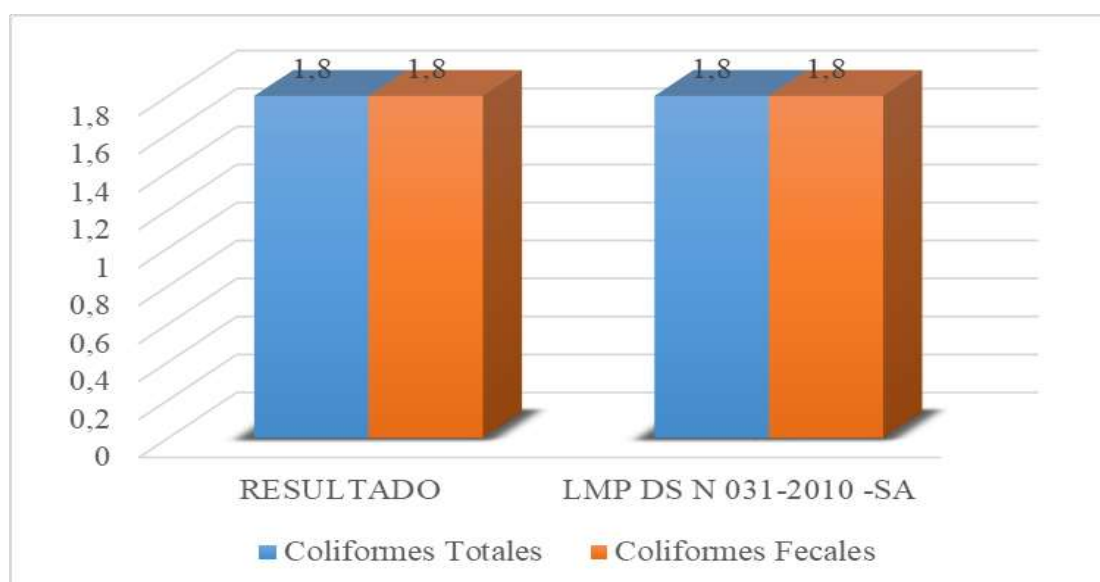
Para analizar los parámetros Microbiológicos del agua residual generada en esta área se operó bajo los métodos estandarizados por la American Public Health Association, por ello al igual que la muestra del agua residual de Pre Lavado I, se recogió una muestra de 1 L en un envase de polipropileno y se envió debidamente refrigerada en un plazo no mayor de 24 horas al Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.

**Tabla N° 25. Resultados de Análisis del agua residual de Pre Lavado II**

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	LC	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/100	1,8	<1,8
Coliformes Fecales	NMP/100	1,8	<1,8

LC: Límite de cuantificación

Fuente: Laboratorio de Certificaciones Del Perú S. A.



**Figura N° 19. Comparación de los Resultados de los parámetros del agua residual de Pre Lavado II y los Límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano impuesta en el DS N° 031-2010-SA**

Los resultados (ver Tabla N° 25) obtenidos en las pruebas de ensayos para coliformes totales y fecales del agua residual generado en el área de Pre Lavado II, arrojaron una concentración menor de 1,8 NMP/100 para ambos parámetros con ello cumple los parámetros mínimos para agua de consumo humano establecido en el decreto del MINSA: DS N° 031-2010-SA.

### 3.1.6. Parámetros a tratar

En el desarrollo de la presente tesis, se pretende tratar el agua residual generada en el área de Pre Lavado I y II, debido a que los parámetros han sido analizados por separado en cada área, se procedió a generar el promedio ponderado para cada parámetro. Es por ello que en este cálculo se tomó en cuenta el caudal de 0,31 l/s del área de Pre Lavado I y 0,61 l/s del área de Pre Lavado II.

Para el cálculo de los promedios ponderados, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio ponderado (PP)} = \frac{[(V1 \times Q1) + (V2 \times Q2)]}{Q1 + Q2}$$

Donde:

PP= Promedio ponderado.

V1= valor del parámetro en el área de Pre Lavado I.

V2= valor del parámetro en el área de Pre Lavado II.

Q1= Caudal del área de Pre Lavado I= 0,31 l/s.

Q2= Caudal del área de Pre Lavado II= 0,61 l/s.

#### ▪ Cálculo del DBO Promedio

Para poder realizar los cálculos correspondientes, se procedió a reemplazar los siguientes valores en la fórmula de promedio ponderado.

$$\begin{aligned} PP \text{ de DBO} &= \frac{[(V1 \times Q1) + (V2 \times Q2)]}{Q1 + Q2} \\ PP \text{ de DBO} &= \frac{[(102 \times 0,31) + (220 \times 0,61)]}{0,31 + 0,61} \\ PP \text{ de DBO} &= 180,239 \text{ mg/l.} \end{aligned}$$

#### ▪ Cálculo del DQO Promedio

De igual manera se procedió a utilizar la misma fórmula anterior, reemplazando los valores encontrados del DQO en el análisis de laboratorio de las aguas residuales de las áreas de Pre Lavado I y II.

$$\begin{aligned} PP \text{ de DQO} &= \frac{[(V1 \times Q1) + (V2 \times Q2)]}{Q1 + Q2} \\ PP \text{ de DQO} &= \frac{[(223 \times 0,31) + (994 \times 0,61)]}{0,31 + 0,61} \\ PP \text{ de DQO} &= 734,207 \text{ mg/l.} \end{aligned}$$

▪ **Cálculo de los SST Promedio**

Para poder calcular el valor de sólidos suspendidos totales promedio, se utilizó los valores analizados del agua residual de Pre Lavado I y II.

$$PP \text{ de SST} = \frac{[(V1 \times Q1) + (V2 \times Q2)]}{Q1 + Q2}$$

$$PP \text{ de SST} = \frac{[(161,2 \times 0,31) + (70,55 \times 0,61)]}{0,31 + 0,61}$$

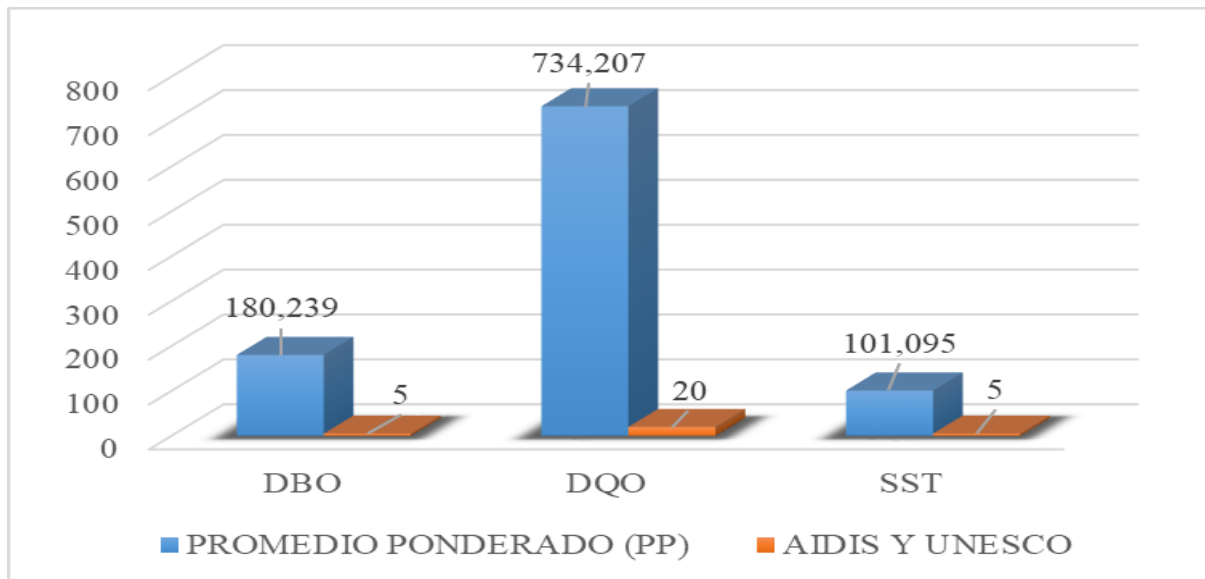
$$PP \text{ de SST} = 101,095 \text{ mg/l.}$$

Todos los valores de los parámetros calculados, se ha resumido en la Tabla N° 26, así mismo, se realizó una comparación de los parámetros físicos químicos ponderados con los valores máximos permitidos en el DS N° 004-2017-MINAM para ser potabilizados y por ende, también se puede tomar en cuenta para una calidad de agua intradomiciliario que coincide con los valores aceptados de la UNESCO y AIDIS y que ambas entidades proponen para la descarga de sanitarios, lavado de pisos, lavados de vehículos, riego de áreas verdes y jardines.

Otro parámetro a tomar en cuenta son los sólidos suspendidos totales que no debería exceder 5 mg/l, sin embargo, el valor promedio de ambas áreas estudias son de 101,10 mg/l (Ver Figura N° 20).

**Tabla N° 26. Promedio Ponderado de los Parámetros a Tratar del Área de Pre Lavado I y II**

PARAMETROS	PRE LAVADO I(mg/l)	PRE LAVADO II (mg/l)	PROMEDIO PONDERADO (mg/l)
DBO	102,000	220,000	180,239
DQO	223,000	994,000	734,207
SST	161,200	70,550	101,095



**Figura N° 20. Comparación de los parámetros promedios con respecto a los valores sugeridos por la AIDIS Y UNESCO**

Las aguas residuales procedentes de las áreas de Pre Lavado I, cuentan con una concentración de 102 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 223 mg/l de DQO, 161,2 mg/l de SST y <1,8 NMP/100 de Coliformes totales y termotolerantes; así mismo el área de Pre Lavado II con una concentración de 220 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 994 mg/l de DQO, 70,55 mg/l de SST y <1,8 NMP/100 de Coliformes totales y termotolerantes; están dentro de los valores máximos admisibles del DS N 021-2009-VIVIENDA, pero no cumplen con los valores sugeridos por AIDIS y UNESCO para la reutilización en limpieza de pisos, riego de jardines, lavado de autos.

La cantidad de agua residual producida de ambas áreas estudiadas representa el 29% del agua total que ingresa a la empresa.

## 3.2 MÉTODO DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE PRE LAVADOS I Y II

### 3.2.1 Esquematización de la selección de tecnología para el tratamiento del agua residual de área de Pre Lavado I y II

Los resultados de los análisis muestran que el agua procedente de Pre Lavado I y II están dentro de los parámetros máximos permitidos para el vertimiento al sistema de alcantarillado, sin embargo, aún están por encima de los valores máximos sugeridos por AIDIS y la UNESCO, en su informe de “Uso Seguro del Agua para el Reúso”, para un reúso intradomiciliario que involucra limpieza de pisos, descarga de sanitarios, riego de jardines, lavado de autos.

Como solución a este problema se propone la construcción de un sistema de tratamiento de aguas, para lo cual se deberá identificar qué tipo de tratamiento será el adecuado de acuerdo con las características físico- químicas de estos efluentes; además con la ayuda de fuente bibliográfica se deberá conocer que tipos de sistemas se utilizan para este tipo de aguas residuales.

Para poder seleccionar el sistema de tratamiento a implementar, se utilizó el método de factores ponderados, para lo cual se consideró los siguientes factores, a los cuales se le asignaron una letra, que permite una fácil interpretación en la matriz de comparación de factores y elegir de acuerdo con la mayor puntuación:

- Área mínima = A
- Eficiencia de remoción = B
- Disponibilidad de recursos y Costos de implementación = C

En la Tabla N° 27, se muestra una matriz para la comparación de los factores estudiados y cuya importancia permite poder efectuar la selección del sistema de tratamiento.

**Tabla N° 27. Ejemplo de matriz para análisis entre los factores ponderados**

	A	B	C	Conteo	Ponderado (%)
A					
B					
C					
TOTAL					

Para el análisis se aplicó el criterio de relación, el cual determina que factores son lo más relevantes de acuerdo con la conexión que existe entre estos, dando el valor de 1 si hay relación entre factores y el valor de 0 si no hay relación alguna.

Por otro lado, se ha otorgado, según criterio, una calificación a cada factor, tomando en cuenta que la mayor calificación se le da al factor que guarde una mayor relación con las características de cada tratamiento evaluado; a mayor relación entre factor y tratamiento mayor será la calificación otorgada.

Para ello, la calificación está en el rango de 20 a 100 puntos, según la importancia de cada factor tal y cual se muestra en la Tabla N° 28:

**Tabla N° 28. Rango de calificación de factores**

ESCALA	PUNTAJE
Excelente	100
Muy buena	80
Buena	60
Regular	40
Mala	20

Para poder tomar una decisión del sistema de tratamiento a implementar, se utilizará una matriz de calificación de los factores para cada sistema de tratamiento que son mostrados en la Tabla N° 29.

**Tabla N° 29. Ejemplo de calificación de los factores para cada tratamiento analizado en la investigación**

TRATAMIENTOS		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
Factor	Ponderado	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A							
B							
C							
TOTAL							

### 3.2.2. Elección de los sistemas para el tratamiento de agua residual de Pre Lavado I y II

Para poder escoger el sistema de tratamiento de aguas residuales, es vital conocer la cantidad de agua que se va a tratar diariamente. Basándose en la data histórica del número de bidones lavados mensualmente de los años 2016, 2017 y 2018 que se muestran en la tabla N° 12, se proyecta mediante el método de Proyección Lineal estacional (Ver Figura N° 21), el consumo total de agua potable en la fábrica, la proyección del volumen total de agua consumida para envasado de bidones de 20 litros de agua de mesa, la proyección del volumen total de agua residual generada en las áreas de Pre Lavado I y II, la proyección del agua residual generado por el consumo de agua para otros usos dentro y fuera de la planta de tratamiento. Las proyecciones desarrolladas abarcan los próximos cinco años: 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023. En la Tabla N° 30, se puede observar la cantidad de bidones lavados proyectados para los años 2019 hasta el 2023, donde se puede observar un aumento estacional, siendo el 2023 el año donde tenemos un pronóstico esperado de 197 553 bidones lavados.

**Tabla N° 30. Proyección de la cantidad de unidades de bidones lavados en el área de Pre Lavado I y II desde año 2019 hasta 2023**

<b>MES</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Enero	15 348	17 131	18 914	20 697	22 480
Febrero	16 187	18 021	19 855	21 689	23 523
Marzo	14 897	15 745	16 593	17 441	18 289
Abril	12 710	13 463	14 216	14 969	15 722
Mayo	11 429	12 169	12 909	13 649	14 389
Junio	10 746	11 702	12 658	13 614	14 570
Julio	9 460	10 025	10 590	11 155	11 720
Agosto	9 984	10 672	11 360	12 048	12 736
Setiembre	11 818	12 724	13 630	14 536	15 442
Octubre	13 128	14 326	15 524	16 722	17 920
Noviembre	11 840	12 788	13 736	14 684	15 632
Diciembre	12 158	12 901	13 644	14 387	15 130
<b>TOTAL</b>	<b>149 705</b>	<b>161 667</b>	<b>173 629</b>	<b>185 591</b>	<b>197 553</b>

En la Figura N° 21, se puede observar el comportamiento de la proyección lineal estacional de la cantidad de bidones lavados en las áreas estudiadas, en donde la línea celeste indica el comportamiento del año 2019, de color anaranjado representa la cantidad de bidones lavados

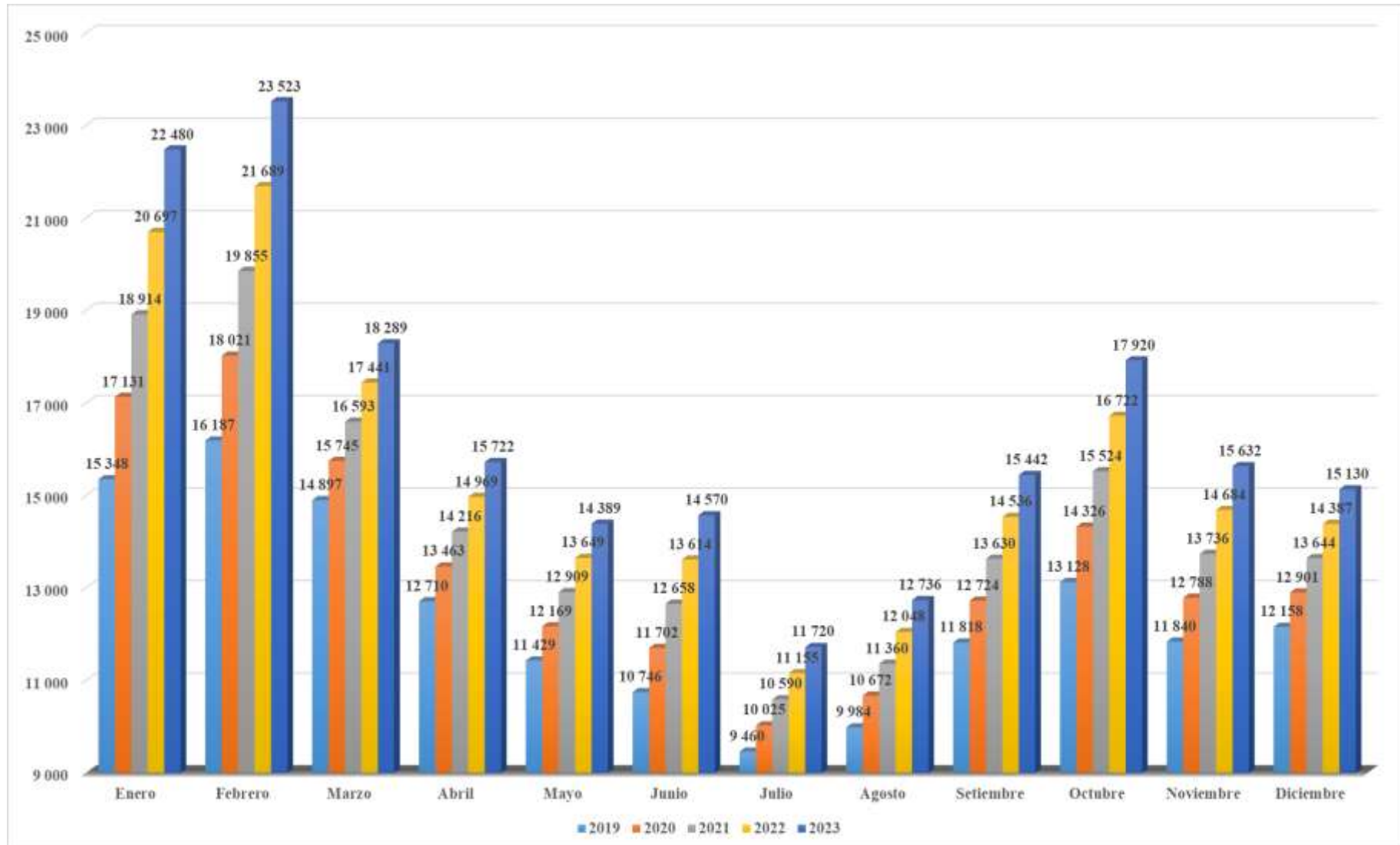


Figura N° 21. Proyección de los bidones en unidades lavados en Pre Lavado I y II desde el 2019 hasta 2023

en el año 2020, la línea gris es para el año 2021, la línea amarilla para el 2022 y azul para el año 2023.

Se espera un comportamiento estacional en estos 5 años, donde los meses que se lavarían una mayor cantidad de bidones corresponde a enero, seguido de febrero, en un tercer lugar marzo y octubre, por otro lado, se aguarda que en los meses de julio y agosto se lave la menor cantidad de bidones en las áreas estudiadas.

**Tabla N° 31. Proyección de Volumen en m<sup>3</sup> de Agua Potable Consumida en la empresa desde 2019 hasta 2023**

<b>MES</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Enero	619,667	689,667	759,667	829,667	899,667
Febrero	682,000	759,500	837,000	914,500	992,000
Marzo	642,333	696,333	750,333	804,333	858,333
Abril	497,667	518,167	538,667	559,167	579,667
Mayo	543,333	569,833	596,333	622,833	649,333
Junio	593,000	670,500	748,000	825,500	903,000
Julio	554,667	582,167	609,667	637,167	664,667
Agosto	524,667	579,167	633,667	688,167	742,667
Setiembre	601,000	652,000	703,000	754,000	805,000
Octubre	619,203	687,279	755,356	823,432	891,508
Noviembre	500,443	508,485	516,526	524,567	532,609
Diciembre	566,000	585,000	604,000	623,000	642,000
<b>TOTAL</b>	<b>6 943,980</b>	<b>7 498,097</b>	<b>8 052,215</b>	<b>8 606,332</b>	<b>9 160,450</b>

En la Tabla N° 31, se ha desarrollado la proyección estacional del volumen total de agua potable que ingresara a la empresa para los años 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023.

Al observar las proyecciones para la cantidad de agua demanda por la empresa, se espera un comportamiento estacional, siendo los meses de enero y febrero con una mayor demanda de agua potable para realizar todos sus procesos.

En la Tabla N° 32, se identifica la proyección de la cantidad de agua potable para la producción y envasado de agua de mesa en bidones de 20 litros desde el año 2019 hasta el 2023, esta proyección se relaciona de manera directa con la proyección de los bidones lavados donde se espera alcanzar una producción total de 3 951,060 m<sup>3</sup> de agua de mesa para el 2023.

**Tabla N° 32. Proyección Consumo en m<sup>3</sup> de agua para envasado de bidones en la empresa desde el año 2019 hasta el 2023**

<b>MES</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Enero	306,960	342,620	378,280	413,940	449,600
Febrero	323,740	360,420	397,100	433,780	470,460
Marzo	297,940	314,900	331,860	348,820	365,780
Abril	254,200	269,260	284,320	299,380	314,440
Mayo	228,580	243,380	258,180	272,980	287,780
Junio	214,920	234,040	253,160	272,280	291,400
Julio	189,200	200,500	211,800	223,100	234,400
Agosto	199,680	213,440	227,200	240,960	254,720
Setiembre	236,360	254,480	272,600	290,720	308,840
Octubre	262,560	286,520	310,480	334,440	358,400
Noviembre	236,800	255,760	274,720	293,680	312,640
Diciembre	243,160	258,020	272,880	287,740	302,600
<b>TOTAL</b>	<b>2 994,100</b>	<b>3 233,340</b>	<b>3 472,580</b>	<b>3 711,820</b>	<b>3 951,060</b>

En el año 2023 se espera generar un total de 2 688,111 m<sup>3</sup> de agua residual, siendo el mes de febrero de cada año donde se alcance la mayor cantidad de agua vertida al alcantarillado. (Ver tabla N° 33)

**Tabla N° 33. Proyección de Volumen en m<sup>3</sup> de Agua Residual Generada en Pre Lavado I y II 2019 -2023**

<b>MES</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Enero	208,844	233,100	257,356	281,612	305,868
Febrero	220,258	245,208	270,157	295,107	320,057
Marzo	202,709	214,245	225,781	237,317	248,854
Abril	172,957	183,201	193,444	203,688	213,932
Mayo	155,530	165,597	175,664	185,731	195,798
Junio	146,239	159,244	172,249	185,255	198,260
Julio	128,744	136,430	144,116	151,803	159,489
Agosto	135,872	145,232	154,591	163,951	173,311
Setiembre	160,822	173,147	185,473	197,798	210,123
Octubre	178,643	194,941	211,238	227,536	243,834
Noviembre	161,121	174,018	186,915	199,811	212,708
Diciembre	165,447	175,555	185,663	195,771	205,879
<b>TOTAL</b>	<b>2 037,187</b>	<b>2 199,918</b>	<b>2 362,649</b>	<b>2 525,380</b>	<b>2 688,111</b>

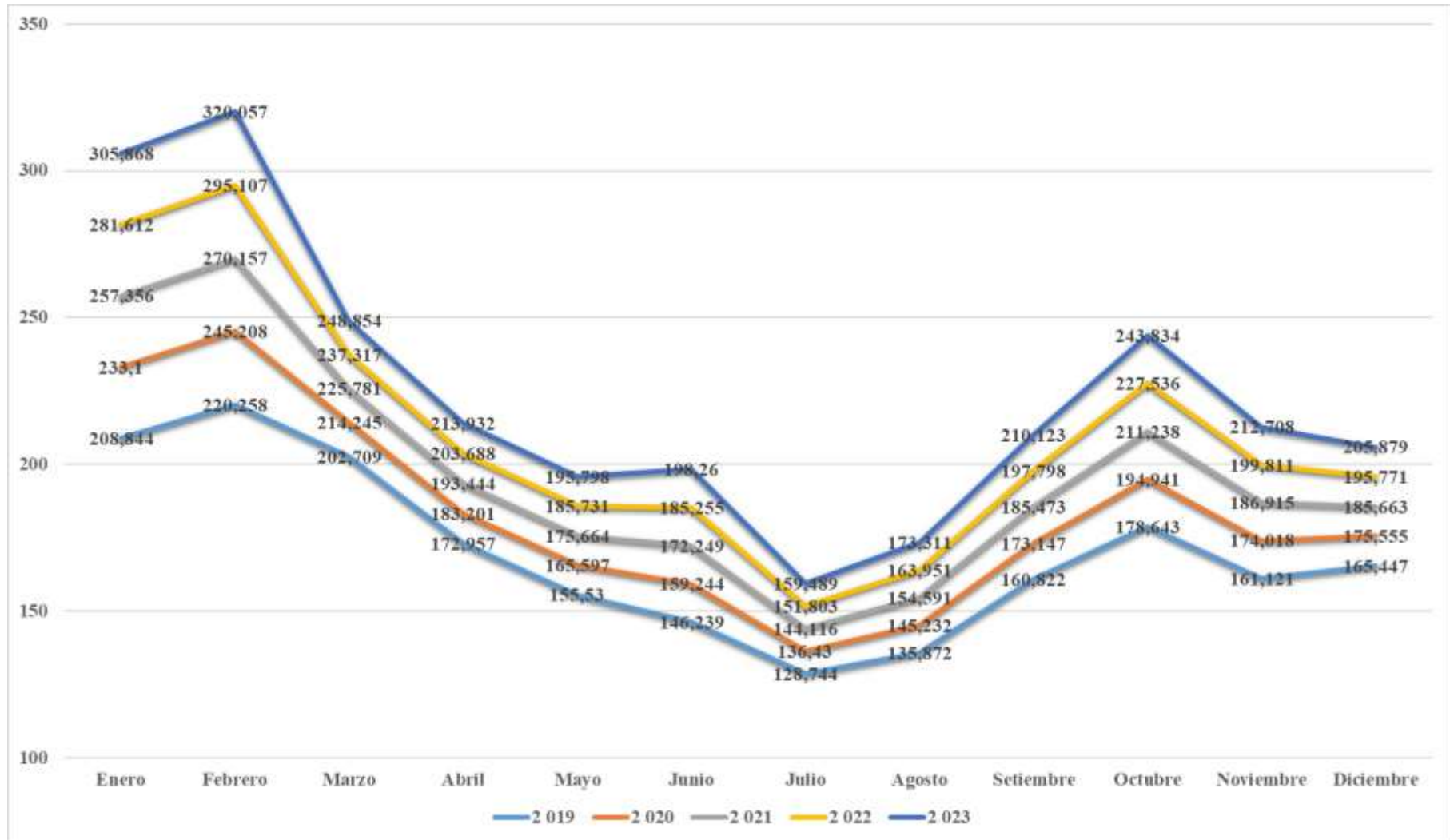


Figura N° 22. Proyección del agua residual producida en las áreas de Pre Lavado I y Pre Lavado II desde el año 2019 hasta el 2023

En la figura N ° 22 se puede observar que los meses de mayor generación de agua residual correspondería a enero, febrero, marzo y octubre, así mismo julio sería el mes más bajo esperado en la producción de agua residual.

Debido a que se espera un total de 2 688,111 m<sup>3</sup> de agua residual para el año 2023, siendo el mes de febrero donde se produciría un volumen total máximo de 320,06 m<sup>3</sup>, así mismo en la empresa se trabaja 8 horas al día y el correspondiente mes tiene un total de 28 días.

$$\text{Caudal del agua residual proyectada} = \frac{320,06 \text{ m}^3}{\text{mes}} \times \frac{1\,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ mes}}{28 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$\text{Caudal del agua residual proyectada} = 0,397 \text{ l/s}$$

El sistema de tratamiento debe de estar diseñado para poder trabajar con un caudal máximo de 0,397 litros por segundo.

En la Tabla N° 34, se puede observar la proyección del agua residual generada por el consumo de agua potable para usos externos a la planta de tratamiento, donde la proyección del volumen de agua residual generado va en aumento, siendo de 1 530,155 m<sup>3</sup> para el año 2019, 1 651,872 m<sup>3</sup> para el 2020, 1 773,589 m<sup>3</sup> para el 2021, 1 895,306 m<sup>3</sup> para el 2022 y finalmente una proyección de 2 017,023 m<sup>3</sup> para el 2023.

**Tabla N° 34. Proyección del agua residual producida en m<sup>3</sup> por el consumo de agua para otros usos externos a la planta**

<b>Año</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Volumen (m <sup>3</sup> )	1 530,155	1 651,872	1 773,589	1 895,306	2 017,023

En la Tabla N° 35, se puede identificar la proyección del volumen de agua residual generado por el consumo de agua potable para otros usos dentro de la planta de procesamiento de agua de mesa, en ella podemos corroborar que para el año 2019 se espera un total de 382,54 m<sup>3</sup>, 412,968 m<sup>3</sup> para el 2020, 443,397 m<sup>3</sup> para el 2021, 473,826 m<sup>3</sup> para el 2022 y finalmente 504,256 m<sup>3</sup> para el 2023.

**Tabla N° 35. Proyección del agua residual producida en m<sup>3</sup> por el consumo de agua para otros usos internos a la planta**

MES	2019	2020	2021	2022	2023
Volumen (m <sup>3</sup> )	382,539	412,968	443,397	473,826	504,256

A través de literatura científica se obtuvieron las alternativas de tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales (Ver Tabla N° 36.).

**Tabla N° 36. Opciones de tecnologías de tratamientos de aguas residuales para la evaluación en la investigación**

OPCIÓN	SISTEMA DE TRATAMIENTO
Opción 1	Coagulación, Floculación, Filtración I y Filtración II
Opción 2	Filtración, filtración con carbón activado, cloración
Opción 3	Sistema de Electrocoagulación.

**Opción N 1: Sistema de tratamiento compuesto de Coagulación, floculación, filtración I y filtración II.**

En la literatura se ha encontrado la puesta en marcha de un sistema compuesto de una etapa de coagulación- floculación, una etapa de filtración multicapa y finalmente una cloración capaz de tratar un caudal de 2400 l/h.

La investigación desarrollada, los resultados de los procesos de floculación y coagulación fueron excelentes y de igual manera para el proceso de filtrado y cloración, logrando una reducción del 97,48 % de DBO<sub>5</sub> y 95,07 % para el DQO, así mismo se produjo una reducción del 93,83% [5].

Por otro lado, el uso de la nueva tecnología permite mejorar la eficiencia de este sistema de tratamiento, donde al reemplazar los 3 filtros lentos por uno multicapa demostrada en la investigación de Abdel et al así mismo la cloración por un filtro de carbón activado analizado en la investigación de Siong et al, se puede alcanzar una eficiencia final de remoción del 97,677 % para la DBO<sub>5</sub>, 99,498 % para la DQO y 99,228 % para los SST.

Ventajas:

- Es económico.
- Desinfección de los efluentes primarios, secundarios y de mayor grado.

- Control de las condiciones sépticas y olores resultantes.
- Reducción de la DBO en los efluentes secundarios. [5]

Desventajas:

- Limpieza de filtros.
- Cambio de filtros cada 18 meses.

### **Opción 2: Sistema de Tratamiento compuesto por Filtración, Carbón Activado y Cloración**

Se ha encontrado un sistema de tratamiento que incluye un filtración, carbón activado y cloración; el sistema de tratamiento compuesto tuvo el propósito de tratar 2 500 l/h de agua residual para reutilizarlo en los procesos de lavado de vehículos. En la investigación se logró obtener una eficiencia de remoción de 69,35 % para la DBO<sub>5</sub> y 72,96 % para el DQO. [25]

Ventajas:

- Remueve el 69,35 % de DBO.
- Remueve el 72,96 % de DQO.

Desventajas:

- Es necesario implementar otro sistema para mejorar la eficiencia de remoción.
- Cambio constante de filtros.
- Es un sistema básico.

### **Opción 3: Sistema de Electrocoagulación**

La investigación desarrollada está basada en el artículo de Álvaro Arango, donde se corrobora que un sistema de tratamiento de electrocoagulación tiene gran poder de adsorción de diversos componentes del agua residual. [26]

Este sistema se caracteriza porque las partículas a filtrar se adhieren a la superficie de los gránulos del carbón y cuya eficiencia esta entre 95 % y 99 %, así mismo el sistema es capaz de tener una eficiencia de remoción para el DBO<sub>5</sub>, DQO, SST de 90%, 95% y 99% respectivamente para un caudal de 1589,58 l/hora. [26]

Ventajas:

- Remueve el olor, sabor y color del agua.
- Tiene capacidad de remover plaguicidas y compuestos orgánicos volátiles.
- Alta efectividad de remoción.
- Es económico.

- Es muy fácil de manejar y de mantener.
- Su uso se ha extendido en los últimos años.
- Remueve el 90% de DBO.
- Remueve el 95% de DQO.
- Remueve el 99% de sólidos suspendidos totales.
- Tecnología accesible.

Desventajas:

- Demanda un constante mantenimiento.
- Se tiene que acompañar de otra tecnología para poder destruir los contaminantes.
- Genera residuos.
- Alto tiempo de retención hidráulica para remover DQO por encima de 40mg/l.
- Costo elevado de instalación.
- Costo moderado de mantenimiento.

**Factor A: Disponibilidad de espacio:** en esta fase se compararon los sistemas de tratamientos tomando en cuenta el área que es necesaria para su implementación, para cual se ha considerado el área libre con el que cuenta la empresa que es de 200 m<sup>2</sup> para tratar un promedio de 1 428,825 l/hora.

**Opción 1.** El sistema está compuesto por un mezclador, un difusor de sulfato de aluminio, un floculador de dos secciones y un tanque de almacenamiento para realizar el tratamiento primario. Aparte de ello se ha utilizado una bomba centrífuga, una red de filtrado para el tratamiento secundario y finalmente un tanque donde se almacena el agua ya tratada; donde el sistema desarrollado solo ocupaba un área de 10 m<sup>2</sup>. [5]

**Opción 2.** El sistema de tratamiento de aguas residuales está compuesto por un sistema de filtración, carbón activado y cloración ha sido diseñada para tratar un total de 2 500 l/h, donde es necesario la instalación de un tanque para la remoción de grasas y aceites, un tanque de almacenamiento previo al sistema de tratamiento, una bomba de agua para poder trasladar la masa de agua hacia un primer filtro de arena, luego hacia un filtro de carbón activado y a un dosificador de cloro y finalmente un tanque de almacenamiento del agua tratada. Para poder implementar el sistema de tratamiento se requiere de un área total necesaria es de 25 m<sup>2</sup>. [25]

**Opción 3.** Para el tratamiento de un caudal de 1589,58 l/hora de agua residual utilizando un sistema de electrocoagulación compuesto por un tanque colector 1 de 2,6 m de largo, 2,2 m de

ancho y 3 m de alto; una fuente de poder de 0,5 m de largo, 0,8 m de ancho, 1,2 m de alto; un reactor de electrocoagulación de 2,4 m de largo, 3,2 m de ancho, 2,6 m de alto y finalmente un tanque colector 2 de 2,6 m de largo, 2,2 m de ancho y 3 metros de alto.

El proyecto de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales en un centro de lavado de autos está basado en una investigación de Álvaro Arango Ruiz en donde demandó un área total de 131,7 m<sup>2</sup>. [26]

### **FACTOR B: Niveles de tratamiento**

**Opción 1.** El sistema de tratamiento está comprendido por un mezclador y difusor de sulfato de aluminio, un floculador de dos tramos, un sistema de filtrado y clorado del agua residual que llevados a la empresa y con el empleo de filtros alternativos de antracita, carbón activado podrían aun mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento que ha sido elaborada, donde el porcentaje final de remoción del DBO, DQO y SST fueron del 97,476 %, 95,071 % y 93, 827 % respectivamente.

En el artículo científico desarrollado por Romero et al, se puede observar que han tratado un agua residual con una concentración de 951 mg/l de DBO, 1826 mg/l de DQO y 405 mg/l de solidos suspendidos totales antes de ingresar al sistema de tratamiento, sin embargo, los parámetros alcanzados al final del proceso son 24 mg/l de DBO, 90 mg/l de DQO, 25 mg/l de solidos suspendidos totales y 0 UFC/100 ml de coliformes totales y Termotolerantes.

Al implementar el sistema de tratamiento, se puede llegar a un valor de concentración 4,55 mg/l de BDO<sub>5</sub>, 36,19 mg/l de DQO y 6,24 mg/l de SST.

Con la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción del sistema propuesto, utilizaremos nueva tecnología, reemplazando los filtros lentos propuestos por Romero et al por filtro rápidos multicapa propuesta por Abdel et al, así mismo el sistema de cloración podría ser reemplazado por un filtro de carbón activado propuesto por Siong et al que permitirá reducir al mínimo la carga del agua.

Los filtros multicapa analizados por Abdel et al mostraron una eficiencia de remoción de 78% para la remoción de DBO<sub>5</sub>, 48,2 % para el DQO y 82 % para los SST. Las aguas analizadas presentaron una concentración de 90,5 mg/l de BDO<sub>5</sub>, 190 mg/l de DQO y 41,4 mg/l de SST. Por otro lado en el artículo desarrollado por Siong et al, demuestra la eficiencia del sistema de tratamiento basado en el uso de carbón activado, logrando una eficiencia de remoción de 78,88 % para la DBO<sub>5</sub>, 98,06 % para la DQO y 85,71% para los SST. [12]

Al incluir un filtro multicapa en reemplazo de los 3 filtros lentos propuestos por Romero et al, así mismo al reemplazar el sistema de cloración por un filtro de carbón activado, se puede

alcanzar una eficiencia final de remoción del 97,677 % para la DBO<sub>5</sub>, 99,498 % para la DQO y 99,228 % para los SST.

**Opción 2:** La implementación de un sistema de tratamiento que incluye un filtración, carbón activado y cloración; el sistema de tratamiento compuesto tuvo el propósito potabilizar agua para consumo humano, el cual presentaba los siguientes parámetros: 310 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 540 mg/l de DQO para luego obtener el siguiente nivel de calidad: 95 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 146 mg/l de DQO. En la investigación se logró obtener una eficiencia de remoción de 69,35 % para la DBO<sub>5</sub> y 72,96 % para el DQO.

**Opción 3.** El sistema de tratamiento a través de la electrocoagulación ha sido desarrollado bajo una investigación: “la Electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales” [26], en donde el porcentaje de remoción teórico de DBO, DQO, SST es de 90%, 95% y 99% respectivamente.

En la investigación [27], podemos observar que la concentración inicial de DBO fue de 2600 mg/l; de DQO, 4020 mg/l y 4000 mg/l de SST. Sin embargo, a la salida del sistema de tratamiento realizado se llegó a una concentración de DBO, DQO, SST de 260 mg/l, 201 mg/l y 40 mg/l respectivamente.

En la Tabla N° 37, se muestra un resumen comparativo de las eficiencias de remoción de los sistemas propuestos para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de las áreas de Pre Lavado I y II.

**Tabla N° 37. Comparación de las opciones de sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del proceso de Pre Lavado I y II**

OPCIÓN	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)		
	DBO	DQO	Sólidos suspendidos totales
Coagulación, Floculación, filtración I y filtración II.	97,677	99,498	99,228
Filtración, Carbón Activado y Cloración.	69,350	72,960	-
Sistema de electrocoagulación	90,000	95,000	99,000

### **Factor C. Disponibilidad de recursos y costo de implementación**

**Opción 1.** La implementación de esta opción conlleva a un costo total de S/ 18 000,00 soles.

La etapa de coagulación – floculación consta de una estructura metálica la cual se divide en un área para mezcla rápida, mediante una canaleta de Parshall y un área para mezcla lenta con un floculador de flujo horizontal de 02 tramos; la manufactura de esta estructura tiene un costo de S/ 5700,00 soles. La etapa de filtración, se realiza por medio de 3 filtros: el primero está hecho de antracita, el segundo combina antracita y arena, el tercero está hecho de carbón activado granular; el costo de estos filtros es de S/1000,00, S/ 100,00 y S/ 150,00 respectivamente.

La etapa de cloración consta de un tanque se lleva a cabo en un tanque, en donde se emplea cloro en pastillas de efervescencia lenta.

La compra de insumos como el coagulante y el cloro en pastillas tienen un costo mensual de S/ 515,00 soles.

Para mejorar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos del agua residual a tratar, se decidió reemplazar la etapa de filtración lenta por filtración rápida, la conlleva un costo de S/ 1445,00 soles cada 18 meses.

Ajustándonos a la realidad problemática e implementando nueva tecnología, el nuevo costo de implementación sería de S/ 22 195,60 soles.

**Opción 2.** Adaptándolo al requerimiento actual, la implementación del sistema de tratamiento propuesto por Orlando Albacerrín tiene un costo de implementación de S/ 7 432,89 soles.

Este sistema consta de un área para la instalación de un tanque para la remoción de grasas y aceites, un segundo tanque de la misma capacidad para el almacenamiento del agua que entra a proceso de tratamiento y un último tanque de igual capacidad para el almacenaje del agua ya tratada. El sistema de tratamiento consta de un filtro de arena, un filtro de carbón activado, un dosificador de cloro, una bomba, un generador de ozono y bomba de reciclado.

El costo anual de operación para el funcionamiento del sistema de tratamiento es de S/ 1 911,31 soles.

**Opción 3.** Para poder implementar un sistema de electrocoagulación, es necesario contar con un reactor que disponga de 2 electrodos de acero inoxidable y cuya condición es estar separados entre ambos así mismo dispuestos en paralelo y a una distancia de separación técnica. Cada señalar que actualmente un electrodo tiene un costo de S/ 19,21 por kilogramo de acero inoxidable.

Debido a la complejidad del sistema, es necesario poder capacitar a un mínimo de 2 operarios para que puedan trabajar con el sistema y así mismo puedan tomar decisiones rápidas ante los

incidentes que ocurran dentro de la planta de tratamiento, por otra parte, se les tendrá que asignar un sueldo básico de S/ 930,00 que implicaría un total de S/ 1 860,00 mensuales.

### 3.2.3. Uso de factores ponderados para la selección del sistema de tratamiento

En la Tabla N° 38, se muestran la comparación de los factores estudiados, el cual nos permitió obtener los porcentajes de las ponderaciones para poder efectuar la selección del sistema de tratamiento a implementar.

**Tabla N° 38. Análisis entre los factores ponderados.**

	A	B	C	Conteo	Ponderado (%)
A		1	1	2	40
B	1		1	2	40
C	0	1		1	20
TOTAL				5	100

Las calificaciones para cada una de las opciones estudiadas, se basó en la Tabla N° 27, lo cual permito poder completar la matriz de calificación mostradas en la Tabla N° 39.

**Tabla N° 39. Calificación de los factores para cada tratamiento analizado en la investigación.**

TRATAMIENTOS		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
Factor	Ponderado	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	40 %	100	40	80	32	60	24
B	40 %	80	32	60	24	80	32
C	20 %	80	16	100	20	20	4
TOTAL		88		76		60	

Tal y como se observa en la Tabla N° 39, el sistema de tratamiento a implementar en la empresa Industrias y Derivados S. A. C es el sistema de tratamiento compuesto por procesos de Coagulación, Floculación, Filtración, cloración; debido a que presenta un mayor puntaje de calificación en comparación de los otros dos sistemas de tratamiento evaluados.

El puntaje final, obtenido por este sistema de tratamiento, fue calculado a partir de la suma de los puntajes de cada factor en cada sistema de tratamiento estudiado y a su vez fueron determinados multiplicando la calificación dada según el criterio de la Tabla N° 28 por el porcentaje ponderado.

### 3.3. DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL TRATAMIENTO Y LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

#### 3.3.1 Diseño del sistema de tratamiento de agua residuales obtenidas de las áreas de Pre Lavado I y II

En el artículo propuesto por Romero et al se puede corroborar que el sistema tiene una eficiencia de remoción de 97,476% de DBO<sub>5</sub>, 95,071% de DQO y 93,827% de SST.

La etapa de Coagulación – Floculación tiene una eficiencia de remoción del 50 %, 50 % y 70 % para el DBO<sub>5</sub>, DQO y SST respectivamente. La eficiencia de remoción del DBO<sub>5</sub> y DQO está basada en la investigación desarrollada por Llano et al. [28]

Así mismo en cuanto a la eficiencia de remoción de los SST está basado en la investigación Oviedo et al. [29]

La eficiencia del sistema de 3 filtros lentos es de 80 %, 80% y 60 % para la DBO<sub>5</sub>, DQO y SST respectivamente. Esta eficiencia teórica está basada en la investigación de Acebrón et al. [30]

A fin de mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento propuesto y basados en el artículo desarrollado por Siong, donde demuestra la eficiencia del sistema de tratamiento basado en el uso de carbón activado, se demuestra que tiene una eficiencia de remoción teórica de 78,88 % para la DBO<sub>5</sub>, 98,06 % para la DQO y 85,71% para los SST. [10]

Al incluir un filtro de carbón activado en reemplazo de la cloración, se puede alcanzar una eficiencia final de remoción del 97,888 % para la DBO<sub>5</sub>, 99,806 % para la DQO y 98,285 % para los SST.

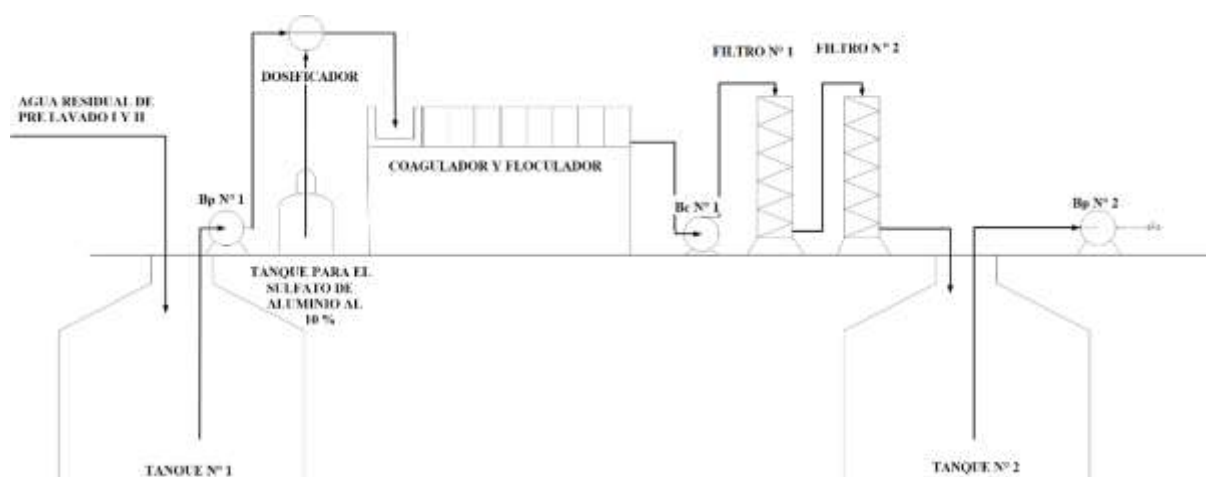


Figura N° 23. Esquema Del Sistema De Tratamiento Propuesto

El sistema propuesto consta de dos tanques de 1 200 litros de capacidad, un equipo coagulador y floculador, un filtro N° 1 multicapa y N° 2 de carbón activado, un dosificador del coagulante, un tanque de 60 litros para el coagulante (solución de sulfato de aluminio al 10 %), 2 electrobombas periféricas de ½ HP (Bp), 1 electrobomba centrífuga de 1HP (Bc). (Ver Figura N° 23)

▪ **Diseño del coagulador.**

Para poder diseñar el coagulador, fue necesario revisar la literatura se ha encontrado que existen varios diseños que están en relación con el caudal de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para poder determinar las dimensiones y las medidas mínimas aceptadas para un coagulador de mezcla rápida de diseño de canaleta de Parshall, fue necesario realizar el cálculo correspondiente para un caudal de diseño máximo de 0,397 l/s basado en las fórmulas presentadas en el libro de Alberto Romero y en el informe final del proyecto de ampliación y mejora del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en la localidad de Chuquibamba, distrito de Chuquibamba, provincia de Condesuyos, departamento y región de Arequipa, llegando a obtener las siguientes dimensiones en una vista de Planta (ver Figura N° 24) y una vista perfil (Ver Figura N° 25).

Los conjuntos de fórmulas utilizadas para poder calcular las dimensiones correspondientes para el coagulador han sido presentados en el Anexo N° 27 y el correspondiente cálculo en el Anexo N° 28.

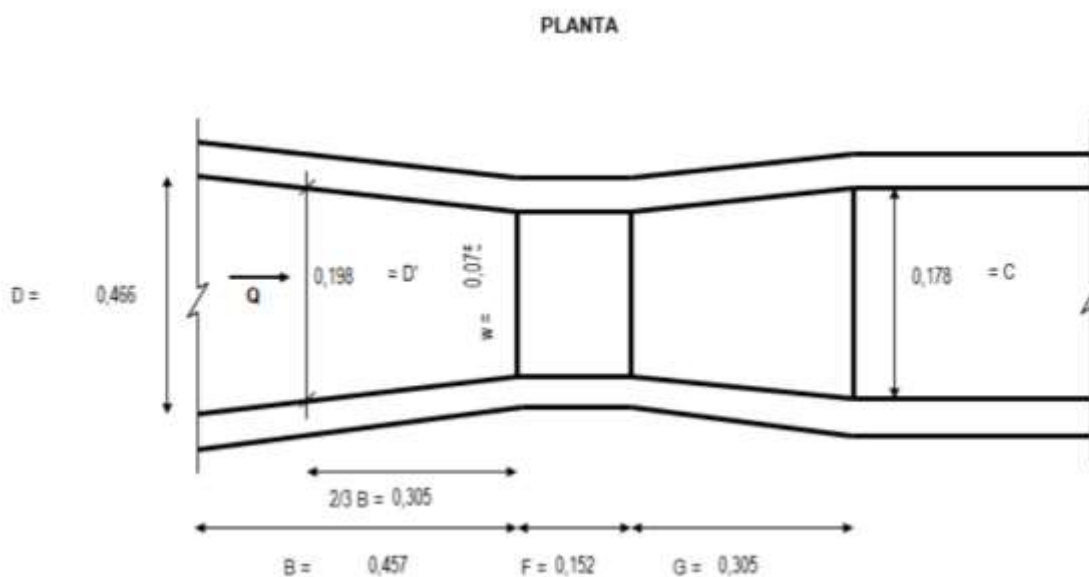
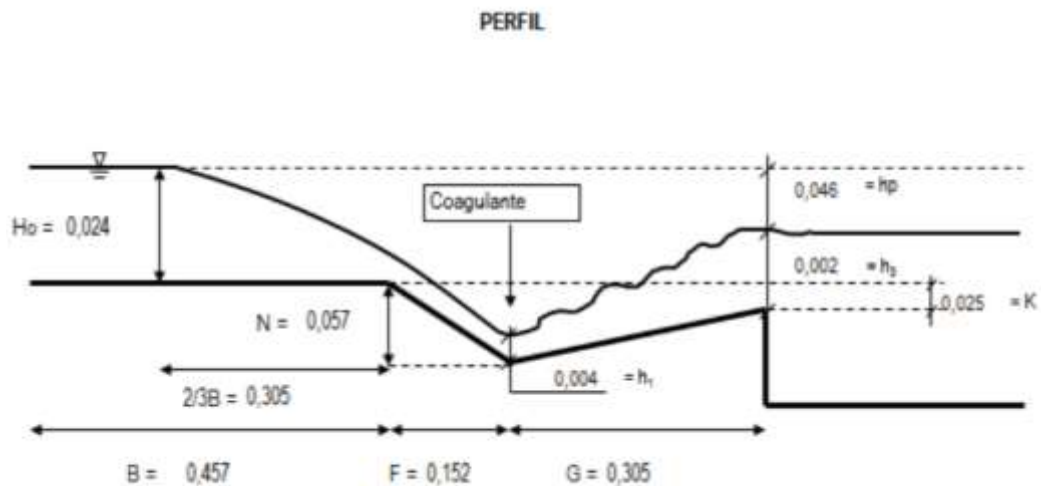


Figura N° 24. Vista de planta del coagulador de mezcla rápida



**Figura N° 25. Vista de perfil del coagulador**

### Diseño del floculador

Para poder diseñar un equipo floculador se seleccionó de acuerdo con los requisitos de caudales de diseño y de acuerdo con el número de tramos encontrados tanto en la investigación de Romero et al como en el libro de Alberto Romero, optando por un floculador de 2 tramos ya que los autores estudiados recomiendan para caudales de menos de 100 l/s.

Para determinar las dimensiones y las medidas mínimas aceptadas para un coagulador de mezcla rápida de diseño triangular que trabajar con un caudal de 0,397 l/s, fue necesario calcular a base de fórmulas de cálculos hidráulicos presentadas en el libro de Alberto Romero. [31]

Así mismo los cálculos realizados se basaron en el proyecto de ampliación y mejora del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario en la localidad de Chuquibamba, distrito de Chuquibamba, provincia de Condesuyos, departamento y región de Arequipa. [32]

Las fórmulas utilizadas han sido desarrolladas en el Anexo N° 29 y su desarrollo en el Anexo N° 30, obteniéndose las siguientes dimensiones en una vista de Planta (ver Figura N° 26) y una vista perfil (Ver Figura N° 27).

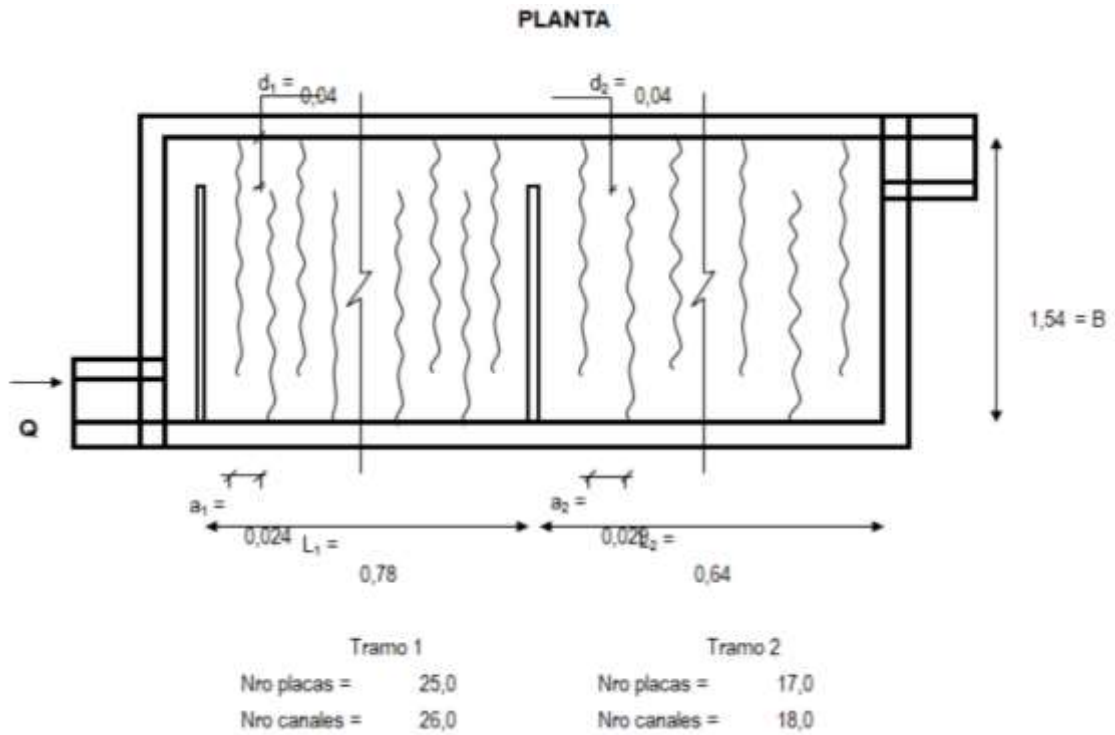


Figura N° 26. Vista de planta del floculador

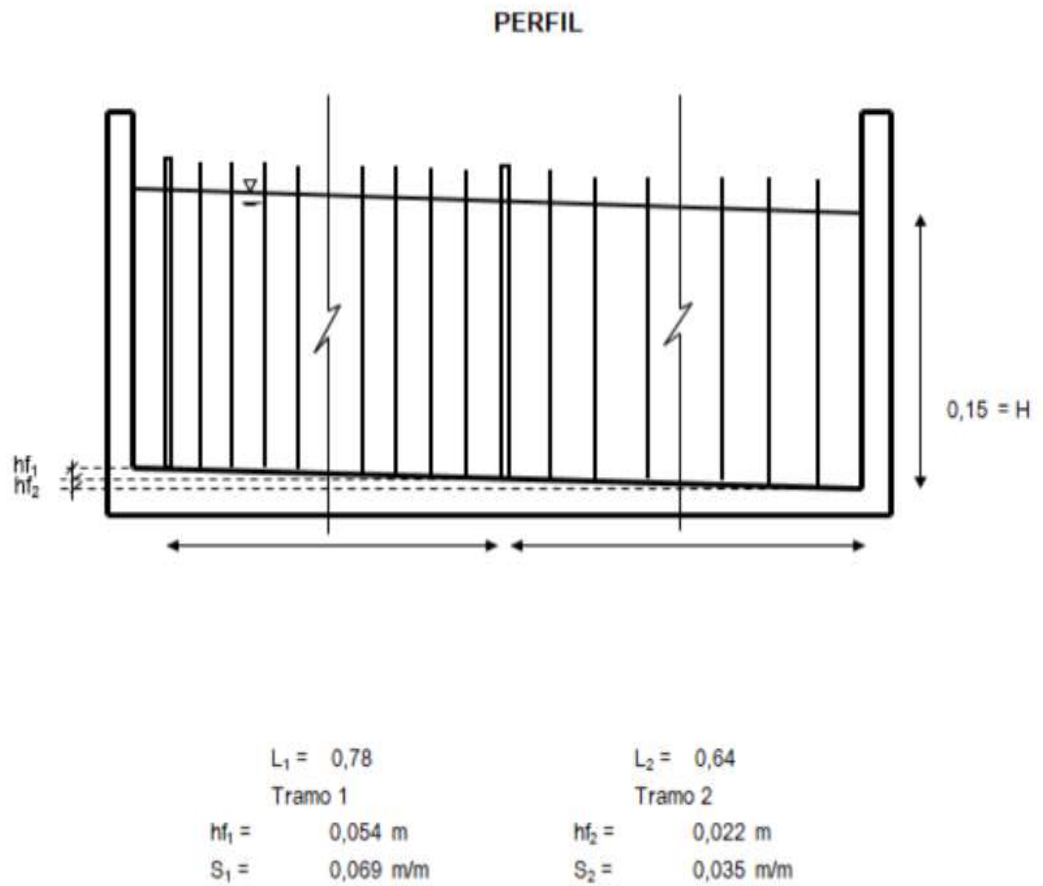
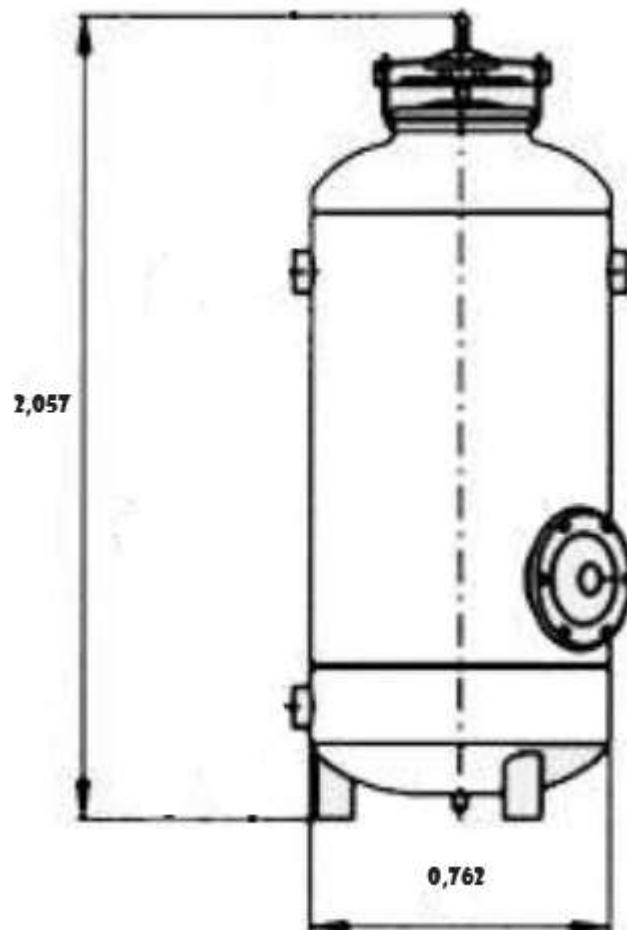


Figura N° 27. Vista de perfil del floculador

- **Diseño del sistema de filtración I**

Para el diseño del sistema de filtración I, se propone utilizar un filtro multicapa de Nalco que tiene la capacidad de tratar un caudal máximo de 1476,31 litros/hora. (Ver Anexo N° 31)

El filtro posee las siguientes dimensiones: 0,762 x 0,813 x 2,057 m. (Ver Figura N° 28).



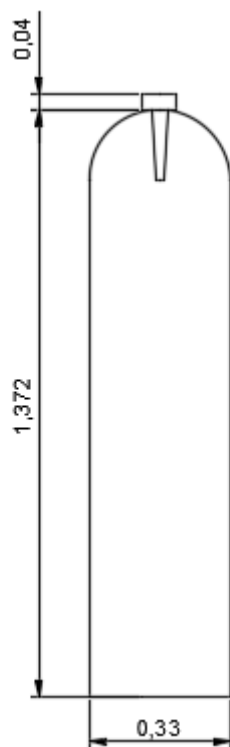
**Figura N° 28. Filtro multicapa**

Fuente: Nalco Water.

- **Diseño del sistema de filtración II**

Para poder tratar el agua residual se utilizará un filtro de carbón activado de la marca IslaUrbana. (Ver Anexo N°32)

El filtro posee las siguientes dimensiones: 0,3302 x 0,3302 x 1,3716 m con una capacidad de 44,74 litros y diseñado para tratar un caudal máximo de 2 610 l/hora. (Ver Figura N° 29).



**Figura N° 29. Filtro de carbón activado granular**  
Fuente: IslaUrbana.

### 3.3.2 Balance de Materia para el sistema de tratamiento de aguas residuales

Para conocer la cantidad de insumos necesarios para el tratamiento del agua residual se hizo el balance de materia, teniendo en cuenta las variables que se deben tratar para que el agua pueda ser utilizado en el lavado de pisos, canaletas externas, lavado de vehículos de reparto y para uso en sanitarios.

- **Coagulación y Floculación:**

Para poder calcular la cantidad de lodos (ver Figura N° 30), se realizó el siguiente cálculo del lodo generado por la solución de sulfato de aluminio al 10% y el lodo generado por la precipitación de los sólidos suspendidos totales.

Una solución de sulfato de aluminio al 10 % contiene 10 g de sulfato de aluminio granular por 100 ml de agua.

Primero se calculó la cantidad de masa de la solución de sulfato de aluminio al 10%.

$$\left[ \frac{125 \text{ ml}}{\text{min}} \right] \times \left[ \frac{10 \text{ g}}{100 \text{ ml}} \right] = 12,5 \text{ g/min.}$$

Del cálculo anterior se obtuvo un total de 12,5 g/min producido por la solución. sin embargo, es vital poder calcular la cantidad de lodo exacto que produce la solución al reaccionar con el agua residual, por ello se realizó el siguiente cálculo.

$$\begin{aligned} Al_2(SO_4)_3 &\rightarrow 2Al \\ 342 \text{ g/min} &\rightarrow 54 \text{ g/min} \\ 12,5 \text{ g/min} &\rightarrow x \\ x &= \frac{12,5 \times 54}{342} \frac{\text{g}}{\text{min}} = 1,974 \frac{\text{g}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 118,421 \text{ g/h} \end{aligned}$$

Del siguiente balance generado se obtuvo un total de 118,421 g/h de lodos generados por la solución de sulfato de aluminio.

Para poder calcular la cantidad de lodo generado en el proceso de Coagulación – Floculación se multiplicó el caudal de 1 428,825 l/h por la diferencia de la concentración de SST que ingresa al sistema versus la concentración del afluente a la salida del sistema.

$$\frac{1428,825 \text{ l}}{\text{h}} \times (101,095 - 30,329) \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 101,112 \text{ g/h}$$

Finalmente, la cantidad de lodos obtenidos en el proceso de Coagulación – Floculación es igual a:

$$\text{Lodos totales} = 118,421 \text{ g/h} + 101,112 \text{ g/h} = 219,533 \text{ g/h.}$$

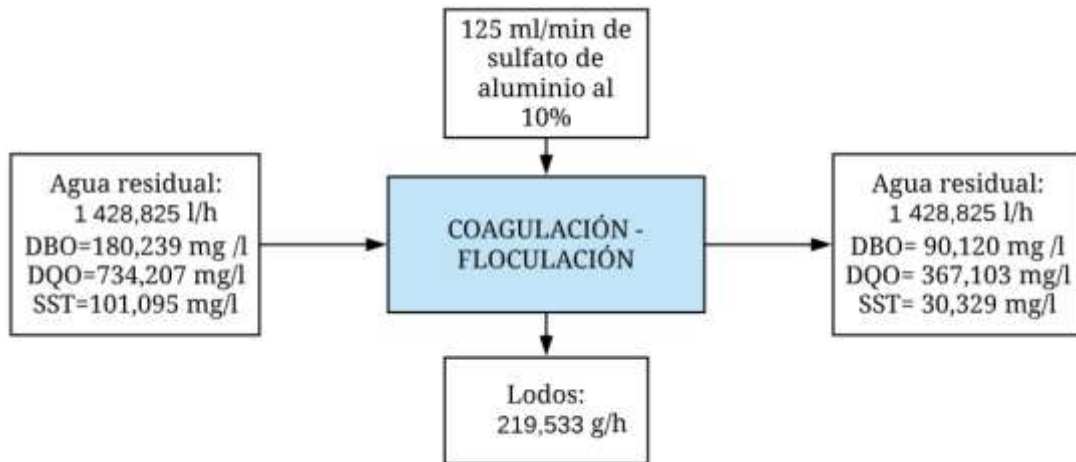


Figura N° 30. Balance de masa en el proceso de coagulación y floculación

▪ **Filtración I:**

Para poder calcular la cantidad de lodo generado en el proceso de Filtración multicapa, se multiplicó el caudal de 1 428,825 l/h por la diferencia de la concentración de SST que ingresa al sistema versus la concentración del afluente a la salida del sistema (Ver Figura N° 31).

$$\frac{1428,825 \text{ l}}{\text{h}} \times (30,329 - 5,459) \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 35,535 \text{ g/h}$$

Del cálculo anterior se obtuvo un total de 35,535 gramos de lodos en una hora de funcionamiento del sistema.

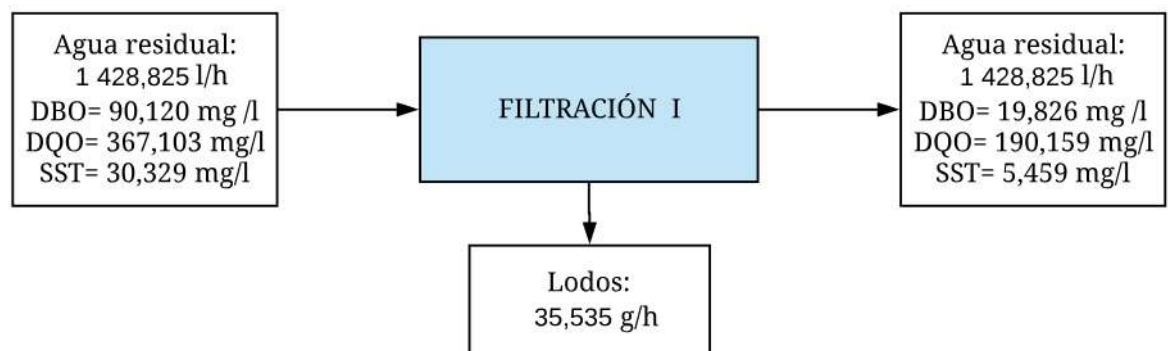
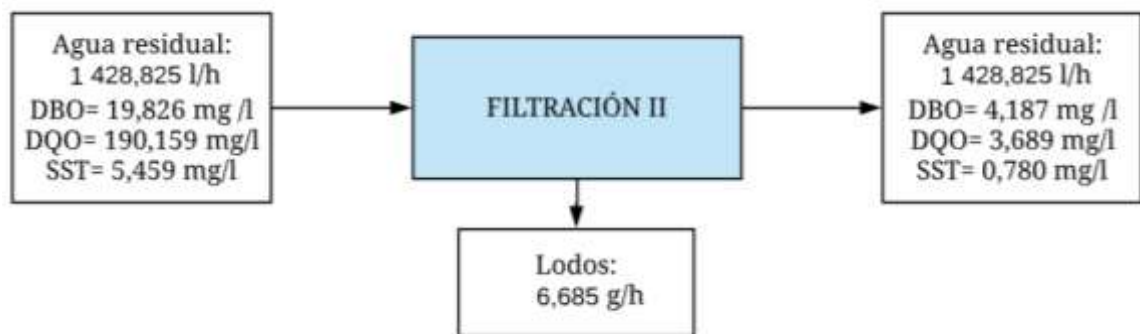


Figura N° 31. Balance de masa del proceso de filtración multicapa

▪ **Filtración II:**

Para poder calcular la cantidad de lodo generado en el proceso de filtración con carbón activado granular, se multiplicó el caudal de 1 428,825 l/h por la diferencia de la concentración de SST que ingresa al sistema versus la concentración del afluyente a la salida del sistema (Ver Figura N° 32).

$$\frac{1428,825 \text{ l}}{\text{h}} \times (5,459 - 0,780) \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 6,685 \text{ g/h}$$



**Figura N° 32. Balance de masa para el proceso de filtración con carbón activado granular**

El sistema de tratamiento propuesto consta de 6 operaciones, 1 inspección – operación y una inspección, el proceso empieza cuando los operarios de las áreas de Pre Lavado I y II comienzan con sus respectivas labores, para ello el encargado de mantenimiento tendrá la función de activar las válvulas que permiten el paso del agua residual hacia el tanque de almacenamiento y solo se cerrará cuando haya terminado el proceso productivo en las áreas mencionadas o ante un excedente de agua residual. (Ver Figura N° 33)

El ingeniero a cargo tendrá la función de preparar una solución de sulfato de aluminio al 10 %, debido a que el sistema de tratamiento necesita un caudal de 125 ml/hora de esta solución, solo se necesitará un tanque de una capacidad de 60 litros, donde se llevará a cabo el mezclado del agua potable con el sulfato de aluminio, luego a través de una bomba se dosificará hacia el coagulador.

El agua residual almacenada en la cisterna de 1 200 litros será recirculada hacia el coagulador donde se me mezclará con la solución de sulfato de aluminio, luego pasará al equipo floculador y mediante una segunda bomba se canalizará hacia un filtro multicapa compuesto de área, grava y antracita, para luego pasar a un segundo filtro de carbón activado.

El agua residual tratada se almacenará en una cisterna de 1 200 litros y a través de una tercera bomba se canalizará hacia una salida en el patio de maniobras, una segunda salida para alimentar el tanque de un retrete, una tercera para un tanque de un segundo retrete y una cuarto salida para un pediluvio.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LAS ÁREAS DE PRE LAVADO I Y II

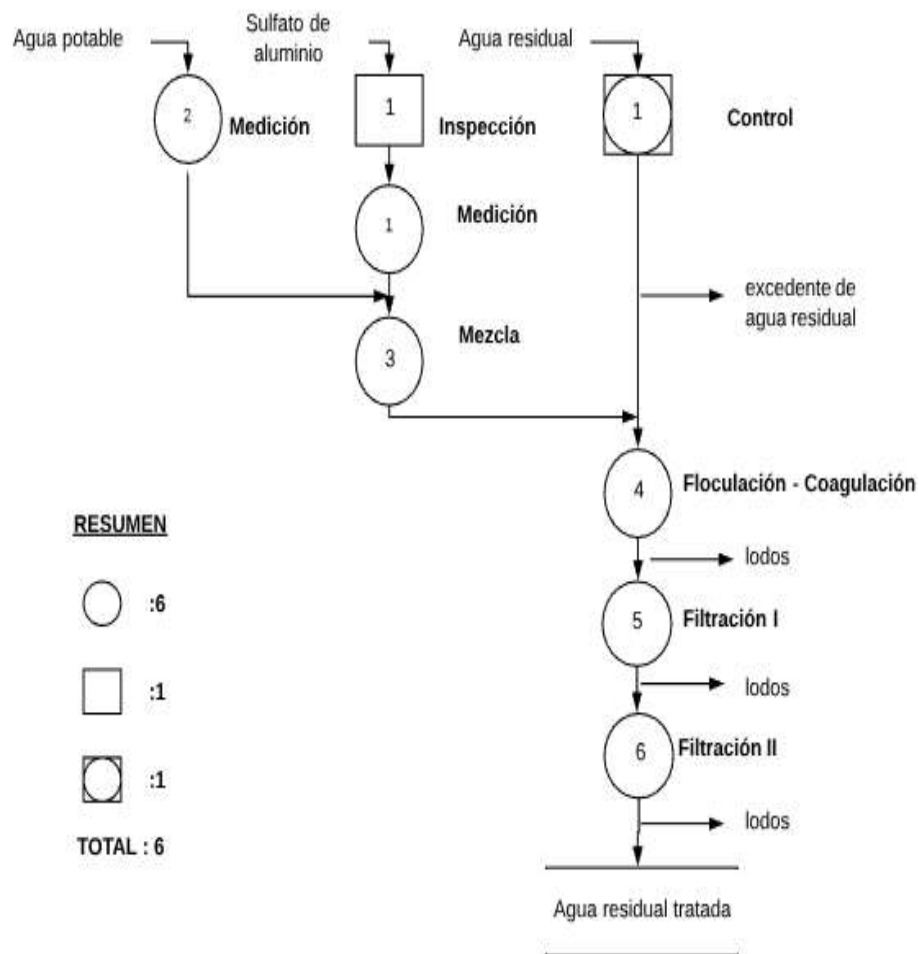


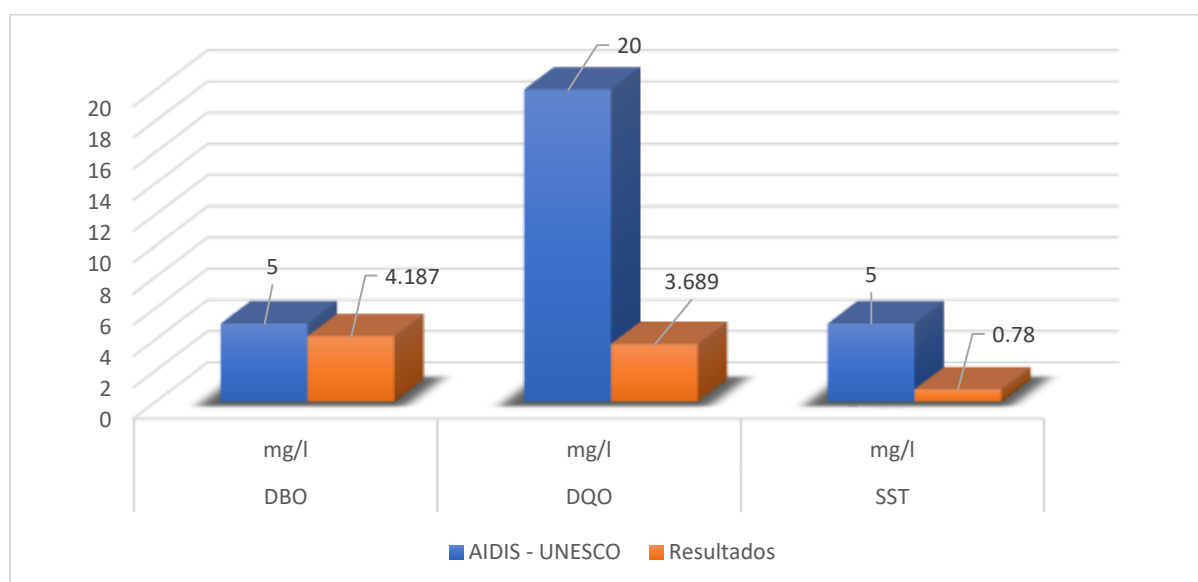
Figura N° 33. DOP del proceso de tratamiento de aguas residuales procedentes de las áreas de Pre Lavado I y II

### 3.3.3. Comparación de parámetros finales del balance de materia con LMP y criterios de reúso.

En esta unidad se ha realizado una comparación de los parámetros finales teóricos calculados, en el balance de masa del sistema propuesto de Coagulación, Floculación, Filtración I y Filtración II con los sugeridos por AIDIS Y UNESCO y que son mostrados en la Tabla N° 40 y Figura N° 34.

**Tabla N° 40. Comparación de los resultados con el sistema propuesto con los valores recomendados por AIDIS Y UNESCO**

PARÁMETRO	UNIDAD	AIDIS - UNESCO	RESULTADOS
DBO	mg/l	5	4,187
DQO	mg/l	20	3,689
SST	mg/l	5	0,780



**Figura N° 34. Comparación de los resultados teóricos con el sistema propuesto con los valores recomendados por AIDIS Y UNESCO**

De la Tabla N° 40 y Figura N° 34, podemos observar que al realizar un sistema de tratamiento compuesto de coagulación, floculación, filtración I y II, podemos llegar a cumplir los valores sugeridos por la asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y ambiental (AIDIS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) para el reúso del agua tratada en procesos de limpieza externa de la planta, para uso en sanitarios, lavado de vehículos, para rodiluvios, para el riego de parques y jardines.

En este ítem desarrollado, se diseñó un proceso que emplea un sistema de tratamiento coagulación – floculación, filtración I y II que será capaz de poder tratar un caudal

diseñado máximo de 1 428,825 litros por hora, así mismo los insumos a utilizar serán sulfato de aluminio, los cuales nos da una ventaja en la gestión ya que no demandará otros costos para su funcionamiento así mismo para el control y manejo del sistema solo se requerirá capacitaciones para el Ingeniero a cargo de la empresa así mismo como a los encargados de manteamientos.

### 3.3.4 Diseño de planta

- **En la superficie**

Mediante el método de Guerchet se realizó el diseño de planta para el sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes de las etapas de Pre Lavado I y II, para ello se realizó un dimensionamiento de superficies partiendo de un dimensionamiento de equipos, se calculó la constante K que se establece de multiplicar la altura media de las personas u objetos desplazados por el doble de la altura media de las máquinas y muebles (Ver Tabla N° 41).

**Tabla N° 41. Dimensionamiento de equipos**

EQUIPOS	CANTIDAD	LADOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
Coagulador	1	2	0,160	1,570	1,000
Floculador	1	2	1,250	1,570	1,000
Filtro I	1	2	0,762	0,813	2,057
Tanque para la solución	1	2	0,300	0,300	1,000
Electrobombas	3	2	0,200	0,300	0,200
Filtro II	1	2	0,330	0,330	1,372
Bomba dosificadora	1	2	0,200	0,200	0,200
<b>Promedio (Xmedia)</b>					<b>0,976</b>

$$k = \frac{1,65}{2X_{media}} = \frac{1,65}{2(0,976)} = 0,846$$

Donde 1,65 es la altura media de los operarios.

Luego con la constante K encontrada, se procedió a calcular la superficie estática, la superficie de gravitación (Sg), la superficie de evolución (Se) y la superficie total que se muestra en la tabla N° 42.

El SS es el producto de la cantidad de un equipo multiplicado por el área que ocupa.

El Sg es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie resulta de multiplicar la SS por el número de lados que cada máquina o mueble deben ser utilizados.

La Se es la superficie que es necesario reservar entre los puestos de trabajo entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y para la manutención. Se calcula multiplicando la suma de la SS y Sg por la constante K.

**Tabla N° 42. Cálculo de SS, Sg, Se y Superficie total del sistema de tratamiento propuesto.**

EQUIPOS	SS	Sg	Se	S TOTAL (m <sup>2</sup> )
Coagulador	0,25	0,50	0,64	1,39
Floculador	1,96	3,93	4,98	10,87
Filtro I	0,62	1,24	1,57	3,43
Tanque para la solución	0,09	0,18	0,23	0,50
Bomba periférica ½ HP	0,06	0,12	0,15	0,33
Filtro II	0,11	0,22	0,28	0,60
Bomba dosificadora	0,04	0,08	0,10	0,22
<b>Superficie Total requerida</b>				<b>17,34</b>

Luego de realizar el cálculo para cada uno de los equipos que se muestran en la tabla N° 42, se concluye que es necesario contar con un área total de 17,34 m<sup>2</sup> para la instalación de los equipos y máquinas.

- **Cálculo de superficie bajo tierra**

Para poder determinar el área necesaria para la instalación de los dos tanques bajo tierra, se utilizó el método de Guerchet, partiendo del dimensionamiento de los mismos mostrados en la tabla N° 43.

**Tabla N° 43. Dimensionamiento de Tanques**

EQUIPO	CANTIDAD	LADOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
Tanque 1	1	0	1,20	1,20	1,50
Tanque 2	1	0	1,20	1,20	1,50
<b>Promedio (X media)</b>					<b>1,50</b>

Luego se procedió a calcular la constante K:

$$k = \frac{1,65}{2X_{media}} = \frac{1,65}{2(1,5)} = 0,55$$

Finalmente se realizó el cálculo de la SS, Sg y Se para poder determinar la superficie total bajo tierra que es necesario para la instalación de los tanques requeridos (Ver Tabla N° 44).

**Tabla N° 44. Cálculo de SS, Sg, Se y Superficie total del sistema de tratamiento propuesto**

<b>EQUIPO</b>	<b>SS</b>	<b>SG</b>	<b>SE</b>	<b>S Total (m<sup>2</sup>)</b>
Tanque 1	1,44	0,00	0,79	2,23
Tanque 2	1,44	0,00	0,79	2,23
<b>Superficie Total requerida</b>				<b>4,46</b>

Se concluye que el área necesaria para la instalación de los 2 tanques bajo tierra es de 4,46 m<sup>2</sup>.

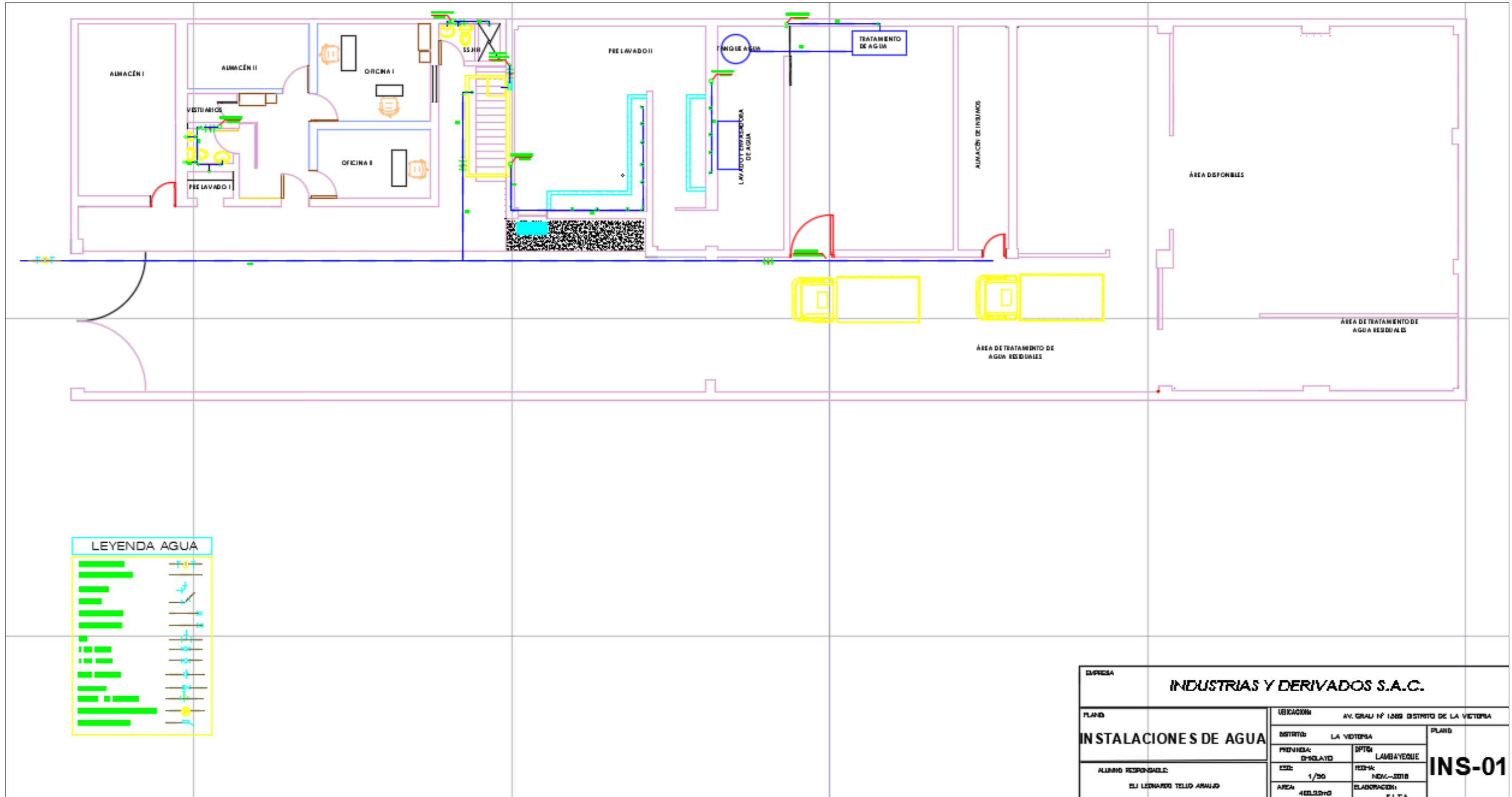


Figura N° 35. Plano del sistema de tuberías de agua en la empresa Industrias y Derivados S.A.C.



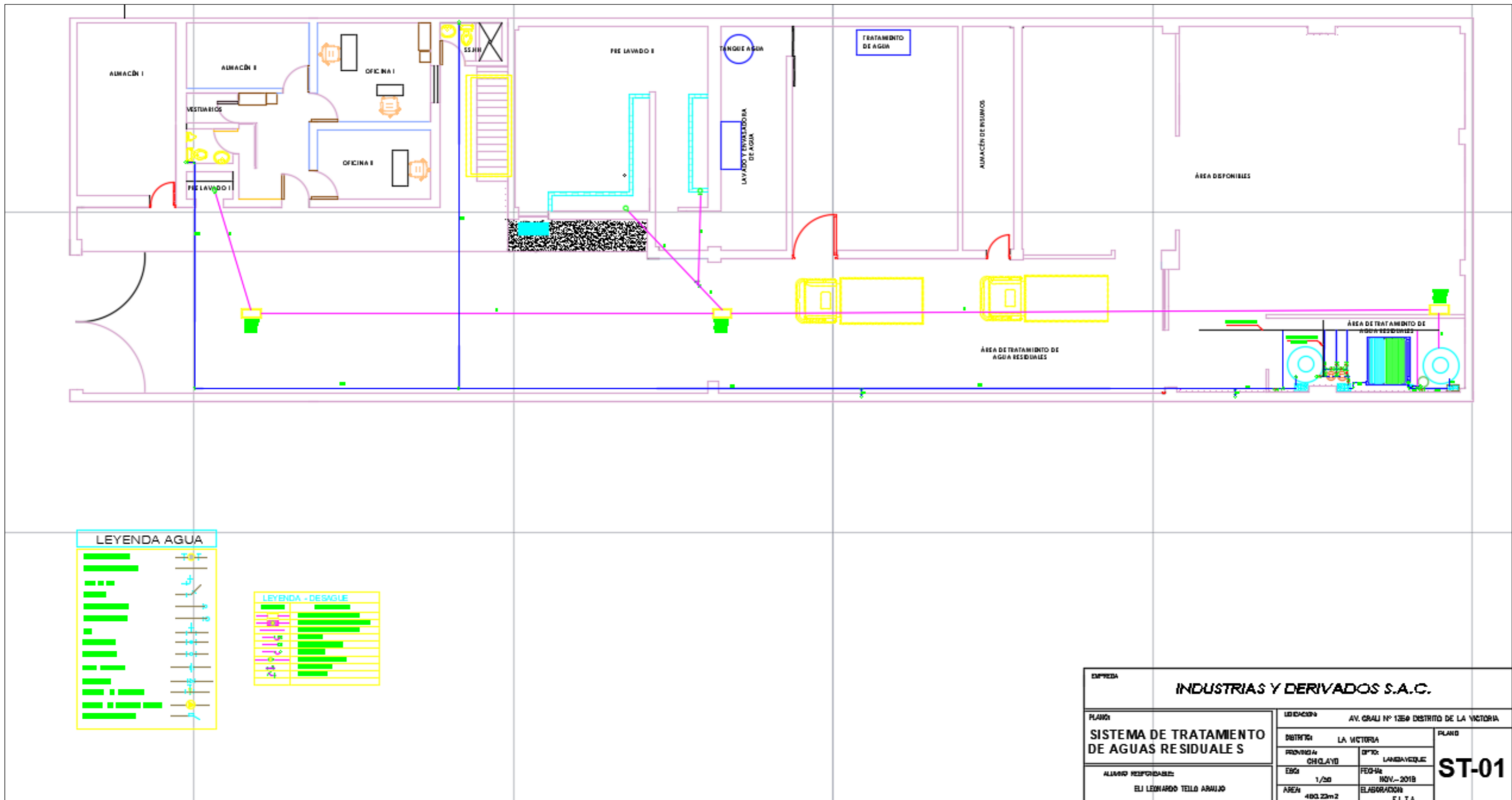


Figura N° 37. Plano del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pre Lavado I y II en la empresa Industrias y Derivados S.A.C.

### 3.3.5 Comparación del estado actual vs la propuesta

Se ha realizado una comparación del volumen total de agua potable que la empresa consumirá a partir del año 2019 si realiza la implementación del sistema de tratamiento vs si no lo realiza, observándose que el 2019 logrará ahorrar un total de 1 530 m<sup>3</sup> de agua lo que se traduce en un ahorro de S/ 18 920,70.

En el 2020 se corrobora que la empresa podría ahorrar un total de 1 652 m<sup>3</sup> de agua que representa un ahorro de S/ 20 425,76; en el 2021 la cifra de ahorro en consumo de agua podría alcanzar los 1 774 m<sup>3</sup> que equivale a un ahorro de S/ 21 930,82; en el 2022 se podría ahorrar un total de 1 895 m<sup>3</sup> que significara un ahorro total de S/ 23 435,87.

Finalmente, de implementarse la propuesta de tratamiento, nos permitirá ahorrar un total de 2 017 m<sup>3</sup> cuyo equivalente en costo es de S/ 24 940,93 (Ver Tabla N° 45 y 46).

**Tabla N° 45. Comparativo entre el volumen total consumido en toda la empresa sin implementación y con implementación**

AÑO	VOLUMEN TOTAL CONSUMIDO SIN IMPLEMENTAR PROPUESTA (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL CONSUMIDO IMPLEMENTANDO PROPUESTA(m <sup>3</sup> )	AHORRO DE VOLUMEN DE AGUA POTABLE (m <sup>3</sup> )
2016	5 237		0
2017	5 925		0
2018	6 345		0
2019	6 944	5 414	1 530
2020	7 498	5 846	1 652
2021	8 052	6 279	1 774
2022	8 606	6 711	1 895
2023	9 160	7 143	2 017

**Tabla N° 46. Comparativo de costos de recibos anuales sin implementar y con implementación de propuesta de tratamiento**

ANO	COSTO DE RECIBOS SIN IMPLEMENTAR (S/)	COSTO DE RECIBOS DESPUES DE IMPLEMENTAR (S/)	AHORRO (S/)
2019	85 865,46	66 944,76	18 920,70
2020	92 717,24	72 291,48	20 425,76
2021	99 569,03	77 638,21	21 930,82
2022	106 420,81	82 984,94	23 435,87
2023	113 272,59	88 331,66	24 940,93

En la tabla N° 47 y N° 48 se muestra los volúmenes de agua que se utilizarán en la empresa y los porcentajes que representan del total consumido después de implementar el sistema de tratamiento.

**Tabla N° 47. Volúmenes de agua consumida y eliminada en la empresa después de la implementación del sistema de tratamiento**

<b>AÑO</b>	<b>AGUA PRODUCCIÓN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADOS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>AGUA DE OTROS USOS (m<sup>3</sup>)</b>
2016	5237	1 548,99	1 411,63
2017	5 925	1 711,72	1 697,66
2018	6 345,23	1 874,46	1 715,92
2019	6 943,97	2 037,19	382,54
2020	7 498,09	2 199,92	412,97
2021	8 052,21	2 362,65	443,4
2022	8 606,33	2 525,38	473,83
2023	9 160,44	2 688,11	504,26

Se observa una disminución representativa del agua de otros usos a partir del año 2019, debido a que el agua residual de las áreas de Pre Lavados I y II cubrirá el 80% del agua destinada a otros usos, logrando que pase de un 27% en el 2018 a un 6% en el 2019 en adelante, lo que nos determina una reducción del 22% en el consumo total de agua potable.

**Tabla N° 48. Porcentajes de agua consumida y generada en la empresa después de la implementación del sistema de tratamiento**

<b>AÑO</b>	<b>AGUA PRODUCCION (%)</b>	<b>AGUA RESIDUAL DE PRE LAVADOS (%)</b>	<b>AGUA DE OTROS USOS (%)</b>	<b>AHORRO DE AGUA (%)</b>
2016	43	30	27	0
2017	42	29	29	0
2018	43	30	27	0
2019	43	29	6	22
2020	43	29	6	22
2021	43	29	6	22
2022	43	29	6	22
2023	43	29	6	22

### **3.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO**

En la actualidad resulta de suma importancia evaluar los proyectos sobre tratamiento de aguas residuales, no solo desde el punto de vista económico, sino también desde el plano medio ambiental, logrando así un desarrollo verdaderamente bueno y sostenible.

Es por ello que este proyecto propuesto a la empresa Industria y Derivados S. A. C, tendrá la capacidad de tratar aguas residuales con un caudal máximo de 11,431 m<sup>3</sup>/día, lo cual permitirá la reducción del consumo de agua potable destinado a otros usos externos.

#### **3.4.1. Costos de inversión**

La determinación de la inversión se realizó considerando tres aspectos muy importantes los cuales son:

- La inversión fija o tangible conformada por los costos de maquinarias y equipos de la planta, construcciones u obras civiles y los accesorios para la instalación.
- La inversión intangible conformada por los gastos de la empresa y la puesta en marcha de la planta.
- Y por último el capital de trabajo que es el dinero con que se cuenta para la inversión.

##### **3.4.1.1. Inversiones Tangibles**

Entre los costos de inversión tangible se encuentran los costos por las obras civiles realizadas antes de realizar la implementación de la planta de tratamiento, lo cual garantiza el óptimo funcionamiento de la planta.

Las principales obras de ingeniería civil que se necesitan realizar para la instalación de la planta son:

- Trabajos preliminares: como recanalización de la red de desagüe.
- Obras civiles: como el acondicionamiento de las estructuras para la planta de tratamiento y la instalación del panel de control.
- Costos de inversión de equipos y máquinas. (Ver Anexo N° 34)

Debido a que la empresa cuenta con los recursos necesarios para la implementación de este sistema de tratamiento, los trabajos preliminares como las obras civiles se propone tercerizar. (Ver Tabla N° 49)

**Tabla N° 49. Costos de inversiones tangibles**

<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (S/)</b>
Servicios tercerizados	9900,00
Equipos o Maquinas	20 693,08
<b>Total</b>	<b>30 593,08</b>

**3.4.1.2. Inversiones Intangibles**

Estas inversiones son los bienes necesarios para el funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes propuesto a la empresa, a continuación, en la tabla N° 50 se detalla la inversión intangible la cual es, para el caso de este proyecto, los costos que se incurren en los estudios de ingeniería y técnicos realizados, los costos por el entrenamiento del personal encargado, las asesorías técnicas.

**Tabla N° 50. Costos de inversiones intangibles**

<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (S/)</b>
Estudio y proyección de ingeniería	2 000,0
Asesoría a Ingeniero encargado	240,0
Encargado de mantenimiento	600,0
<b>Total</b>	<b>2 840,0</b>

**3.4.1.3. Capital de trabajo**

El capital de trabajo es el dinero circulante que facilitará la operatividad normal de la infraestructura productiva del proyecto. Para el cálculo del monto de capital de trabajo se considera los costos variables y los costos fijos tal como se muestra en la tabla N° 51.

**Tabla N° 51. Capital de trabajo**

<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (S/)</b>
Costos de materiales	8 031,8
Capacitaciones	840,0
Servicios de energía	893,9
Tratamiento de lodos	2 351,0
<b>Total</b>	<b>12 116,7</b>

Por lo tanto, la inversión requerida para llevar a cabo el presente proyecto se muestra en la tabla N° 52, la cual asciende a la suma de 46 552,7 calculados a partir de la suma de las inversiones tangibles (costo por obras civiles más el costo de equipos y maquinaria), las inversiones intangibles y el capital de trabajo.

**Tabla N° 52. Inversión total (S/)**

<b>Descripción</b>	<b>Costo (S/)</b>
Capital de trabajo	12 116,7
Total Inversión Tangible	30 593,1
Total Inversión intangible	2 840,0
Imprevistos 3%	1 003,0
<b>Inversión Total</b>	<b>46 552,7</b>

### 3.4.2. Costos del sistema de tratamientos de efluentes

Los costos que actualmente la empresa genera debido a la falta de un sistema que le permita reutilizar sus efluentes han sido calculados de acuerdo con el costo por m<sup>3</sup> de agua potable según la empresa prestadora de servicios y saneamiento de Lambayeque (EPSEL), dicho costo es de S/. 10,479/m<sup>3</sup> tal como muestra el cuadro tarifario según aplicación de la resolución N° 038- 2009 SUNASS (ver Anexo N° 08). Para el cálculo del costo por consumo de agua es necesario utilizar la tabla N° la cual muestra la proyección de aguas residuales en los próximos 5 años.

#### 3.4.2.1. Costos por consumo de agua potable en la empresa

**Tabla N° 53. Costos anuales por consumo de agua potable sin el sistema de tratamiento**

<b>Año</b>	<b>Volumen(m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Costo anual (S/)</b>
2019	6 944,0	85 883,8
2020	7 498,1	92 735,6
2021	8 052,2	99 587,4
2022	8 606,3	106 439,2
2023	9 160,4	113 290,9

### 3.4.2.2. Costos del Sistema de tratamiento de efluentes

El sistema de tratamiento trabaja con 2 bombas periféricas de 0,5 HP y una bomba centrífuga de 1 HP de la marca Pedrollo, se calculó el costo asociado que genera los motores seleccionados por m<sup>3</sup> de agua que ingresa al sistema. (ver Anexo N° 35)

El sistema de tratamiento demanda la compra de sulfato de aluminio granular para poder preparar la solución al 10% que ingresará al sistema, para ello se procedió a celular el costo de este por cada m<sup>3</sup> de agua tratada. (ver Anexo N° 36)

El sistema de tratamiento genera lodos que deben ser tratados antes de expulsarlos al ambiente. Actualmente en la región existe empresas como Eco Vive S. A. C que brindan el servicio de traslado de lodos para su tratamiento y disposición final a una tarifa de S1 /kg de lodo. (ver Anexo N° 37)

Basándonos en lo anterior se verifica que la empresa al implementar el sistema tendrá un costo total de S/5,987 por cada m<sup>3</sup> de agua a tratar.

**Tabla N° 54 .Costos por tratamiento de agua residual**

<b>Descripción</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup> (S/)</b>
Costo de energía	0,584
Costos de insumos	5,249
Costos por disposición de lodos	0,154
<b>Total</b>	<b>5,987</b>

### 3.4.3. Análisis costo beneficio – costo de la propuesta

El análisis costo- beneficio es una herramienta financiera que permitirá medir la relación entre los costos y beneficios asociados al presente proyecto con el fin de evaluar su rentabilidad.

a relación costo- beneficio (B/C) o índice neto de rentabilidad es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el valor Actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) del proyecto.

Tabla N° 55. Análisis Costo – Beneficio

BENEFICIO							
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	VAI
Año	0	1	2	3	4	5	
Disminución de costo de agua potable	0,0	21 466,6	23 174,1	24 881,7	26 589,3	28 296,9	
<b>Beneficio total</b>	0,0	21 466,6	23 174,1	24 881,7	26 589,3	28 296,9	<b>124 408,6</b>
COSTO							
Costo de energía		893,9	965,0	1 036,1	1 107,2	1 178,3	VAC
Capacitación		840,0	840,0	840,0	840,0	840,0	
Disposición de lodos		235,1	253,8	272,5	291,2	309,9	
Depreciación de equipos		940,0	940,0	940,0	940,0	940,0	
Insumos		8 031,8	8 670,7	9 309,6	9 948,5	10 587,4	
Inversión	46 552,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>Costo total</b>	<b>46 552,7</b>	<b>10 940,8</b>	<b>11 669,5</b>	<b>12 398,2</b>	<b>13 126,9</b>	<b>13 855,6</b>	<b>108 543,6</b>
<b>FLUJO</b>	<b>-46 552,7</b>	<b>10 525,8</b>	<b>11 504,7</b>	<b>12483,5</b>	<b>13 462,4</b>	<b>14 441,3</b>	

$$B/C = \frac{S/124\ 408,6}{S/108\ 543,6} = 1,146$$

Luego de realizar el análisis, la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes de las áreas de Pre Lavado I y II en la empresa Industrias y Derivados S. A. C resulta rentable debido a que la relación costo – beneficio es mayor a la unidad y demuestra que por cada sol invertido en el proyecto, se obtendrá S/ 0,146.

#### IV. CONCLUSIONES

Se concluye que la propuesta del sistema de tratamiento mostrada en la presente investigación permitirá reducir en un 22% el agua consumida en la empresa, permitiendo su reutilización en procesos de lavado de pisos exteriores, lavado de canaletas, para uso en sanitarios y el lavado de los vehículos de reparto.

Las aguas residuales procedentes de las áreas de Pre Lavado I, cuentan con una concentración de 102 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 223 mg/l de DQO, 161,2 mg/l de SST y <1,8 NMP/100 de Coliformes totales y termotolerantes; así mismo el área de Pre Lavado II con una concentración de 220 mg/l de DBO<sub>5</sub>, 994 mg/l de DQO, 70,55 mg/l de SST y <1,8 NMP/100 de Coliformes totales y termotolerantes; están dentro de los valores máximos admisibles del DS N 021-2009-VIVIENDA, pero no cumplen con los valores sugeridos por AIDIS y UNESCO para la reutilización en limpieza de pisos, riego de jardines, lavado de autos.

La cantidad de agua residual producida de ambas áreas estudiadas representa el 29% del agua total que ingresa a la empresa.

El sistema de tratamiento seleccionado está basado en un proceso de coagulación – floculación, filtración I y II; debido a que cumple con la facilidad de obtención de los recursos para su funcionamiento, nos permitió alcanzar los parámetros físico químicos teóricos de 5 mg/l para DBO<sub>5</sub>, 20 mg/l de DQO y 5 mg/l para los SST sugeridos por AIDIS y UNESCO en el 2015 para un reúso del afluente como agua para limpieza de pisos, paredes, canaletas, para uso en sanitarios, pediluvios, lavado de vehículos, rodiluvios y para riego de jardines, así mismo su instalación teórica ocupa un área menor a 200m<sup>2</sup> disponibles en la empresa.

Se diseñó un proceso que emplea un sistema de tratamiento coagulación – floculación, filtración I y II que será capaz de poder tratar un caudal diseñado máximo de 1 428,825 litros por hora, así mismo los insumos a utilizar serán sulfato de aluminio, el cual nos da una ventaja en la gestión ya que no demandará otros costos para su funcionamiento así mismo para el control y manejo del sistema solo se requerirá capacitaciones para el Ingeniero a cargo de la empresa y al encargado de mantenimiento.

Tras realizar el análisis económico, se concluye que la implementación del sistema de tratamiento de agua residual genera una ganancia de S/ 0,146 por cada S/ 1 de inversión.

## **V. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la empresa la implementación del sistema de tratamiento propuesto ya que permitirá reducir la cantidad utilizada de suministro de agua y los costos asociados a ella, reaprovechará las aguas residuales procedentes de Pre Lavado I y II para usos en limpieza de patios exteriores, de canaletas externas, para uso en sanitarios, lavado de sus propios vehículos de reparto, así mismo le permitirá mejorar su imagen en la región.

La tesis realizada puede ser utilizada como base para poder realizar más investigación referente a la proyección social de las empresas para el riego de jardines públicos, separadores viales como parte del cuidado del medio ambiente y de la comunidad donde vivimos, así mismo como parte de la implementación de la economía circular, también podría ser base para trabajos que buscan realizar una reutilización del agua residual tratada en sistemas de enfriamiento de las factorías.

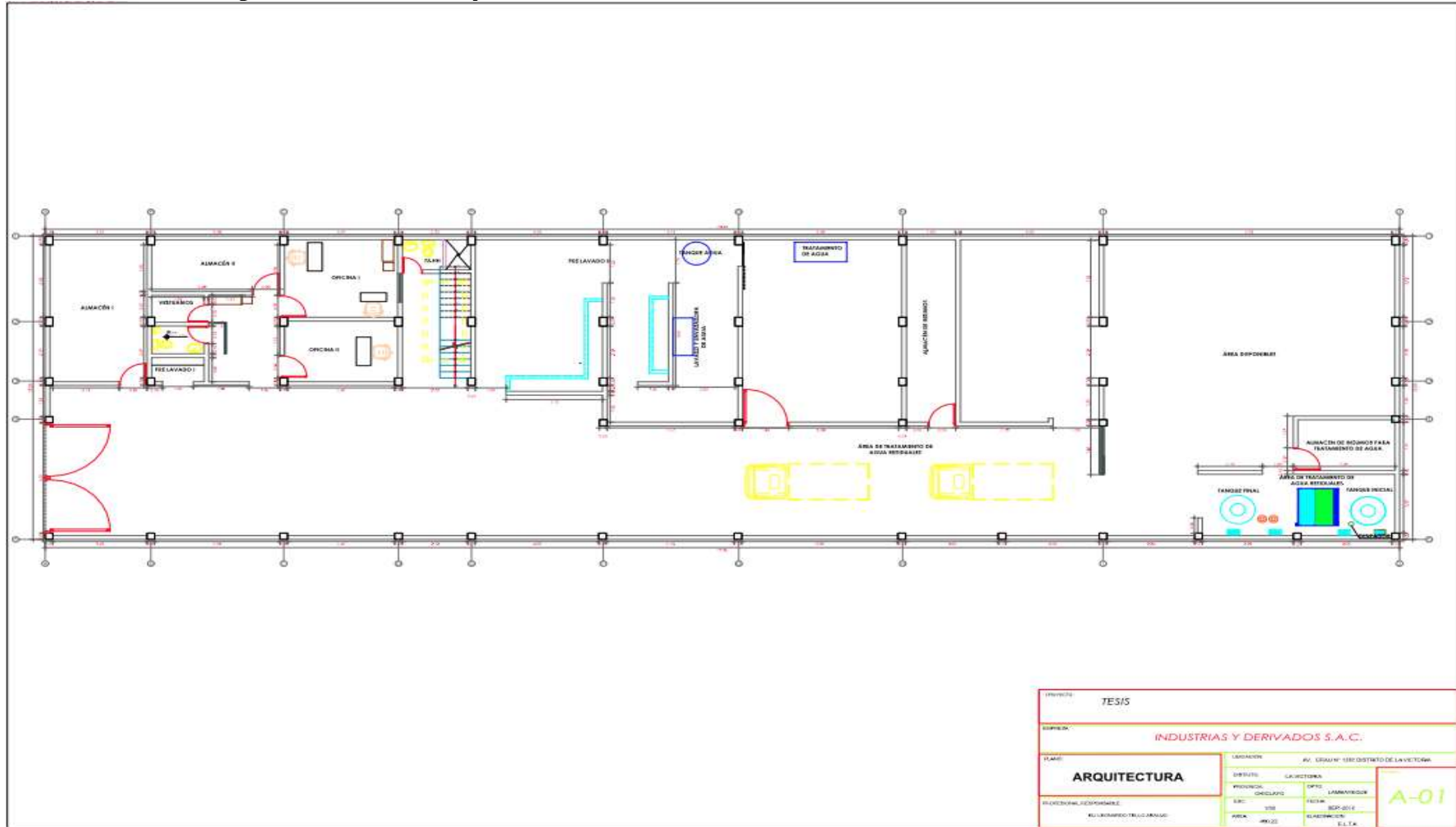
## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. M. Parameshwara Murthy, B. M. Sadashiva Murthy y S. Kavya, «Greywater Treatment & Reuse: A Technological Review,» *GJRA - Global Journal for Research Analysis*, vol. 5, nº 2277, pp. 408-410, 2016.
- [2] UNESCO, «AGUA PARA UN MUNDO SOSTENIBLE,» WWDR, Colombella, 2015.
- [3] C. F. Fernandez, «El agua en botella le cuesta caro al planeta,» 06 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16502951>. [Último acceso: 01 Enero 2017].
- [4] J. P. Rodríguez Miranda, C. A. García Ubaque y J. Pardo Pinzón, «Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales,» *Tecnura*, vol. 19, nº 46, pp. 149 - 164, 2015.
- [5] G. Castiblanco Marín y H. D. Romero Romero, «Sistema de reutilización de agua proveniente del lavado en lavadora o lavadero,» *Tekhne*, vol. 5, nº 2, pp. 1-6, 2008.
- [6] E. Giresunlu y B. Beler Baykal, «A case study of conversion to grey water as a flush water source in a Turkish student residence hall,» *Water Science and Technology: Water Supply*, vol. 16, nº 2166, p. 78, 2016.
- [7] T. Ruiz Cuello, J. C. Pescador Piedra, L. M. Raymundo Nuñez y G. Pineda Camacho, «Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación,» *Revista Cubana de Química*, vol. 27, nº 3, pp. 315-324, 2015.
- [8] X. Y. Teh, P. E. Poh, D. Gouwanda y M. N. Chong, «Decentralized light greywater treatment using aerobic digestion and hydrogen peroxide disinfection for non-potable reuse,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 99, nº 1, pp. 305-311, 2015.
- [9] G. Antonopoulou, A. Kirkou y A. S. Stainakis, «Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods,» *Science of the Total Environment*, vol. 455, nº 454, pp. 426-432, 2013.
- [10] Y. K. Siong y M. Mazar Atabbaki, «Performance of Activated Carbon in Water Filters,» *Water Resources*, pp. 1-19, 2013.
- [11] H. I. Abdel Shafy, M. A. El-Khateeb y M. Shehata, «Greywater treatment using different designs of sands filters,» *RESE*, nº 1072954, pp. 37-41, 2013.
- [12] M. d. P. Cabildo Miranda, R. M. Claramunt Vallespi y P. Cornajo Ramírez, *RECICLADO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS*, Madrid: UNED, 2010.
- [13] M. Espigares Garcia y J. A. Pérez López, «AGUAS RESIDUALES,» USAL, 15 1 2017. [En línea]. Available: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf). [Último acceso: 15 1 2018].
- [14] A. Orozco Jaramillo, *Bioingeniería de aguas residuales : teoría y diseño*, Bogotá: Acodal, 2005.
- [15] R. S. Ramalho, *Tratamiento de Aguas Residuales*, Londres: Reverté, 2003.
- [16] M. Pidou, F. A. Memon, T. Stephenson, B. Jefferson y P. Jeffrey, «A review of treatment options and applications,» *Greywater recycling*, vol. 160, pp. 119-131, 2007.
- [17] R. Marín, «Procesos físicosquímicos en depuración de aguas, teoría, practica y problemas resueltos,» Editorial Diaz de los Santos, 2012.
- [18] E. Nodal, «Procesos Biológicos Aplicados Al Tratamiento De Agua Residual,» *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental Xxii*, vol. 22, nº 4, pp. 52-56, 2001.

- [19] SUNASS, «DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO,» Dirk Loose, Lima, 2015.
- [20] Minister of Health of Canada, «Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing,» Health Canada, Ottawa, Ontario, 2010.
- [21] AIDIS, USO SEGURO DEL AGUA PARA REUSO, BRASIL: AIDIS Y UNESCO, 2016.
- [22] Drcalderonlabs, «Interpretación de analisis de agua.,» Drcalderonlabs, [En línea]. Available: [http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Interpretacion\\_Analisis\\_de\\_Aguas.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Interpretacion_Analisis_de_Aguas.htm). [Último acceso: 10 Enero 2017].
- [23] J. O. H. Batis, «Los sólidos en el agua,» Microlabindustrial, [En línea]. Available: <http://www.microlabindustrial.com/blog/los-solidos-en-el-agua>. [Último acceso: 24 Julio 2017].
- [24] Hydrored, «<http://tierra.rediris.es>,» Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, [En línea]. Available: [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf). [Último acceso: 12 Octubre 2018].
- [25] E. O. Albarracín Heredia, «SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL AUTOLAVADO,» *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*, pp. 1-45, 2018.
- [26] Á. Arango Ruiz, «La electrocoagulación: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales,» *Revista Lasallista de investigación*, vol. 2, n° 2, pp. 49-56, 2005.
- [27] M. I. Flores Malca, «Sistema de tratamiento de aguas residuales en el servicio de lavado del concesionario Nor Autos,» p. 199, 2015.
- [28] B. A. LLano, J. F. Cardona, D. Ocampo y L. A. Ríos, «Tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales generadas en el proceso de beneficio de arcillas y alternativas de uso de lodos generados en el proceso,» *Información Tecnológica*, vol. 25, n° 3, p. 10, 2014.
- [29] J. J. Díaz Oviedo y L. Y. Ramírez Mieles, «Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá,» *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, p. 61, 2016.
- [30] . F. J. Acebrón Arribas, «PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUAS POTABILIZABLES,» *DEPARTAMENTO DE CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES E INGENIERÍA QUÍMICA*, 2010.
- [31] J. A. Romero Rojas, Potabilización del agua, México: Alfaomega Grupo Editor, 1999.
- [32] SEDAPAR, «AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA LOCALIDAD DE CHUQUIBAMBA, DISTRITO DE CHUQUIBAMBA, PROVINCIA DE CONDESUYOS, DEPARTAMENTO Y REGIÓN DE AREQUIPA,» LKS, Arequipa, 2017.

**VI. ANEXOS**

**Anexo N° 1. Plano de la planta de Industrias y Derivados S. A. C.**



TÍTULO		TESIS	
EMPRESA		INDUSTRIAS Y DERIVADOS S.A.C.	
PLANO	ARQUITECTURA	UBICACIÓN	AV. CERU N° 1581 DISTRITO DE LA VICTORIA
PROYECTANTE	LA VICTORIA	DISEÑO	LA VICTORIA
PROYECTADO	LA VICTORIA	PROYECTADO	LA VICTORIA
REVISADO	LA VICTORIA	REVISADO	LA VICTORIA
APROBADO	LA VICTORIA	APROBADO	LA VICTORIA
FECHA	2018	FECHA	2018
PROYECTO	INDUSTRIAS Y DERIVADOS S.A.C.	PROYECTO	INDUSTRIAS Y DERIVADOS S.A.C.
		<b>A-01</b>	

## Anexo N° 2. Ficha Técnica de Hipoclorito de Sodio

 <p><b>cimpa</b><sup>®</sup> s.a.s. Insumos y tecnología para la Industria alimentaria</p>	<b>FICHA TÉCNICA HIPOCLORITO DE SODIO</b>	CI-260 / 011
		Versión 003
		Página 1 de 4
		Fecha de Emisión: 13-04-16

### Descripción

Solución acuosa, clara, ligeramente amarilla, olor característico penetrante e irritante. Fuertemente oxidante; dependiendo del pH de la solución se presenta disociado en forma de cloro activo, ácido hipocloroso HOCl y/o ión hipoclorito OCl<sup>-</sup>. De estas formas de "cloro libre activo" depende su reactividad en las reacciones de oxidación, cloración y acción bioquímica tales como el control bacteriológico y microbiológico.

### Áreas de aplicación

Se destacan las siguientes industrias como principales consumidoras:

**Tratamiento de aguas:** desinfección, esterilización, acción algicida, dechloración y desodorización de aguas industriales, potables y piscinas.

**Papelera:** en procesos de lavado como blanqueador de celulosa, pulpa de papel y textiles.

**Química:** hidróxido férrico Fe (OH)<sub>3</sub> y dióxido de manganeso MnO<sub>2</sub>, de nitratos, sulfatos y cianatos (por reacción con los cianuros y sulfuros correspondientes), de cloraminas orgánicas e inorgánicas y clorofenoles.

### Beneficios

Desinfectante.

### Dosis

Para piscinas: 0.5 ppm = 4 ml por cada 1000 lt de agua  
 Para manos: 25 ppm = 2 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.  
 Equipos: 100 ppm = 7.7 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.  
 Paredes: 100 ppm = 15.4 cm<sup>3</sup> por lt de agua.  
 Superficie poroso = 48 cm<sup>3</sup> por cada 10 lt de agua.

y/o según el producto a elaborar y su formulación.

### Composición

Producto obtenido a partir del hidróxido de sodio (NaOH) en solución acuosa mediante absorción del cloro gaseoso (Cl<sub>2</sub>).

Fuente: Cimpa S. A. S.

### Anexo N° 3. Ficha Técnica de Novagras-SP, para Proceso de Lavado de Bidones

 <p><b>HYDROTECH PERÚ S.A.</b>          Jr. Helio 5687          Urb. Industrial Infantas          Los Olivos – Lima          Teléf. 528-8452 Next. 826*9075          826*4671          Telefax: 528-4719          Trujillo – Teléf. 215815 Next. 414*1306          826*6362 – 413*1971          RPM. *127412          hydrotechperu@hotmail.com</p>	<p><b>NOVAGRAS - SP</b></p>
	<p><b>BOLETÍN TÉCNICO</b></p>

**DETERGENTE LÍQUIDO ALTAMENTE DESENGRASANTE Y DE PROFUNDA LIMPIEZA PARA PLANTAS DE GRADO ALIMENTICIO Y USO GENERAL**

**ESPECIFICACIONES:**

Apariencia	:	Líquido viscoso
Color	:	Celeste
Olor	:	Agradable
Densidad (gr/cc)	:	1.05 ± 0.02
pH (solución al 1%)	:	9.50 ± 0.30
Solubilidad	:	Completamente soluble en agua.

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:**

NOVAGRAS – SP, es un detergente líquido altamente concentrado y de aplicación múltiple. Esta formulado a base de agentes súper humectantes, tensoactivos especiales fuertemente penetrantes y limpiadores, elementos quelantes y dispersantes de la suciedad.

Remueve con gran facilidad la grasa, materia orgánica y toda clase de suciedad, de equipos de productos, cadenas transportadoras, tanques, tinas, ductos, canaletas, pisos, mayólicas, galpones de avícolas y otras similares.

NOVAGRAS – SP reduce en un 50% el costo de la limpieza de su planta. También, se emplea con gran eficiencia en el lavado manual de botellas de vidrio, preparando una solución al 0.2% con agua, removiendo fácilmente toda la suciedad y grasa.

**USOS Y APLICACIONES:**

NOVAGRAS – SP, por su amplia versatilidad, se emplea en toda planta de grado alimenticio, donde se desee realizar una limpieza profunda; así tenemos:

- Fábrica de elaboración de conservas de todo tipo.
- Fábrica de elaboración de embutidos.
- Fábrica de elaboración de productos lácteos.

Fuente: Hydrotech Perú S. A.

## Anexo N° 4. Ficha Técnica de SureClean Plus



### ShureClean Plus

Detergente neutro concentrado para uso manual

# VK9

#### Descripción

ShureClean Plus es un detergente líquido neutro, concentrado y de alta espuma, diseñado para uso general en la Industria Alimentaria.

#### Aplicaciones

ShureClean Plus contiene una mezcla de detergentes de alta espuma y emulsificantes. Su equilibrada y neutra formulación le confiere una efectiva limpieza especialmente contra grasas y aceites. Puede usarse en muchos tipos de superficies incluido plásticos y metales blandos como el aluminio.

ShureClean Plus está recomendado para limpiezas manuales y por inmersión de todos los equipos de preparación de alimentos, depósitos de cocción y utensilios. Además puede usarse para limpieza de suelos, paredes y superficies de trabajo.

ShureClean Plus es un detergente altamente espumante de fácil aclarado. Puede aplicarse manualmente con paños, cepillos o mediante spray, además de por inmersión.

#### Ventajas

- Muy económico.
- Producto multusos.
- Adecuado para uso manual.
- Apto para aguas blandas y duras.
- Producto sin perfume.

#### Modo de Empleo

ShureClean Plus se usa a concentraciones entre 0,1 – 1% (v/v) dependiendo del tipo de suciedad a eliminar. Para más detalles consultar Plan de Higiene.

#### Información Técnica

Aspecto:	Líquido transparente marrón claro.
Densidad a 20°C:	1,03
pH (1% solución a 20°C):	neutro
D.O.D.:	400 gO <sub>2</sub> /kg
Contenido en Nitrógeno (N):	no
Contenido en Fósforo (P):	no

Estos valores son característicos del producto y no deben ser tomados como especificaciones de Control de Calidad.

#### Precauciones en su manipulación y almacenamiento



Almacenar en los envases originales cerrados o depósitos homologados (si se disponen), evitando temperaturas extremas. Información completa sobre manipulación y eliminación del producto, se suministra aparte en la Ficha de Datos de Seguridad.

En caso de accidente, consultar al Servicio Médico de Información Toxicológica, Teléfono 915 620 420.



Diversey™

## Anexo N° 5. Ficha Técnica Suma J512

**J512 J-Flex**  
Desinfectante ultra concentrado para todo tipo de superficies.

**Descripción**

Desinfectante a base de amonio cuaternario de última generación que garantiza un espectro más grande de efectividad en gram positivos y negativos. Compatible con JP 2'n1 Lavavajilla y JP 2'n1 Desengrasante.


**Aplicaciones**


Suma J512 es un efectivo desinfectante contra microorganismos patógenos, especialmente formulado para su empleo en plantas de procesamiento de alimentos, frasteriendas de supermercados, cocinas profesionales, etc.  
Toda área que será sometida a la desinfección con Suma J512 debe limpiarse previamente con un detergente y enjuagarse para eliminar la suciedad.  
Suma J512 es indicado para la desinfección de superficies, pisos, azulejos, hornos, utensilios (cubiertos, platos, ollas, etc) y equipos de cocina.

**Características y beneficios**

- Efectivo contra un amplio espectro microorganismos ayudando a mejorar la seguridad higiénica.
- Efectivo en todo tipo de aguas incluyendo aquellas de alta dureza.
- Puede utilizarse en todas las superficies, incluso aluminio o metales blandos.
- Es un desinfectante no clorado, no decolora la ropa ni oxida otros materiales.
- Concentración de uso 1:512 garantizada mediante el sistema J-Flex.

**D4**



JohnsonDiversey 

## Suma J512

### Modo de empleo

Nunca aplique un sanitizante sin antes haber lavado y enjuagado la superficie. Recomendamos el uso de JP 2'n1, Desengrasante y Lavavajilla.

- Llenar un pulverizador con solución de Suma J512 mediante el sistema J-flex x 5lts o bien rociar directamente del envase sobre la superficie utilizando Suma J512 x 1.5 lts por spray.
- Dejar un tiempo mínimo de contacto con la superficie de 10 minutos.
- Dejar secar al aire libre.
- Para sistema de inmersión llenar la bacha de sanitización con solución Suma J512 (sistema Fill x 5lts).
- Una vez lavados y enjuagados, sumergir los utensilios en la solución de Suma J512, por un tiempo no menor a 10 minutos.
- Retirar de la solución y dejar secar al aire libre.

### Información técnica

Dilución:	1:512
Densidad a 25C	0,990 a 1,010g/ml
Activo catiónico (PM 342)	10,0 - 10,5 %
Líquido límpido	Color rosa
PH (Puro)	6,0 - 8,0

Contiene cloruro de alquildimetilbenzilonio, cloruro de alquil dimetilamonio y colorantes.

Estos valores son los estándares de producción y no deben utilizarse como especificación.

### Precauciones en su manipulación y almacenamiento

Este producto está especialmente formulado para uso profesional. Aplicar las normas de seguridad que figuran en la etiqueta. Antes de su manipulación lea la hoja de seguridad del producto.

### Para mas información

Favor de contactar a su representante local de JohnsonDiversey.



**Argentina:**  
Av. Márquez 970  
Villa Bosch, (B1682BAC)  
Pcia. Buenos Aires.  
Tel: 54-11-4842-8200  
0-810-HIGIENE (444-4383)

**Chile:**  
Río Refugio N° 9635,  
Pudahuel,  
Santiago de Chile.  
Tel: 56-2-713-1100

**Perú:**  
Calle Francisco Gnaña # 155  
Santo Catalina,  
Distrito la Victoria - Lima.  
Tel: 51-1-699-0200

**Venezuela:**  
Av. Carabobo c/c Calle Juan Uslar,  
Centro Corporativo La Villa Plaza,  
Piso 09, Cx.16 Urb. la Villa,  
Valencia, edo. Carabobo.  
Tel: 58-241-613-9540

**Colombia:**  
Av. El Dorado N° 69C-03  
Torre A, Piso 8,  
Bogotá.  
Tel: 57-1-483-0111

PH-09006  
W33004

## Anexo N° 6. Ficha Técnica de Divosan Forte



# Divosan Forte

**Desinfectante con Ácido Peracético. Bactericida, Funguicida, Virucida**

### Descripción

Divosan Forte es un desinfectante oxidante altamente efectivo, a base de ácido peracético, con 15% de activo, para su uso en todas las industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

### Aplicaciones

Divosan Forte es una solución de ácido peracético estabilizado, sin espuma, totalmente biodegradable. Es altamente efectivo sobre todo tipo de microorganismos, incluyendo bacterias, levaduras, hongos, esporas y virus. No se lo conocen microorganismos resistentes.

Divosan Forte formulado especialmente como un desinfectante terminal, no produce espuma, es particularmente adecuado para el empleo en procesos de automáticos de circulación CP. También es posee propiedades desodorizantes y de remoción de manchas.

Divosan Forte está indicado para la desinfección de áreas donde habitan animales en forma temporal o permanente: camiones jaula, galpones, boxes y corrales; con la finalidad de prevenir el contagio de enfermedades infecciosas, inclusive de aquellas provocadas por virus (Ej. Fiebre Aftosa)

Divosan Forte por su alta efectividad permite su utilización a temperatura ambiente y bajos tiempos de contacto. Las soluciones de Divosan Forte son fácilmente enjuagables.

### Ventajas

- Amplio espectro de acción.
- Producto con alta concentración de activos y óptimo costo en uso.
- Efectivo y versátil. Puede ser usado en carnicerías, lácteos, bebidas gaseosas y otras industrias procesadoras de alimentos.
- Alto poder oxidante, que ayuda en la remoción de residuos.
- Bajo impacto ambiental. Se descompone en materiales inocuos para los tratamientos de efluentes.
- Adecuado para agua blanda o dura.
- No genera espuma.
- Efectivo a bajas temperaturas de aplicación.

## VT6



Divosan™



Diverflow™



Divobrite™

# Divosan Forte

**Desinfectante con Ácido Peracético. Bactericida, Funguicida, Virucida**

## Modo de empleo

Utilizar **Divosan Forte** a concentraciones entre 0,05 y 0,50% p/p (0,04 - 0,40 % v/v), dependiendo del tipo de aplicación y tiempo de contacto (se recomienda 10 - 30 minutos a temperatura ambiente). Enjuagar con agua potable las superficies luego de aplicado.

Uso Veterinario: Diluir de 3 a 5 g de **Divosan Forte** por litro de agua. Esta solución se aplica por rociado sobre las superficies a desinfectar (en ausencia de los animales), previo lavado de las mismas en la forma habitual. No es necesario enjuagar luego de su aplicación.

Las diluciones de **Divosan Forte** deben ser preparadas observando las precauciones necesarias que acompañan a los productos indicados como oxidantes y comburentes.

Para instrucciones específicas consultar con su representante de **Diversey**.

## Procedimiento de testeo

Tomar 20 ml. de la solución de uso a un erlenmeyer de 125 ml.

Agregar cuidadosamente 10 ml. de solución de ácido sulfúrico 20%.

Agregar 10 ml. de solución de IK 10%.

Adicionar 3 ml. de solución de molibdato de amonio 5 g/l.

Dejar reposar 2 minutos en la oscuridad.

Titular con tiosulfato de sodio 0,1N hasta color amarillo pálido.

Agregar 1 ml de solución de almidón al 2%. En presencia de Iodo libre, la solución se tornará azulada.

Continuar la titulación hasta Incoloro.

Anotar los ml. gastados (V ml.).

Cálculo: % de **Divosan Forte** = V ml. x 0,031

## Información Técnica

Parámetro	Característica	Especificación
Aspecto	Líquido translúcido	No especificado
Color	Incoloro	No especificado
Densidad (20°C, g/l)	1,145	1,115 - 1,175
pH al 1%	3,4	2,4 - 4,4
% Peróxido de Hidrógeno	20 mínimo	20 mínimo
% Ácido Peracético	14 mínimo	14 mínimo

Estos valores son característicos de producto. Sólo los valores informados en especificación deben ser considerados como parámetros de control de calidad.

## Precauciones en su manipulación y almacenamiento

Este producto está especialmente formulado para uso profesional. Aplicar las normas de seguridad que figuran en la etiqueta.

Antes de su manipulación lea la hoja de seguridad del producto.

## Aprobaciones

Argentina: INAL, SENASA, KOSHER

Uruguay: MGAP

## Para más información

Favor de contactar a su representante local de **Diversey**.

Diversey de Argentina S.A.  
Av. Márquez 570, Villa Bosch (B1682BAC)  
Pcia. Buenos Aires  
Tel: 54-11-4842-8200  
0-810-HIGIENE (444-4363)

Diversey Industrial y Comercial de Chile Ltda.  
Ibo Refugio 9625, Pudahuel  
Santiago de Chile  
Fono: 56-2-713-1100

Diversey Perú S.A.C.  
Av. Oscar R. Benavides (ex Colonia) 5899,  
Parque Industrial y Comercio - Callao  
Fono: 51-1-614-5900

Fuente: Diversey Inc.

**Anexo N° 7. Volumen de agua para otros usos en m<sup>3</sup> en el año 2 016, 2 017 y 2 018**

<b>Fuente/Origen</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Patio de Maniobras	90,10	101,60	101,60
Reservorios	11,70	7,20	7,20
Vehículos	690,00	956,00	972,00
Oficina	1,20	1,20	1,20
Vestuario	1,20	1,20	1,20
Servicios Higiénicos	166,04	175,68	175,68
Pasadizo de despacho	7,60	7,20	7,20
Zona de Lava botas	6,50	6,00	6,00
Zona de Pre Lavado I	57,95	60,00	60,00
Zona de Pre Lavado II	61,50	62,60	62,6
Zona de Tratamiento de Agua	59,10	60,90	60,90
Zona de Lavado y Envasado de Bidones	60,00	61,40	61,40
Almacén de Producto Terminado	58,25	60,20	60,20
Traslapes	77,00	75,00	75,00
Derrames, fugas, otros	47,20	43,30	45,50
<b>Total</b>	<b>1395,34</b>	<b>1679,48</b>	<b>1697,70</b>

Fuente: Industrias y Derivados S. A. C.

**Anexo N° 8. Estructura tarifaria del agua según aplicación de oficio N 1058-2015-SUNASS-120**



**CUADRO TARIFARIO SEGÚN APLICACIÓN DE OFICIO N° 1058-2015-SUNASS-120**

CATEGORIA	ASIGNACIÓN DE CONSUMOS SIN MEDIDOR M3/MES	CARGO FIJO	Rango en m³.			Tarifa por Rangos para el Cálculo de Agua Potable			Tarifa por Rangos para el Cálculo de Alcantarillado		
			1° Rango en m³	2° Rango m³	3° Rango m³	1° Rango Tarifa S/	2° Rango Tarifa S/	3° Rango Tarifa S/	1° Rango Tarifa S/	2° Rango Tarifa S/	3° Rango Tarifa S/
<b>CLASE RESIDENCIAL</b>											
<b>SOCIAL (*)</b>	10	Mayor a 10 m³ 1.41	0 a 10	11 a más	-	0.363	0.693	-	0.162	0.307	-
<b>DOMESTICA</b>	20	1.41	0 a 8	9 a 20	21 a más	1.021	1.219	2.430	0.452	0.538	1.077
<b>CLASE NO RESIDENCIAL</b>											
<b>COMERCIAL</b>	35	1.41	0 a 35	36 a más	-	2.022	3.620	-	0.892	1.602	-
<b>ESTATAL</b>	40	1.41	0 a 30	31 a más	-	1.336	2.667	-	0.591	1.178	-
<b>INDUSTRIAL</b>	60	1.41	0 a más	0 a más	-	7.268	7.268	-	3.211	3.211	-

(\*) El cargo fijo no se aplicara a los usuarios del primer rango de la categoría social.

OFICINA DE COMUNICACIÓN SOCIAL  
EPSEL S.A.

Fuente: EPSEL S. A.

### Anexo N° 9. Cálculo de número de muestras según el método estadístico tradicional

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso vital en la etapa de cronometraje, dado que de este depende en gran medida el nivel de confianza del estudio de tiempos.

El método tradicional consiste en seguir el siguiente procedimiento sistemático:

- Realizar una muestra tomando 10 lecturas si los ciclos son  $\leq 2$  minutos y 5 lecturas si los ciclos son  $> 2$  minutos, esto debido a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar.
- Calcular el rango o intervalo de los tiempos de ciclo, es decir, restar del tiempo mayor el tiempo menor de la muestra:

$$R \text{ (Rango)} = X_{\max} - X_{\min}$$

- Calcular la media aritmética o promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

siendo:

$\Sigma x$  = Sumatoria de los tiempos de muestra

$n$  = Número de ciclos tomados

- Hallar el cociente entre rango y la media:

$$\frac{R}{\bar{X}}$$

- Buscar ese cociente en la siguiente tabla, en la columna (R/X), se ubica el valor correspondiente al número de muestras realizadas (5 o 10) y ahí se encuentra el número de observaciones a realizar para obtener un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$ .

TABLA PARA CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: Ingeniería Industrial Online.

**Anexo N° 10. Estudio Preliminar del tiempo de lavado de 25 bidones en el área de Pre Lavado I**

ESTUDIO DE TIEMPOS PRELIMINARES		
Actividad: Tiempo de lavado de 25 bidones retornables para determinar el tiempo promedio de lavado de 1 bidón.	Industrias y Derivados S. A. C.	
Área: Pre Lavado I		
Herramienta: Cronómetro		
Operario: A Ficha n°: 1	Estudio n°: 1 Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A Fecha de inicio: 5/01/2016	Comenzó: 7:00	Finalizó: 8:30
TIEMPO OBSERVADO (segundos)		
N°	Hora	Medición (s)
1	7:00	74,9
2	7:10	66,24
3	7:20	60,12
4	7:30	44,88
5	7:40	54,63
6	7:50	61,68
7	8:00	47,36
8	8:10	53,78
9	8:20	60,05
10	8:30	57,34
Total		580,98

### Anexo N° 11. Cálculo del tamaño de muestra para el tiempo de lavado de 25 bidones en el área de Pre Lavado I

A partir del Anexo N° 10, calculó el rango, el promedio y el  $r/x$ , arrojando los siguientes valores:

Rango = 30, 02.

Promedio= 58, 098.

$r/x= 0,52$

Para poder hallar la cantidad de muestras necesarias a tomar en cuenta para la investigación a un nivel de significancia del 95,45 %, se reemplazó el valor 0,52 en la tabla mostrada en el anexo 9.

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0,48	68	39
0,01	1	1	0,5	74	42
0,02	1	1	0,52	80	46
0,03	1	1	0,54	86	49
0,04	1	1	0,56	93	53
0,05	1	1	0,58	100	57
0,06	1	1	0,6	107	61
0,07	1	1	0,62	114	65
0,08	1	1	0,64	121	69

De la tabla anterior se concluye que es necesario realizar un total de 46 tomas de tiempo de lavado de 25 bidones para poder calcular el tiempo promedio empleado para el lavado de cada bidón retornable en el área de Pre Lavado I.

Para poder determinar el tiempo promedio del lavado de 25 bidones, fue necesario realizar un estudio de 46 toma de tiempos diarios, donde el formato utilizado es mostrado en el Anexo N° 12 y a su vez todas las tomas de tiempo encontradas han sido resumidos para los años 2016, 2017 y 2018 en el Anexo N° 13.

**Anexo N° 12. Ficha N° 2 y Hoja N° 1 para la toma de 46 muestras de tiempo de lavado de 25 bidones en el área de Pre Lavado I**

ESTUDIO DE TIEMPOS							
Actividad: Tiempo de lavado de una ruma de 25 bidones para determinar el tiempo de lavado de 1 bidón en el área de Pre Lavado I.				Industrias y Derivados S. A. C.			
Área: Pre Lavado I							
Herramienta: cronómetro							
Operario: A				Estudio n°: 1			
Ficha n°: 2				Hoja n°: 1			
Realizado por: E,L,T,A				Comenzó: 7:00		Finalizó: 17:30	
Fecha de inicio: 05/01/2016							
tiempo observado (segundos)							
el n°	medición (s)	el n°	medición (s)	el n°	medición (s)	el n°	medición (s)
1	47,42	13	62,98	25	58,33	37	54,68
2	68,71	14	68,83	26	65,79	38	53,06
3	54,67	15	50,13	27	49,26	39	47,21
4	48,64	16	60,67	28	45,78	40	61,68
5	70,03	17	51,06	39	75,23	41	57,19
6	58,02	18	46,56	30	57,42	42	55,26
7	67,18	19	72,10	31	58,64	43	47,21
8	51,90	20	70,14	32	54,05	44	70,82
9	55,34	21	73,24	33	53,63	45	51,92
10	68,92	22	51,56	34	49,00	46	44,83
11	62,48	23	50,48	35	70,67	promedio	57,28
12	46,58	24	49,63	36	46,02		

En este anexo se muestra la ficha 2 y la hoja 1 que corresponde al día 06/01/2016, entre las 7:00 am y las 17:30 pm, donde se empezó a realizar las 46 tomas de tiempo necesarias para poder determinar el tiempo promedio de lavado de 25 bidones en el área de Pre Lavado I.

**Anexo N° 13. Tabla resumen mensual de las Fichas N° 2 correspondiente a las 46 tomas diarias de tiempo de lavado de 25 bidones realizadas en el área de Pre Lavado I en los años 2016, 2017 y 2018**

<b>Mes</b>	<b>2016 (s)</b>	<b>2017 (s)</b>	<b>2018 (s)</b>
Enero	59,82	60,13	60,04
Febrero	59,97	60,03	59,97
Marzo	60,04	59,97	60,13
Abril	59,78	59,89	59,82
Mayo	59,90	60,29	60,11
Junio	59,66	60,27	60,72
Julio	59,68	60,13	59,82
Agosto	59,83	60,44	59,82
Setiembre	60,36	60,05	59,97
Octubre	60,00	60,52	59,68
Noviembre	60,00	60,79	59,83
Diciembre	60,11	60,72	60,36
<b>Promedio</b>	<b>60,00</b>	<b>60,00</b>	<b>60,00</b>

De la tabla anterior se concluye que el tiempo empleado en lavar 25 bidones en el área de Pre Lavado I es de 60 segundos y por ello el tiempo promedio de un bidón lavado es de 2,400 segundos.

**Anexo N° 14. Estudio de tiempos preliminares del llenado de un recipiente de 15 litros para determinar el caudal promedio en el área de Pre Lavado I**

ESTUDIO DE TIEMPOS PRELIMINARES		
Actividad: Tiempo de Llenado de un recipiente de 15 L para determinar caudal.	Industrias y Derivados S. A. C.	
Área: Pre Lavado I		
Herramienta: Cronómetro		
Operario: A Ficha n°: 3	Estudio n°: 1 Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A Fecha de inicio: 5/01/2016	Comenzó: 9:00	Finalizó: 10:30
TIEMPO OBSERVADO (segundos)		
N°	Hora	Medición (s)
1	9:00	50,02
2	9:10	48,14
3	9:20	48,45
4	9:30	48,02
5	9:40	48,35
6	9:50	49,07
7	10:00	48,05
8	10:10	50,12
9	10:20	48,10
10	10:30	50,02
Total		488,34

**Anexo N° 15. Cálculo del número muestras de tiempo del llenado de un recipiente de 15 litros para determinar el caudal promedio en el área de Pre Lavado I**

Con los datos encontrados en la Ficha N° 3 correspondiente al Anexo N° 14, se procedió a calcular el rango, el promedio y el r/x; obteniéndose los siguientes resultados:

Rango: 2,10.

Promedio: 48,83.

r/x: 0,04.

Luego el valor obtenido se comparó con el número de observaciones necesarios para la toma de tiempo que son mostradas en el Anexo N° 9.

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0,48	68	39
0,01	1	1	0,5	74	42
0,02	1	1	0,2	80	46
0,03	1	1	0,54	86	49
0,04	1	1	0,56	93	53

De la tabla anterior se puede concluir que es necesario realizar una toma de tiempo por día del tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros para poder determinar el caudal promedio en el caso del área de Pre Lavado I.

**Anexo N° 16. Ficha N° 4 y Hoja N° 1 para la toma diaria de 1 muestra de tiempo del llenado de un recipiente de 15 litros para el cálculo del caudal promedio en el área de Pre Lavado I**

ESTUDIO DE TIEMPOS		
Actividad: Tiempo de Llenado de un recipiente de 15 L para determinar caudal.	Industrias y Derivados S. A. C.	
Área: Pre Lavado I		
Herramienta: Cronómetro		
Operario: A Ficha n°: 4	Estudio n°: 2 Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A Fecha de inicio: 6/01/2016 Fecha de término: 14/01/2016	Comenzó: 9:00	Finalizó: 8:30
TIEMPO OBSERVADO (segundos)		
N°	Día	Medición (s)
1	06/01/2016	48,10
2	07/01/2016	48,14
3	08/01/2016	50,02
4	08/01/2016	48,02
5	09/01/2016	48,35
6	10/01/2016	49,07
7	11/01/2016	48,05
8	12/01/2016	50,12
9	13/01/2016	48,45
10	14/01/2016	50,02
Promedio		<b>48,83</b>

En el Anexo N° 16, se realizó una toma de tiempos diaria durante un periodo de 10 días, sin embargo, se ha continuado la toma de tiempos diarios y se ha presentado un cuadro resumen mensual por año en el Anexo N° 17.

**Anexo N° 17. Tabla resumen mensual de las Fichas N° 4 correspondiente a una toma diaria del tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros para el cálculo del caudal promedio realizadas en el área de Pre Lavado I en los años 2016, 2017 y 2018**

Mes	2016 (s)	2017 (s)	2018 (s)
Enero	48,42	48,73	48,97
Febrero	48,40	48,52	48,84
Marzo	48,08	48,52	48,79
Abril	48,43	48,60	48,78
Mayo	48,62	48,67	48,68
Junio	48,42	48,65	48,67
Julio	48,56	48,63	48,56
Agosto	48,43	48,42	48,97
Setiembre	48,39	48,52	48,90
Octubre	48,46	48,34	48,96
Noviembre	48,46	48,66	48,93
Diciembre	48,33	48,34	48,95
<b>Promedio</b>	<b>48,42</b>	<b>48,55</b>	<b>48,83</b>

En este anexo se concluye que el tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros es de 48,83 segundos, así mismo el caudal promedio en el área de Pre Lavado I es:

$Q = 15 \text{ litros del recipiente} / \text{ tiempo de llenado del recipiente}$

$Q = 15 \text{ litros} / 48,83 \text{ segundos.}$

$Q = 0,307 \text{ l/s.}$

**Anexo N° 18. Estudio de tiempos preliminares del lavado de un bidón en el área de Pre Lavado II**

ESTUDIO DE TIEMPOS PRELIMINARES		
Actividad: Tiempo de lavado de un bidón.	Industrias y Derivados S. A. C.	
Área: Pre Lavado II		
Herramienta: Cronómetro		
Operario: A Ficha n°: 5	Estudio n°: 1 Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A Fecha de inicio: 5/01/2016	Comenzó: 10:40	Finalizó: 12:10
TIEMPO OBSERVADO (segundos)		
N°	Hora	Medición (s)
1	10:40	27,33
2	10:50	18,78
3	11:00	20,97
4	11:10	19,64
5	11:20	19,69
6	11:30	22,41
7	11:40	26,62
8	11:50	24,74
9	12:00	25,12
10	12:10	18,12
Total		223,42

### Anexo N° 19. Cálculo del tamaño de muestra para el tiempo de lavado de un bidón en el área de Pre Lavado II

De los datos hallados en el Anexo N° 18, se calculó el rango, el promedio y el cociente rango por promedio.

Rango=9,21.

Promedio=22,342.

R/X= 0,41.

El cociente encontrado se ha ubicado en la tabla del Anexo N° 9 para poder determinar el tamaño de muestra para la toma de tiempos del lavado de cada bidón en el área de Pre Lavado II.

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0.32	30	17	0.9	239	138
0.34	34	20	0.92	2550	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.4	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

De la tabla anterior se corrobora que se necesita un total de 27 tomas de tiempo para poder determinar el tiempo de lavado de un bidón en el área de Pre Lavado II.

**Anexo N° 20. Ficha N° 6 y Hoja N° 1 para la toma diaria de 27 muestras de tiempo de lavado de un bidón retornable de 20 litros en el en el área de Pre Lavado II**

ESTUDIO DE TIEMPOS							
Actividad: Tiempo que permanece un caño abierto durante el lavado de un bidón.		Industrias y Derivados S. A. C.					
Área: Pre Lavado II							
Herramienta: Cronómetro							
Operario: A		Estudio n°: 1		Ficha n°: 6		Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A		Comenzó: 7:00		Finalizó: 17:30			
Fecha de inicio: 06/01/2016							
TIEMPO OBSERVADO (segundos)							
El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)
1	28,45	9	26,79	17	21,03	25	23,99
2	17,01	10	17,13	18	19,22	26	24,68
3	19,23	11	18,48	19	18,73	27	18,39
4	20,19	12	19,89	20	20,28	Promedio	21,00
5	19,97	13	19,14	21	16,81		
6	22,83	14	24,75	22	23,64		
7	26,05	15	18,17	23	21,26		
8	23,64	16	17,41	24	19,04		

Las 27 tomas de tiempo se realizaron el día 06/1/2016 y de igual manera se realizaron en los siguientes días.

A fin de realizar un estudio exhaustivo del lavado de bidones en el área de Pre Lavado II, se realizó un cuadro resumen mensual para los años 2016, 2017 y 2018, mostrados en el Anexo N° 21.

**Anexo N° 21. Tabla resumen mensual de las Fichas N° 6 correspondiente a 27 tomas diarias del tiempo en segundos de lavado de un bidón retornable de 20 litros en el área de Pre Lavado II durante los años 2016, 2017 y 2018**

MES	2016 (s)	2017 (s)	2018 (s)
Enero	21,00	21,02	20,94
Febrero	20,90	20,96	21,01
Marzo	21,00	20,99	20,93
Abril	20,94	21,01	21,02
Mayo	21,01	21,00	20,97
Junio	20,93	20,99	20,97
Julio	20,97	20,97	20,91
Agosto	21,02	20,95	20,94
Setiembre	20,97	21,02	20,99
Octubre	20,97	20,91	20,93
Noviembre	21,02	20,94	21,00
Diciembre	20,97	20,99	20,90
<b>Promedio</b>	<b>21,00</b>	<b>21,00</b>	<b>21,00</b>

Luego de realizar un total de 27 tomas de tiempo de lavado en el área de Pre Lavado II durante los años 2016, 2017 y 2018 se determinó que el tiempo empleado en dejar abierto los grifos para el lavado de un bidón es un total de 21 segundos.

## Anexo N° 22. Estudio de tiempos preliminares para el cálculo del caudal en el área de Pre Lavado II

ESTUDIO DE TIEMPOS PRELIMINARES		
Actividad: Tiempo de llenado de un bidón de 15 litros para el cálculo del caudal.	Industrias y Derivados S. A. C.	
Área: Pre Lavado II		
Herramienta: Cronómetro		
Operario: A Ficha n°: 7	Estudio n°: 1 Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A Fecha de inicio: 5/01/2016	Comenzó: 13:30	Finalizó: 15:00
TIEMPO OBSERVADO (segundos)		
N°	Hora	Medición (s)
1	13:30	25,21
2	13:40	26,02
3	13:50	25,34
4	14:00	24,12
5	14:10	23,81
6	14:20	23,64
7	14:30	23,91
8	14:40	25,52
9	14:50	24,37
10	15:00	22,96
Total		2 449 s

Para poder determinar el caudal promedio, primero se tomó 10 muestras de tiempo preliminares de llenado de un bidón de 15 litros.

**Anexo N° 23. Cálculo del tamaño de muestra del llenado de un recipiente de 15 litros para determinar el caudal promedio en el área de Pre Lavado II**

Del Anexo N° 22, se procedió a calcular el rango, el promedio y el cociente de ambos.

Rango=3,06.

Promedio=24,49.

R/x=0,12.

El valor 0,12 encontrado, se ubicó en la tabla del anexo 9:

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0,09	1	1	0,66	129	74
0,1	3	2	0,68	137	78
0,12	4	2	0,7	145	83
0,14	6	3	0,72	153	88

Fuente:

De la tabla anterior se puede concluir que se necesita un total de 2 muestras de tiempo para poder determinar el tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros.

**Anexo N° 24. Ficha N° 8 y Hoja N° 1 para la toma diaria de 2 muestras de tiempo del llenado de un recipiente de 15 litros para determinar el caudal promedio en el área de Pre Lavado II**

ESTUDIO DE TIEMPOS							
Actividad: Tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros para el cálculo del caudal en el área de Pre Lavado II.				Industrias y Derivados S. A. C.			
Herramienta: Cronómetro							
Operario: A		Estudio n°: 1		Ficha n°: 8		Hoja n°: 1	
Realizado por: E,L,T,A		Comenzó: 7:		Finalizó: 17:30			
Fecha de inicio: 06/01/2016							
TIEMPO OBSERVADO (segundos)							
El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)	El N°	Medición (s)
1	28,45	9	26,79	17	21,03	25	23,99
2	17,01	10	17,13	18	19,22	26	24,68
3	19,23	11	18,48	19	18,73	27	18,39
4	20,19	12	19,89	20	20,28	Promedio	21,00
5	19,97	13	19,14	21	16,81		
6	22,83	14	24,75	22	23,64		
7	26,05	15	18,17	23	21,26		
8	23,64	16	17,41	24	19,04		

**Anexo N° 25. Tabla resumen mensual de las Fichas N° 8 correspondiente a 2 tomas diarias del tiempo de llenado de un recipiente de 15 litros para determinar el caudal promedio en el área de Pre Lavado II durante los años 2016, 2017 y 2018**

MES	2016 (s)	2017 (s)	2018 (s)
Enero	24,48	24,44	24,51
Febrero	24,46	24,56	24,46
Marzo	24,47	24,43	24,48
Abril	24,51	24,55	24,51
Mayo	24,46	24,42	24,42
Junio	24,52	24,56	24,56
Julio	24,45	24,41	24,41
Agosto	24,53	24,57	24,57
Setiembre	24,47	24,46	24,47
Octubre	24,51	24,52	24,47
Noviembre	24,46	24,40	24,46
Diciembre	24,52	24,58	24,52
<b>Promedio</b>	<b>24,49</b>	<b>24,49</b>	<b>24,49</b>

Para poder determinar el caudal correspondiente al área de Pre Lavado II, se tomó el promedio de los tiempos de llenado de un recipiente de 15 litros, luego al valor de 15 litros se le dividió entre el promedio calculado, obteniéndose:

$$Q = 15 \text{ litros} / 24,49 \text{ segundos}$$

$$Q = 0,612 \text{ l/s.}$$

## Anexo N° 26. Examen Físico, Químico y Microbiológico de las aguas residuales generadas en Pre Lavado I y II



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 3-20427/16

Pág. 1/

Solicitante : TELLO ARAUJO, ELI LEONARDO  
 Domicilio legal : Mza. 134 Lote. 31 C.P.M. Antonio Raymondi - Lambayeque - Chiclayo - la Victoria  
 Producto declarado : AGUA RESIDUAL  
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 2 muestra x 8,6 L  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
 Identificación de la muestra : Según se indica  
 Forma de Presentación : En frasco de plástico y vidrio, cerrado preservado y refrigerado  
 Fecha de recepción : 2016 - 09 - 28  
 Fecha de inicio del ensayo : 2016 - 09 - 28  
 Fecha de término del ensayo : 2016 - 10 - 03  
 Ensayo realizado en : Laboratorio Microbiología / Laboratorio Ambiental Aguas  
 Identificado con : H/S 16014823 (EXMA-19730-2016)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas

#### Análisis Microbiológico:

Ensayos	LC	Unidad	Resultados	
			PRE LAVADO II	PRE LAVADO I
			n1	n1
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	< 1,8	< 1,8
Coliformes Totales	1,8	NMP/100 mL	< 1,8	< 1,8

LC: Límite de cuantificación

#### Análisis Ambiental Aguas:

Ensayos	LD	Unidad	Resultados	
			PRE LAVADO II	PRE LAVADO I
			n1	n1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg/L	220	102
Demanda Química de Oxígeno	10	mg/L	994	223
Oxígeno Disuelto	0,05	mg/L	5,04	4,13
Sólidos Disueltos	2,5	mg/L	382	567,50
Sólidos Suspendidos	5	mg/L	70,55	161,20

LD: Límite de detección



CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE  
Urb. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (043) 311 048

PIURA  
Urb. Angamos IE Av. Panamerica  
Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

Fuente: CERPER S. A.

**Anexo N° 27. Fórmulas utilizadas para el cálculo de las dimensiones del Coagulador**

Descripción	Símbolo	Unidad	Ecuación
Caudal de diseño (Qmd)	Qmd	m <sup>3</sup> /s	
Altura de agua sobre el vertedero	h	m	$h = (Q / 1.4)^{0.4}$
Ancho de la lámina vertiente	L	m	$L = 2h$
Ancho del canal	B	m/s	$B = L$
Caudal unitario	q	m <sup>3</sup> /s	$q = Q/B$
Aceleración de la gravedad	g	m/s <sup>2</sup>	
Altura crítica	hc	m	$hc = (q^2/g)^{(1/3)}$
Altura desde el vértice del vertedero a fondo del canal aguas abajo	P	m	-
Altura al inicio del resalto	h1	m	$h1 = 1.41 * hc / \sqrt{(2.56 + (P/hc))}$
Velocidad al inicio del resalto	V1	m/s	$V1 = q/h1$
Numero de Froude	F		$F = v1 / \sqrt{(g * h1)}$
Altura después del resalto	h2	m	$h2 = h1 * (\sqrt{(1 + 8F^2)} - 1) / 2$
Velocidad al final del resalto	V2	m/s	$v2 = q/h2$
Energía disipada en el resalto	hp	m	$hp = (h2 - h1)^3 / 4 h1 * h2$
Longitud del resalto	Lm	m	$Lm = 6 * (h2 - h1)$
Distancia del vertedero a la sección 1	L'	m	$L' = 4.3 P (hc/P)^{0.9}$
Velocidad promedio	Vm	m/s	$Vm = (V1 + V2) / 2$
Tiempo de mezcla	T	s	$T = Lm / Vm$
Peso específico del agua	γ	kg/m <sup>3</sup>	
Viscosidad del agua	u	Kg,s/m <sup>2</sup>	
Gradiente	G	s-1	$G = \sqrt{(\gamma/u)} * hp/T$

Fuente: Sedapar S. A.

### Anexo N° 28. Plantilla de Cálculo del diseño del coagulador

Caudal de diseño de la Planta:	$Q_d =$	<input type="text" value="0,0004"/> m <sup>3</sup> /s
Ancho de garganta (Ingresar un valor de la Tabla 1) :	$w =$	<input type="text" value="0,075"/> m
<a href="#">Ir a la Tabla 1</a>		
Constantes :	$K =$	<input type="text" value="3,704"/>
	$n =$	<input type="text" value="0,646"/>
Altura de agua en la sección de medición:	$H_o =$	<input type="text" value="0,02"/> m
Dimensión de la canaleta:	$A =$	<input type="text" value="0,466"/> m
	$B =$	<input type="text" value="0,457"/> m
	$D =$	<input type="text" value="0,259"/> m
	$E =$	<input type="text" value="0,457"/> m
	$F =$	<input type="text" value="0,152"/> m
Ancho de la sección de medición D' :	$D' =$	<input type="text" value="0,20"/> m
Velocidad en la sección de medición:	$V_o =$	<input type="text" value="0,09"/> m/s
Caudal específico en la garganta de la canaleta:	$q =$	<input type="text" value="0,01"/> m <sup>3</sup> /s/m
Dimensionamiento de la canaleta:	$N =$	<input type="text" value="0,057"/> m
Carga Hidráulica disponible:	$E_o =$	<input type="text" value="0,08"/> m
Angulo de inclinación:	$\theta =$	<input type="text" value="97,76"/> °
Velocidad antes del resalto:	$V_1 =$	<input type="text" value="1,23"/> m/s
Altura de agua antes del resalto:	$h_1 =$	<input type="text" value="0,004"/> m
Número de Froude:	$F_1 =$	<input type="text" value="5,95"/>
Altura del resalto:	$h_2 =$	<input type="text" value="0,03"/> m
Velocidad en el resalto:	$V_2 =$	<input type="text" value="0,15"/> m/s
Dimensión de la canaleta:	$K' =$	<input type="text" value="0,025"/> m
Altura en la sección de salida de la canaleta:	$h_3 =$	<input type="text" value="0,002"/> m
Dimensión de la canaleta:	$C =$	<input type="text" value="0,178"/> m
Velocidad en la sección de la salida:	$V_3 =$	<input type="text" value="0,98"/> m/s
Pérdida de carga en el resalto:	$h_p =$	<input type="text" value="0,046"/> m
Dimensión de la canaleta:	$G' =$	<input type="text" value="0,305"/> m
Tiempo de mezcla en el resalto:	$T =$	<input type="text" value="0,5"/> s
Temperatura del agua:	Temp. =	<input type="text" value="22"/> °C
Valor de $\sqrt{\gamma / \mu \rho}$ para la temperatura del agua (Anexo 1):		<input type="text" value="3175,57"/>
Gradiente de velocidad:	$G =$	<input type="text" value="930,00"/> s <sup>-1</sup>

**Anexo N° 29. Fórmulas utilizadas para el cálculo de las dimensiones del Floculador**

Descripción (TRAMO 1)	Símbolo	Unidad	Ecuación
Caudal de diseño	Qmd	m <sup>3</sup> /s	-
Tiempo de retención tramo 1	T1	min	-
Gradiente de velocidad en tramo 1	G1	s-1	-
Velocidad en el tramo 1	V1	m/s	-
Longitud del primer tramo	L1	m	$L1 = v1 \times T1 \times 60$
Sección de canales tramo 1	A1	m <sup>2</sup>	$A1 = Q / V1$
Altura de agua en la unidad	H	m	-
Ancho de canales del primer tramo	a	m	$a1 = A1 / H$
Ancho de vueltas del tramo 1	d1	m	$d1 = 1.5 * a1$
Ancho útil de la pantalla	b	m	-
Ancho del floculador	B	m	$B = 3b + d1$
Número de canales en tramo 1	N1	m	$N1 = L1 / B$
Número de canales en tramo 1	N1	m	-
Espesor de las pantallas corrugadas	e	m	-
Longitud del primer tramo	L1	m	$L1 = N1 * (a1 + e)$
Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas	K	-	-
Pérdida de carga en las vueltas primer tramo	h1	m	$h1 = KV1^2 * (N1-1) / 2g$
Perímetro mojado de las secciones del tramo 1	P1	m	$P1 = 2H + a1$
Radio hidráulico de canales del tramo 1	R1	m/s	$R1 = A1 / P1$
Coefficiente de rugosidad	n		-
Pérdida de carga en los canales del tramo 1	h2	M	$h2 = (n V1 / R1 ^{2/3})^2 * L1$
Pérdida de carga total en el tramo 1	hf1	M	$hf1 = h1 + h2$
Peso específico del agua	y	Kg/m <sup>3</sup>	-
Viscosidad del agua	u	Kg.s/m <sup>2</sup>	-
Gradiente de velocidad en tramo 1	G1	s-1	$G = \sqrt{(\gamma/u) * hp/T}$

Descripción (TRAMO 2)	Símbolo	Unidad	Ecuación
Caudal de diseño (Qmd)	Qmd	m <sup>3</sup> /s	-
Tiempo de retención tramo 2	T2	min	-
Gradiente de velocidad en tramo 2	G2	s-1	-
Velocidad en el tramo 2	V2	m/s	-
Longitud del segundo tramo	L2	m	$L1 = v1 \times T1 \times 60$
Sección de canales tramo 2	A2	m <sup>2</sup>	$A1 = Q / V1$
Altura de agua en la unidad	H	m	-
Ancho de canales del segundo tramo	a2	m	$a2 = A2 / H$
Ancho de vueltas del tramo 2	d2	m	$d2 = 1.5 * a2$
Ancho útil de la pantalla	b	m	-
Ancho del floculador	B	m	$B = 3b + d2$
Número de canales en tramo 2	N2	m	$N2 = L2 / B$
Número de canales en tramo 2	N2	m	-
Espesor de las pantallas corrugadas	e	m	-
Longitud del segundo tramo	L2	m	$L2 = N2 * (a2 + e)$
Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas	k	-	-
Pérdida de carga en las vueltas segundo tramo	h1	m	$h1 = KV2^2 * (N2-1) / 2 g$
Perímetro mojado de las secciones del tramo 2	P2	m	$P2 = 2H + a2$
Radio hidráulico de canales del tramo 2	R2	m/s	$R2 = A2 / P2$
Coefficiente de rugosidad	n	-	-
Pérdida de carga en los canales del tramo 2	h2	m	$h2 = (n V2 / R2 ^{2/3})^2 * L2$
Pérdida de carga total en el tramo 2	hf2	m	$hf2 = h1 + h2$
Peso específico del agua	y	Kg/m <sup>3</sup>	-
Viscosidad del agua	u	Kg.s/m <sup>2</sup>	-
Gradiente de velocidad en tramo 2	G2	s-1	$G = \sqrt{(\gamma/u) * hp/T}$

Fuente: Sedapar S. A.

### Anexo N° 30. Plantilla de Cálculo del diseño del Floculador de 2 tramos

Caudal de diseño de la Planta:	$Q_d =$	0,000397 m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención:		
Tramo 1:	$T_1 =$	6,0 min
Tramo 2:	$T_2 =$	5,0 min
Gradiente de velocidad:		
Tramo 1:	$G_1 =$	37,7 s <sup>-1</sup>
Tramo 2:	$G_2 =$	22,4 s <sup>-1</sup>
Velocidad:		
Tramo 1:	$v_1 =$	0,11 m/s
Tramo 2:	$v_2 =$	0,09 m/s
Longitud de canales:		
Tramo 1:	$l_1 =$	39,8 m
Tramo 2:	$l_2 =$	27 m
Sección de canales:		
Tramo 1:	$A_1 =$	0,00 m <sup>2</sup>
Tramo 2:	$A_2 =$	0,00 m <sup>2</sup>
Altura de agua en la unidad:	$H =$	0,15 m
Espaciamento entre pantallas:		
Tramo 1:	$a_1 =$	0,02 m
Tramo 2:	$a_2 =$	0,03 m
Ancho de vueltas:		
Tramo 1:	$d_1 =$	0,04 m
Tramo 2:	$d_2 =$	0,04 m
Ancho total útil de la lámina:	$b =$	1,5 m
Espesor de las láminas:	$e =$	0,006 m
Ancho del floculador:		
Tramo 1:	$B =$	1,54 m
Tramo 2:	$B =$	1,54 m
Número de canales:		
Tramo 1:	$N_1 =$	26,0 unid
Tramo 2:	$N_2 =$	18,0 unid
Longitud del Tramo:		
Tramo 1:	$L_1 =$	0,782 m
Tramo 2:	$L_2 =$	0,637 m
Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas:	$K =$	2
Pérdida de carga en las vueltas:		
Tramo 1:	$h_{v,1} =$	0,031 m
Tramo 2:	$h_{v,2} =$	0,014 m
Perímetro mojado de las secciones:		
Tramo 1:	$P_1 =$	0,32 m
Tramo 2:	$P_2 =$	0,33 m
Radio hidráulico de canales:		
Tramo 1:	$R_{h,1} =$	0,011 m
Tramo 2:	$R_{h,2} =$	0,013 m
Coefficiente de rugosidad:	$n =$	0,011
Pérdida de carga en los canales:		
Tramo 1:	$h_{c,1} =$	0,023 m
Tramo 2:	$h_{c,2} =$	0,008 m
Pérdida de carga total:		
Tramo 1:	$hf_1 =$	0,054 m
Tramo 2:	$hf_2 =$	0,022 m
Temperatura del agua:	Temp. =	22 °C
Valor de $\sqrt{\nu/\mu}$ para la temperatura del agua (Anexo 1):		3175,57
Gradiente de velocidad:		
Tramo 1:	$G_1 =$	38,96 s <sup>-1</sup>
Tramo 2:	$G_2 =$	27,42 s <sup>-1</sup>

## Anexo N° 31. Ficha técnica del filtro multicapa

# NALCO

An Ecolab Company

### STANDARD FEATURES:

- Single Unit Flows up to 577 gpm
- Epoxy Lined Steel Tanks with 100 psig Design Pressure
- Top Mounted Manway
- Schedule 80 PVC Hub and Lateral Distributors
- Factory Assembled Diaphragm Valve Nest
- Steel External Piping
- Electro-mechanical Backwash Controller

### ADVANTAGES:

- Materials and Coatings Selected to Withstand Corrosive Environments
- Reliable, Low Restriction Valves
- Distributors Allow Operation Over Wide Flow Rate Range
- Standard Designs Reduce Cost and Delivery Time
- Simple Operation Reduces Operator Training Requirements

### OPTIONS:

- ASME Code Vessel
- Stainless Steel, Copper, PVC, or Galvanized External Piping
- Stainless Steel, Polypropylene, Steel, or CPVC Internal Piping
- Differential Pressure Switch
- Air Scour
- Sub-Surface Wash
- Sightglasses
- Pre-piped and Wired Systems Mounted on Skid
- Manual Unit Isolation Valves
- Interconnecting Piping Between Multiple Units
- Allen Bradley PLC

**For Options Not Listed Here  
Please Contact Nalco Res-Kem**

## UNI-TECH MULTI-MEDIA FILTERS

Nalco Res-Kem Uni-Tech Multi-Media Filters are available in a wide range of self-contained packages configured in single, double, and multiple unit arrangements to remove sediment, turbidity, color, and suspended particles. Consisting of multiple layers of sand, anthracite, and garnet, Nalco Res-Kem Uni-Tech Multi-Media Filters remove sediment down to the 10 micron range.

Nalco Res-Kem Uni-Tech Multi-Media Filters are used for municipal, institutional, and industrial water filtration applications. Single units are rated for flows up to 577 gpm. For larger flow rates, contact Nalco Res-Kem to determine whether larger or multiple units would be appropriate.

Economical and efficient, Nalco Res-Kem Uni-Tech Multi-Media Filters can be equipped for manual, semi-automatic, or full-automatic operation. Regardless of the configuration, only limited technical expertise is required for operation. Nalco Res-Kem Uni-Tech Multi-Media Filters will integrate into a complete water treatment system without expensive custom field engineering and programming.



**Dual 66" Multi-Media Filter System with Standard Diaphragm Valves and Steel Piping**

## FEATURES AND SPECIFICATIONS

Model Prefix	Vessel Diameter inches	Flow Rate	Flow Rate	Flow Rate	Inlet/Outlet	Inlet/Outlet	Approximate Dimensions Single Unit L x D x H inches	Approximate Dimensions Duplex Unit L x D x H inches
		Normal Rating gpm	Hi-Rate Rating gpm	Minimum Backwash Flow gpm	Pipe Sizes Normal Rating inches	Pipe Sizes Hi-Rate Rating inches		
<b>MMF20</b>	20	6.5	33	33	1	1 ½	30x32x81	56x32x81
<b>MMF24</b>	24	15	47	47	1 ½	1 ½	34x36x81	62x36x81
<b>MMF30</b>	30	25	74	74	1 ½	2	40x42x85	78x42x85
<b>MMF36</b>	36	35	106	106	1 ½	2	46x48x85	90x48x85
<b>MMF42</b>	42	45	144	144	2	2 ½	52x54x87	102x54x87
<b>MMF48</b>	48	63	189	189	2	3	56x50x91	114x50x91
<b>MMF54</b>	54	80	239	239	2 ½	3	64x66x91	126x66x91
<b>MMF60</b>	60	98	294	294	3	3	70x72x93	138x72x93
<b>MMF66</b>	66	119	357	357	3	4	76x78x95	152x78x95
<b>MMF72</b>	72	142	425	425	4	4	82x84x95	164x84x95
<b>MMF78</b>	78	166	498	498	4	6	88x90x95	176x90x95
<b>MMF84</b>	84	192	577	577	4	6	94x96x95	188x96x95

Flow Rate Specification Bases: (For your specific water source, contact Nalco Res-Kem for estimates)

Normal flow rating: 5gpm/ft<sup>2</sup>

Hi-Rate flow rating: 15gpm/ft<sup>2</sup>

Backwash Flow Rate: 15gpm/ft<sup>2</sup> Minimum (May be higher for your specific water source)

Features	Standard	Optional
<b>System Design and Operation</b>		
Steel Pressure Tank with Epoxy Lining	◆	
Steel Pressure Tank with High Temperature Epoxy, or Baked Phenolic Lining		◆
Stainless Steel, Fiberglass, or Galvanized Steel Pressure Tank		◆
ASME Code Vessel Construction		◆
PVC Hub and Lateral Distribution and Internal Piping	◆	
CPVC, Polypropylene, Steel, or Stainless Steel Internal Piping		◆
Cast Iron Diaphragm Valves	◆	
Steel External Piping	◆	
Copper, PVC, Galvanized Steel, or Stainless Steel External Piping		◆
Manual System Isolation Valves		◆
Subsurface Wash		◆
Skid Assembly for Multiple Units		◆
Interconnecting Piping for Multiple Units		◆
<b>Instrumentation and Controls</b>		
Time Clock with Stager Controller	◆	
Manual, Semi-Automatic, or Full-Automatic Controls		◆
Differential Pressure Gauge or Switch		◆
Inlet and Outlet Pressure Gauges		◆
NEMA 4XFG Electrical Enclosure	◆	
Allen Bradley Programmable Logic Controller		◆
<b>Backwash Initiation Methods</b>		
Timer	◆	
Manual	◆	
Differential Pressure Switch		◆

Fuente: Nalco Water.

## Anexo N° 32. Ficha técnica del filtro de carbón activado



IslaUrbana

### Filtros Multilechos FICHA TÉCNICA



#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Filtros de zeolita y filtros de arena representan una solución para retener sólidos de aproximadamente 5 a 20 micras.
- En camas de un sólo medio, como la zeolita, que en ciertas aplicaciones puede ayudar a retener sedimentos de hasta 5 micras.
- En un filtro de arena convencional, las partículas de arena más ligeras y más finas se encuentran en la parte superior del lecho del filtro, y las más gruesas permanecen en la parte inferior después del retrolavado.
- La filtración se produce en los primeros centímetros del lecho filtrante por lo que es conveniente diseñar camas poco profundas, además que pueden ser pesadas para el retrolavado.
- Los filtros multilecho para agua y los filtros de zeolita y carbón activado granular son más ligeros y con mejor rendimiento en filtración fina
- La cama entera actúa como un filtro, en lugar de sólo los primeros centímetros.
- La turbidez es atrapada a lo largo de la cama, lo que permite al filtro retener muchos más sólidos filtrados del agua antes de que sea necesario el retrolavado.

#### MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES

Bomba	Tamaño	Diámetro	Válvula o tubería	Vol. de tanque Plas. 3	Vol. Met Fil Plas. 3	Flujo LPM	Flujo LPD	Multiválvula
1	9x48	2.5"	1"	1.58	1	20.9	30,096	1"
1.5	13x54	2.5"	1"	3.68	2.5	43.5	62,640	1"
2	16x65	4"	1.5"	6.6	4	65.8	94,752	2"
3	18x65	4"	2"	8.3	5	83.6	120,384	2"
5	24x65	4"	2"	13.4	10	148.6	213,984	2"

#### APLICACIONES:

- Filtración de sedimentos suspendidos en el agua potable.
- Plantas purificadoras de agua
- Llenadoras de garrafones
- Filtración doméstica
- Sistema de captación de lluvia con alto flujo
- Hoteles
- Restaurantes
- Hospitales

[www.islaurbana.mx](http://www.islaurbana.mx)

Tel: (55) 5446 4831  
servicios@islaurbana.org

Fuente: Islaurbana.

### Anexo N° 33. Costos de servicios tercerizados

Son todos los costos que han sido planificados a tercerizar y que involucra la puesta en marcha del sistema de tratamiento, debido a que se tiene que recanalizar y ampliar la red de desagüe y agua potable, las obras civiles para poder acondicionar el área correspondiente de los equipos de tratamiento como el coagulador y floculador, los tanques de 1 200 litros, así mismo los costos para adjuntar una área de almacén de insumos como el sulfato de aluminio y el respectiva instalación del panel de control de los sistemas mecánicos y electrobombas.

<b>COSTOS TERCERIZADOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (S/)</b>
Obras preliminares: Recanalización de red de desagüe	2 000,0
Obras civiles de acondicionamiento	4 000,0
Instalación de estructura principal	1 700,0
Instalación de panel de control eléctrico	2 000,0
Acondicionamiento del área de almacén insumos	200,0
<b>Total</b>	<b>9 900,0</b>

### Anexo N° 34. Costos de Máquinas y equipos

Basándonos en el precio de mercado y en información brindada por catálogos de equipos industriales y revistas como la cámara peruana de la construcción, se ha determinado los costos necesarios de todos los equipos y maquinaria a implementar en el sistema de tratamiento propuesto:

<b>Equipos o Máquinas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario(S/)</b>	<b>Costo Total (S/)</b>
Bomba periférica 1/2 HP	Unid.	2	290,0	580,0
Bomba centrífuga 1 HP	Unid.	1	650,0	650,0
Filtro I	Unid.	1	572,3	572,3
Filtro II	Unid.	1	1 075,3	1 075,3
Bomba dosificadora de sulfato de aluminio	Unid.	1	2 028,0	2 028,0
Cisterna de 1200 litros rotoplas	Unid.	2	600,0	1 200,0
Tuberías y accesorios		1	887,5	887,5
Panel de control eléctrico	Unid.	1	2 000,0	2 000,0
Estructura principal en lámina galvanizada	Unid.	1	1 700,0	1 700,0
Tanque 60 litros	Unid.	1	4 000,0	4 000,0
Obras Civiles	Unid.	1	4 000,0	4 000,0
Útiles de Escritorio	Unid.	1	2 000,0	2 000,0
<b>Total</b>				<b>20 693,1</b>

### Anexo N° 35. Costos de Energía

El costo de la energía eléctrica se ha calculado tomando en cuenta el costo por KW-h establecido por OSINERGMIN para una tarifa BT5B no residencial que actualmente vienen pagando la empresa a un costo por energía activa de S/0,560.

La cantidad de horas por m<sup>3</sup> de agua tratada resulto luego de evaluar el caudal máximo diseñado a mover por cada bomba, donde 0,397 l/s representa 0,700 horas para mover un volumen de agua 1 m<sup>3</sup>.

EQUIPO	Cantidad	Potencia (KW)	h/m <sup>3</sup>	S/ /(KW-h)	S//m <sup>3</sup>
Bomba periférica de 1/2 HP	2	0,37	0,700	0,560	0,290
Bomba centrífuga de 1 HP	1	0,75	0,700	0,560	0,294
<b>Total</b>					0, 584

### Anexo N° 36. Costos de Insumos

Se determinó el costo de sulfato de aluminio por m<sup>3</sup> de agua residual tratada, donde depende de la concentración de esta solución, el costo del insumo por kg así mismo de la relación entre la cantidad de insumo y la cantidad de agua residual tratadas.

La concentración del sulfato de aluminio al 10% involucra 10 g de este insumo por cada 100 ml de agua.

INSUMO	Concentración de solución (g/l)	Dosis de solución (l/día)	Cantidad (Kg//día)	Kg/m <sup>3</sup>	Costo (S//kg)	S//m <sup>3</sup>
Sulfato de aluminio	100	60	6	0.524934383	10.000	5.249
<b>Total</b>						5.249

### Anexo N° 37. Costos de disposición de lodos

Se calculó el costo de la disposición de lodos por m<sup>3</sup> de agua tratada, donde la cantidad generada por hora de funcionamiento de la planta es de 0,220 Kg; así mismo la empresa encargada de recolectar los lodos tiene un costo de S/ 1 por cada Kg.

Residuo	cantidad (Kg/h)	h/m <sup>3</sup>	Producción de lodo por volumen tratado (Kg/m <sup>3</sup> )	Costo de disposición de lodos (S//kg)	Costo (S//m <sup>3</sup> )
Lodo	0.220	0.700	0.154	1	0.154