

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE  
AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE  
ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS  
VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores: Bach. Jenny Thalia Guerrero Irene**

**Bach. Jhoel Guerrero Jibaja**

**Asesor: Mg. Mario Félix Olivera Aldana**

**Línea de investigación: Automatización y control**

**JAÉN – PERÚ**

**2025**

# Jenny Thalia Guerrero Irene Jhoel Guerrero Jibaja

## DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS ...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaén

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3275863182

128 Páginas

Fecha de entrega

13 jun 2025, 11:07 a.m. GMT-5

23.240 Palabras

Fecha de descarga

13 jun 2025, 11:12 a.m. GMT-5

128.822 Caracteres

Nombre de archivo

JENNY\_THALIA\_GUERRERO\_IRENE,\_JHOEL\_GUERRERO\_JIBAJA\_-\_INFORME.pdf

Tamaño de archivo

12.3 MB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

*Dr. Segundo Sánchez Tello*

Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

## 11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para el documento.

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
-----  
*Dr. Segundo Sánchez Tello*  
Responsable I+D+i de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



### FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día lunes 23 de Junio del año 2025, siendo las 17:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. José Andrés Fernández Mera

Secretario: Mg. Jaime Odar Honorio Acosta

Vocal: Mg. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( **X** ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

**"DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN"**, presentado por los Bachilleres: **Jenny Thalia Guerrero Irene y Joel Guerrero Jibaja** de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( **X** ) Aprobar                      ( ) Desaprobar                      ( **X** ) Unanimidad                      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( <b>17</b> ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )           |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )           |

Siendo las 18 :00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

\_\_\_\_\_  
Mg. José Andrés Fernández Mera  
Presidente Jurado Evaluador

\_\_\_\_\_  
Mg. Jaime Odar Honorio Acosta  
Secretario Jurado Evaluador

\_\_\_\_\_  
Mg. Marcos Antonio Gonzáles Santisteban  
Vocal Jurado Evaluador

**“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”**

**ANEXO N°06:**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA  
TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, JENNY THALIA GUERRERO IRENE, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI: 73210830.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN”. Asesorado por Mg. Mario Félix Olivera Aldana. El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico. Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 08, agosto del 2025.



---

**Jenny Thalia Guerrero Irene**

**“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”**

**ANEXO N°06:**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA  
TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, JHOEL GUERRERO JIBAJA, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI: 76383652.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado: “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN”. Asesorado por Mg. Mario Félix Olivera Aldana. El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico. Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 08, agosto del 2025.



---

**Jhoel Guerrero Jibaja**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1.1. Planteamiento del problema</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2. Justificación</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3. Hipótesis</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4.1. Objetivo general</b> .....	<b>16</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>1.5. Antecedentes</b> .....	<b>17</b>
<b>1.6. Bases Teóricas</b> .....	<b>19</b>
<b>1.6.1. Reutilización de aguas residuales</b> .....	<b>19</b>
<b>1.6.2. Aguas Residuales</b> .....	<b>20</b>
<b>1.6.3. Límite Máximo Permisible (LMP)</b> .....	<b>22</b>
<b>1.6.4. Electrocoagulación</b> .....	<b>23</b>
<b>1.6.5. Reacciones electroquímicas que ocurren en el proceso de electrocoagulación</b> .23	
<b>1.6.6. Diseño y operación del reactor de electrocoagulación</b> .....	<b>24</b>
<b>1.6.7. Parámetros físicos químicos</b> .....	<b>25</b>
<b>1.6.8. Coagulación y Floculación</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6.9. Sedimentación del agua</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6.10. Indicadores económicos</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6.11. Sanciones y multas por contaminar los recursos hídricos</b> .....	<b>29</b>

<b>II.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
2.1.	Objeto de estudio .....	31
2.2.	Ubicación del área de estudio.....	31
2.3.	Población, muestra y muestreo .....	32
2.3.1.	Población .....	32
2.3.2.	Muestra .....	32
2.3.3.	Muestreo.....	32
2.4.	Metodología de la investigación empleada .....	33
2.4.1.	Método de la investigación .....	33
2.4.2.	Tipo de investigación.....	33
2.4.3.	Diseño de la investigación.....	33
2.5.	Técnicas.....	34
2.6.	Procedimientos.....	34
2.6.1.	Visita de Campo .....	36
2.6.2.	Diseño y construcción del prototipo de electrocoagulación.....	36
2.6.3.	Determinación de tiempo para las diferentes pruebas del proceso de electrocoagulación .....	36
2.6.4.	Análisis de laboratorio de los parámetros físicos – químicos del agua residual.. .....	37
2.6.4.1.	Determinación de características físicas y químicas .....	37
2.6.4.2.	Determinación de características microbiológicas.....	38
2.6.5.	Evaluación de factibilidad económica .....	39
2.7.	Análisis de datos.....	39
2.8.	Materiales y equipos .....	39
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>

<b>3.1. O.E.1: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL LAVADERO CASTILLO.....</b>	<b>41</b>
3.1.1. Análisis de laboratorio de los parámetros físicos químicos del agua residual..	41
3.1.2. Comparación de los resultados finales de los parámetros antes y después del proceso de electrocoagulación .....	42
3.1.3. Evaluación de los parámetros físicos químicos del agua residual .....	43
3.1.4. Descripción de los parámetros físicos químicos realizados en el laboratorio...	43
3.1.4.1. Temperatura.....	43
3.1.4.2. pH .....	45
3.1.4.3. Turbidez.....	46
3.1.4.4. Conductividad.....	47
3.1.4.5. Sólidos Suspendidos Totales (SST) .....	48
3.1.4.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) .....	49
3.1.4.7. Demanda química de Oxígeno (DQO) .....	50
3.1.5. Descripción del parámetro microbiológico realizado en laboratorio .....	51
3.1.6. Porcentaje de remoción aplicando el proceso de electrocoagulación .....	52
<b>3.2. O.E.2: IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL LAVADERO CASTILLO .....</b>	<b>53</b>
3.2.1. Diseño del prototipo de electrocoagulación .....	53
3.2.2. Construcción del prototipo de electrocoagulación .....	55
3.2.3. Funcionamiento del prototipo de electrocoagulación.....	56
3.2.4. Propuesta de implementación del sistema reutilización de agua residual a través del proceso de electrocoagulación en el lavadero Castillo .....	58
3.2.5. Cálculos para la propuesta del sistema de electrocoagulación del lavadero Castillo.....	59

3.2.5.1.	Cálculo para la capacidad de la celda electrolítica .....	59
3.2.5.2.	Medidas de las zonas de la celda de electrocoagulación .....	60
3.2.5.3.	Dimensiones de los electrodos .....	61
3.2.5.4.	Número de electrodos .....	62
3.2.5.6.	Propuesta y ejecución del diseño .....	63
3.2.5.7.	Descripción de la propuesta del sistema de tratamiento de agua residual....	65
3.3.	<b>O.E.3: EVALUACIÓN ECONÓMICA A TRAVÉS DEL TIR Y VAN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN .....</b>	<b>66</b>
3.3.1.	Inversión inicial de la propuesta .....	66
3.3.1.1.	Costo de inversión para la propuesta del sistema de reutilización .....	66
3.3.2.	Ingresos .....	71
3.3.2.1.	Ahorro de agua .....	71
3.3.2.2.	Proyección del servicio de lavado vehicular .....	72
3.3.3.	Egresos .....	73
3.3.3.1.	Costos de mantenimiento anual ( <i>Cm</i> ).....	73
3.3.3.2.	Costos de consumo eléctrico anual.....	74
3.3.3.3.	Cambio de electrodos.....	76
3.3.3.4.	Cambio de fuente de poder .....	76
3.3.3.5.	Producción .....	77
3.3.3.6.	Gastos adicionales.....	77
3.3.4.	Flujo de caja.....	78
3.3.5.	Valor Actual Neto (VAN).....	79
3.3.6.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	80
3.3.7.	Relación beneficio costo (B/C).....	81

3.3.8. Período de recuperación de la inversión (PRI) .....	81
IV. DISCUSIÓN .....	83
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1. Conclusiones.....	85
5.2. Recomendaciones .....	86
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR</i> .....	22
<b>Tabla 2.</b> <i>Multas y/o sanciones</i> .....	30
<b>Tabla 3.</b> <i>Valores de temperatura de las muestras tomadas del Lavadero Castillo</i> .....	44
<b>Tabla 4.</b> <i>Valores de pH de las muestras tomadas del Lavadero Castillo</i> .....	45
<b>Tabla 5.</b> <i>Valores de turbidez de las muestras tomadas del Lavadero Castillo</i> .....	46
<b>Tabla 6.</b> <i>Valores de conductividad tomadas del Lavadero Castillo</i> .....	47
<b>Tabla 7.</b> <i>Valores de solidos suspendidos totales tomadas del Lavadero Castillo</i> .....	48
<b>Tabla 8.</b> <i>Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno</i> .....	49
<b>Tabla 9.</b> <i>Variación de la Demanda Química de Oxígeno</i> .....	50
<b>Tabla 10</b> <i>Variación de los coliformes totales</i> .....	51
<b>Tabla 11.</b> <i>Porcentaje de remoción</i> .....	52
<b>Tabla 12.</b> <i>Volumen total de la celda de electrocoagulación</i> .....	59
<b>Tabla 13.</b> <i>Medidas de la zona de electrocoagulación</i> .....	61
<b>Tabla 14.</b> <i>Dimensiones y distancia entre electrodos</i> .....	61
<b>Tabla 15.</b> <i>Inversión para adaptación del sistema</i> .....	67
<b>Tabla 16.</b> <i>Costos de los recipientes</i> .....	68
<b>Tabla 17.</b> <i>Costos del reactor</i> .....	68
<b>Tabla 18.</b> <i>Costos de unidades complementarias</i> .....	69
<b>Tabla 19.</b> <i>Costos de elementos hidráulicos</i> .....	69
<b>Tabla 20.</b> <i>Costos de maquinado</i> .....	70
<b>Tabla 21.</b> <i>Costo de inversión para el sistema de reutilización</i> .....	71
<b>Tabla 22.</b> <i>Consumo de agua de manera tradicional</i> .....	72
<b>Tabla 23.</b> <i>Consumo de agua con el sistema de electrocoagulación</i> .....	72
<b>Tabla 24.</b> <i>Proyección anual de vehículos lavados</i> .....	73
<b>Tabla 25.</b> <i>Costo por el cambio de electrodos</i> .....	76
<b>Tabla 26.</b> <i>Costos del cambio de fuente de poder</i> .....	76
<b>Tabla 27.</b> <i>Costos de producción</i> .....	77
<b>Tabla 28.</b> <i>Gastos adicionales</i> .....	77
<b>Tabla 29.</b> <i>Flujo de caja del proyecto</i> .....	78

**Tabla 30.** *Valor Actual Neto* ..... 79  
**Tabla 31.** *Tasa interna de retorno del proyecto* ..... 80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Ciclo de manejo de las aguas residuales municipales</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Reactores tipo Bach monopolares conectados en paralelo (a) y en serie (b) respectivamente</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Ubicación lavadero Castillo</i> .....	31
<b>Figura 4.</b> <i>Diagrama de flujo del procedimiento de investigación</i> .....	35
<b>Figura 5.</b> <i>Análisis de parámetros físicos químicos del agua residual</i> .....	41
<b>Figura 6.</b> <i>Comparación y visualización de resultados</i> .....	42
<b>Figura 7.</b> <i>Variación de temperatura</i> .....	44
<b>Figura 8.</b> <i>Variación del pH</i> .....	45
<b>Figura 9.</b> <i>Variación de Turbidez</i> .....	46
<b>Figura 10.</b> <i>Variación de la Conductividad</i> .....	47
<b>Figura 11.</b> <i>Variación de los SST</i> .....	48
<b>Figura 12.</b> <i>Variación de DBO5</i> .....	49
<b>Figura 13.</b> <i>Variación de DQO</i> .....	50
<b>Figura 14.</b> <i>Variación de los coliformes totales</i> .....	51
<b>Figura 15.</b> <i>Dimensiones y zonas de la celda de electrocoagulación</i> .....	54
<b>Figura 16.</b> <i>Diseño del prototipo mediante el Software SolidWorks</i> .....	54
<b>Figura 17.</b> <i>Prototipo de electrocoagulación con soporte de filamento 3D</i> .....	55
<b>Figura 18.</b> <i>Electrodos de aluminio</i> .....	56
<b>Figura 19.</b> <i>Diagrama del sistema de electrocoagulación</i> .....	57
<b>Figura 20.</b> <i>Fuente de Alimentación eléctrica (AC/DC 4 - 6 A, 13.8 V)</i> .....	57
<b>Figura 21.</b> <i>Inicio del proceso de electrocoagulación</i> .....	58
<b>Figura 22.</b> <i>Zonas del proceso en la celda electrolítica</i> .....	60
<b>Figura 23.</b> <i>Sistema de tratamiento del lavadero castillo a través del proceso de electrocoagulación</i> .....	64

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Ubicación del Lavadero Castillo.....	94
<b>Anexo 2:</b> <i>Toma de muestras de agua residual</i> .....	94
<b>Anexo 3:</b> Comparación visual del agua residual antes, durante y después del tratamiento .....	95
<b>Anexo 4:</b> <i>Medición de la conductividad</i> .....	95
<b>Anexo 5:</b> <i>Medición para los sólidos suspendidos totales</i> .....	96
<b>Anexo 6:</b> <i>Tarado y secado de Filter Papers Whatman N°42</i> .....	96
<b>Anexo 7:</b> <i>Medición de turbiedad</i> .....	97
<b>Anexo 8:</b> <i>Medición de pH</i> .....	97
<b>Anexo 9:</b> <i>Construcción del prototipo</i> .....	98
<b>Anexo 10:</b> <i>Conexión de los conectores</i> .....	98
<b>Anexo 11:</b> <i>Terminales unidos a la tubería corrugada</i> .....	99
<b>Anexo 12:</b> <i>Diseño en SolidWorks para soporte de electrodos</i> .....	99
<b>Anexo 13:</b> <i>Diseño en SolidWorks para el terminal</i> .....	100
<b>Anexo 14:</b> <i>Laminado para impresión 3D de soportes de los electrodos</i> .....	100
<b>Anexo 15:</b> <i>Laminado para impresión 3D para el terminal</i> .....	101
<b>Anexo 16:</b> <i>Piezas impresas en 3D para el soporte de electrodos</i> .....	101
<b>Anexo 17:</b> <i>Piezas impresas en 3D para el terminal</i> .....	102
<b>Anexo 18:</b> <i>Prototipo final</i> .....	102
<b>Anexo 19:</b> <i>Costo total de la construcción del prototipo</i> .....	103
<b>Anexo 20:</b> <i>Planos del prototipo</i> .....	104
<b>Anexo 21:</b> <i>Área total del Lavadero Castillo</i> .....	110
<b>Anexo 22:</b> <i>Planos para implementación del sistema de reutilización por el proceso de electrocoagulación</i> .....	111
<b>Anexo 23:</b> <i>Conjunto de lavaderos que se utilizó para la población, Morro Solar Bajo – Jaén</i> .	115
<b>Anexo 24:</b> <i>Población de lavaderos del sector Morro Solar Bajo</i> .....	116
<b>Anexo 25:</b> <i>Cotización y análisis químicos- microbiológicos</i> .....	117
<b>Anexo 26:</b> <i>Estado de cuenta corriente de consumo de agua y recibo de luz del lavadero Castillo</i> .....	123

## RESUMEN

La escasez de agua es un problema que enfrenta la sociedad en la actualidad, la ciudad de Jaén no es ajena a esta problemática se está evidenciando de manera creciente la insuficiencia de este elemento, siendo uno de los factores que acrecientan estas dificultades son los lavaderos vehiculares en las que, en sus actividades diarias se utiliza grandes cantidades de agua. La investigación tuvo como objetivo diseñar un prototipo de electrocoagulación para la reutilización de las aguas residuales de los lavaderos vehiculares en la ciudad de Jaén. La metodología de la investigación se realizó en el lavadero Castillo donde se identificó la problemática. El método utilizado fue de análisis, el tipo de investigación aplicada, con nivel descriptivo y de diseño experimental. Para los resultados se realizó el análisis de los parámetros físicos químicos del agua residual el cual con el proceso de electrocoagulación se obtuvo buenos porcentaje de remoción Demanda Bioquímica de Oxígeno 89%, Demanda Química de Oxígeno 83.40%, Sólidos suspendidos totales 99% y Turbidez de 96% , también se realizó la sugerencia de implementación un sistema de reutilización de agua residual a través del proceso de electrocoagulación en el lavadero vehicular “Castillo” , donde la evaluación económica para dicho proyecto resultó viable. Concluyendo que el proceso de electrocoagulación para agua residual es adecuado por los resultados que se obtuvieron y por lo accesible que es la implementación del sistema con dicho proceso desde el punto de vista económico.

**Palabras claves:** Diseño de prototipo, electrocoagulación, reutilización, análisis de parámetros.

## ABSTRACT

Water scarcity is a problem facing society today. The city of Jaen is no exception to this issue. The inadequacy of this element is becoming increasingly evident one of the factors exacerbating these difficulties is the vehicle washes, which use large quantities of water in their daily operations. The research aimed to design an electrocoagulation prototype for the reuse of wastewater from vehicle washes in the city of Jaen. The research methodology was conducted at the Castillo car wash, where the problem was identified. The method used was analytical, applied research, with a descriptive level and experimental design. For the results, the analysis of the physical and chemical parameters of the wastewater was carried out, which with the electrocoagulation process obtained good percentages of removal Biochemical Oxygen Demand 89%, Chemical Oxygen Demand 83.40%, Total Suspended Solids 99% and Turbidity of 96% , the suggestion of implementing a wastewater reuse system was also made through the electrocoagulation process in the "Castillo" vehicle wash, where the economic evaluation for said project was viable. Concluding that the electrocoagulation process for wastewater is adequate due to the results that were obtained and how accessible the implementation of the system is with said process from the economic point of view.

**Key words:** Prototype design, electrocoagulation, reusability, parameter analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que afrontamos hoy en día es la falta de agua potable en el mundo, lo cual se ha convertido en una crisis para muchas personas, ya sea de países muy desarrollados como también en países en vía de desarrollo, se prevé que la demanda mundial de producción agrícola y energética que requieren un uso intensivo de este recurso aumente aproximadamente en un 60% y 80% respectivamente para el año 2025 tanto es así, que se estima que su escasez en el futuro afectará a siete mil millones de personas. (Fundación Aquae, 2021). La degradación de la calidad del agua contribuye a la carencia, este es un aspecto importante en el manejo hidrológico, el cual ha sido tratado con negligencia, su mala calidad tiene múltiples consecuencias para la salud y el medio ambiente que lo vuelven no apto para su uso dando como resultado la reducción en su accesibilidad, en efecto, su contaminación ha devenido en una de las grandes amenazas para la disposición y reutilización del agua dulce, la acelerada urbanización, el incremento en las actividades agrícolas, el uso de fertilizantes y plaguicidas, la degradación del suelo, las altas concentraciones de población y la deficiente eliminación de desechos afectan en su disponibilidad (Unesco, 2019).

En el Perú el recurso hídrico está distribuido de manera heterogénea y no se encuentra ubicado en el territorio donde existe mayor demanda, la cual genera un grave problema para su distribución, por ejemplo, en la costa peruana donde la concentración de población es más del 70% pero solo el 1.8 % cuenta con el total de agua que se produce; además, entre 7 y 8 millones de peruanos aún no tienen agua potable, siendo Lima la ciudad más vulnerable, con más de 1.5 millones de ciudadanos que no cuentan con este servicio (Oxfam, 2022). A estos problemas de escases de agua se suman el problema de las aguas residuales, de la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008) se desprende que el 70% de estas en el Perú no tienen tratamiento alguno; asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas (Larios, González, & Morales, 2015).

En la ciudad de Jaén uno de los problemas por la cual existe disminución del elemento en mención, es el mal uso que se le da a este recurso. Un claro ejemplo son las actividades diarias que se realizan en los lavaderos de automóviles, estos establecimientos con su funcionamiento generan un alto consumo de agua, por lo tanto, la población tendrá menor acceso en diversas actividades en la que se requiera su uso. Según información brindada por la EPS MARAÑÓN se tiene un porcentaje de población urbana sin acceso a este servicio mediante red pública de 29.34% (Municipalidad Provincial de Jaén, 2019).

### **1.1. Realidad Problemática**

Jaén cuenta con muchos centros de lavados de vehículos debido a la abundante población y a la demanda que existe en este rubro, solo en el sector de Morro Solar bajo cuenta con una cantidad de 14 lavaderos vehiculares (ver anexo 23 y 24) que es la zona donde se ha tomado como referencia para este estudio. Las particularidades de la zona geográfica y las calles no pavimentadas en la provincia de Jaén generan que los vehículos se llenen de polvo y barro de manera constante, los clientes concurren con mayor frecuencia a los centros de lavados vehiculares, incrementando la demanda y al no tener cultura de ahorro de agua y sumado a eso la falta de supervisión hace que se convierta en un grave problema en el transcurso del tiempo, el gasto de este recurso en sus actividades es muy elevada y al no tener ningún tipo de tratamiento no puede ser reutilizada vertiendo el agua residual a las alcantarillas o efluentes donde desembocan ocasionando contaminación ambiental por la presencia de elementos químicos. Considerando las características de los lavaderos de la ciudad de Jaén y en específico los que se ubican en el sector Morro Solar Bajo, para la investigación se tomó como referencia el “Lavadero Castillo” siendo este un lugar con bastante afluencia de vehículos diarios, atendiendo en un aproximado de 40 a 60 motos lineales, 8 carros y entre 20 a 25 mototaxis, requiriendo un promedio mínimo de 2 200 litros diarios y un consumo mensual de 66 000 litros de agua el cual genera un elevado gasto de dicho elemento, es por ello que en este trabajo de investigación se planteó una alternativa mediante el proceso de electrocoagulación el diseño de un prototipo para la reutilización de agua residual en los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén.

### 1.1.1. Planteamiento del problema

¿Cómo reutilizar el agua mediante el proceso de electrocoagulación a través de un prototipo de reutilización para aguas residuales en los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén?

## 1.2. Justificación

Frente a la problemática mencionada y a la ineficiencia de tratamientos y al uso incontrolado de agua, es que nació el interés de desarrollar un prototipo de reutilización de aguas residuales en los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén, mediante el proceso de electrocoagulación, el cual se justifica de la siguiente manera:

- **Social:**

Con la reutilización del agua en los lavaderos vehiculares se disminuirá el gasto ineficiente de este líquido, por la cual más población tendrá un mejor acceso al consumo y realizar más actividades en su beneficio dado que la demanda de agua en los lavaderos vehiculares se reducirá.

- **Económico:**

Con la tecnología a desarrollar en los centros de lavados se minimizará el costo de facturación y aumentará la rentabilidad de la misma, ya que dicho proyecto estará recirculando el agua para uso de sus propias actividades. Además, que se pretende que más locales que prestan este tipo de servicio adopten este sistema y tengan un beneficio en conjunto.

- **Ambiental:**

El lavado de vehículos genera impacto ambiental negativo, por la presencia de partículas químicas presentes en los productos utilizados en las actividades, el cual al no pasar por un sistema de tratamiento antes de ser vertidas a la alcantarilla o en el medio natural pueden ser responsables de contaminación de las vertientes hídricas o como agentes indirectos de enfermedades a la sociedad. Con el sistema de electrocoagulación para el ahorro de consumo de agua en los centros de lavado, se podrá mejorar la calidad de los vertidos y protección del medio ambiente. Sin embargo, el agua reutilizada que ya no se usará en las actividades podría ir a otros lugares o centros donde se pueden alojar o realizar otros usos, esto será de interés de otra investigación.

### **1.3. Hipótesis**

Mediante el proceso de electrocoagulación a través del prototipo de reutilización de agua residual se podrá disminuir el gasto de agua en un 70% en los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar un prototipo de electrocoagulación para la reutilización de las aguas residuales de los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros del prototipo de reutilización de agua en el lavadero Castillo.
- Implementar el prototipo de reutilización de agua en el lavadero Castillo.
- Evaluar económicamente a través del TIR y VAN la viabilidad del proyecto mediante el proceso de electrocoagulación.

## 1.5. Antecedentes

A causa del problema de escasez de agua se han desarrollado una serie de investigaciones para mejorar esta carencia, por la cual a continuación se muestran investigaciones relacionada al proceso de electrocoagulación como una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas residuales.

(Muñoz & Cortes, 2022) Presenta en su investigación como objetivo evaluar un sistema de electrocoagulación a escala de laboratorio para remover turbiedad y DQO, esto a consecuencia de la problemática que se presentaba con el agua residual de pelambre, el cual contenía altas sustancias contaminantes. En su investigación de tipo experimental uso un reactor de electrocoagulación que fue conformado por un recipiente plástico y electrodos con el cual se realizaron diferentes pruebas, logrando resultados de 99.75% de remoción de turbiedad y 45.59 % de remoción de sulfuros, usando la cantidad de 4 electrodos y 99.40% de remoción de sólidos, 45.59% de remoción de sulfuros para 6 electrodos. Concluyendo que el número de electrodos, corriente y voltaje influye en los resultados de remoción de turbiedad.

(Brenes, 2019) Afirmó en su investigación que consiste en un conjunto de sistemas de tratamiento de aguas residuales provenientes de residencias, el cual consiste de dos (02) tipos de tratamientos, el primer tratamiento primario consiste en un digestor anaeróbico con condición mesofílica y como segundo tratamiento la electrocoagulación, el cual es un proceso energéticamente eficiente y tiene un bajo costo de ensamblaje y es apto para la automatización, además que estima que con este proceso se puede remover hasta el 90% de materia orgánica presente en el efluente y que es un método viable para su aplicación en diferentes lugares del país.

(Cuba, 2020) Plantea en su investigación evaluar el método de electrocoagulación para el tratamiento de agua residuales procedentes de las lavadoras para la reutilización en riego de vegetales, teniendo como metodología de su investigación de tipo, descriptivo, correlacional y analítico en el cual se va a realizar mediciones y evaluación de parámetros del tratamiento de electrocoagulación, medición de grado de relación entre variables y comparación de resultados obtenidos de la variable independiente vs variable dependiente respectivamente. Este proyecto se desarrolló a raíz del uso excesivo del agua en las lavadoras, generando altos costos por el uso de dicho elemento. Los resultados obtenidos a través del proceso de electrocoagulación mediante una celda electroquímica con capacidad de 10 litros de agua para su tratamiento alcanzaron resultados de 99.02% en remoción de turbiedad y 90.83% Demanda Química de Oxígeno (DQO).

(Peche & Quispe, 2020) Expone en su investigación mejorar la eficiencia del proceso de lavado de autos, mediante un sistema de reutilización de agua residual por electrocoagulación. Teniendo como metodología de investigación de tipo aplicada por efecto de aplicación y validación de nuevos conceptos y experimental debido a que se diseñará y probará un experimento a mediana escala. Este proyecto tiene como propósito disminuir las grandes proporciones de agua potable que se aplican en los centros de lavado tradicionales. Además, realizaron experimentos mediante un prototipo para determinar con mayor precisión la efectividad del proceso de reutilización de aguas residuales. Dando como conclusión la viabilidad de la implementación de tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de electrocoagulación por los resultados en la efectividad, en la remoción de productos químicos presentes en el agua residual, además de la rentabilidad que genera reduciendo los gastos por consumo de agua.

(Rivas & Rojas, 2020) fórmula como objetivo determinar la influencia del método de electrocoagulación en la calidad de agua residual de la laguna de estabilización del sistema PTAR San José – Lambayeque. Consecuentemente por la falta de alternativas de tratamiento para las aguas residuales urbanas o industriales que generan contaminación al medio ambiente, incluyendo la falta de tratamiento de las aguas residuales de las lagunas San José el cual generan impacto negativo en la naturaleza y la aparición de epidemias, producción de gases y contaminación de cuerpos receptores. En su investigación de tipo experimental se realizó el diseño y construcción de la celda electrolítica con capacidad de 3.9 litros de agua residual en la que se realizó las pruebas del proceso de electrocoagulación utilizando como material para los electrodos aluminio y acero inoxidable, logrando como resultados para turbiedad valores por encima del LMP logrando obtener agua cristalina en la zona de reacción. Concluyendo que el método de electrocoagulación es efectivo para la remoción de contaminantes, obteniendo parámetros que sobrepasan la normativa nacional de los LMP.

## **1.6. Bases Teóricas**

### **1.6.1. Reutilización de aguas residuales**

El sistema de reutilización de agua tiene como fin específico mejorar la calidad y de cumplir con los requisitos de las aguas regeneradas. Cada día es mayor la necesidad de reutilizar el agua en usos y actividades en las cuales esto sea posible. En talleres de lavado de autos, es factible reciclar gran parte del agua que se emplea en el lavado, reduciendo de esta manera su consumo, lo cual representa una mayor certidumbre en la disponibilidad del agua, y un ahorro que en el transcurso del tiempo amortizará el costo de inversión de la planta y reducirá los costos de consumo de agua. (Festa, 2014).

## 1.6.2. Aguas Residuales

Son aquellos que se componen de todas las aguas que han sufrido el impacto de la actividad humana, en su mayoría son de ambientes domésticos o industriales. Después de su utilización éstas pueden albergar ciertos contaminantes, ya sea de naturaleza física, química u orgánica. Es importante considerar que no todas las aguas residuales contienen la misma dosis o calidad de contaminantes (Telwesa, 2024). Hay diversas maneras de categorizar el agua residual, ya sea considerando su cantidad, el tipo de sustancias que incluye o sus propiedades. Según su origen, las aguas residuales pueden categorizarse como:

- 1.6.2.1. **Aguas residuales domésticas o urbanas:** Su utilización del agua se da en hogares, zonas urbanas y de servicios. Tienen alta concentración de contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como de bacterias.
- 1.6.2.2. **Aguas residuales industriales:** Son aguas empleadas en cualquier tipo de actividad minera, agrícola, centros de producción agroindustrial o energética. Estas aguas se distinguen por poseer metales pesados y componentes químicos.
- 1.6.2.3. **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales que pueden estar mezcladas con agua de drenaje pluvial o con agua de origen industrial previamente tratados, para ser admitidos en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (OEFA, 2014).

**Figura 1.**

*Ciclo de manejo de las aguas residuales municipales*



**Fuente:** Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014).

#### 1.6.2.4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Son infraestructuras y procesos que permiten ejecutar la purificación del agua utilizada y de aguas residuales, ya sea domésticas o municipales y que puedan ser devuelto de manera segura al medio ambiente.

### 1.6.2.5. Tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales representan un conjunto compuesto de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, empleados con el objetivo de purificar las aguas residuales hasta un nivel que permita lograr la calidad necesaria para su disposición final, o su uso a través del reúso (SINIA & MINAM, s.f.).

### 1.6.3. Límite Máximo Permissible (LMP)

Se refiere a la evaluación del grado de concentración a nivel de elementos, sustancias o mediante parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida puede provocar o causar perjuicios a la salud, al bienestar de las personas y al medio ambiente. El Ministerio del Ambiente (MINAM) tiene la obligación legal de exigir su cumplimiento mediante (DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, 2010), así como las entidades que integran el Sistema de Gestión Ambiental. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM, deben monitorear y velar para que se cumplan con la ejecución de los protocolos de Monitoreo.

**Tabla 1.**

*Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

**Fuente:** Tomado de (DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, 2010).

#### **1.6.4. Electrocoagulación**

Es un método alternativo para la depuración de aguas residuales. Consiste en un proceso de desestabilización de los contaminantes del agua ya estén en suspensión, emulsionados o disueltos, mediante la acción de corriente eléctrica directa de bajo voltaje y por la acción de electrodos metálicos de sacrificio, normalmente aluminio/hierro. Se trata de un equipo compacto que opera en continuo, mediante un reactor de especial diseño donde se hallan las placas o electrodos metálicos para producir la electrocoagulación. En este proceso se genera una elevada carga de cationes que desestabilizan los contaminantes del agua residual, se forman hidróxidos complejos, estos tienen capacidad de adsorción produciendo agregados (flóculos) con los contaminantes. De otro lado, por la acción del gas formado se genera turbulencia y se empuja hacia la superficie los flóculos producidos. Además en la electrocoagulación se genera la oxidación química que permite oxidar los metales y contaminante a especies no tóxicas y degradar la DQO/DBO de forma sustancial, también permite la eliminación de contaminantes (aceites y grasas, metales pesados, coloides, moléculas orgánicas, color, etc.) en suspensión, disueltos o emulsionados de aguas residuales muy diversas, procedentes de las industrias galvanoplástica, alimentaria, del papel, de la piel, siderúrgica, textil, así como también lavanderías y plantas de producción de agua para el consumo humano entre otras (Tuset, 2025).

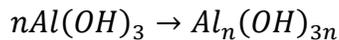
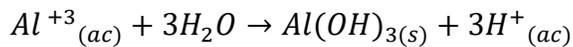
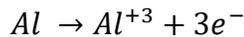
#### **1.6.5. Reacciones electroquímicas que ocurren en el proceso de electrocoagulación**

Durante la electrólisis ocurre una serie de procesos físicos y químicos que permiten la remoción de los contaminantes. Estos procesos se pueden describir de la siguiente manera: En los electrodos ocurren una serie de reacciones que proporcionan iones tanto positivos como negativos. El ánodo provee iones metálicos el cual se le conoce como electrodo de sacrificio, ya que la placa metálica que lo conforma se disuelve, mientras la placa que forma el cátodo permanece sin disolverse. Los iones producidos cumplen la función de desestabilizar las cargas que poseen las partículas contaminantes presentes en el agua.

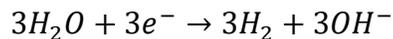
Cuando estas cargas se han neutralizado los sistemas que mantienen las partículas en suspensión desaparecen, permitiendo la formación de agregados de los contaminantes e iniciando así el proceso de coagulación. En el siguiente caso se presentan las reacciones químicas que ocurren con el electrodo de aluminio que se está usando como Cátodo y ánodo (Restrepo, Garces, & Arango, 2006).

Reacciones del electrodo aluminio

En el ánodo:



En el cátodo:



Los iones  $Al^{+3}$  en combinación con los  $OH^{-}$  reaccionan para formar algunas especies monoméricas como  $Al(OH)_2^{+}$ ,  $Al_2(OH)_2^{+}$ ,  $Al(OH)_2^{+}$ , y otras poliméricas, tales como  $Al_6(OH)_{15}^{3+}$ ,  $Al_7(OH)_{17}^{4+}$ ,  $Al_8(OH)_{20}^{4+}$ ,  $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$  y  $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$  que por procesos de precipitación forman el  $Al(OH)_{3(s)}$ , como se muestra en la reacción de ánodo. El  $Al(OH)_{3(s)}$  es una sustancia amorfa de carácter gelatinoso, que expone una gran área superficial con propiedades absorbentes y que es propicia para los procesos de absorción y atracción de las partículas contaminantes.

#### 1.6.6. Diseño y operación del reactor de electrocoagulación

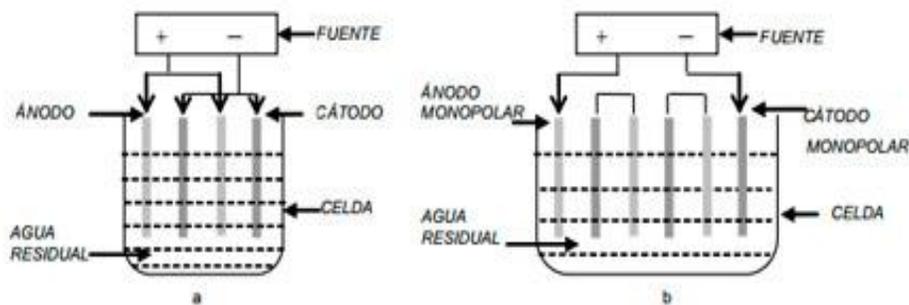
Los reactores para la electrocoagulación pueden clasificarse como reactores tipo Batch o reactores de sistema continuo, la selección de estos depende de las características del contaminante y de su concentración.

## El reactor tipo Bach

Encontramos que éste debe operar con un volumen determinado de agua residual para tratar en un ciclo. Tiene como desventaja que sus condiciones cambian con el tiempo, pero tiene también la ventaja de ser simple y de bajo costo para el tratamiento localizado de aguas.

### Figura 2.

*Reactores tipo Bach monopolares conectados en paralelo (a) y en serie (b) respectivamente.*



**Fuente:** Reactores para electrocoagulación tipo Bach (Restrepo, Garces, & Arango, 2006).

### 1.6.7. Parámetros físicos químicos

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Samboni & Carbajal, 2007).

### **1.6.7.1. Temperatura**

Es una magnitud física que se define como la cantidad de energía cinética de un cuerpo, objeto o del medio ambiente en general y se mide en grados. Los efectos de la temperatura sobre la electrocoagulación no se han observado significativamente en investigaciones, sin embargo, se ha descubierto que la eficiencia en la corriente se eleva inicialmente hasta alcanzar los 60 °C, donde alcanza su punto máximo para después disminuir (Aguilar, 2015).

### **1.6.7.2. PH**

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. En realidad, el pH es una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico (Universidad Complutense de Madrid, 2023).

### **1.6.7.3. Sólidos suspendidos Totales (SST)**

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) son un conjunto de sustancias atrapadas durante el proceso de filtración con un filtro de tamaño predefinido (Residuo – no filtrable). Estos sólidos pueden abarcar desde partículas sedimentarias o lodosas hasta fragmentos de materia vegetal, como hojas o tallos, e incluso incluir larvas de insectos y huevos (OPESA, 2025).

### **1.6.7.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar el total de la materia orgánica presente en una muestra de agua residual hasta dar bióxido de carbono y agua como productos finales bajo condiciones controladas. La determinación se logra al definir la cantidad de un oxidante específico que es consumido durante la reacción y se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno (BARRERA, 2016).

#### **1.6.7.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por un agua residual durante la oxidación por vía biológica, de la materia orgánica biodegradable presente en dicha agua residual, en unas determinadas condiciones de ensayo (20°C, presión atmosférica, oscuridad y muestra diluida con agua pura manteniendo condiciones aerobias durante la prueba) en un tiempo dado. Refleja la materia orgánica que existe en el agua, indicando el oxígeno necesario para alimentar a los microorganismos y las reacciones químicas (BARRERA, 2016).

#### **1.6.7.6. Turbidez**

Se refiere a la claridad o transparencia del agua. Se mide evaluando la cantidad de partículas en suspensión, como tierra, arcilla, materia orgánica, etc. Esta característica es muy importante pues permite evaluar la calidad de agua e indicar la presencia de microorganismos o contaminantes.

#### **1.6.7.7. Conductividad**

La conductividad del agua es una medida de su capacidad para conducir electricidad. Depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo. Un aumento en la conductividad eléctrica genera un incremento en la densidad de corriente cuando se mantiene constante el voltaje alimentado a la celda de electrocoagulación. La unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Aguilar, 2015).

#### **1.6.7.8. Coliformes Totales (NMP)**

El término genérico coliformes alude a un conjunto de especies bacterianas que comparten ciertos rasgos bioquímicos de relevancia común, como señales de contaminación en el agua y los alimentos. Estos tipos de bacterias son muy comunes encontrar en aguas residuales.

### 1.6.8. Coagulación y Floculación

La coagulación y la floculación son procesos esenciales para separar y eliminar los sólidos suspendidos en el agua y el tratamiento de aguas residuales. Estos procesos mejoran la claridad del agua y reducen la turbidez. La coagulación y la floculación extraen los sólidos en suspensión que pueden tardar días o incluso décadas para asentarse en el agua de forma natural. (Ingersoll Rand, 2023).

### 1.6.9. Sedimentación del agua

La sedimentación consiste en la remoción de partículas más pesadas que el agua por acción de la fuerza de la gravedad. Puesto que la sedimentación de lodos de aguas residuales es un proceso que depende del tiempo, el sistema que involucra la sedimentación de lodos puede analizarse dinámicamente y el conocimiento del comportamiento dinámico de las partículas, es primordial para conocer las ecuaciones de movimiento de las mismas cuando estén sedimentando (Oliva & Vallejos, 2008).

### 1.6.10. Indicadores económicos

#### 1.6.10.1. El Valor Actual Neto (VAN)

Llamado también Valor Presente Neto (VPN), es la diferencia entre el valor presente de los ingresos futuros que percibirá una empresa y la cantidad que invierte para sacar adelante un proyecto. Si el resultado de esta operación es positivo; es decir, es rentable, quiere decir que el negocio es viable. (García, 2021).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_1}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_t}{(1+k)^n} \dots \mathbf{Ec 01}$$

Donde:

- $F_t$  = Son los flujos de dinero en cada periodo  $t$ .
- $I_0$  = Es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ ).
- $n$  = Es el número de periodos de tiempo.
- $K$  = Descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

### 1.6.10.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Arroja el valor de ganancia o pérdida que tendrá un proyecto para todas las partes involucradas. Está muy ligado al VAN, pues también se define como el valor de la tasa de descuento que hace posible que el Valor Actual Neto sea igual a cero. (García, 2021).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_1}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_1}{(1 + TIR)^n} = 0 \dots \mathbf{Ec02}$$

Donde:

- $F_t$  = Son los flujos de dinero en cada periodo  $t$ .
- $I_0$  = Es la inversión realizada en el momento inicial ( $t = 0$ ).
- $n$  = Es el número de periodos de tiempo.

En los casos cuando el proyecto o inversión se emplean recursos propios, se pueden dar las siguientes opciones.

- $TIR > 0$ . El proyecto es aceptable, la rentabilidad es mayor que la rentabilidad mínima requerida o coste de oportunidad.
- $TIR < 0$ . El proyecto se rechaza, la rentabilidad es menor que la rentabilidad mínima requerida.
- $TIR = 0$ . Es indiferente realizar el proyecto, no se gana ni pierde.

### 1.6.11. Sanciones y multas por contaminar los recursos hídricos

Dentro de las autoridades que protegen el uso adecuado del agua y sancionan la contaminación, se encuentran: ANA (Autoridad Nacional del Agua) y la SUNASS (Super Intendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).

- **Autoridad Nacional del Agua**

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N°01-2010-AG, determina que la Autoridad Nacional del Agua ejerce la facultad sancionadora de la entidad ante cualquier infracción a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos – Ley 29338 o su reglamento por parte de las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, sean o no usuarios de agua. Así mismo será la encargada de calificar las acciones u omisiones de las personas naturales o jurídicas, como infracciones leves, graves o muy graves que se encuentran en la tabla 2 especifica los tipos de infracciones con los que se puede multar en caso concurra en contaminación de fuentes naturales.

**Tabla 2.**

*Multas y/o sanciones*

TIPO INFRACCIÓN		AVISO/MULTAS
Observación		Notificación
	Leve Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas.	0,5 – 2 UIT
Denuncia	Grave Efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas, sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua.	2 – 5 UIT
	Muy grave Arrojar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial.	5 – 10 000 UIT

**Fuente:** (LEY DE LOS RECURSOS HÍDRICOS - LEY N°29338, 2010).

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Objeto de estudio

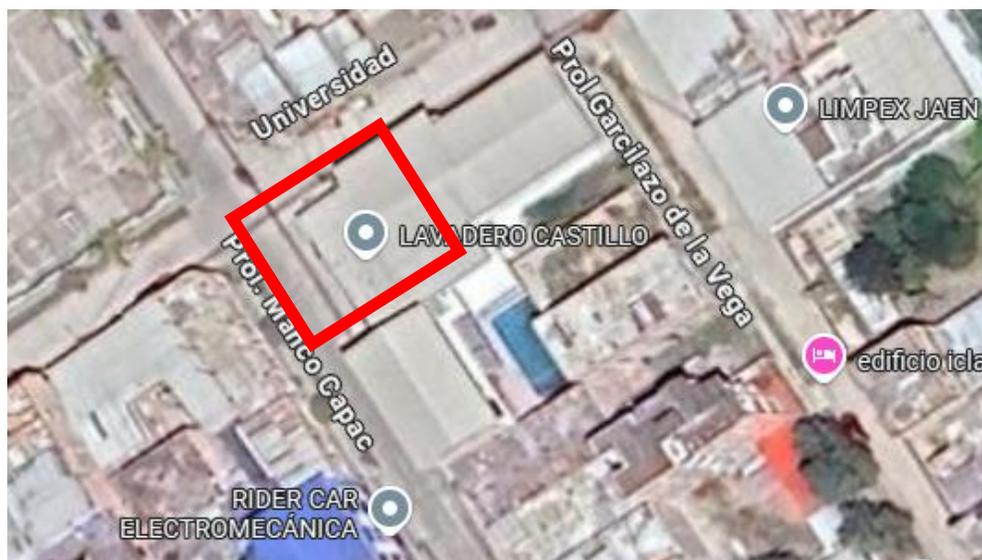
Diseño e implementación de un prototipo de electrocoagulación para la reutilización de las aguas residuales de los lavaderos vehiculares de la ciudad de Jaén.

### 2.2. Ubicación del área de estudio

Esta investigación se desarrolló en el Lavadero Castillo, ubicado entre la calle Universidad – Prolongación Manco Cápac en la provincia de Jaén, departamento Cajamarca.

#### Figura 3.

*Ubicación lavadero Castillo*



**Fuente:** Mapa geográfico del lugar. Capturado de Google Maps.

### **2.3. Población, muestra y muestreo**

La selección de la muestra es no probabilística o por conveniencia, ya que este tipo de muestra relaciona las causas con las características de la investigación. En este caso se toma como referencia el lavadero “Castillo” debido a que tiene características similares a los demás lavaderos de la ciudad de Jaén. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernandez Sampieri, 2014).

#### **2.3.1. Población**

Conjunto de lavaderos del sector Morro Solar Bajo de la provincia de Jaén (ver anexo 23 y 24).

#### **2.3.2. Muestra**

Lavadero Castillo ubicado en la Prolongación Manco Cápac y calle Universidad.

#### **2.3.3. Muestreo**

No probabilístico – por conveniencia.

## **2.4. Metodología de la investigación empleada**

### **2.4.1. Método de la investigación**

El Método de investigación descriptivo nos permite recolectar datos del antes y después del proceso de electrocoagulación a través del prototipo de reutilización de agua residual, el cual nos sirvió para realizar gráficos descriptivos que nos permitió interpretar resultados. El método descriptivo realiza recopilación de datos, se lleva a cabo una evaluación para organizar, resumir y presentar la información de manera coherente, esto puede implicar estadísticas descriptivas, tabulación de datos, análisis de contenido o técnicas cualitativas de codificación. (Vizcaíno, Cedeño, & Maldonado, 2023).

### **2.4.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue aplicada ya que presenta una solución a problemas a través de la búsqueda de conocimientos teóricos con fines de aplicación inmediata. En este tipo de investigación nos permite aplicar conocimientos teóricos para el diseño del prototipo para reutilización de agua residual. Conocida también como práctica o empírica, esta investigación busca el conocer, para hacer, actuar, construir y para modificar (Leyton, 2012).

### **2.4.3. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue experimental ya que se trabajó con parámetros físicos químicos del agua residual para poder comparar los resultados del antes, durante y después del proceso de electrocoagulación. En este enfoque se obtiene su información de la actividad intencional, realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga y así poder observar los resultados, al tiempo que procura evitar, que otros factores intervengan en la observación, por lo que permite con más seguridad establecer relaciones de causa a efecto (Leyton, 2012).

## **2.5. Técnicas**

### **a) Fichas de recolección de datos**

Para los datos tanto en campo como para el análisis físico – químico que se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén, se elaboraron fichas para registrar nuestros apuntes.

### **b) Observación visual**

Se realizó visitas in situ al lavadero vehicular Castillo, para recolectar información, datos tales como la cantidad de vehículos que atienden a diario, la cantidad de agua consumida, funcionamiento y a la infraestructura del establecimiento.

### **c) Investigación documental**

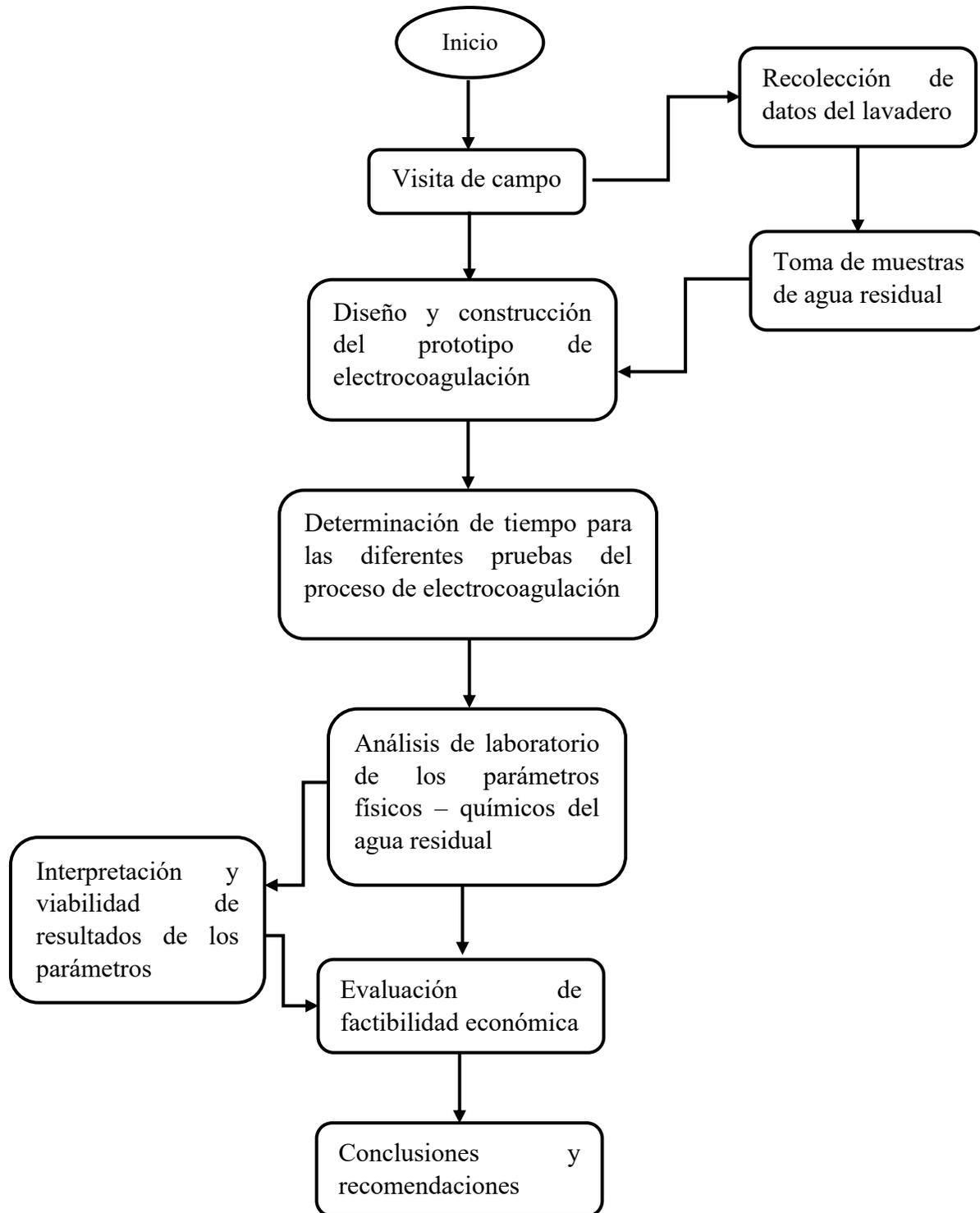
Indagación de documentos bibliográficos como tesis, revistas, artículos, etc. Que nos sirvieron como base para nuestra investigación.

## **2.6. Procedimientos**

En figura 4 se muestran los procedimientos que se realizó durante el desarrollo de la investigación.

**Figura 4.**

*Diagrama de flujo del procedimiento de investigación*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Para la realización de la investigación se realizaron los siguientes procedimientos:**

### **2.6.1. Visita de Campo**

Se realizó la visita al lavadero Castillo donde tuvo como objetivo identificar deficiencias del establecimiento relacionado al funcionamiento tradicional que tiene como consecuencias el mal uso del agua. Esta visita nos permitió entender y poder describir la problemática que se presentó en dicho establecimiento.

- La recolección de datos se realizó a través de fichas elaboradas mediante Excel.
- Toma de muestras de agua residual que sirvió para las diferentes pruebas del proceso de electrocoagulación.

### **2.6.2. Diseño y construcción del prototipo de electrocoagulación**

Se realizó el diseño del prototipo mediante el programa SolidWorks y la construcción del mismo mediante material de vidrio templado transparente quedando de esta manera resistente y con visibilidad para poder observar las reacciones que ocurrieron durante el proceso, los electrodos que forman parte del prototipo fueron de material de aluminio.

### **2.6.3. Determinación de tiempo para las diferentes pruebas del proceso de electrocoagulación**

(Rivas & Rojas, 2020) realizó un prototipo de electrocoagulación con capacidad de 3.9 litros para un tiempo de 60 minutos, el cual obtuvieron resultados de los parámetros físicos químicos dentro los Límites máximos permisibles, también menciona en sus conclusiones que a mayor tiempo el pH se vuelve más alcalino. En conclusión, de acuerdo a Rivas y otros autores se determinó el tiempo adecuado para nuestro proyecto de 12 y 24 minutos basados en la capacidad de nuestro prototipo y también en los resultados de algunos parámetros realizados en laboratorio.

## **2.6.4. Análisis de laboratorio de los parámetros físicos – químicos del agua residual**

### **2.6.4.1. Determinación de características físicas y químicas**

#### **a) Temperatura y conductividad.**

En un vaso precipitado se vertió 60 ml de la muestra de agua tomada (A, B y C) los cuales estuvieron etiquetados con sus respectivos tiempos, con el instrumento digital Cond 7110 debidamente calibrado se tomaron las lecturas de los datos de la conductividad y temperatura, los cuales fueron registrados en una libreta de campo.

#### **b) pH**

Se utilizó el medidor de pH 3310 para la toma de lecturas, los cuales estaban colocadas en 3 vasos precipitados de 60 ml cada uno debidamente etiquetados, se esperó unos segundos hasta que la lectura se estabilice y se pueda anotar los resultados.

#### **c) Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Se utilizó el Método Estándar 2540-D, el cual es una técnica que sirvió para determinar el peso de los SST, con los siguientes pasos:

1. Tarar el Filter Papers Whatman N°42 en su forma original, tomando el peso individualmente de cada uno.
2. Filtrar el agua de las muestras A, B y C, con una cantidad de 100 ml el cual se realizó en un tiempo determinado.
3. Secar el Filter Papers Whatman N°42 en la estufa a una temperatura de 103-105 °C, y esperar 30 minutos para que enfrié.
4. Tarar el Filter Papers Whatman N°42 para los resultados finales de los SST.

**d) Turbidez**

Se utilizó el turbidímetro 430 T debidamente calibrado con el blanco patrón para poder obtener resultados precisos, de las muestras A, B y C.

**e) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Para las siguientes muestras se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca. Para determinar los siguientes parámetros se utilizó el Método del Límite Cuantificación (LCM), el cual se realizó en tiempo de 7 días.

1. Se realizó la toma de muestra en los frascos de plástico (para ensayos de DBO y DQO), enjuagando de 1 a 2 veces con porciones de la muestra. Luego se llenó el frasco de DBO (1 Litro) evitando que contenga burbujas. Asimismo, para el frasco de DQO se utilizó un volumen de 250 ml; y se agregó 15 gotas de preservante de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), con la finalidad que el  $pH < 2$  requerido por el método de ensayo.
2. Las muestras se enviaron en caja de Tecnopor, y para la preservación de la temperatura se usó bolsas de hielo ó ice pack.

**2.6.4.2. Determinación de características microbiológicas**

**a) Coliformes Totales**

Para las muestras de Coliformes Totales; se realizó en un frasco de vidrio de 250 ml estéril, se recolecto hasta  $\frac{3}{4}$  partes del frasco dejando un espacio de aire, luego se colocó en una bolsa de plástico poli burbuja en la caja de Tecnopor para evitar rupturas durante el transporte, para la obtención de resultados de determinó en 7 días.

### 2.6.5. Evaluación de factibilidad económica

Para la evaluación de viabilidad financiera, se tomaron en cuenta los costos vinculados al desarrollo del proyecto, tales como los costos de compra del equipo requerido para la ejecución de las propuestas, en contraposición a los costos que se producen de forma convencional. Se evaluaron los indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), durante un periodo específico, y se comprobó si las propuestas son viables en el contexto económico.

### 2.7. Análisis de datos

Para la organización y análisis de datos recopilados se emplearon los siguientes softwares:

- a) **SolidWorks:** Se utilizó para el diseño del prototipo el cual nos permitió hacer también una simulación de todo el sistema implementado como sugerencia en el lavadero Castillo.
- b) **Excel:** Se utilizó para registrar los datos tomados en el lavadero y en el laboratorio para la realización de las gráficas de cada parámetro detalladas en los resultados. Así mismo para la evaluación económico de viabilidad del proyecto.

### 2.8. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se utilizaron para las mediciones de los parámetros físicos – químicos como para la construcción del prototipo de la celda de electrocoagulación, se describe a continuación:

#### **Materiales para la construcción del prototipo:**

- Electrodo de aluminio.
- Celda electrolítica (vidrio transparente).
- Terminales eléctricos tipo plug RCA.
- Soportes de los electrodos o esparcimientos - Filamento de impresión 3D. (PolyMax PC Blanco 1.75mm 750).

### **Equipos utilizados para las pruebas:**

- Fuente de Alimentación eléctrica (AC/DC 4 - 6 A, 13.8 V) Modelo: RPS1204.
- Medidor de conductividad INOLAB Cond 7110.
- PHMETRO PORTÁTIL 3310 SET 2 WTW.
- TURBIDÍMETRO PORTÁTIL TURB 430T.
- Balanza Analítica BOECO BAS 31 PLUS.
- Filter Papers Whatman N°42.
- Estufa de secado FD 115.
- Desecador de vacío de laboratorio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. O.E.1: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL LAVADERO CASTILLO

##### 3.1.1. Análisis de laboratorio de los parámetros físicos químicos del agua residual

Se realizaron tres muestras, con un tiempo inicial de 0 minutos (antes del proceso), 12 y 24 minutos para cada parámetro. Estas pruebas se llevaron a laboratorio para realizar los estudios físicos químicos del agua residual, con la finalidad de identificar mediante sus características el efecto que causó en las diversas pruebas a través del proceso de electrocoagulación, teniendo resultado favorables a los intereses del proyecto.

#### Figura 5.

*Análisis de parámetros físicos químicos del agua residual*



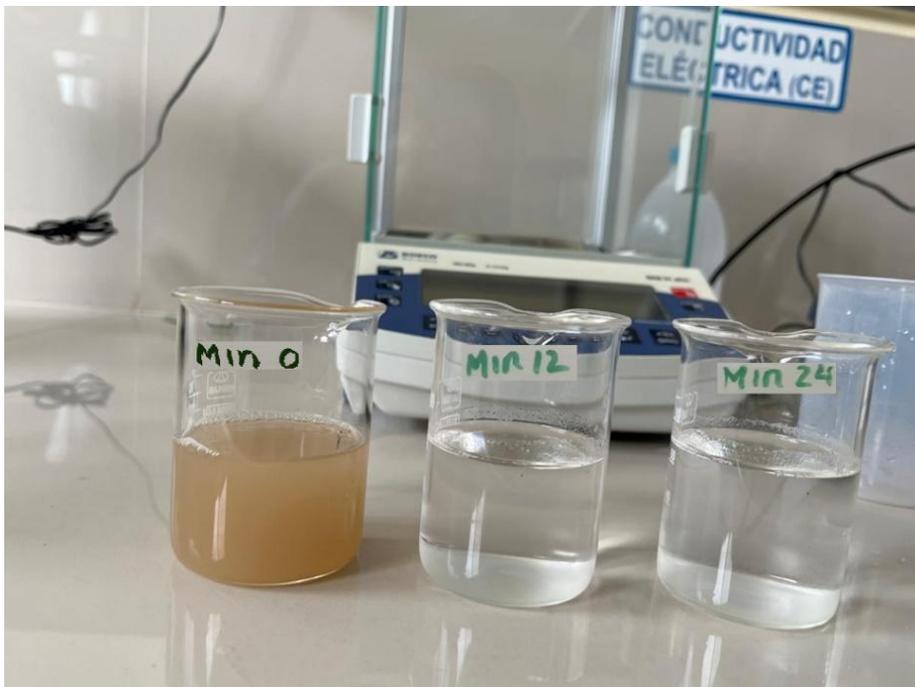
*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.2. Comparación de los resultados finales de los parámetros antes y después del proceso de electrocoagulación

Con los resultados obtenidos en el laboratorio de los parámetros físicos químicos se realizó una comparación antes y después del proceso de electrocoagulación con la cual se pudo ver la gran diferencia no solo en el aspecto físico, sino también de la composición química del agua residual, donde los resultados que se mostrarán en las tablas de cada parámetro argumentan la viabilidad de dicho proceso para el tratamiento de aguas residuales.

**Figura 6.**

*Comparación y visualización de resultados*



**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.1.3. Evaluación de los parámetros físicos químicos del agua residual**

Se realizó en laboratorio la evaluación de los parámetros físicos químicos antes y después del proceso de electrocoagulación, los cuales son los siguientes.

- Temperatura.
- PH.
- Turbidez.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST).
- Conductividad.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- Coliformes Totales (MNP).

### **3.1.4. Descripción de los parámetros físicos químicos realizados en el laboratorio**

#### **3.1.4.1. Temperatura**

Para este parámetro se consideró tres muestras, con un tiempo inicial determinado  $t = 0 \text{ min}$ , intermedio  $t = 12 \text{ min}$  y final  $= 24 \text{ min}$ . Con un voltaje constante de 10 voltios. Para las lecturas de las medidas de temperatura todos estuvieron dentro de los LMP ( $< 35^\circ\text{C}$ ). En la figura 7 se muestra un ligero incremento de la temperatura B y C con respecto a la temperatura A, esto a consecuencia de que en el proceso de electrocoagulación existe la liberación de iones de aluminio lo que genera que la temperatura se incremente ligeramente además sin dejar de mencionar también que estas se van calentando ligeramente de acuerdo a la temperatura ambiente.

**Tabla 3.**

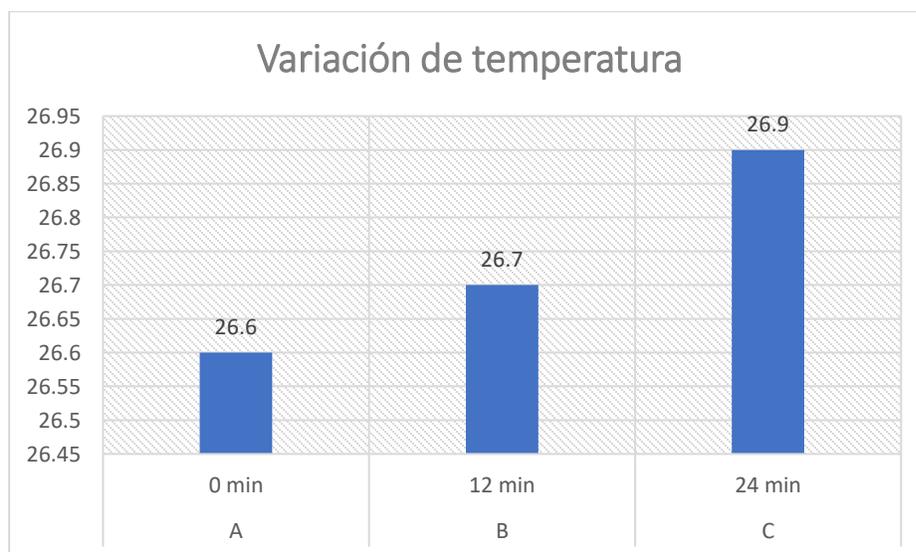
*Valores de temperatura de las muestras tomadas del Lavadero Castillo*

<b>Muestra</b>	<b>LMP</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
A	<35°C	0 min	26.6
B	<35°C	12 min	26.7
C	<35°C	24 min	26.9

**Nota.** Los valores de temperatura fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 7.**

*Variación de temperatura*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 3.1.4.2. pH

Para las lecturas de los valores obtenidos del pH, se realizaron tres muestras de las cuales todos estuvieron dentro de los Límites Máximos Permisibles en un rango de 6.5 – 8.5 que es ideal para la mayoría de tratamientos biológicos. En la tabla 4 se muestra el pH del agua residual que indican que están dentro del rango de alcalinidad por la cual los elementos contaminantes pueden ser removidos fácilmente.

**Tabla 4.**

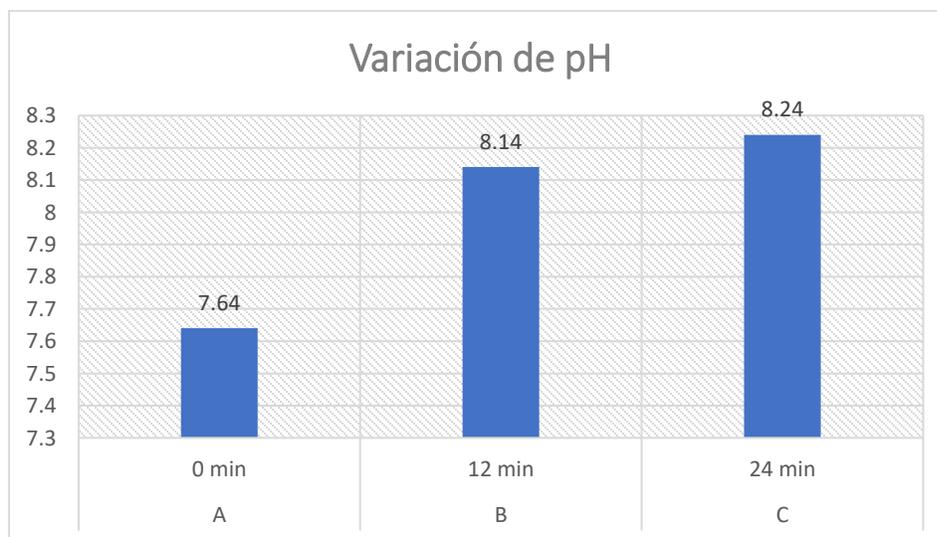
*Valores de pH de las muestras tomadas del Lavadero Castillo*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	pH (unidad)
A	6.5 - 8.5	0 min	7.64
B	6.5 - 8.5	12 min	8.14
C	6.5 - 8.5	24 min	8.24

**Nota.** Los valores de pH fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 8.**

*Variación del pH*



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.1.4.3. Turbidez

Los valores que se obtuvieron de las muestras del lavadero antes del tratamiento estuvieron en 455 NTU. Después en un tiempo de 12 minutos se logró como resultados de 30.9 NTU, y para un tiempo final de 24 minutos de 16.2 NTU. El bajo valor que se obtuvo es consecuencia del proceso de electrocoagulación, pues mediante este tratamiento es que se forma la coagulación que se ve reflejado en el burbujeo entre el ánodo y cátodo que permite llevar las partículas y coloides a la parte superior de la celda el cual es conocido como (zona de flotación), dejando en la parte media (zona de reacción) un agua más cristalina.

**Tabla 5.**

*Valores de turbidez de las muestras tomadas del Lavadero Castillo*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	Turbidez (NTU)
A	-----	0 min	455
B	-----	12 min	30.9
C	-----	24 min	16.2

**Nota.** Los valores de turbidez fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 9.**

*Variación de Turbidez*



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.4.4. Conductividad

Para realizar la toma de mediciones de la conductividad se realizaron tres muestras como se refleja en la tabla 6, las cuales antes del tratamiento (0 min) tenía un valor de 259 uS/cm y con los tiempos de tratamiento a 12 minutos y 24 minutos obtuvo valores de 288 uS/cm y 275 uS/cm respectivamente, lo que quiere decir que al incrementar la conductividad existe un aumento de los contaminantes disueltos en el agua, estos valores no influyen directamente en la calidad del agua residual tratada.

**Tabla 6.**

*Valores de conductividad tomadas del Lavadero Castillo*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	Conductividad(uS/cm)
A	-----	0 min	259
B	-----	12 min	288
C	-----	24 min	275

**Nota.** Los valores de conductividad fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 10.**

*Variación de la Conductividad*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.4.5. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

En tabla 7, se detallan los resultados de los sólidos suspendidos totales, en la muestra A el valor es mayor a los límites máximos permisibles y en la muestra B y C los resultados son menores al límite, lo que significa que la zona de reacción queda libre de flóculos debido a la acción de las burbujas formadas por la electrocoagulación que ascienden a la superficie.

**Tabla 7.**

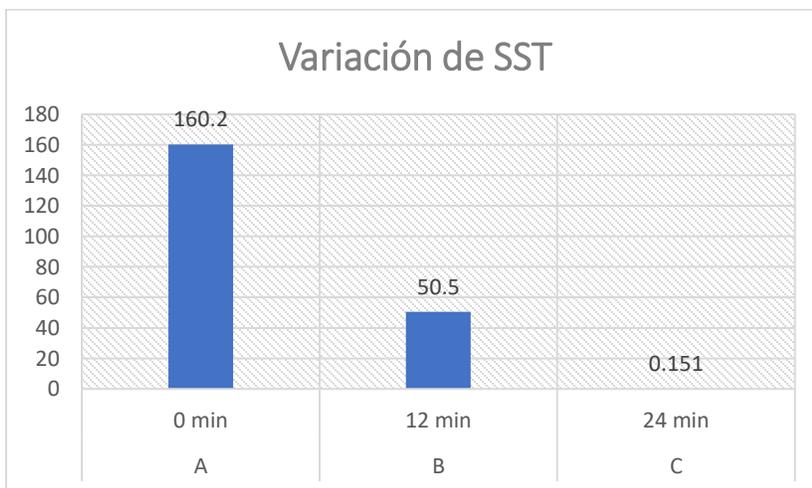
*Valores de solidos suspendidos totales tomadas del Lavadero Castillo*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	SST (mg/l)
A	150 mL/L	0 min	160.2
B	150 mL/L	12 min	50.5
C	150 mL/L	24 min	0.151

**Nota.** Los valores de SST fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 11.**

*Variación de los SST*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.4.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

En la tabla 8, los valores obtenidos del DBO5 para la muestra A son mayores a los LMP, a diferencia de las muestras B y C que se encuentran dentro de los LMP. Lo que significa que el agua residual ha recibido un buen tratamiento y está disponible para ser reutilizada.

**Tabla 8.**

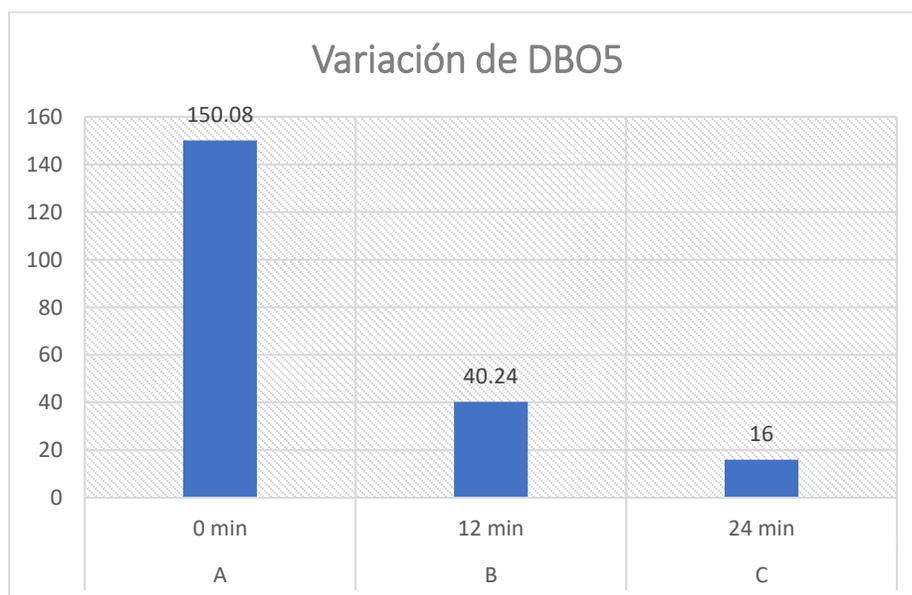
*Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	DBO5 mg/L
A	100 mg/L	0 min	150.08
B	100 mg/L	12 min	40.24
C	100 mg/L	24 min	16.00

**Nota.** Los valores de DBO5 fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 12.**

*Variación de DBO5*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.4.7. Demanda química de Oxígeno (DQO)

En la tabla 9, se muestra los resultados para la muestra A los valores obtenidos son mayores a los LMP lo que significa que el agua residual tiene alta concentración de contaminantes, en la muestra B y C los valores obtenidos están por debajo de los LMP indicando que la calidad del agua ha mejorado en cuanto a la disminución de contaminantes y esta apta para ser reutilizada.

**Tabla 9.**

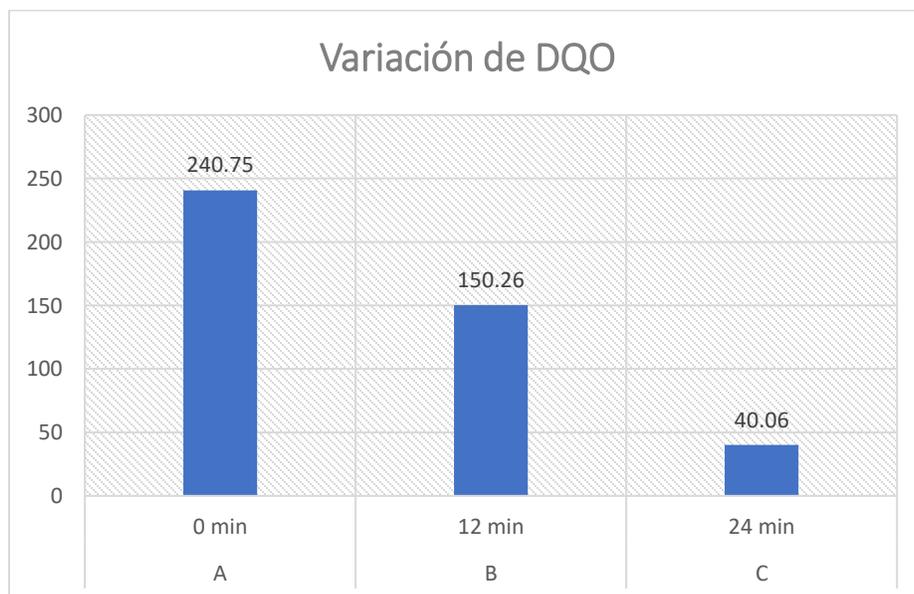
*Variación de la Demanda Química de Oxígeno*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	DQO mg/L
A	200 mg/L	0 min	240.75
B	200 mg/L	12 min	150.26
C	200 mg/L	24 min	40.06

**Nota.** Los valores de DQO fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 13.**

*Variación de DQO*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.5. Descripción del parámetro microbiológico realizado en laboratorio

#### Coliformes Totales

En la tabla 10, se muestran los valores para la muestra A que sobrepasa los LMP lo que significa que el agua tiene presencia de contaminación microbiana y para la muestra B y C los valores disminuyen considerablemente por debajo de los LMP.

**Tabla 10**

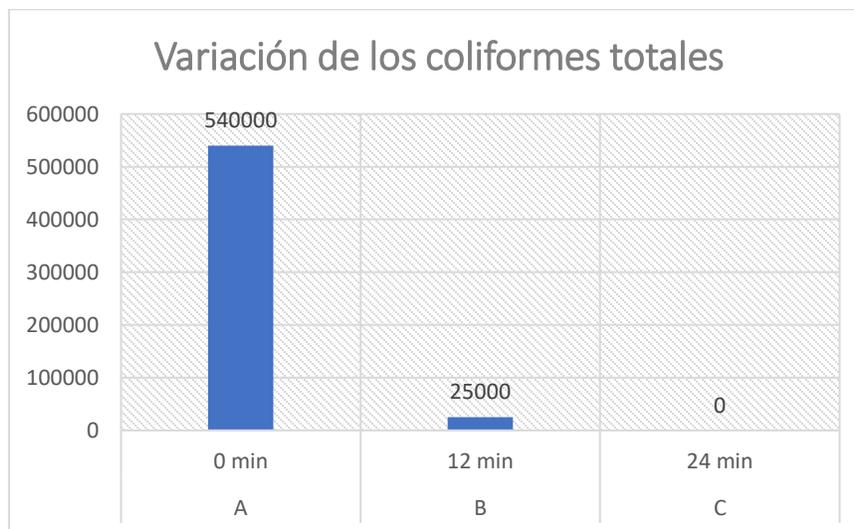
*Variación de los coliformes totales*

Muestra	LMP	Tiempo (min)	Coliformes Totales NMP/ml
A	10 000 NMP/100mL	0 min	$54 * 10^4$
B	10 000 NMP/100mL	12 min	$25 * 10^3$
C	10 000 NMP/100mL	24 min	0

**Nota.** Los valores de NMP fueron tomadas de las muestras del Lavadero Castillo en marzo del 2025.

**Figura 14.**

*Variación de los coliformes totales*



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.6. Porcentaje de remoción aplicando el proceso de electrocoagulación

El proceso de electrocoagulación se evaluó de acuerdo a la efectividad en el porcentaje de remoción en los parámetros. En el siguiente cuadro se muestra los datos que se ha obtenido antes y después del proceso de electrocoagulación.

El porcentaje de remoción que se presenta para cada parámetro indica la efectividad del proceso de electrocoagulación aplicada para agua residuales.

**Nota:** El porcentaje de remoción que se utilizó en la siguiente fórmula para el DBO5 aplica para los demás parámetros.

$$\% \text{ Remoción DBO5} = \left( \frac{DBO_{Inicial} - DBO_{Final}}{DBO_{Inicial}} \right) * 100 \dots Ec03$$

Reemplazamos los datos en *Ec03*:

$$\% \text{ Remoción DBO5} = \left( \frac{150.08 - 16.00}{150.08} \right) * 100$$

$$\% \text{ Remoción DBO5} = 89\%$$

**Tabla 11.**

*Porcentaje de remoción*

Parámetro	Unidad	Prueba 1 (pre-tratamiento)	Prueba 2 (tratamiento)	% Remoción
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	150.08	16	89%
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	240.75	40.06	83.40%
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	160.2	0.151	99%
Turbidez	(NTU)	455	16.2	96%

**Nota.** Efectividad del proceso de electrocoagulación.

### **3.2. O.E.2: IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL LAVADERO CASTILLO**

Para el siguiente objetivo se realizó la descripción del diseño y funcionamiento del prototipo de electrocoagulación, el cual sirvió como base para realizar una propuesta de implementación del sistema de reutilización de agua residual mediante el proceso de electrocoagulación en el lavadero Castillo.

#### **3.2.1. Diseño del prototipo de electrocoagulación**

Para el diseño del prototipo de electrocoagulación se realizó teniendo en consideración las reacciones que generaría el proceso de electrocoagulación, para ello se consultó fuentes bibliográficas en, (Arango & Garcés, 2007) en su investigación diseñó la celda electrolítica con el criterio de generar 3 zonas principales que se forman durante el proceso.

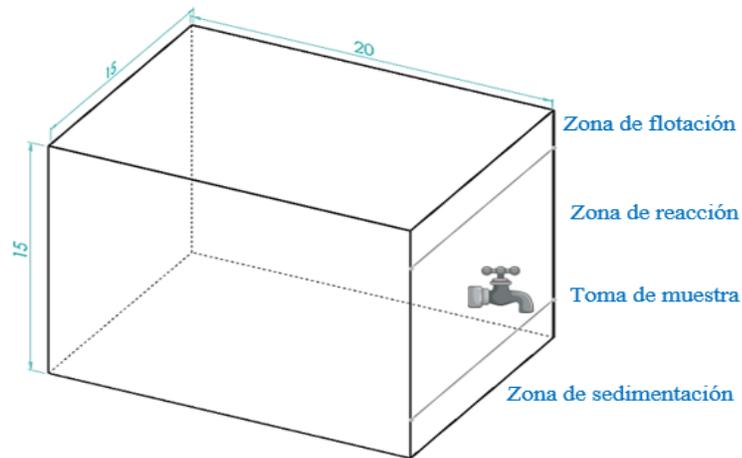
1. **Zona de reacción:** Donde están sumergidos los electrodos y se produce el proceso de electrocoagulación.
2. **Zona de sedimentación:** Aquí se precipitan los lodos sedimentables.
3. **Zona de flotación:** Se acumulan los lodos productos de la flotación.

Para estas 3 etapas se instaló un tomador de muestra, que es un caño de plástico, el cual permitió tomar más fácilmente las muestras y poder analizarlas.

Las zonas mencionadas son de gran importancia ya que de esto depende la altura de los electrodos y el funcionamiento que realizan. El diseño del prototipo que se muestra en la figura 15 se consideró las diferentes zonas formadas.

**Figura 15.**

*Dimensiones y zonas de la celda de electrocoagulación*

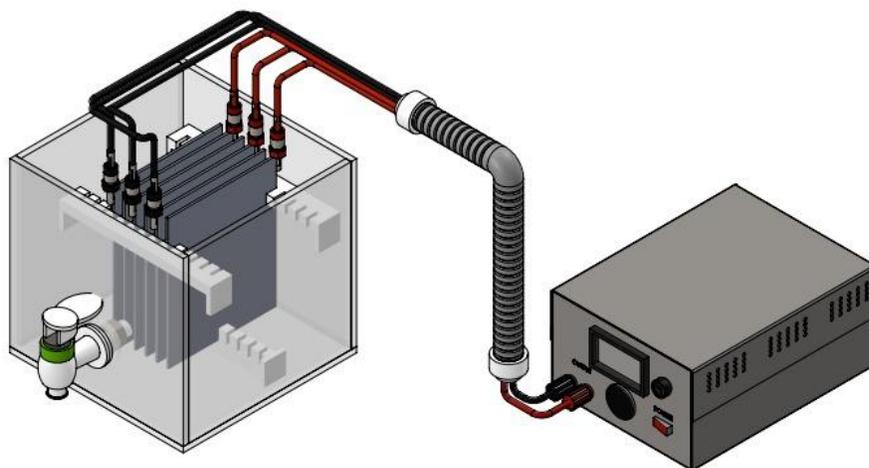


**Fuente:** Elaboración propia.

El siguiente diseño del prototipo que se realizó en el software SolidWorks en 3D, en los que se consideró las dimensiones de las zonas mencionadas anteriormente las que influye también en la altura de los electrodos. Este diseño tiene como objetivo una mejor visualización y comprensión del funcionamiento.

**Figura 16.**

*Diseño del prototipo mediante el Software SolidWorks*



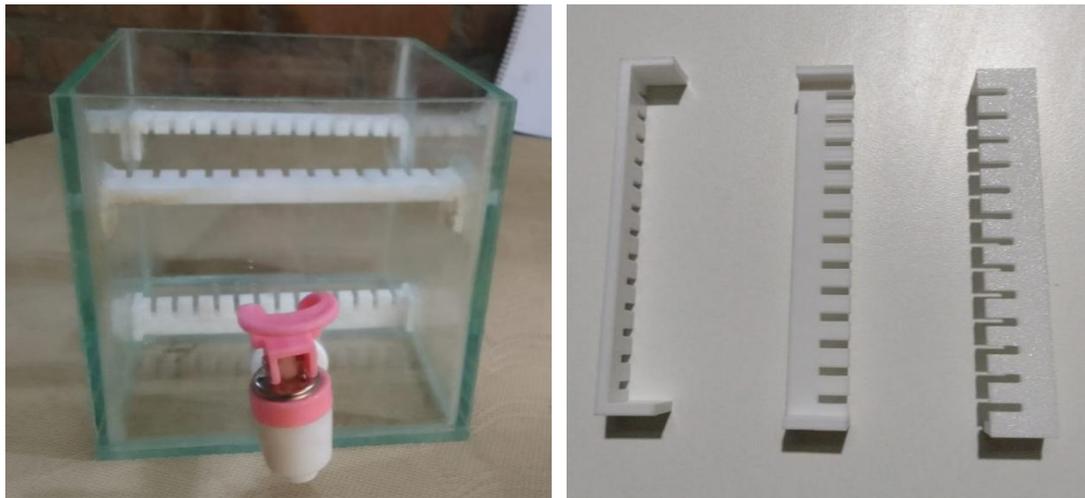
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.2. Construcción del prototipo de electrocoagulación

Para la construcción del prototipo se utilizó material de vidrio transparente para una mejor visualización de las reacciones que se producen en el tratamiento, los soportes de los electrodos se usó filamento de impresión en 3D, esto con la intención de aislarlos y evitar que se muevan y se energice todo el soporte. Los electrodos usados fueron de aluminio los cuales por su bajo costo y basados en antecedentes de investigaciones ya realizadas, muestran muy buenos resultados lo cual fue verificado en este trabajo, estas placas son movibles de manera que se pudiera variar los esparcimientos y permita realizar una mejor limpieza de la celda después de cada prueba. Las dimensiones de los electrodos son de 12 cm de largo y 10 cm de ancho.

**Figura 17.**

*Prototipo de electrocoagulación con soporte de filamento 3D*



**Fuente:** *Elaboración propia*

## **Figura 18.**

*Electrodos de aluminio*



*Fuente:* Elaboración propia.

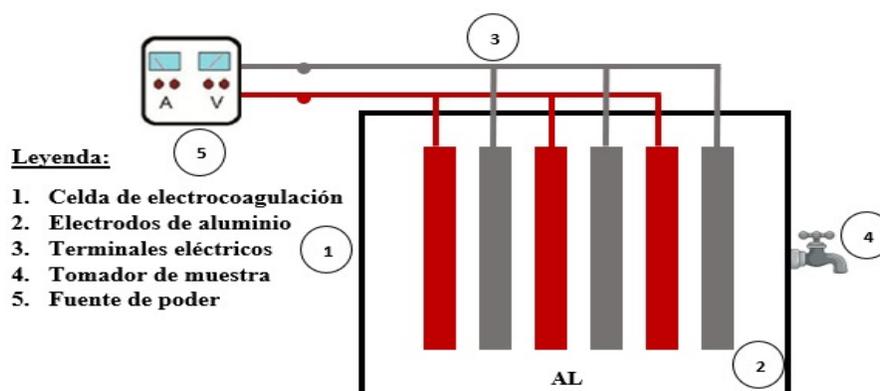
### **3.2.3. Funcionamiento del prototipo de electrocoagulación**

#### **3.2.3.1. Conexión de electrodos a la fuente de poder**

Según la investigación de (Rivas & Rojas, 2020) la conexión en serie se requiere de diferencia de potencial más alto para una corriente dada porque los electrodos conectados en serie tienen una mayor resistencia, por lo contrario, la conexión en paralelo trabaja con menor intensidad y los espacios entre electrodos puede ser más pequeño. En la figura 19 se muestra el diagrama de la conexión de los electrodos con la fuente de poder conectados en paralelo configuración que se tomó como la adecuada para realizar el proceso de electrocoagulación en la celda electrolítica.

**Figura 19.**

*Diagrama del sistema de electrocoagulación*



*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2.3.2. Regulación de la fuente de poder (voltaje) para las diversas pruebas del proceso

La fuente de poder utilizada para las pruebas permitió regular el voltaje suministrado a la celda. El voltaje utilizado en las pruebas fue de 10V del cual se obtuvo los resultados esperados al momento de suministrar la corriente eléctrica en los electrodos.

**Figura 20.**

*Fuente de Alimentación eléctrica (AC/DC 4 - 6 A, 13.8 V)*



*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2.3.3. Inicio del proceso de electrocoagulación con agua residual del lavadero vehicular

Para el inicio del proceso de electrocoagulación se utilizó agua residual recogida del lavadero vehicular Castillo la cual se vertió en la celda electrolítica que tiene una capacidad de 1.5 L. Se realizaron diferentes pruebas con el distanciamiento de los electrodos a 1 cm, 2 cm y 3 cm respectivamente, tomando el de 1 cm de distancia entre electrodos como el más efectivo para las pruebas definitivas. Se usaron una cantidad de 6 electrodos para las pruebas respectivas.

#### Figura 21.

*Inicio del proceso de electrocoagulación*



*Fuente:* Elaboración Propia

### 3.2.4. Propuesta de implementación del sistema reutilización de agua residual a través del proceso de electrocoagulación en el lavadero Castillo

Para la propuesta del sistema de electrocoagulación se consideró los siguientes cálculos que permiten justificar la implementación del sistema.

### 3.2.5. Cálculos para la propuesta del sistema de electrocoagulación del lavadero Castillo

#### 3.2.5.1. Cálculo para la capacidad de la celda electrolítica

Para calcular la capacidad del reactor se consideró  $2.2m^3$  que es el consumo diario del lavadero. Para determinar el volumen total del tanque se aplica la siguiente ecuación.

$$V_T = L * A * H \dots Ec04$$

Donde:

- $V_T$ : Volumen total
- L: Longitud
- A: Ancho
- H: Altura

Si bien es cierto la capacidad del consumo del lavadero es de  $2.2m^3$ , en los cálculos para el sistema se realizó para  $3m^3$  en vista de un posible aumento de clientes. En la tabla 12 se muestra las respectivas medidas de la celda.

**Tabla 12.**

*Volumen total de la celda de electrocoagulación*

<b>Volumen total de la celda de electrocoagulación</b>			
<b>Celda electrolítica</b>	Altura	1.4	m
	Ancho	1.4	m
	Largo	1.5	m
<b>Capacidad máxima</b>		<b>3</b>	<b><math>m^3</math></b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Reemplazando los datos en la *Ec04*

$$V_T = L * A * H$$

$$V_T = 1.5m * 1.4m * 1.4m$$

$$V_T = 2.94m^3$$

$$V_T = 3m^3$$

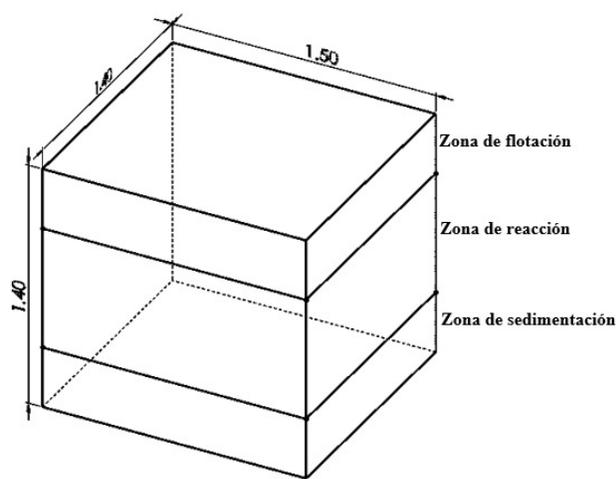
La celda se diseñó considerando una distribución volumétrica que contemple tres regiones: región superior para el depósito de los lodos de flotación o lodos menos densos y las espumas, llamada zona de flotación, una región media de reacciones electroquímicas, llamada zona de reacción en donde se encuentran los electrodos y una región inferior, llamada zona de sedimentación donde se depositan los lodos de precipitación o lodos más densos (Arango & Garcés, 2007).

### 3.2.5.2. Medidas de las zonas de la celda de electrocoagulación

Según (Arango & Garcés, 2007) afirman que la zona de flotación y de sedimentación equivalen cada una a  $\frac{1}{4}$  del volumen total de la celda, y la zona de reacción equivale a  $\frac{2}{4}$  partes. Nuestro sistema comprende de 1.4 m de altura. En la siguiente figura, se muestra las 3 zonas que se debe considerar en el proceso.

**Figura 22.**

*Zonas del proceso en la celda electrolítica*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 13.***Medidas de la zona de electrocoagulación*

<b>Celda</b>	<b>Equivalencias</b>	<b>Valor</b>
Zona de flotación	1/4*V	0.75 m <sup>3</sup>
Zona de reacciones	2/4*V	1.5 m <sup>3</sup>
Zona de sedimentación	1/4*V	0.75 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>3 m<sup>3</sup></b>

**Fuente:** Elaboración propia.**3.2.5.3. Dimensiones de los electrodos**

Los electrodos son placas rectangulares, tomando como referencia el material de aluminio que se usó en el prototipo dado que es un buen conductor eléctrico. Para las dimensiones de los electrodos se está considerando la teoría de (Arango & Garcés, 2007) el cual para la zona de reacción equivale a 2/4 del volumen total de la celda electrolítica (1.5 m<sup>3</sup>) es en esta zona donde se debe posicionar los electrodos. En la tabla 14 se especifican el tamaño de los electrodos.

**Tabla 14.***Dimensiones y distancia entre electrodos*

	<b>Dimensiones</b>	<b>Unidad</b>
Largo	1	m
Ancho	0.70	m
Espesor	0.003	m
Distancia entre la cara lateral	0.09	m
Distancia entre electrodos	0.22	m

**Fuente:** Elaboración propia.

El espesor de los electrodos son láminas de 3 mm que se encuentran comercialmente, para la distancia entre electrodos se consideró 0.22 m para un mejor trabajo en las reacciones electroquímicas, el soporte de los electrodos de 0.35 m lo que permite la estabilidad y para la distancia entre la cara lateral es de 0.09 m.

#### 3.2.5.4. Número de electrodos

Para determinar el número de electrodos se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_{Elec} = \frac{(largo\ de\ la\ celda) - (2 * distancia\ de\ electrodos\ a\ cara\ lateral)}{(distancia\ máxima\ entre\ electrodos + espesor\ placa)} \dots Ec05$$

$$N_{Elec} = \frac{1.5m - (2 * 0.09m)}{(0.22m + 0.003m)}$$

$$N_{Elec} = 5.92$$

$$N_{Elec} = 6 \text{ electrodos}$$

Para la celda electrolítica en el sistema propuesto se calculó una cantidad de 6 electrodos.

#### 3.2.5.5. Fuente de voltaje

Para el cálculo del voltaje se utilizó la siguiente fórmula de acuerdo a (Chen & Yue, 2002) utilizó para conexión de electrodos en paralelo.

$$U = (N_{Elec} - 1) * U_0 \dots Ec06$$

Donde:

- $U$ : Voltaje total
- $N_{Elec}$ : Número de electrodos
- $U_0$ : Voltaje entre los electrodos

El valor del voltaje entre electrodos está limitado al voltaje de entrada que se utiliza en los negocios en la ciudad de Jaén, por lo tanto, se fijan en 220 V y 25 A.

Reemplazando en la *Ec06*

$$U = (N - 1) * U_0$$

$$U = (6 - 1) * \frac{220}{6}$$

$$U = 183.33V$$

Para la fuente de voltaje en el sistema propuesto es de 180V, características que existen en el mercado.

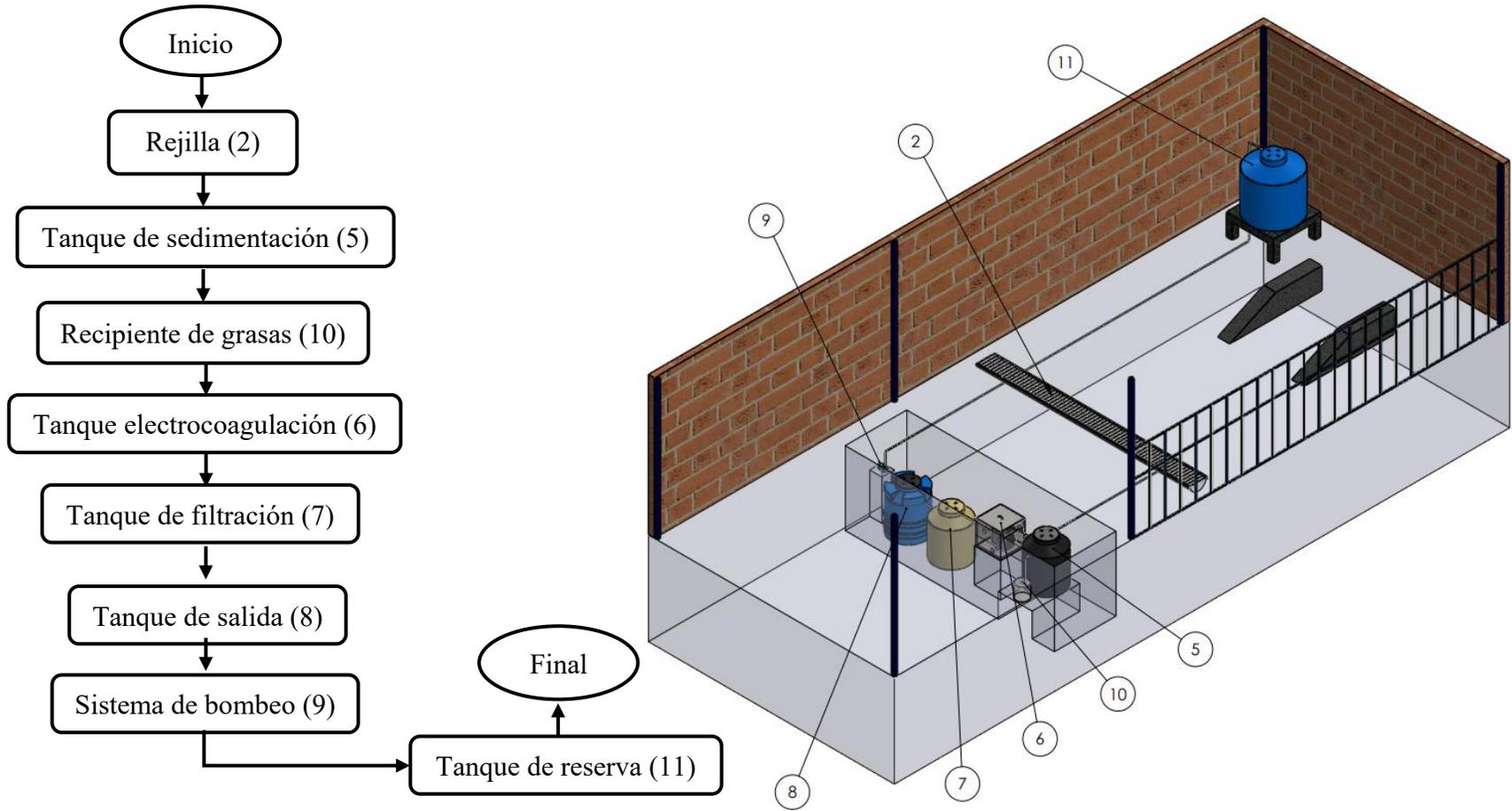
### **3.2.5.6. Propuesta y ejecución del diseño**

En la sección anexos se presenta el diagrama de visualización del sistema de tratamiento de agua residual mediante electrocoagulación (Ver anexo 22), que se realizaron en el software SolidWorks donde se aprecia las diferentes vistas (planta, frontal e isométrica).

A partir de los datos obtenidos el lavadero Castillo recauda diariamente un promedio de  $2.2m^3$ . Se propuso el diseño para el sistema de reutilización de agua residual donde se efectuará la electrocoagulación, tenga la capacidad de  $3m^3$  con la finalidad de proyección al futuro para prevenir visitas mayores de clientes y evitar que el tanque llegue al tope de su máxima capacidad por este motivo se sugiere estas características volumétricas.

**Figura 23.**

*Sistema de tratamiento del lavadero castillo a través del proceso de electrocoagulación*



**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.2.5.7. Descripción de la propuesta del sistema de tratamiento de agua residual.**

En la figura 23, se muestra la adaptación del sistema de tratamiento de agua residual a través del proceso de electrocoagulación puede estar convenientemente complementado por los equipos que se presentan. Entre estos el proceso inicia en la rejilla periférica (2) que cumple una labor de pretratamiento con la retención de sólidos de mayor volumen y captación del agua residual, en el tanque de sedimentación (5) se buscó hacer una retención de procesos físicos de sedimentación, donde el recipiente de grasas (10) es de gran importancia ya que controla los aceites y grasas presentes en el agua residual con la finalidad de que se obtenga una mejor eficiencia en el tanque de electrocoagulación (6) que es donde se encuentran la disponibilidad de electrodos en forma de placas conectados a una fuente de voltaje para dar lugar a la desestabilización de los contaminantes, luego el fluido pasa al tanque de filtración (7) donde el agua residual ya tratada tendría una mejor clarificación debido al proceso de que se realizó previamente, para pasar al tanque de salida (8) que dispone de un sistema de bombeo (9) para extraer el agua al tanque de reserva (11) donde quedará almacenada para un segundo uso en las actividades del lavadero vehicular.

### **3.3. O.E.3: EVALUACIÓN ECONÓMICA A TRAVÉS DEL TIR Y VAN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN**

#### **3.3.1. Inversión inicial de la propuesta**

##### **3.3.1.1. Costo de inversión para la propuesta del sistema de reutilización**

Para inversión de la implementación del sistema de reutilización a través de electrocoagulación se obtiene de la suma de, costos de inversión para la adaptación del área del sistema de tratamiento ( $C_1$ ), costos de implementación del sistema de reutilización ( $C_2$ ).

$$\textit{Inversión del sistema de reutilización} = C_1 + C_2 \dots \textit{Ec07}$$

La propuesta se da en base al área del Lavadero Castillo (Ver anexo 21).

- **Costos de inversión para la adaptación del área del sistema de tratamiento ( $C_1$ ).**

El establecimiento cuenta con un pozo de sedimentación subterráneo, por lo que se pretende modificar  $64 m^2$  para el sistema de reutilización. En la tabla 15, se especifica los costos para la adaptación del sistema.

**Tabla 15.***Inversión para adaptación del sistema*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>Trabajos preliminares</b>				
Trazo y replanteó del área de lavado	$m^2$	160	-	S/ 1,200.00
Habilitamiento del área para el sistema*	$m^2$	64	S/ 120.00	S/ 7,680.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 8,880.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia. \* (Ver anexo 21).

- **Costos de implementación del sistema de reutilización ( $C_2$ ).**

La inversión para el sistema se obtiene de los costos de los recipientes, del reactor, unidades complementarias, elementos hidráulicos y costo de maquinado.

- **Costos de implementación de los recipientes para el sistema de reutilización.**

Para la implementación del sistema se necesita tanques que funcionan de almacenamiento en las diferentes etapas del proceso de reutilización. En la tabla 16 se especifica los costos.

**Tabla 16.***Costos de los recipientes*

<b>Descripción</b>	<b>Metrados</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Tanque de sedimentación	3m <sup>3</sup>	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
Recipiente de grasas	3m <sup>3</sup>	S/ 450.00	S/ 450.00
Tanque de filtración	3m <sup>3</sup>	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
Tanque de salida	3m <sup>3</sup>	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
Sistema de bombeo (0.5 HP)	3m <sup>3</sup>	S/ 600.00	S/ 600.00
Tanque de reserva	3m <sup>3</sup>	S/ 1,260.00	S/ 1,260.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 6,090.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.- **Costo del reactor**

Para los costos del reactor se obtiene considerando los costos de materiales que se detallan en la tabla 17:

**Tabla 17.***Costos del reactor*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Planchas de acrílico (2.6 m * 3.2 m) espesor 12 mm	3	S/ 630.00	S/ 1,890.00
Planchas de aluminio (2 m * 1 m) espesor 3 mm	2	S/ 480.00	S/ 960.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 2850.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Costos de unidades complementarias**

Los materiales complementarios se detallan en la tabla 18:

**Tabla 18.**

*Costos de unidades complementarias*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Cables flexibles #16 (cobre)	30	S/ 3.00	S/ 90.00
Lagartos eléctricos	6	S/ 5.00	S/ 30.00
Fuente de poder	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 2,620.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Costos de elementos hidráulicos**

Para los materiales hidráulicos se utilizó tubería PVC por efecto de sus características (capacidad para ser fluir los el agua, no se oxidan y son de bajo costo) que se describen en la tabla 19.

**Tabla 19.**

*Costos de elementos hidráulicos*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Tubería PVC 1"	6	S/ 25.30	S/ 151.80
Tubería PVC 1/2"	6	S/ 15.90	S/ 95.40
Válvula PVC 1"	4	S/ 40.00	S/ 160.00
Válvula PVC1/2"	4	S/ 27.00	S/ 108.00
Codos 1"	8	S/ 9.00	S/ 72.00
Codos 1/2"	8	S/ 3.00	S/ 24.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 611.20</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Costos de maquinado**

En la tabla 20 se consideró los equipos a utilizar (incluida la mano de obra).

**Tabla 20.**

*Costos de maquinado*

<b>Descripción</b>	<b>Costo por máquina- mano de obra (S/. /h)</b>	<b>Tiempo aproximado de uso</b>	<b>Valor total</b>
Taladro	80	8	S/ 640.00
Amoladora	80	8	S/ 640.00
Rotomartillo	80	8	S/ 640.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 1,920.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**Inversión del sistema de reutilización**

En la tabla 21 se muestra el resumen de los cálculos realizados anteriormente para la inversión de la implementación del sistema de reutilización a través de electrocoagulación. La cual se reemplaza la *Ec07*.

$$\text{Inversión del sistema} = C_1 + C_2 \dots Ec07$$

**Tabla 21.**

*Costo de inversión para el sistema de reutilización*

<b>Ítem</b>	<b>Componente del costo</b>	<b>Valor total</b>
C1	Inversión para adaptación del sistema.	S/ 8,880.00
		S/ 6,090.00
C2	Costos de recipientes, reactor, unidades complementarias, elementos hidráulicos y maquinado.	S/ 2,850.00
		S/ 2,620.00
		S/ 611.20
		S/ 1,920.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/ 22,971.20</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

Para la implementación del proyecto de tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de electrocoagulación es de **S/ 22,971.20**.

### **3.3.2. Ingresos**

#### **3.3.2.1. Ahorro de agua**

Para los ingresos con respecto al ahorro de agua entre el sistema de lavado tradicional (tabla 22) y el sistema del proceso de electrocoagulación (tabla 23) para la reutilización de agua, en el sistema de lavado tradicional se tomó los datos del año 2023 porque tiene el mayor consumo

**Tabla 22.***Consumo de agua de manera tradicional*

<b>Año</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
Consumo de agua m <sup>3</sup>	700	528
Costo de agua m <sup>3</sup>	2.677	2.65
Costo por cargo fijo S/.	2.05	2.10
<b>Costo total de agua S/.</b>	<b>S/ 1875.950</b>	<b>S/ 1401.3</b>

**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 23.***Consumo de agua con el sistema de electrocoagulación*

<b>Año</b>	<b>1</b>
Consumo de agua m <sup>3</sup>	559.13
Costo de agua m <sup>3</sup>	2.65
Costo por cargo fijo S/.	2.10
<b>Costo total S/.</b>	<b>S/ 1483.80</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo tanto, de la diferencia de los costos totales entre la tabla 22 y 23 del consumo de agua de manera tradicional y con el proceso de reutilización el ahorro de agua es **S/.392.00.**

### **3.3.2.2. Proyección del servicio de lavado vehicular**

La celda electrolítica en el sistema propuesto tiene una capacidad de  $3m^3$ , para la realización de los cálculos se consideró  $2.8 m^3$  con un promedio de 26 días laborables por cada mes y el costo promedio por cada unidad de S/. 13.

**Tabla 24.**

*Proyección anual de vehículos lavados*

<b>Año 1</b>	
Unidades a lavar	5 824
Costo promedio por lavado	S/ 13.00
<b>Ingresos anuales</b>	<b>S/ 75,712.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

La cantidad proyectada de vehículos por años para el servicio de lavado vehicular es de **S/ 75,712.00**.

### 3.3.3. Egresos

#### 3.3.3.1. Costos de mantenimiento anual ( $C_m$ )

Para el (Ministerio de Economía y Finanzas, 2022), el cálculo del mantenimiento preventivo del equipamiento se determinan porcentajes que varían entre 1% y 3% anual del costo de la inversión del proyecto. Para nuestro proyecto se tomó el 3% por ser un sistema simple en su funcionamiento, que consiste en la limpieza, verificación de elementos, ajustes de accesorios, entre otros.

$$C_m = \text{Inversión del sistema} * 3\% \dots \text{Ec08}$$

Reemplazando los datos en la *Ec08* se obtiene:

$$C_m = \text{S/ } 22,971.20 * 0.03$$

$$C_m = \text{S/ } 689.13$$

El costo estimado para mantenimiento anual es de **S/. 689.13**.

### 3.3.3.2. Costos de consumo eléctrico anual

Para los costos del consumo eléctrico se calcularon los siguientes valores:

#### a) Cálculo del consumo eléctrico

$$C.E = \frac{V * I * t}{v * 1000} \text{Kwh/ m}^3 \dots \text{Ec09}$$

Donde:

- *C.E: Energía consumida por volumen de agua residual tratada kWh/m<sup>3</sup>*
- *V: Potencial aplicado, en V.*
- *I: Corriente desarrollada, en A.*
- *t: Tiempo de tratamiento, en h.*
- *v: Volumen de lixiviado (agua residual) tratado, en Kwh/ m<sup>3</sup> \* día*

Para el volumen de lixiviados se está usando el volumen de 3 m<sup>3</sup> que es el gasto real del lavadero vehicular.

Reemplazando en la *Ec09*

$$C.E = \frac{180 * 30 * 5}{3 * 1000}$$

$$C.E = 9.00 \text{ kWh/ m}^3 * \text{día}$$

#### b) Cálculo de energía activa CEA en kWh

Dato:

- El CEA: Costo de S/. 0.7212 kWh, según Concesionaria-Electro Oriente.

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica} = (CEA) * CE \dots \text{Ec09}$$

Reemplazando los datos en la **Ec09** se obtiene lo siguiente:

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica} = 0.7212 * 9$$

$$\text{Costo de consumo de energía eléctrica} = 6.4908 \text{ S./m}^3 * \text{día}$$

**c) Costo de consumo de energía eléctrica mensual**

Para el costo de consumo de energía eléctrica mensual se multiplicó el costo de consumo de energía eléctrica por 26 días debido que solo se tomó como días laborables (lunes a sábado).

$$\text{Costo de energía eléctrica mensual} = \frac{6.4908 \text{ S/}}{\text{m}^3 * \text{día}} * \frac{26 \text{ días} * \text{m}^3}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo de energía eléctrica mensual} = 168.7608 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

El costo mensual de consumo de energía eléctrica que generaría la celda electrolítica en el sistema propuesto es de **168.76**  $\frac{\text{S/}}{\text{mes}}$

**d) Costo de consumo de energía eléctrica anual**

$$\text{Costo de consumo anual de energía eléctrica}$$

$$= \text{Costo de energía eléctrica mensual} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo de consumo anual de energía eléctrica} = 168.76 * 12$$

$$\text{Costo de consumo anual de energía eléctrica} = \text{S/2025.12}$$

El costo de consumo anual de energía eléctrica es de **S/2025.10**, generando un ahorro en comparación de los años anteriores.

### 3.3.3.3. Cambio de electrodos

El cambio de los electrodos se realizó cada año, debido al desgaste que se genera por el trabajo que realizan.

**Tabla 25.**

*Costo por el cambio de electrodos*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Planchas de aluminio (2m*1m) espesor 3 mm	2	S/ 480.00	S/ 960.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 960.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3.3.4. Cambio de fuente de poder

Se consideró 3 años como vida útil de la fuente de poder, ya que este cambio depende no solo del trabajo que realizó sino también de la marca que se utilizó.

**Tabla 26.**

*Costos del cambio de fuente de poder*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Valor total</b>
Fuente de poder	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 2,500.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3.3.5. Producción

Se consideró 3 personas como ayudantes para las actividades diarias que se realizan en el lavadero vehicular.

**Tabla 27.**

*Costos de producción*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio mensual(S/.)</b>	<b>Precio Anual(S/.)</b>
Personal	3	S/ 1,130.00	S/ 40,680.00
<b>Total</b>			<b>S/ 40,680.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3.3.6. Gastos adicionales

Para los gastos adicionales se consideró el material usado para el lavado de vehículos en la tabla 28 se especifica el costo que se genera en sus actividades

**Tabla 28.**

*Gastos adicionales*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Mensual</b>	<b>Precio Anual</b>
Material usado para el lavado de vehículos	-	S/ 1,400.00	S/ 16,800.00
<b>Total</b>		<b>S/ 1,400.00</b>	<b>S/ 16,800.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3.4. Flujo de caja

Se realizó tomando los ingresos, egresos e inversión inicial y se analizó por un periodo de cinco años.

**Tabla 29.**

*Flujo de caja del proyecto*

<b>Año</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión inicial (S/.)</b>		22,971.20					
<b>Ingreso</b>	Ahorro		392.00	392.00	392.00	392.00	392.00
	Proyección de vehículos lavados		75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00
	<b>Total</b>		<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>
<b>Egresos(S/.)</b>	Mantenimiento		689.10	689.10	689.10	689.10	689.10
	Energía Eléctrica		2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10
	Cambio de electrodos		960.00	960.00	960.00	960.00	960.00
	Fuente de poder				2,500.00		
	Producción		40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00
	Gastos adicionales		16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00
	<b>Total</b>		<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>63,654.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>		<b>22,971.20</b>	14,949.80	14,949.80	12,449.80	14,949.80	14,949.80

**Nota.** Esta tabla muestra el flujo de caja durante cinco años del proyecto.

### 3.3.5. Valor Actual Neto (VAN)

Teniendo en cuenta el Costo de Oportunidad del Capital (COK), se consideró igual al 12%, el cual está determinado en base a un análisis del nivel de riesgo de la inversión y la tasa libre de riesgo (Agroideas, 2019).

**Tabla 30.**  
*Valor Actual Neto*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión inicial (S/.)</b>	22,971.20					
<b>Ingreso</b>		392.00	392.00	392.00	392.00	392.00
Ahorro						
Proyección de vehículos lavados		75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00
<b>Total</b>		<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>
<b>Egresos (S/.)</b>		689.10	689.10	689.10	689.10	689.10
Mantenimiento						
Energía Eléctrica		2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10
Cambio de electrodos		960.00	960.00	960.00	960.00	960.00
Fuente de poder				2,500.00		
Producción		40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00
Gastos adicionales		16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00
<b>Total</b>		<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>63,654.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>	22,971.20	14,949.80	14,949.80	12,449.80	14,949.80	14,949.80
<b>Utilidad actualizada al año cero</b>	<b>52,111.2</b>					
<b>Utilidad de Valor Actual Neto</b>	<b>29,140.0</b>					

### 3.3.6. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular se usó el Software Excel, el cual es igual a 57% que representa un valor mayor al COK, obteniendo así que el proyecto es viable.

**Tabla 31.**

*Tasa interna de retorno del proyecto*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión inicial (S/.)</b>	22,971.20					
<b>Ingreso</b>		392.00	392.00	392.00	392.00	392.00
Ahorro						
Proyección de vehículos lavados		75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00	75,712.00
<b>Total</b>		<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>	<b>76,104.00</b>
<b>Egresos(S/.)</b>						
Mantenimiento		689.10	689.10	689.10	689.10	689.10
Energía Eléctrica		2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10	2,025.10
Cambio de electrodos		960.00	960.00	960.00	960.00	960.00
Fuente de poder				2,500.00		
Producción		40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00	40,680.00
Gastos adicionales		16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00	16,800.00
<b>Total</b>		<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>63,654.20</b>	<b>61,154.20</b>	<b>61,154.20</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>	<b>-22,971.20</b>	14,949.80	14,949.80	12,449.80	14,949.80	14,949.80
<b>Tasa Interna de Retorno</b>				<b>57%</b>		

### 3.3.7. Relación beneficio costo (B/C)

Es la comparación entre los beneficios generados y los costos para ejecutar un proyecto. Se expresa de la siguiente manera, el numerador representa los beneficios y el denominador los costos (AgroProyectos, 2013). La fórmula es la siguiente:

$$\text{Relación Beneficio} = \frac{\text{Beneficios Totales}}{\text{Costos Totales}} \dots \text{Ec 10}$$

#### Criterios de la relación Beneficio Costo

**$RBC > 1$**  : Los beneficios superan los costos, el proyecto es viable.

**$RBC = 1$**  : Beneficios y costos equilibrados, el proyecto podría considerarse marginalmente viable.

**$RBC < 1$** : Los costos superan los beneficios, el proyecto no es viables desde el punto de vista económico.

#### Cálculo de la relación costo beneficio:

$$\frac{B}{C} = 2.27$$

Al ser  $B/C > 1$ , se tiene que los beneficios superan los costos por lo tanto el proyecto es viable.

### 3.3.8. Período de recuperación de la inversión (PRI)

Indicador que mide en cuanto tiempo se recuperará el capital invertido inicialmente. Se puede calcular en años, meses y días, la fecha en la cual será cubierta la inversión inicial (Conexión Esan, 2024).

Fórmula para determinar el PRI:

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d} \dots \text{Ec 11}$$

Donde:

- *a*: Año inmediato anterior en que se recupera la inversión
- *b*: Inversión inicial
- *c*: Flujo efectivo acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión
- *d*: Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión

Mediante cálculos en Excel, se reemplazó datos en la *Ec 11*, se determinó un valor de:

$$PRI = 1.54$$

El periodo de recuperación de la inversión es de un 1 año y 6 meses.

#### IV. DISCUSIÓN

- El diseño e implementación del prototipo para el proceso de electrocoagulación a través de electrodos de aluminio, nos permitió evaluar la viabilidad y eficiencia de este tipo de proceso para reutilizar el agua residual, basándose en los resultados que se obtuvo de los parámetros físico químicos. En la investigación realizada por (Cuba, 2020) y (Brenes, 2019) propusieron evaluar el método de electrocoagulación para tratamiento de aguas residuales en las que se evaluó los parámetros y (Rivas & Rojas, 2020), en su investigación de tipo experimental realizó el diseño y construcción de una celda electrolítica para pruebas del proceso de electrocoagulación para agua residual utilizando electrodos de aluminio y acero como material logrando obtener agua cristalina.
- Para la determinación de los parámetros físico químicos del agua residual en el lavadero Castillo se realizaron los análisis en laboratorio en el cual se obtuvieron valores para sólidos suspendidos totales (SST) de 99 %, turbiedad 96 %, Demanda Química de oxígeno (DQO) se obtuvo un valor de 83.40 % y para la Demanda Bioquímica 89 %, el cual demuestran altos valores de remoción. En la investigación (Muñoz & Cortes, 2022) propuso un sistema de electrocoagulación donde obtuvo valores para los SST de 99.40% y para la turbiedad 45.59 % respectivamente, además en (Cuba, 2020) obtuvo resultados de 96% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- Para la implementación del prototipo de reutilización de agua en el lavadero Castillo, se realizó la evaluación de la problemática con respecto al alto consumo de agua en dicho establecimiento, el cual a través de la reutilización de agua mediante el proceso de electrocoagulación se logró un ahorro en el consumo del elemento en mención, y se realizó la sugerencia de implementación de un sistema de reutilización basado en el prototipo de electrocoagulación. En la investigación de (Peché & Quispe, 2020), realizó una propuesta de un sistema de reutilización de agua residual por electrocoagulación, basado en los resultados de un prototipo a mediana escala.
- Los costos de inversión para la sugerencia del sistema de reutilización en el lavadero Castillo se realizó con fines de brindar una aproximación en el eventual caso que se decida

implementar, ya que en dicho proyecto se obtuvo resultados del beneficio costo 2.27 y un tiempo de recuperación de la inversión de 1 año 6 meses basado en una proyección para un periodo de 5 años. En la investigación de (Peche & Quispe, 2020) obtuvieron un valor para el beneficio costo de 1.70, en las que se sugirió la implementación de un sistema de reutilización a través del proceso de electrocoagulación resultando viable.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se determinó los parámetros físicos químicos del agua residual obteniendo valores para la Demanda Bioquímica de Oxígeno 89%, Demanda Química de Oxígeno de 83.40 %, sólidos suspendidos totales 99% y para la turbidez 96%, a través de estos resultados se cumplieron con los parámetros de los Límites Máximos Permisibles (LMP, valores que se mencionan en la tabla 3 ) para la reutilización de agua residual, por lo que se concluyó que el proceso de electrocoagulación es adecuado para este tipo de tratamiento.
- Se realizó la elaboración de los planos del prototipo como el recipiente, la fuente de alimentación, electrodos, cables de alimentación, soporte de electrodos, así como también los planos para el sistema de implementación por el proceso de electrocoagulación (ver anexo 20, 21 y 22).
- Se realizó el diseño y construcción de una celda de electrocoagulación para la reutilización de agua residual en el lavadero Castillo, esto debido a que en dichos establecimiento el gasto de agua en sus actividades es muy considerable, por lo que mediante el proceso de electrocoagulación a través de la celda electrolítica se logró tratar el agua para ser reutilizado en el centro de lavado vehicular, logrando de esta manera mejorar la calidad del agua tratada, generando beneficios tanto en lo ambiental como social.
- El sistema de reutilización de agua mediante el proceso de electrocoagulación se realizó la evaluación para el Valor Actual Neto de S/. 29,140.00, Tasa Interna de Retorno de 57 % Anual y un beneficio costo de 2.27, por lo que resultó ser viable para su implementación.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda no exceder en el tiempo de tratamiento del proceso de electrocoagulación dependiendo del Voltaje que se use ya que esto puede conllevar a un rango de pH de alcalinidad el cual no es adecuado para usar en el lavado vehicular.
- Evitar en lo posible grandes cantidades de aceites y grasas presentes en el agua residual ya que estos dificultan el proceso de electrocoagulación.
- El uso de acero como electrodos para la celda electrolítica no es muy apropiada ya que requiere de mayor consumo eléctrico.
- Después de realizar el tratamiento se recomienda dejar en reposo por un determinado tiempo para luego realizar las respectivas tomas de muestra.
- Se recomienda mantener el voltaje y amperaje adecuado para tener una mejor eficiencia en la remoción de los contaminantes presentes en el agua residual y evitar así un mayor consumo de energía eléctrica.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroideas. (Septiembre de 2019). *Elaboración de una pauta metodológica para la formulación y evaluación de planes de negocio para cadenas productivas*. Obtenido de <https://www.agroideas.gob.pe/wp-content/uploads/2022/10/Pautas%20Metodol%C3%B3gicas.pdf>
- AgroProyectos. (13 de Agosto de 2013). *¿Qué es Relación Beneficio Costo (R B/C)?* Obtenido de <https://agroproyectos.org/relacion-beneficio-costos/>
- Aguilar, E. (2015). *Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Arango, A., & Garcés, L. (2007). Diseño de una celda de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de una planta de una industria láctea. *REVISTA Universidad EAFIT*, 12. Obtenido de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-%20eafit/article/view/764/672>
- BARRERA, E. R. (2016). DQO y DBO. *Hanna Instruments*, 33. Obtenido de [https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2016/05/Hanna\\_Instruments.\\_DQO\\_y\\_DBO.pdf](https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2016/05/Hanna_Instruments._DQO_y_DBO.pdf)
- Brenes, H. (2019). *Evaluación de un sistema de electrocoagulación como tratamiento secundario para el efluente de un digestor anaeróbico*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/12/TFG-HellenBrenesVargas.pdf>
- Chen, X., & Yue, P. L. (2002). *Investigación de la tensión de electrólisis de electrocoagulación*. Obtenido de <https://lbezone.hkust.edu.hk/pdfviewer/web/viewer.php?file=aHR0cHM6Ly9sYmV6b251LmhrdXN0LmVkdS5oay9vYmovMS9vL2I3NzQxNDMvYjc3NDE0My5wZGY=#page=1>

Conexión Esan. (2024). *El PRI: uno de los indicadores que más llama la atención de los inversionistas*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-pri-uno-de-los-indicadores-que-mas-llama-la-atencion-de-los-inversionistas>

Cuba, M. V. (2020). Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales -Ate Vitarte. (*Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11734/Cuba\\_tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11734/Cuba_tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM. (2017). Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM. (2010). Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Perú. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_003-2010-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf)

DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA. (2019). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5699100/5059964-ds-010-2019-vivienda.pdf?v=1705595322>

Festa. (2014). *Reciclaje del agua*. Obtenido de <http://filtrosyequipos.com/festa/FESTA/recicladora1.htm>

Fundación Aequae. (2021). *Causas de la escasez de agua en el mundo*. Obtenido de <https://www.fundacionaqua.org/escasez-de-agua-en-el-mundo-naciones-unidas-advierte-que-la-demanda-crecera-hasta-un-30-por-ciento-en-2050/>

García, A. (2021). VAN, TIR y Pay-back: ¿qué son y en qué se diferencian? *Conexionesan*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/van-tir-y-pay-back-que-son-y-en->



[https://www.munijaen.gob.pe/documentos/pmi/DIAGNOSTICO%20DE%20BRECHAS%20MPJ%202020\\_2022.pdf](https://www.munijaen.gob.pe/documentos/pmi/DIAGNOSTICO%20DE%20BRECHAS%20MPJ%202020_2022.pdf)

Muñoz, M., & Cortes, J. (Junio de 2022). Electrocoagulación con electrodos de aluminio para tratamiento de aguas residuales de curtiembres en Villapinzón, Cundinamarca, Colombia. *MUTIS*, vol.12. doi:<https://doi.org/10.21789/22561498.1783>

OEFA. (Abril de 2014). *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES*. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

Oliva, J., & Vallejos, G. (2008). Estudio de la dinámica de sedimentación de. *Ingeniería*, 29.

OPESA. (2025). *SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)*. Obtenido de <https://omegaperu.com.pe/solidos-suspendidos-totales-sst/>

Oxfam. (2022). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Obtenido de <https://peru.oxfam.org/qu%C3%A9-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable>

Peche, D., & Quispe, M. (2020). *Eficiencia del proceso de lavado de autos mediante reutilización de agua residual por electrocoagulación en el centro de lavado Rivera*. Trujillo, Perú. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67695/Peche\\_CD-Quispe\\_BM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67695/Peche_CD-Quispe_BM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Restrepo, A., Garces, L., & Arango, A. (2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *ResearchGate*.

Rivas, J., & Rojas, M. (2020). *Tratamiento de aguas residuales por el método de electrocoagulación del sistema PTAR de la laguna de estabilización San José Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú. Obtenido de [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9200/Rivas\\_Ram%EDrez\\_Jimy\\_Edgar\\_y\\_Rojas\\_Oblitas\\_Manuel\\_Alejandro.pdf?sequence=4](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9200/Rivas_Ram%EDrez_Jimy_Edgar_y_Rojas_Oblitas_Manuel_Alejandro.pdf?sequence=4)

Samboni, N., & Carbajal, Y. (Diciembre de 2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *SCIELO*, 27, 10. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de [cielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-](https://cielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-)



## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres, Anibal y Edita, cuyo amor incondicional, apoyo y paciencia han representado mi mayor pilar. Agradezco su confianza en mí en cada etapa de esta travesía y por ser la motivación para lograr mis sueños. A mis hermanos Milton, Frank, Leydi y Marbil, por ser sinónimo de superación, por acompañarme, ayudarme e inspirarme para afrontar los retos que se me pongan en frente. A mi abuelita Ernestina, mis tíos Ranulfo, Sabina y Fany por llenarme de amor en cada etapa de mi vida. A mi difunto abuelito Artidoro, por enseñarme a no rendirme, por sus sabios consejos, y por todo el amor que me dejaste como legado. Este logro también es tuyo. A Michel, tu amistad ha sido un refugio en los días difíciles y una fuente constante de motivación y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Para mi compañero Jhoel Guerrero, por todo su apoyo y amistad, y a todos mis familiares y amigos que me acompañaron durante esta desafiante y hermosa etapa universitaria.

*Jenny Thalia Guerrero Irene*

Dedico esta tesis a mis padres Santos Guerrero y Alejandra Jibaja por su amor incondicional, por ser el cimiento fundamental de mi vida y por apoyarme en mi formación académica, este logro alcanzado se lo agradezco infinitamente a ustedes. También se lo dedico a mis hermanos que me apoyaron de manera constante para cumplir con mis objetivos planteados y de manera particular a mi hermana Luz Marilú y a Oscar Santos por todo el apoyo que me brindaron, a la profesora Ana María Lachos por su apoyo incondicional y a mi compañera Jenny Thalia Guerrero por ser fundamental en el desarrollo de este proyecto.

*Jhoel Guerrero Jibaja*

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestra infinita gratitud con Dios, que, con su infinito amor y bendiciones han sido fortaleza para poder seguir adelante.

A nuestro asesor Mg. Mario Félix Olivera Aldana, por su apoyo y dedicación para el desarrollo de nuestro proyecto de tesis, brindándonos siempre su tiempo, experiencia y consejos.

Nuestros sinceros agradecimientos a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, a nuestros docentes quienes con su paciencia y conocimiento nos guiaron en este proceso, brindándonos herramientas para crecer académicamente y personalmente y por permitirnos alcanzar el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

Agradecemos al Centro de Producción de Bienes y Servicios de la Universidad Nacional de Jaén por facilitar el acceso al laboratorio, y a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron al desarrollo de este proyecto, les estaremos siempre agradecidos.

## ANEXOS

### *Anexo 1: Ubicación del Lavadero Castillo*



*Fuente:* Elaboración propia.

### *Anexo 2: Toma de muestras de agua residual*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Anexo 3: Comparación visual del agua residual antes, durante y después del tratamiento**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 4: Medición de la conductividad**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 5: Medición para los sólidos suspendidos totales**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 6: Tarado y secado de Filter Papers Whatman N°42**



**Fuente:** Elaboración propia.

### **Anexo 7: Medición de turbiedad**



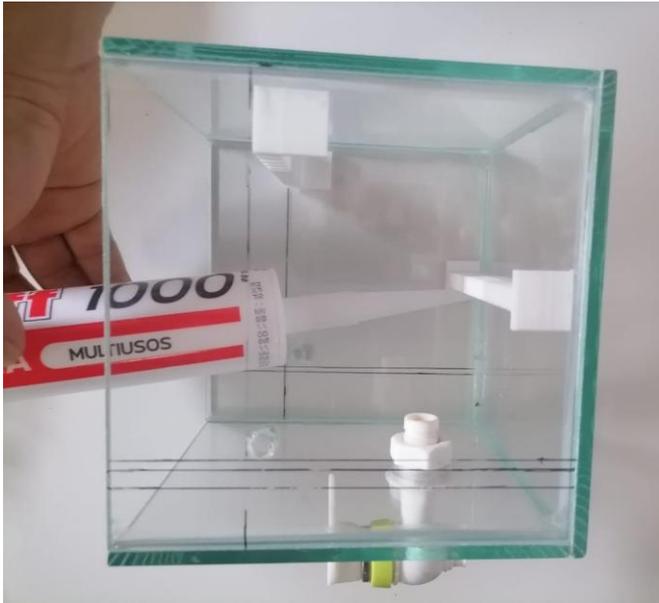
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Anexo 8: Medición de pH**



**Fuente:** Elaboración propia.

### Anexo 9: Construcción del prototipo



**Fuente:** Elaboración propia.

### Anexo 10: Conexión de los conectores



a) Soldadura de los conectores machos en el cable



b) Soldadura de los conectores hembras en el electrodo

**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 11:** *Terminales unidos a la tubería corrugada*



**Fuente:** Elaboración propia.

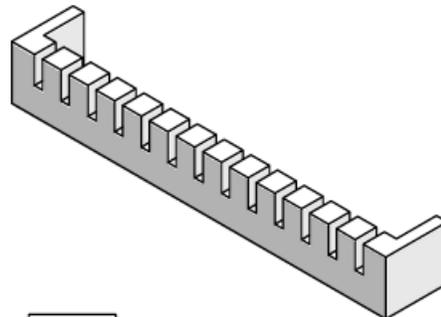
**Anexo 12:** *Diseño en SolidWorks para soporte de electrodos*

VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

VISTA ISOMÉTRICA



VISTA LATERAL DERECHA

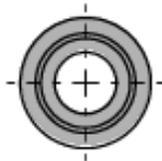
**Fuente:** Elaboración propia.

### Anexo 13: Diseño en SolidWorks para el terminal

VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMÉTRICA



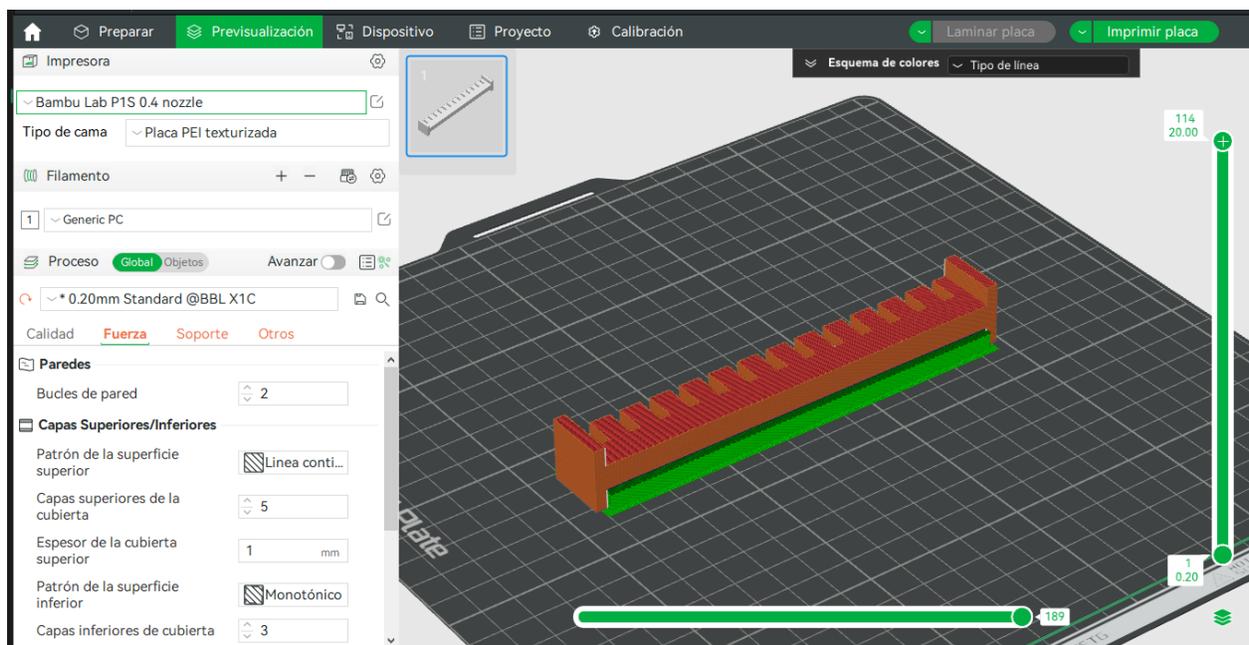
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

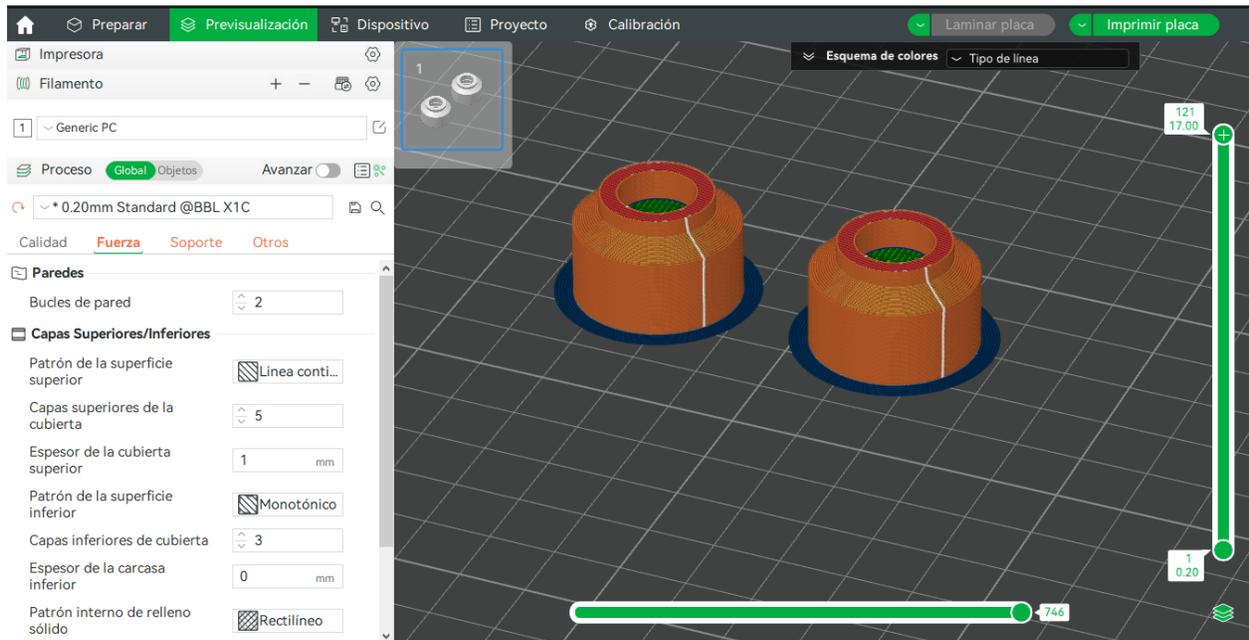
**Fuente:** Elaboración propia.

### Anexo 14: Laminado para impresión 3D de soportes de los electrodos



**Fuente:** Elaboración propia.

## Anexo 15: Laminado para impresión 3D para el terminal



**Fuente:** Elaboración propia.

## Anexo 16: Piezas impresas en 3D para el soporte de electrodos



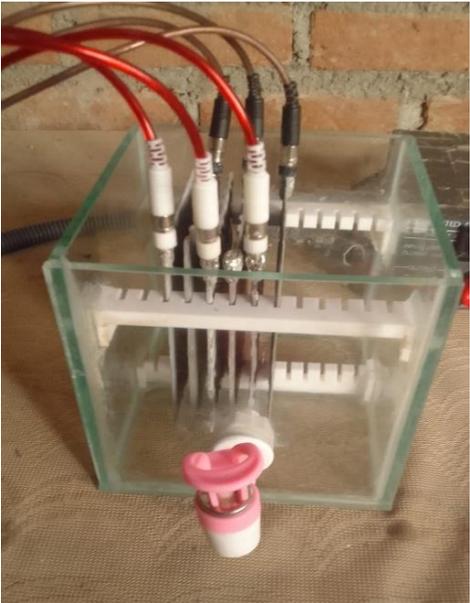
**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 17:** *Piezas impresas en 3D para el terminal*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 18:** *Prototipo final*



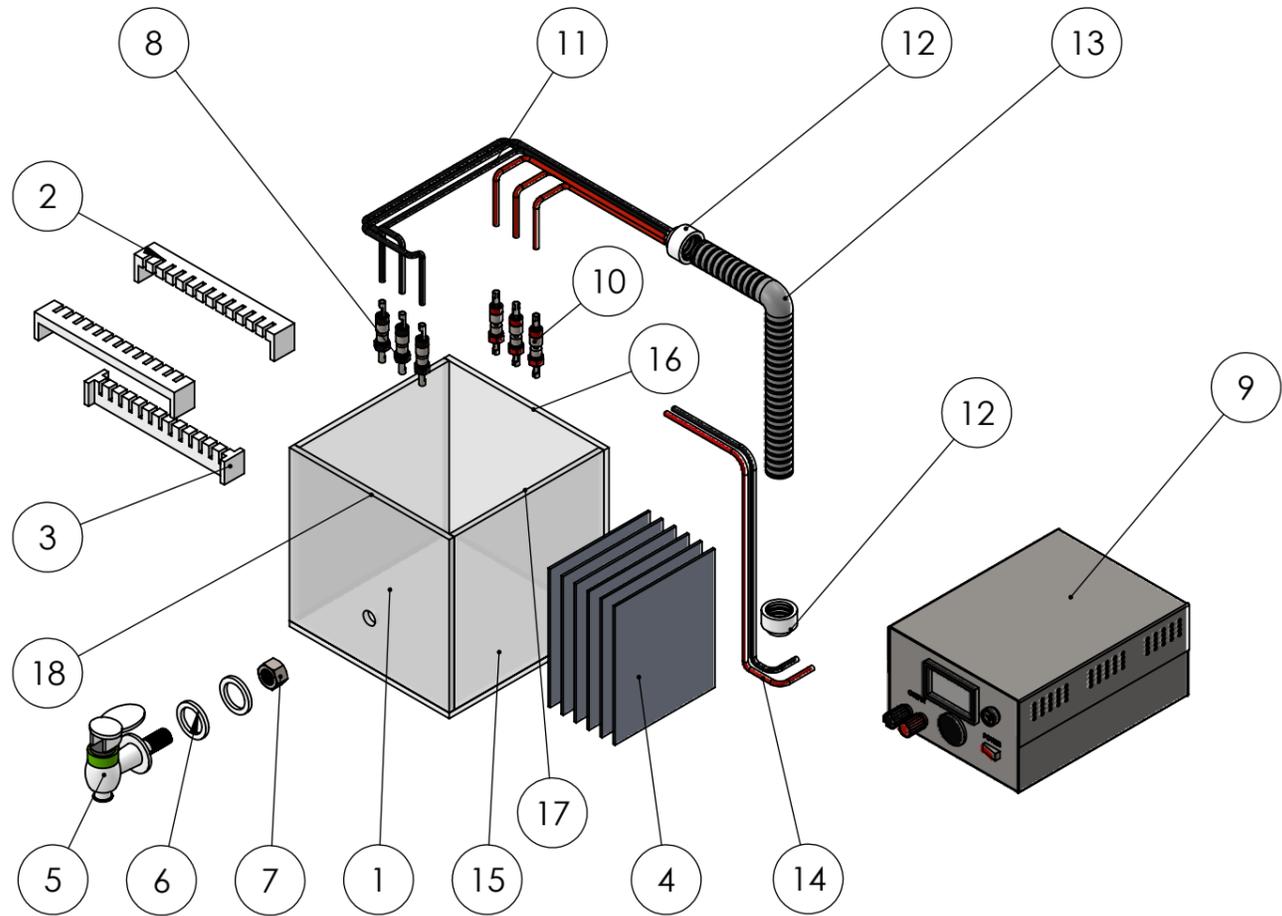
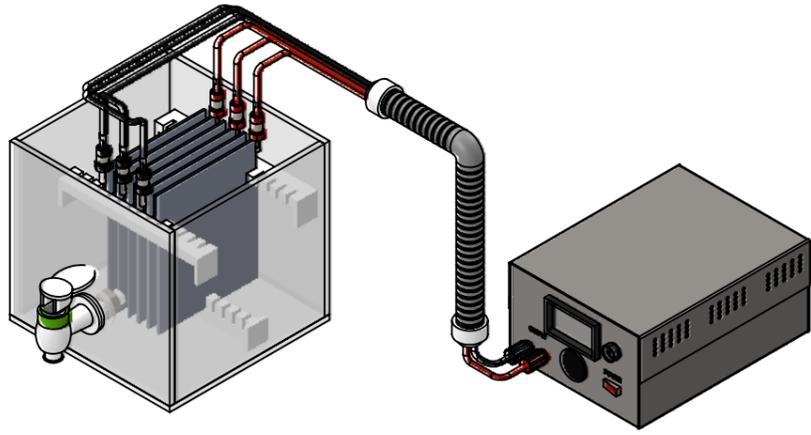
**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 19:** Costo total de la construcción del prototipo

<b>GASTO TOTAL DEL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b>					
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/.)</b>	<b>Precio Parcial (S/.)</b>
1	Vidrio para construcción de la celda (15cm*15cm*20cm)	-	-	S/ 40.00	S/ 40.00
2	Electrodos de aluminio	und	6	S/ 10.00	S/ 60.00
3	Fuente de poder (Regulated Linear Power Supply)	und	1	S/ 140.00	S/ 140.00
4	Terminales eléctricos tipo plug RCA	und	6	S/ 1.50	S/ 9.00
5	Cables eléctricos	m	3	S/ 15.00	S/ 45.00
6	Llave de agua 3/4"	und	1	S/ 8.00	S/ 8.00
7	Soporte de acrílico de 2mm	und	1	S/ 40.00	S/ 40.00
8	Mano de obra	día	1	S/ 50.00	S/ 50.00
9	EPPS	und	2	S/ 20.00	S/ 40.00
10	Análisis de muestras de agua residual	-	-	S/ 600.00	S/ 600.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 1,032.00</b>

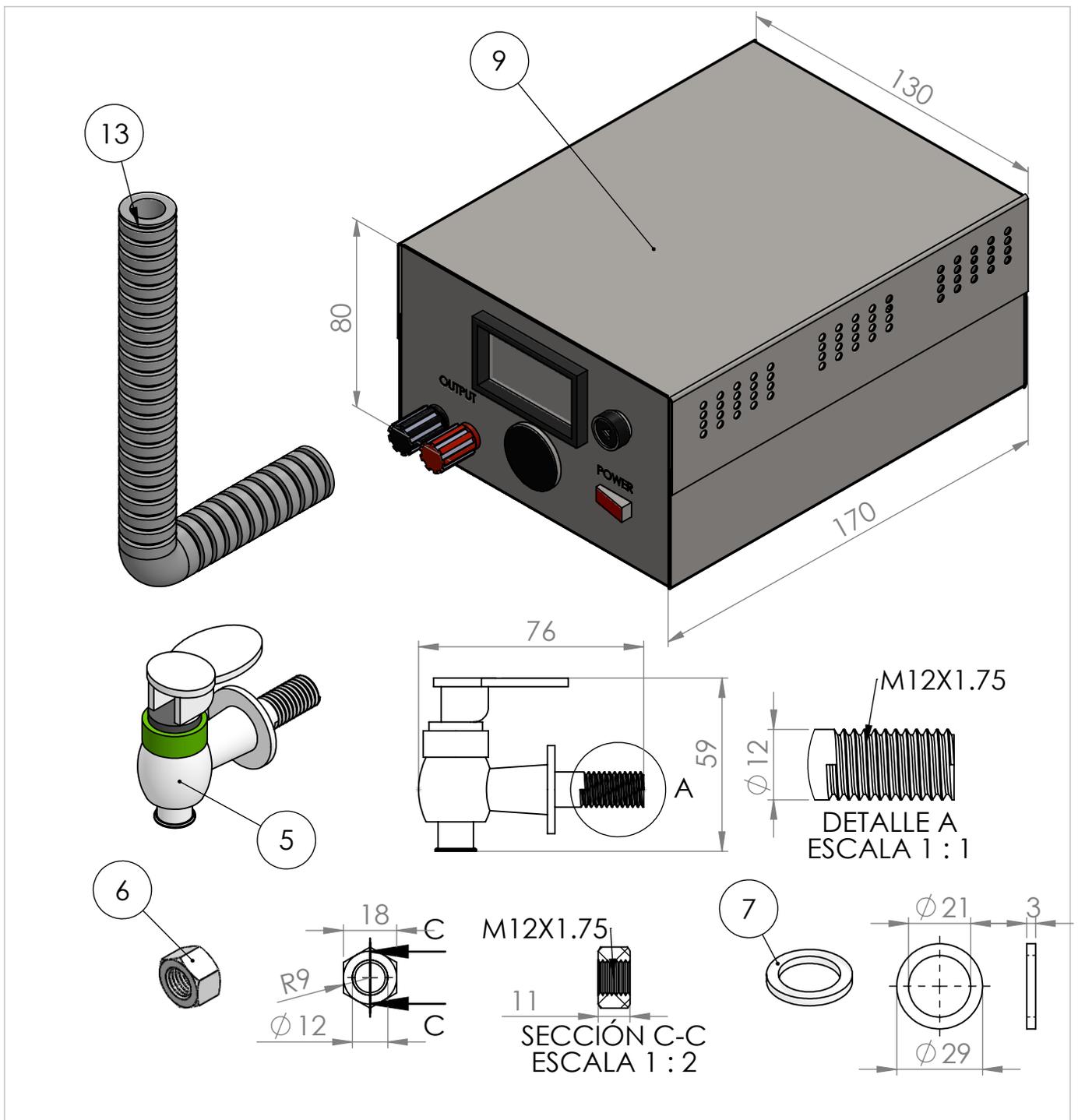
**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 20:** *Planos del prototipo*



ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Recipiente	VIDRIO 160x160x155	1
2	Soporte de electrodo lateral	IMPRESIÓN 3D PC 20x140x7	2
3	Soporte de electrodo inferior	IMPRESIÓN 3D PC 20x140x7	1
4	Electrodo	ALEACIÓN DE ALUMINIO 6061-O 10x120	6
5	Llave de salida	PVC	1
6	Anillo de ajuste	PVC	2
7	Tuerca de sujeción	TUERCA HEX PVC M12 x 1.75	1
8	Conector hembra	PLUG RCA AEREO NEGRO-ROJO	6
9	Fuente de alimentación	MODELO RPS204 130x170X80	1
10	Conector macho	PLUG RCA AEREO ROJO-NEGRO	6
11	Cables de alimentación - Electrodo	CABLE #14 THW ROJO - NEGRO	6
12	Terminal	IMPRESO 3D PC Ø20x12x17	2
13	Tubería corrugada	TUBERIA CORRUGADA FLEXIBLE 3/8 GRIS	1
14	Cables de alimentación - Salida de la fuente	CABLE #14 THW ROJO-NEGRO	2
15	Base	VIDRIO TEMPLADO 160x160X5	1
16	Largo	VIDRIO TEMPLADO 160x150X5	2
17	Ancho	VIDRIO TEMPLADO 150x150X5	
18	Ancho frontal	VIDRIO TEMPLADO 160x150X5	

				PROYECCIÓN 	ESCALA 1:5	HOJA: 1 DE: 1 FORMATO: A3
DIBUJADO 18/03/2025	FECHA	NOMBRE GUERRERO I. GUERRERO J.	FIRMA	TÍTULO PLANO DE ENSAMBLE Y EXPLOSIÓN	PROYECTO DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN	
REVISADO						

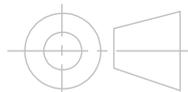


ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT
9	Fuente de alimentación	MODELO RPS204 130x170X80	1
13	Tuberia corrugada	TUBERIA CORRUGADA FLEXIBLE 3/8 GRIS	1
5	Llave de salida	PVC	1
6	Tuerca de sujeción	TUERCA HEX PVC M12 x 1.75	1
7	Anillo de ajuste	PVC	2



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE JAÉN**

PROYECCIÓN



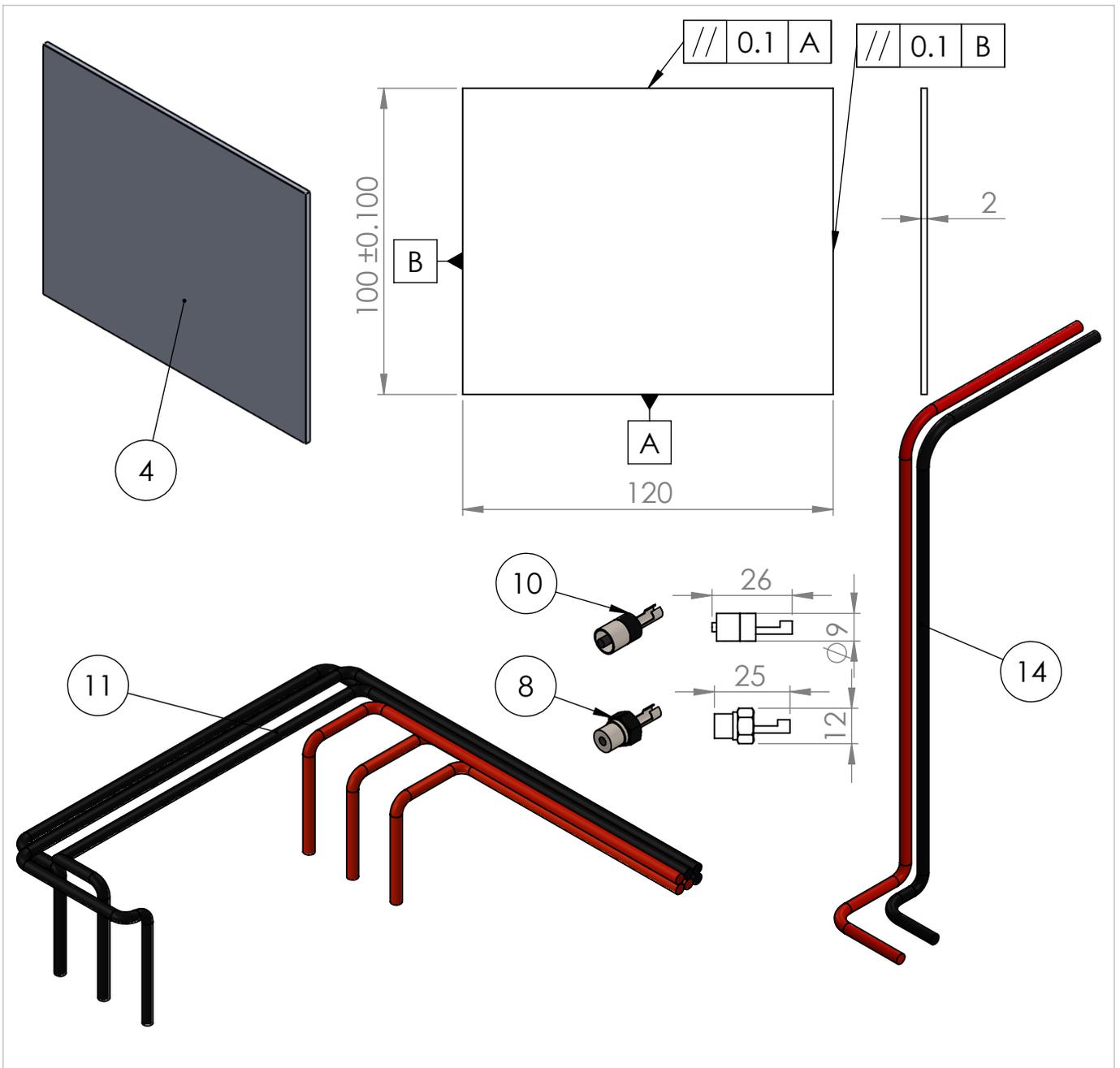
ESCALA

1:2

HOJA: 1 DE: 1

FORMATO: A4

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE FABRICACIÓN
REVISADO				PROYECTO FUENTE DE ALIMENTACIÓN - TUBERIA CORRUGADA- LLAVE

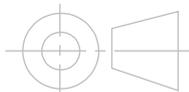


ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT
4	Electrodo	ALEACIÓN DE ALUMINIO 6061-O 100x120	6
8	Conector hembra	PLUG RCA AEREO ROJO(3)- NEGRO(3)	6
10	Conector macho	PLUG RCA AEREO ROJO (3)- NEGRO(3)	6
11	Cables de alimentación - Electrodo	CABLE #14 THW ROJO-NEGRO	6
14	Cables de alimentación - Salida de la fuente	CABLE #14 THW ROJO-NEGRO	2



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE JAÉN**

PROYECCIÓN



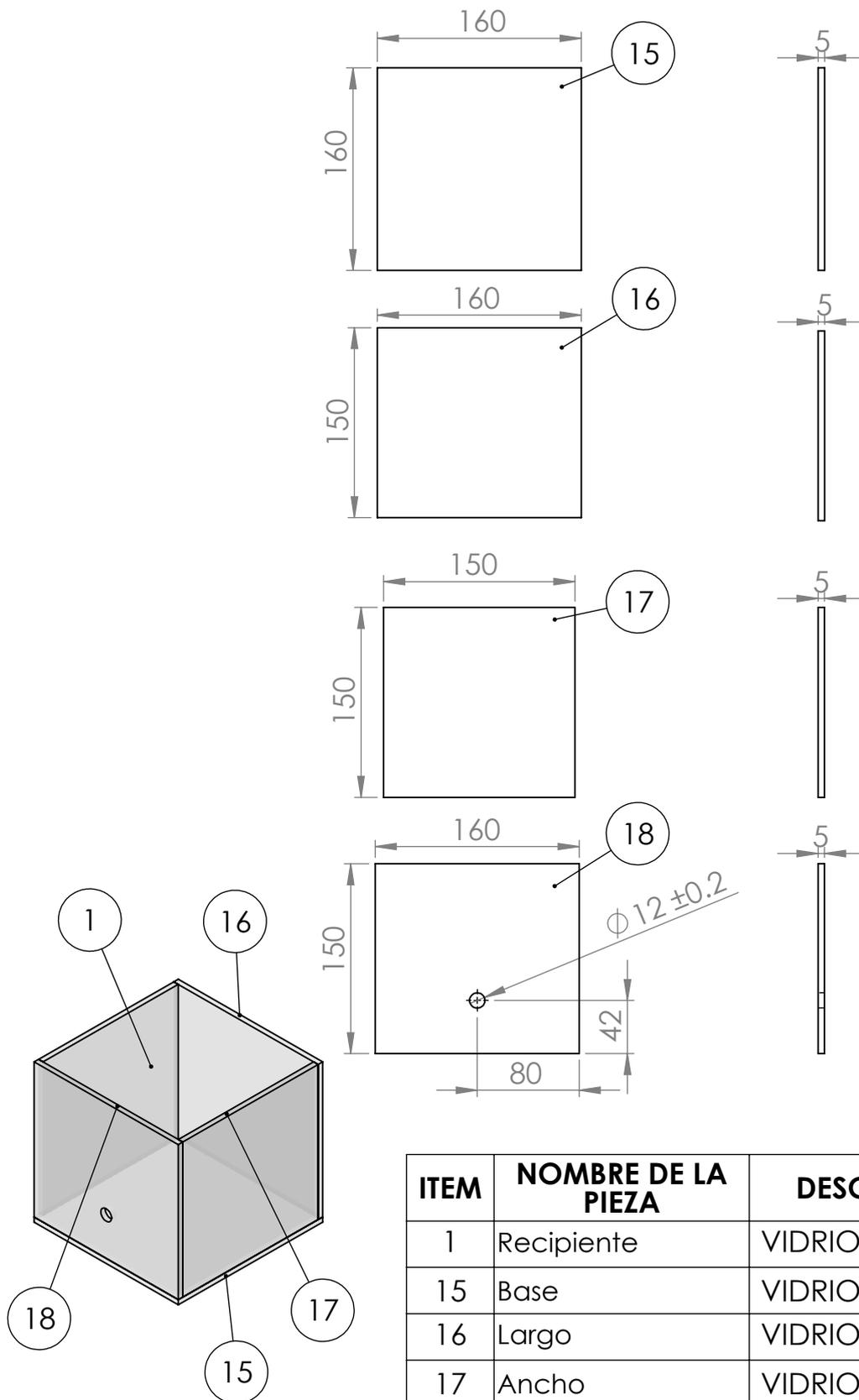
ESCALA

1:2

HOJA: 1 DE: 1

FORMATO: A4

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE FABRICACIÓN
REVISADO				PROYECTO ELECTRODO - CONECTORES- CABLES

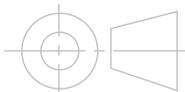


ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Recipiente	VIDRIO TEMPLADO	1
15	Base	VIDRIO TEMPLADO	1
16	Largo	VIDRIO TEMPLADO	2
17	Ancho	VIDRIO TEMPLADO	1
18	Ancho frontal	VIDRIO TEMPLADO	1



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE JAÉN**

PROYECCIÓN



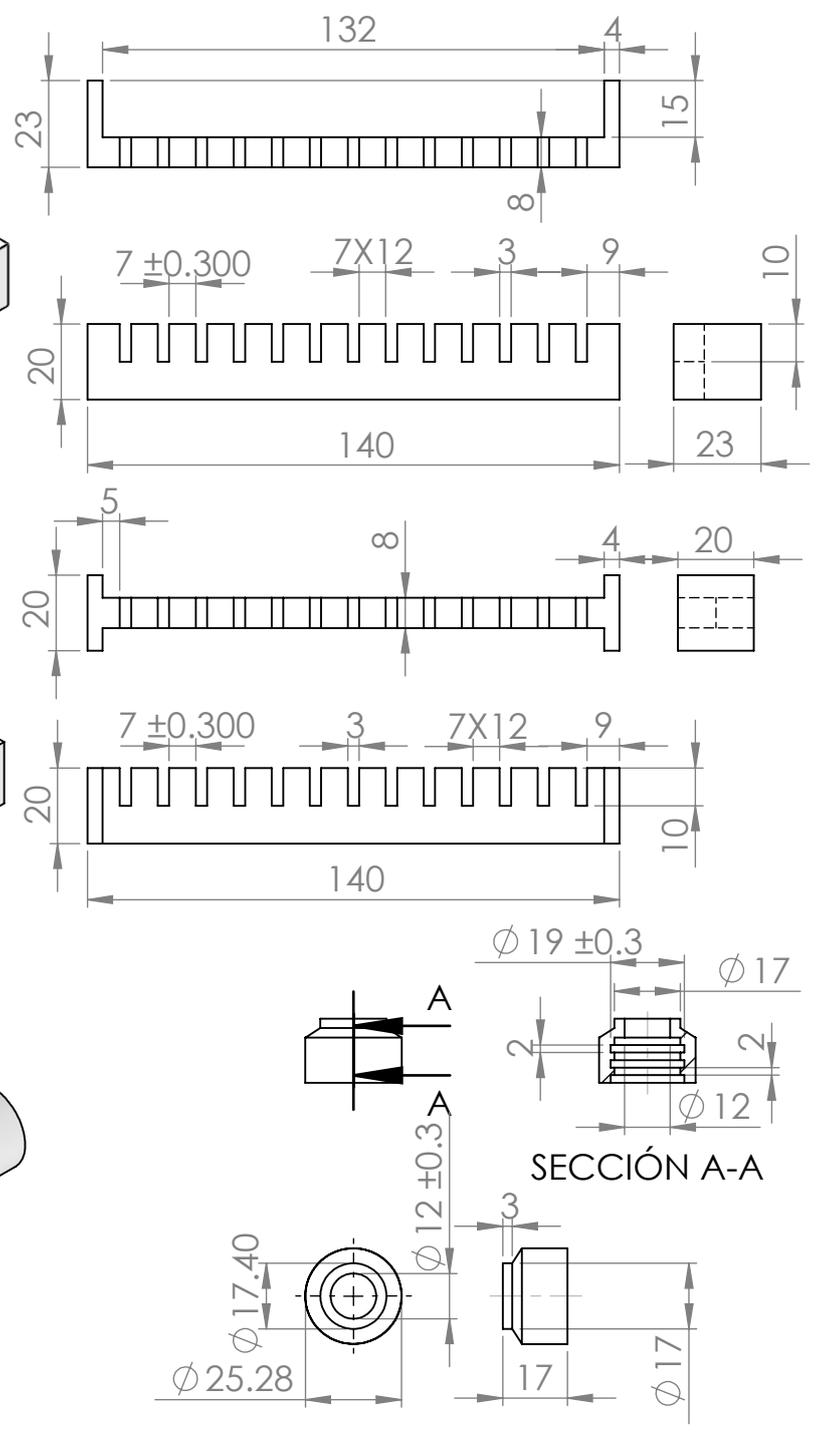
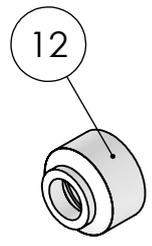
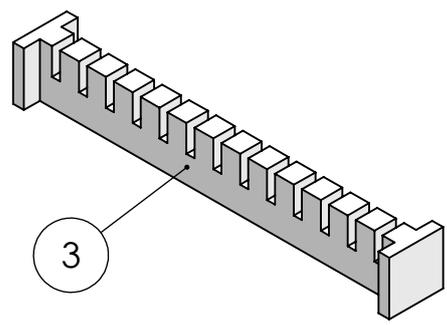
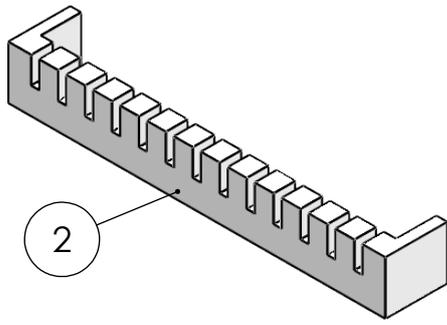
ESCALA

1:5

HOJA: 1 DE: 1

FORMATO: A4

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE FABRICACIÓN
REVISADO				PROYECTO RECIPIENTE

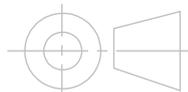


ITEM	NOMBRE DE LA PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT
2	Soporte de electrodo lateral	IMPRESIÓN 3D PC 20x140x7	2
3	Soporte de electrodo inferior	IMPRESIÓN 3D PC 20x140x7	1
12	Terminal	IMPRESIÓN 3D PC Ø20x12x17	2



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

PROYECCIÓN



ESCALA

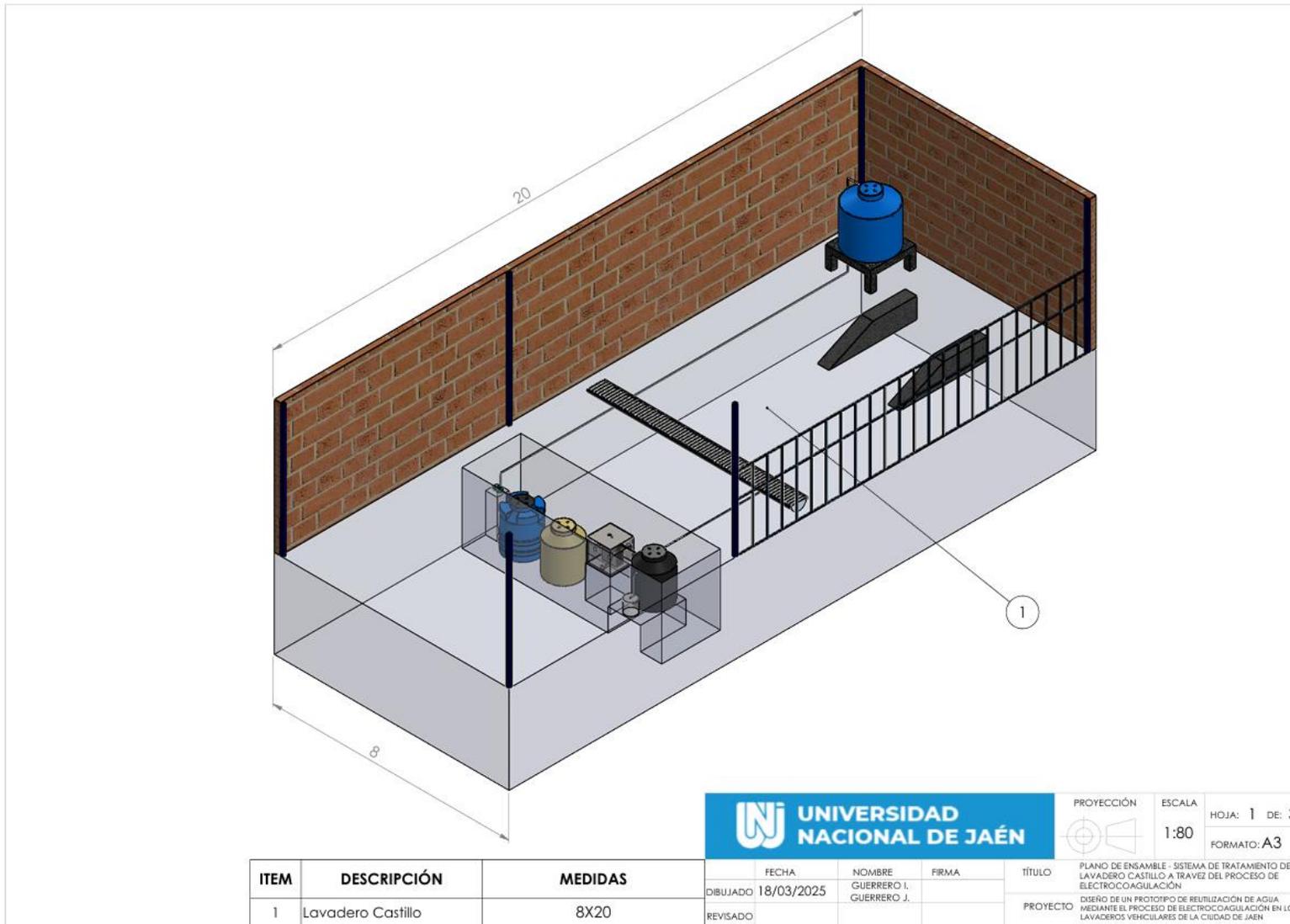
1:2

HOJA: 1 DE: 1

FORMATO: A4

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE FABRICACIÓN
REVISADO				PROYECTO SOPORTES DE ELECTRODO - TERMINAL

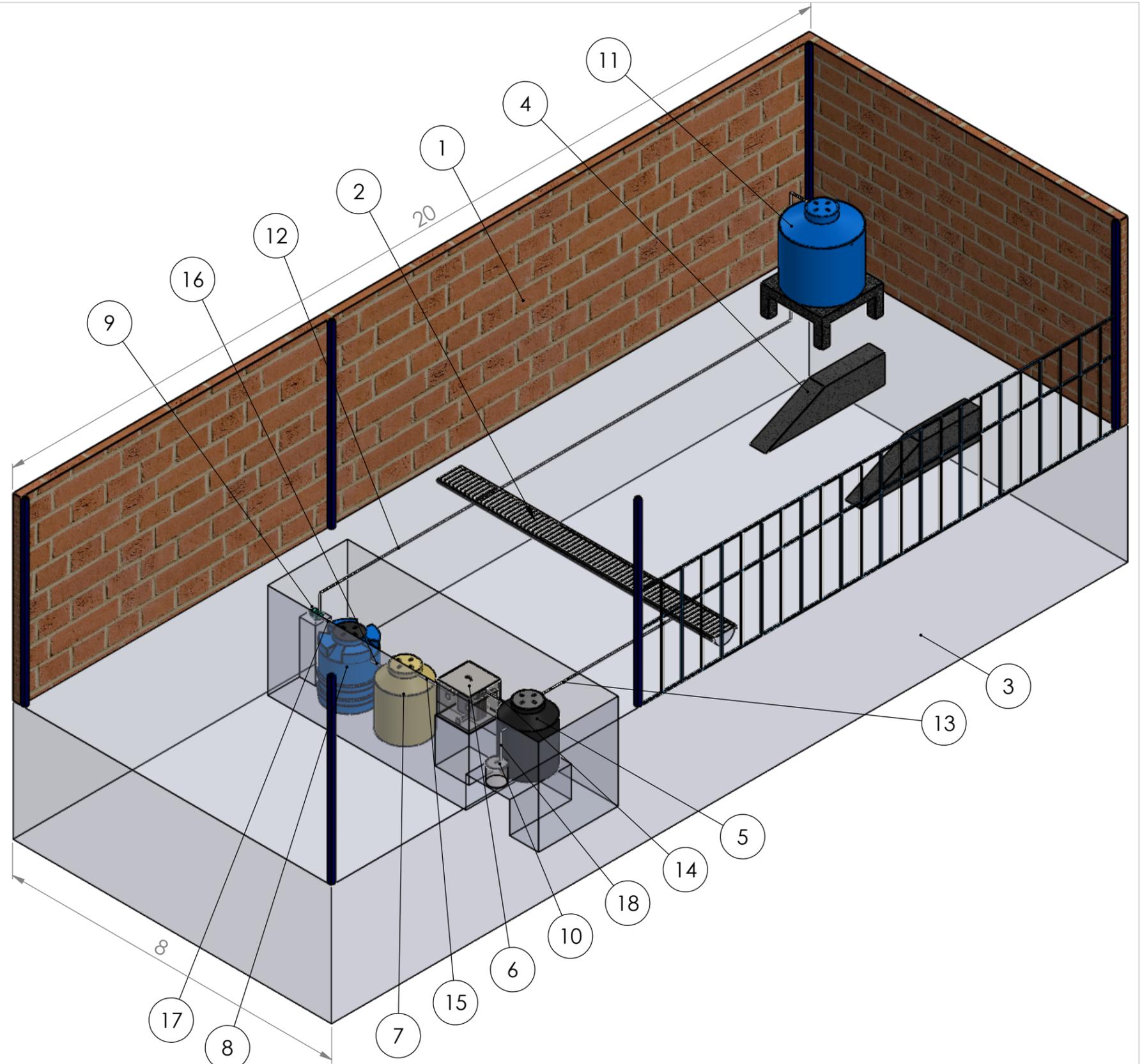
**Anexo 21: Área total del Lavadero Castillo**



*Fuente:* Elaboración propia.

**Anexo 22:** *Planos para implementación del sistema de reutilización por el proceso de electrocoagulación*

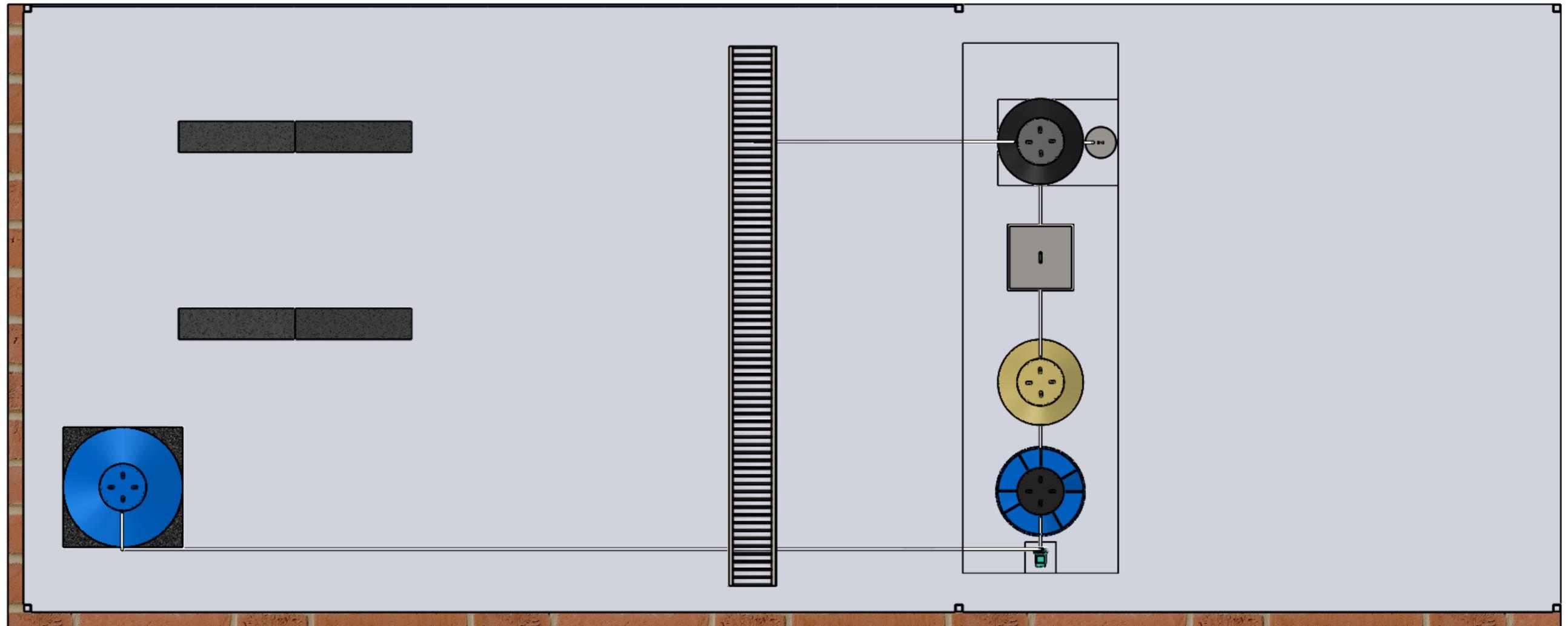
ITEM	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS	CANT
1	Lavadero Castillo	8X20	1
2	Rejilla para coladera en autolavado	Acero galvanizado 601x6925	1
3	Piso	Concreto 8x20x3	1
4	Rampa	Concreto 3x3x6	2
5	Tanque de sedimentación	Tanque de agua Pro 1100LT negro	1
6	Tanque electrocoagulación lavadero castillo	A ESCALA 1:5 DEL PROTIPO IMPLEMENTADO	1
7	Tanque de filtración	Tanque de agua arena Pro 1100LT	1
8	Tanque de salida	Cisterna de agua 1200LT azul	1
9	Sistema de bombeo	Electrobomba centrífuga 1HP CPM620 100L/min	1
10	Recipiente de grasas	Acero inoxidable $\phi$ 400xx420	1
11	Tanque de reserva	Tanque de agua azul Pro 2700LT	1
12	Tubería agua fría sistema de bombeo - Reserva	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
13	Tubería agua fría lavadero- Sedimentación	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
14	Tubería agua fría sedimentación- Electrocoagulación	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
15	Tubería agua fría Electrocoagulación - Filtración	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
16	Tubería agua fría Filtración - Salida	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
17	Tubería agua fría salida - Electrobomba	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1
18	Tubería agua fría sedimentación - Tanque de grasas	Tubería SAP PVC $\phi$ 1"	1



				PROYECCIÓN 	ESCALA 1:80	HOJA: 1 DE: 3 FORMATO: A3
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO	PLANO DE ENSAMBLE - SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL LAVADERO CASTILLO A TRAVÉS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN	
REVISADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PROYECTO	DISEÑO DE UN PROTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAEN	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE ENSAMBLE - VISTA FRONTAL - SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL LAVADERO CASTILLO A TRAVEZ DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN
REVISADO				PROYECTO DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAEN



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	TÍTULO
DIBUJADO	18/03/2025	GUERRERO I. GUERRERO J.		PLANO DE ENSAMBLE - VISTA SUPERIOR - SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL LAVADERO CASTILLO A TRAVEZ DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN
REVISADO				PROYECTO DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAEN

**Anexo 23: Conjunto de lavaderos que se utilizó para la población, Morro Solar Bajo – Jaén**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 24: Población de lavaderos del sector Morro Solar Bajo**

<b>ITEM</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
1	Car Wash Garaje	Ca. Mariano Melgar #391
2	Car Wash ENOC	Ca. Marañón #2137
3	Car Wash Franquicia	Ca. Marañón #2139
4	Car Wash Pocho Rojas	Ca. El Bosque #601
5	Car Wash Brayán y Willy	Ca. La Marina #430
6	Car Wash Gladis	Ca. Torre Tagle #922
7	Car Wash Bohemia	Prol. Manco Cápac #1180
8	Car Wash Trébol	Prol. Manco Cápac #1181
9	Car Wash Monkey	Ca. La Marina #415
10	Lavadero Garaje Alex	Ca. Marieta #1078
11	Car Wash D´luxe	Av. Oriente #120
12	Car Wash Lupos	Ca. Luis Castillo Caballero S/N
13	Lavadero Ocaña	Ca. Los Robles #265
14	Lavadero Castillo	Prol. Manco Cápac #1111

**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 25:** *Cotización y análisis químicos- microbiológicos*

<b>Fecha de Recibido:</b>	<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Año</b>	N° Solicitud	<b>SC</b>	<b>447</b>
	18	Marzo	2025			
Forma de Recepción:	Electrónico					

## INFORMACION DEL SOLICITANTE

Razón Social/Cliente	GUERRERO IRENE JENNY - GUERRERO JIBAJA JHOEL			RUC/DNI	73210830
Dirección	Jaén			Teléfono	929488122
Persona de contacto	GUERRERO IRENE JENNY		Correo electrónico	jennythaliaguerrero@gmail.com	

## ANÁLISIS SOLICITADOS

Ítem	Tipo de Matriz	Cantidad de muestras	Ensayos solicitado	Método de Ensayo	Modalidad	Expresión de Resultados	Precio Unitario IGV S/.	Precio Total con IGV (S/.)	
1	Residual (Doméstica, indust y Municipal)	3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	A.	mg O2/L	51.90	155.69	
2	Residual (Doméstica, indust y Municipal)	3	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	A.	mg O2/L	47.08	141.24	
5	Residual (Doméstica, indust y Municipal)	3	Coliformes Totales (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique	A.	NMP/100mL	59.55	178.66	
7	Residual (Doméstica, indust y Municipal)	3	MATERIAL DE MUESTREO	Botellas de 1° uso y prestamo de Frascos estériles y apropiados para la toma de muestra, preservantes, cooler, Ice pack"	-	Kit	25.15	75.44	
<b>COSTO</b>		Sub Total <i>sin IGV</i>		466.96	IGV (18%)	84.05	<b>Total con IGV</b>		<b>551.02</b>

Nota: Modalidad indica si el metodo de ensayo es: N.A. (No acreditado), A.(Acreditado), SbC. (Subcontratado) y T. (Tercerizado)	Emisión del informe de ensayo	<b>VIRTUAL</b>	<b>"El Laboratorio no emite declaraciones de conformidad de los resultados de ensayo con una especificación o norma"</b>
---	-------------------------------	----------------	--

Nota: Consultar al Usuario:	<b>RENUNCIA</b> al Símbolo de Acreditación en Informe de Ensayo.	<b>NO</b>	-
-----------------------------	--	-----------	---

Observaciones	<p><b>Nota: Los materiales de muestreo entregados deberán ser devueltos en su totalidad, caso contrario, no se entregará el respectivo informe de ensayo hasta la devolución de los mismo.</b></p> <p>Los parámetros acreditados y no acreditados se emitan en informes separados.</p> <p><b>Proyecto de Tesis: "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN"</b></p>
---------------	---

Personal quien registra la petición:	Carlos Cabanillas Zambrano	Recoje Informe: -
--------------------------------------	----------------------------	-------------------

## CONDICIONES GENERALES

<p><b>Validez de la cotización:</b> "Esta cotización de Ensayos tiene vigencia durante el presente año fiscal o hasta actualización del tarifario actual, Cualquier aceptación fuera de este plazo estará sujeta a una revisión de los términos y precios ofrecidos".</p> <p><b>Condiciones de Pago:</b> "El trabajo de ensayo de Laboratorio se realiza previo pago por anticipado y al contado".</p> <p><b>Plazo de entrega del Informe:</b> El tiempo de entrega del Informe de Ensayo para muestras de aguas es de 7 días hábiles después de la recepción de la muestra (en caso de muestras de suelos, plantas u otras matrices el plazo de entrega es de 15 días hábiles); o previo acuerdo con el laboratorio. En caso de que surjan percances o circunstancias imprevistas que afecten el plazo de entrega, el laboratorio notificará al cliente (Vía telefónica o por correo electrónico), proponiendo una nueva fecha de entrega.</p> <p><b>Confidencialidad:</b> Toda información generada del servicio prestado se considera confidencial entre el laboratorio y el cliente. Por tanto, "Nos comprometemos a mantener la confidencialidad de todos los datos y resultados obtenidos durante los ensayos, los cuales serán compartidos únicamente con las partes autorizadas según lo indicado en esta cotización".</p> <p><b>Alcance del Servicio:</b> "Esta cotización incluye únicamente los ensayos especificados líneas arriba. Cualquier ensayo adicional solicitado durante el curso del trabajo se cotizará por separado y deberá ser aprobado antes de su ejecución".</p> <p><b>Reclamos, Modificaciones o Cancelaciones:</b> "El cliente dispondrá de un período de 30 días calendario desde la emisión del informe de resultados para presentar cualquier reclamo o corrección (modificación). Pasado este período, se considerará que los resultados y los datos en dicho informe han sido aceptados en su totalidad y no se realizarán ajustes posteriores. Una vez realizado el pago y generado su respectivo comprobante, el laboratorio no realizará ningún tipo de devolución monetaria por cancelación del servicio".</p> <p><b>Condiciones de Aceptación de la muestra:</b> "Las muestras deberán ser enviadas en condiciones adecuadas para su análisis. Nos reservamos el derecho de rechazar muestras que no cumplan con los requisitos especificados, lo que podría afectar el plazo de entrega de los resultados".</p> <p><b>de muestras:</b> Las muestras serán conservadas por el laboratorio de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y/o por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión del informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.</p>	<b>Conservación</b>
---	---------------------

**INFORME DE ENSAYO N° IE 03250518**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	GUERRERO IRENE JENNY - GUERRERO JIBAJA JHOEL		
Dirección	Jaén		
Persona de contacto	GUERRERO IRENE JENNY	Correo electrónico	<a href="mailto:jennythaliaguerrero@gmail.com">jennythaliaguerrero@gmail.com</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	27.03.25	Hora de Muestreo	14:00 a 14:24
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	03		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	Jaén		
Observaciones:	-		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	SC-447-2025	Cadena de Custodia	CC - 0518 - 25
Fecha y Hora de Recepción	28.03.25	10:50	Inicio de Ensayo 28.03.25 11:05
Reporte Resultado	08.04.25	17:40	Lugar de ejecución de ensayos Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

Escanear Codigo QR



Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 08 de Abril de 2025

**INFORME DE ENSAYO N° IE 03250518**

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			Muestra 01- Tiempo 01	Muestra 02- Tiempo 12	Muestra 03- Tiempo 24	-	-	-
Código Laboratorio			03250518-01	03250518-02	03250518-03	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra			Jaén	Jaén	Jaén	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	150.08	40.24	16.00	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	240.75	150.26	40.06	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)  
(\* ) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 03250518**

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Muestra 01- Tiempo 01	Muestra 02- Tiempo 12	Muestra 03- Tiempo 24	-	-	-
Código Laboratorio			03250518-01	03250518-02	03250518-03	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	Industrial	-	-	-
Localización de la Muestra			Jaén	Jaén	Jaén	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 <sup>4</sup>	25 x 10 <sup>3</sup>	0	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 03250518

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

(\*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.

✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 25/07/2024

Cajamarca, 08 de Abril de 2025

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**Anexo 26:** *Estado de cuenta corriente de consumo de agua y recibo de luz del lavadero Castillo*



EPS. MARAÑON S.A.  
 AV. MARISCAL URETA 1912  
 RUC : 20141814312  
 SEDE: JAEN

## ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

Página : 4 de 6  
 Fecha : 11/04/2025  
 Hora : 09:12:45 am

**N° de Inscripción :** 92839  
**DNI :** 27752681  
**Cliente :** GALVEZ CAMPOS JOSE PAULINO  
**Dirección :** PRL. MANCO CAPAC 1111  
**Actividad :** LAVADERO DE CARROS-  
**Estado :** OPERATIVO CON SERVICIO-ACTIVO  
**Tipo Facturación :** CONSUMO LEIDO ( Lect. Ultima 110 m³)  
**Fecha de Inst. :** 15-01-2020

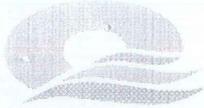
**Código Catastral :** 01-01-81-500-0180-01

**Tipo Servicio :** AGUA Y DESAGUE

**Categoría :** COM(100%)

**Medidor :** Si ( N° da19107021)

N°	Fecha	Hora	Mes Facturación	Serie	Número	Operación	Cat	Co	Lectura	Consu	Cargo	Abono	Saldo	Est. Rec.	Recl.
70	07/10/2022	10:38	AGOSTO - 2022	S001	2414117	PAGO DEUDA ACUMULADA						112.00	106.40		
71	07/10/2022	10:38	SEPTIEMBRE - 2022	S001	2432892	PAGO RECIBO DE PENSIONES						106.40	0.00		
72	31/10/2022	00:00	OCTUBRE - 2022	S001	2451842	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2127	36	84.10		84.10	PAG	
73	23/11/2022	08:36	OCTUBRE - 2022	S001	2451842	PAGO RECIBO DE PENSIONES						84.10	0.00		
74	30/11/2022	00:00	NOVIEMBRE - 2022	S001	2470979	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2190	63	155.40		155.40	PAG	
75	19/12/2022	09:56	NOVIEMBRE - 2022	S001	2470979	PAGO RECIBO DE PENSIONES						155.40	0.00		
76	31/12/2022	00:00	DICIEMBRE - 2022	S001	2490285	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2237	47	120.20		120.20	PAG	
77	25/01/2023	11:17	DICIEMBRE - 2022	S001	2490285	PAGO RECIBO DE PENSIONES						120.20	0.00		
78	31/01/2023	00:00	ENERO - 2023	S001	2509715	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2304	67	176.30		176.30	PAG	
79	20/02/2023	11:31	ENERO - 2023	S001	2509715	PAGO RECIBO DE PENSIONES						176.30	0.00		
80	28/02/2023	00:00	FEBRERO - 2023	S001	2529267	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2366	62	162.30		162.30	PAG	
81	15/03/2023	10:11	FEBRERO - 2023	S001	2529267	PAGO RECIBO DE PENSIONES						162.30	0.00		
82	31/03/2023	00:00	MARZO - 2023	S001	2548900	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2449	83	221.20		221.20	PAG	
83	24/04/2023	09:35	MARZO - 2023	S001	2548900	PAGO RECIBO DE PENSIONES						221.20	0.00		
84	30/04/2023	00:00	ABRIL - 2023	S001	2568571	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2494	45	119.30		119.30	PAG	
85	17/05/2023	08:55	ABRIL - 2023	S001	2568571	PAGO RECIBO DE PENSIONES						119.30	0.00		
86	31/05/2023	00:00	MAYO - 2023	S001	2588362	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2539	45	119.30		119.30	PAG	
87	19/06/2023	09:14	MAYO - 2023	S001	2588362	PAGO RECIBO DE PENSIONES						119.30	0.00		
88	30/06/2023	00:00	JUNIO - 2023	S001	2608295	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2609	70	192.30		192.30	PAG	
89	17/07/2023	10:14	JUNIO - 2023	S001	2608295	PAGO RECIBO DE PENSIONES						192.30	0.00		
90	31/07/2023	00:00	JULIO - 2023	S001	2628274	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2652	43	113.40		113.40	PAG	
91	14/08/2023	10:21	JULIO - 2023	S001	2628274	PAGO RECIBO DE PENSIONES						113.40	0.00		
92	31/08/2023	00:00	AGOSTO - 2023	S001	2648376	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2713	61	166.00		166.00	PAG	



EPS. MARAÑON S.A.  
 AV. MARISCAL URETA 1912  
 RUC : 20141814312  
 SEDE: JAEN

## ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

Página : 5 de 6  
 Fecha : 11/04/2025  
 Hora : 09:12:45 am

**N° de Inscripción :** 92839  
**DNI :** 27752681  
**Cliente :** GALVEZ CAMPOS JOSE PAULINO  
**Dirección :** PRL. MANCO CAPAC 1111  
**Actividad :** LAVADERO DE CARROS-  
**Estado :** OPERATIVO CON SERVICIO-ACTIVO  
**Tipo Facturación :** CONSUMO LEIDO ( Lect. Ultima 110 m³)  
**Fecha de Inst. :** 15-01-2020

**Código Catastral :** 01- 01- 81- 500- 0180-01

**Tipo Servicio :** AGUA Y DESAGUE

**Categoría :** COM(100%)

**Medidor :** Si ( N° da19107021)

N°	Fecha	Hora	Mes Facturación	Serie	Número	Operación	Cat	Co	Lectura	Consu	Cargo	Abono	Saldo	Est. Rec.	Recl.
93	15/09/2023	08:52	AGOSTO - 2023	S001	2648376	PAGO RECIBO DE PENSIONES						166.00	0.00		
94	30/09/2023	00:00	SETIEMBRE - 2023	S001	2668565	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2759	46	122.20		122.20	PAG	
95	16/10/2023	09:00	SETIEMBRE - 2023	S001	2668565	PAGO RECIBO DE PENSIONES						122.20	0.00		
96	31/10/2023	00:00	OCTUBRE - 2023	S001	2688753	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2821	62	168.90		168.90	PAG	
97	15/11/2023	09:34	OCTUBRE - 2023	S001	2688753	PAGO RECIBO DE PENSIONES						168.90	0.00		
98	30/11/2023	00:00	NOVIEMBRE - 2023	S001	2708842	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2880	59	160.10		160.10	PAG	
99	15/12/2023	09:47	NOVIEMBRE - 2023	S001	2708842	PAGO RECIBO DE PENSIONES						160.10	0.00		
100	31/12/2023	00:00	DICIEMBRE - 2023	S001	2728978	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		2937	57	154.30		154.30	PAG	
101	15/01/2024	10:00	DICIEMBRE - 2023	S001	2728978	PAGO RECIBO DE PENSIONES						154.30	0.00		
102	31/01/2024	00:00	ENERO - 2024	S001	2749002	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3008	71	196.00		196.00	PAG	
103	15/02/2024	09:33	ENERO - 2024	S001	2749002	PAGO RECIBO DE PENSIONES						196.00	0.00		
104	29/02/2024	00:00	FEBRERO - 2024	S001	2768989	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3060	52	140.30		140.30	PAG	
105	12/03/2024	09:00	FEBRERO - 2024	S001	2768989	PAGO RECIBO DE PENSIONES						140.30	0.00		
106	31/03/2024	00:00	MARZO - 2024	S001	2789021	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3109	49	131.50		131.50	PAG	
107	16/04/2024	09:06	MARZO - 2024	S001	2789021	PAGO RECIBO DE PENSIONES						131.50	0.00		
108	30/04/2024	00:00	ABRIL - 2024	S001	2809077	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3145	36	93.40		93.40	PAG	
109	20/05/2024	09:35	ABRIL - 2024	S001	2809077	PAGO RECIBO DE PENSIONES						93.40	0.00		
110	31/05/2024	00:00	MAYO - 2024	S001	2829248	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3188	43	113.90		113.90	PAG	
111	11/06/2024	10:36	MAYO - 2024	S001	2829248	PAGO RECIBO DE PENSIONES						113.90	0.00		
112	30/06/2024	00:00	JUNIO - 2024	S001	2849482	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3228	40	105.20		105.20	PAG	
113	15/07/2024	08:55	JUNIO - 2024	S001	2849482	PAGO RECIBO DE PENSIONES						105.20	0.00		
114	31/07/2024	00:00	JULIO - 2024	S001	2869675	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3278	50	134.50		134.50	PAG	
115	14/08/2024	08:45	JULIO - 2024	S001	2869675	PAGO RECIBO DE PENSIONES						134.50	0.00		



EPS. MARAÑÓN S.A.  
 AV. MARISCAL URETA 1912  
 RUC : 20141814312  
 SEDE: JAEN

## ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

Página : 6 de 6  
 Fecha : 11/04/2025  
 Hora : 09:12:45 am

**N° de Inscripción :** 92839  
**DNI :** 27752681  
**Cliente :** GALVEZ CAMPOS JOSE PAULINO  
**Dirección :** PRL. MANCO CAPAC 1111  
**Actividad :** LAVADERO DE CARROS-  
**Estado :** OPERATIVO CON SERVICIO-ACTIVO  
**Tipo Facturación :** CONSUMO LEIDO ( Lect. Ultima 110 m³)  
**Fecha de Inst. :** 15-01-2020

**Código Catastral :** 01-01-81-500-0180-01  
**Tipo Servicio :** AGUA Y DESAGUE  
**Categoría :** COM(100%)  
**Medidor :** Si ( N° da19107021)

N°	Fecha	Hora	Mes Facturación	Serie	Número	Operación	Cat	Co	Lectura	Consu	Cargo	Abono	Saldo	Est. Rec.	Recl.
116	31/08/2024	00:00	AGOSTO - 2024	S001	2889941	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3314	36	93.40		93.40	PAG	
117	16/09/2024	08:58	AGOSTO - 2024	S001	2889941	PAGO RECIBO DE PENSIONES						93.40	0.00		
118	30/09/2024	00:00	SETIEMBRE - 2024	S001	2910305	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3353	39	102.20		102.20	PAG	
119	14/10/2024	10:45	SETIEMBRE - 2024	S001	2910305	PAGO RECIBO DE PENSIONES						102.20	0.00		
120	31/10/2024	00:00	OCTUBRE - 2024	S001	2930777	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3390	37	96.40		96.40	PAG	
121	13/11/2024	10:55	OCTUBRE - 2024	S001	2930777	PAGO RECIBO DE PENSIONES						96.40	0.00		
122	30/11/2024	00:00	NOVIEMBRE - 2024	S001	2951399	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3430	40	105.20		105.20	PAG	
123	17/12/2024	08:47	NOVIEMBRE - 2024	S001	2951399	PAGO RECIBO DE PENSIONES						105.20	0.00		
124	31/12/2024	00:00	DICIEMBRE - 2024	S001	2972091	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3465	35	90.50		90.50	PAG	
125	13/01/2025	10:00	DICIEMBRE - 2024	S001	2972091	PAGO RECIBO DE PENSIONES						90.50	0.00		
126	31/01/2025	00:00	ENERO - 2025	S001	2992915	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3516	51	157.20		157.20	PAG	
127	12/02/2025	09:11	ENERO - 2025	S001	2992915	PAGO RECIBO DE PENSIONES						157.20	0.00		
128	28/02/2025	00:00	FEBRERO - 2025	S001	3013904	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3558	42	125.20		125.20	PAG	
129	17/03/2025	09:03	FEBRERO - 2025	S001	3013904	PAGO RECIBO DE PENSIONES						125.20	0.00		
130	31/03/2025	00:00	MARZO - 2025	S001	3034943	FACT. DE PENSIONES	COMERCI		3688	110	367.30		367.30	PEN	

Montos Negociables  
 Pensiones: 367.30  
 Cuotas X Convenio: 0.00  
 Servicios Colaterales: 0.00  
 Sub Total 367.30  
 Montos de Quiebras: 0.00

Montos a Facturar  
 Intereses y Cargos: 0.00  
 Cargos X Facturar: 0.00  
 Cuotas X Convenio: 0.00  
 Sub Total 0.00  
 Interes Moratorio al 11/04/2025: 0.00

NÚMERO DE MESES DE DEUDA : 1

**DEUDA TOTAL: S/. 367.30**

**ESTADO DE CUENTA CORRIENTE****Contrato Suministro:** 35703541**DNI:** 27752681**Cliente:** GALVEZ CAMPOS, JOSÉ PAULINO**Dirección:** Prol. MANCO CAPAC N°C-11 SECTOR MORRO SOLAR BAJO**Código ruta:** 714-84-85-007980**SE. Distribución:** E240075

Mes	Emisión	Fecha lectura	Lectura anterior	Lectura actual	Promedio	Consumo	Facturado	Importe	Monto
202301	5/01/2023	31/12/2022	23838	24274	378	436	436	319.2828	S/ 337.50
202302	5/02/2023	31/01/2023	24274	24711	395	437	437	323.7296	S/ 336.50
202303	5/03/2023	28/02/2023	24711	25148	411	437	437	325.7398	S/ 344.00
202304	5/04/2023	31/03/2023	25148	25613	408	465	465	350.0055	S/ 369.50
202305	5/05/2023	30/04/2023	25613	26102	425	489	489	368.9994	S/ 388.00
202306	5/06/2023	31/05/2023	26102	26509	448	407	407	307.1629	S/ 325.50
202307	5/07/2023	30/06/2023	26509	26879	445	370	370	280.09	S/ 299.00
202308	5/08/2023	31/07/2023	26879	27246	434	367	367	289.6364	S/ 308.50
202309	5/09/2023	31/08/2023	27246	27592	423	346	346	272.821	S/ 292.00
202310	5/10/2023	30/09/2023	27592	27947	407	355	355	279.3495	S/ 300.00
202311	5/11/2023	31/10/2023	27947	28379	389	432	432	328.4496	S/ 349.00
202312	5/12/2023	30/11/2023	28379	28748	380	369	369	279.3699	S/ 298.50
202401	5/01/2024	31/12/2023	28748	29099	373	351	351	263.2851	S/ 283.00
202402	5/02/2024	31/01/2024	29099	29476	370	377	377	279.2816	S/ 300.50
202403	5/03/2024	29/02/2024	29476	29850	372	374	374	275.0396	S/ 296.00
202404	5/04/2024	31/03/2024	29850	30211	376	361	361	265.0101	S/ 266.00
202405	5/05/2024	30/04/2024	30211	30666	377	455	455	318.045	S/ 340.50
202406	5/06/2024	31/05/2024	30666	31041	381	375	375	262.575	S/ 281.50
202407	5/07/2024	30/06/2024	31041	31480	382	439	439	308.617	S/ 329.50
202408	5/08/2024	31/07/2024	31480	31794	397	314	314	220.9932	S/ 238.50
202409	5/09/2024	31/08/2024	31794	32211	386	417	417	302.0331	S/ 330.00
202410	5/10/2024	30/09/2024	32211	32544	394	333	333	241.092	S/ 255.00
202411	5/11/2024	31/10/2024	32544	32757	389	213	213	153.1896	S/ 167.00
202412	5/12/2024	30/11/2024	32757	32972	349	215	215	154.499	S/ 171.00
202501	5/01/2025	30/12/2024	32972	33127	322	155	155	111.383	S/ 127.50
202502	5/02/2025	30/01/2025	33127	33252	275	125	125	89.7625	S/ 100.00
202503	5/03/2025	27/02/2025	33252	33350	243	98	98	70.3542	S/ 78.50

Jaén 24 de marzo del 2025

Señor:

Ing. Elver Joel Bustamante Tarrillo

Director de los centros de producción de Bienes y Servicios

Universidad Nacional de Jaén

Presente.



**Asunto: SOLICITO ACCESO PARA USO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DEL CENTRO DE ANALISIS ESPECTROMÉTRICO.**

Nos dirigimos a usted con un cordial saludo para hacer de conocimiento que, en calidad de tesis de la carrera de ingeniería mecánica y eléctrica, solicitamos su autorización para el uso de los instrumentos para el análisis de los siguientes parámetros:

- Conductividad,
- sólidos suspendidos totales,
- Turbidez,
- PH
- Temperatura

El motivo de nuestra solicitud se debe a que, necesitamos realizar pruebas preliminares sobre nuestra investigación de proyecto de tesis denominado “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN LOS LAVADEROS VEHICULARES DE LA CIUDAD DE JAÉN”

Agradeceríamos mucho contar con su apoyo para facilitar el acceso al mencionado laboratorio con la finalidad de cumplir con los objetivos establecidos en nuestra formación académica.

Sin otro particular, agradecemos de antemano su atención y quedamos atentos a su pronta respuesta.

**Atentamente:**

Est. Jenny Thalia Guerrero Irene  
Tesis de ingeniería mecánica y eléctrica.

DNI: 73210830

Est. Jhoel Guerrero Jibaja  
Tesis de ingeniería mecánica y eléctrica.

DNI: 76383652