



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE  
ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE  
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero en Medio Ambiente

**Autor:**

Razo Maya Esteban Marcelo

**Tutor:**

M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

**Latacunga – Ecuador**

**Septiembre del 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo, Esteban Marcelo Razo Maya, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio como materia prima para la elaboración de materiales para la construcción”** siendo M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga 17 de septiembre del 2020

.....  
Esteban Marcelo Razo Maya  
C.I. 050337790-5

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparece a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte RAZO MAYA ESTEBAN MARCELO, identificado con C.C. **050337790-5**, de estado civil **casado**, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico.-**

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2012 – Febrero 2013

Fecha de finalización: Mayo 2020- Septiembre 2020

Aprobación Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor.- M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN”

**CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.-** Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.-** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.-** El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.-** Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.-** **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.-** En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.-** Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

.....  
Esteban Marcelo Razo Maya

**EL CEDENTE**

.....  
Ing.MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio como materia prima para la elaboración de materiales para la construcción”, de Esteban Marcelo Razo Maya, de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de septiembre 2020

.....  
M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos  
TUTORA DEL PROYECTO  
C.I. 1758739062

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto el postulante Razo Maya Esteban Marcelo, con el título del Proyecto de Investigación: “Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio como materia prima para la elaboración de materiales para la construcción”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional

Latacunga, 17 de septiembre 2020

---

Ph.D Mercy Ilbay  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**  
C.C. 060414790-0

---

MSc. Patricio Clavijo  
**LECTOR 2**  
C.C. 050144458-2

---

Mg. José Agreda  
**LECTOR 3**  
C.C. 040133210-1

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primero a Dios por guiar y bendecirme en cada etapa de mi vida con salud, paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta, sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. A mi novia, en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de su amor y paciencia. Gracias a la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL por haberme permitido realizar mi trabajo de investigación en la empresa, en especial a Iván y Gustavo quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en esta investigación. Agradezco a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me motivaron a desarrollarme como persona y profesional.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO:** “REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN.”

**Autor:** Razo Maya Esteban Marcelo

#### RESUMEN

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. (CEDAL) se fundó en el año de 1974 en la ciudad de Latacunga e inicia su producción en el año 1976, como una empresa extrusora de aluminio para suplir la demanda de perfiles arquitectónicos y estructurales en el mercado. El anodizado es un proceso electroquímico, donde los perfiles extruidos son ingresados a distintos baños químicos, resultante de esto se obtiene aguas residuales y lodo, donde son procesadas en la Planta de Efluentes y se obtiene mediante el filtro prensa residuo en forma de lodo que es el objeto de estudio para la elaboración de materiales de la construcción. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo brindar una alternativa sostenible para la disposición final de los lodos generados en el proceso de anodizado del aluminio, para lo cual se presenta una línea base de los procesos existentes y los residuos generados donde se verifica su calidad y tratamiento. Al respecto, el presente estudio se planteó como mejor opción para la disposición final de los lodos, trabajar con métodos que ayuden a disminuir volúmenes de generación de lodos y ahorrar los altos costos de: almacenamiento, transporte y disposición final de desechos. En este sentido, se ha conseguido realizar materiales para la construcción mediante la utilización de lodos como materia prima en la elaboración de adoquines y concreto. Para lo cual se obtuvieron muestras de adoquines en diversas proporciones tanto con lodo húmedo y lodo seco; en proporciones de mezcla del 10, 25, 35, 50 y 75%, con respecto a los otros materiales comunes como ripio y cemento. Siendo la concentración óptima de lodo seco del 25 y 35% respectivamente, los cuales fueron sometidos a diversos ensayos mecánicos establecidas en las normativas NTE INEN 3040:2016 y NTE INEN 0694:2010 mostrando que superan el límite mínimo de resistencia de 2,9 MPa (29,58kg/cm<sup>2</sup>) y por lo tanto se estableció que si es factible reutilizar los lodos en materiales para la construcción.

**Palabras clave:** lodo, adoquín, materiales de construcción, reutilización.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI****FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**THEME:** “REUSE OF SLUDGE FROM THE ALUMINUM ANODIZING PROCESS AS RAW MATERIAL FOR THE ELABORATION OF CONSTRUCTION MATERIALS.”

**Author:** Razo Maya Esteban Marcelo

**ABSTRACT**

The Aluminum Ecuadorian Corporation ("CEDAL") was founded in 1974 in Latacunga city and began production in 1976 as an aluminum extrusion company to supply the demand for architectural and structural profiles in the market. The anodizing process is an electrochemical process where the extruded profiles are entered into different chemical baths, resulting in wastewater and sludge where they are processed in the 'Effluent Plant' and the sludge residue that is the object under study for the elaboration of construction materials. This research work aims to provide a sustainable alternative for the final disposal of the sludge generated in the aluminum anodizing process so, a baseline of the existing processes and the waste generated is presented where its quality, as well as sludge treatment, are verified. This study was proposed as the best option for the final disposal of sludge to work with methods that help reduce volumes of sludge generation and save the high costs of storage, transportation, and final disposal of waste. Consequently, it has been possible to produce construction materials using sludge as a raw material to make paving stones and concrete. Samples of paving stones were obtained in various proportions with both wet and dry mud, mixing proportions of 10, 25, 35, 50, and 75%, concerning other common materials such as rubble and cement. The optimal concentration of dry sludge is 25 and 35%, respectively, subjected to various mechanical tests established in the regulations NTE INEN 3040: 2016 and NTE INEN 0694: 2010 showing that they exceed the minimum resistance limit of 2.9 Mpa (29.58kg / cm<sup>2</sup>). Therefore it was established that it is feasible to reuse the sludge in construction materials.

**Keywords:** sludge, paving stone, construction materials, reuse.

## INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	13
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	16
5. ARBOL DE PROBLEMAS .....	17
6. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	18
7. OBJETIVOS .....	19
7.2 Objetivo General .....	19
7.3 Objetivos Específicos.....	19
8. FUNDAMENTACION CIENTIFICA .....	20
8.1 Contaminación ambiental.....	20
8.2 Contaminantes.....	20
8.3 Tipos de contaminantes.....	21
8.3.1 Contaminantes físicos .....	21
8.3.2 Contaminantes biológicos .....	21
8.3.3 Contaminantes químicos. ....	21
8.4 Peligro de contaminantes. ....	22
8.5 Residuos sólidos.....	22
8.5.1 Residuos Peligrosos.....	23
8.5.2 Mal manejo de los residuos sólidos.....	23
8.6 Vertidos líquidos industriales.....	23
8.6.1 Tratamiento de efluentes .....	24
8.7 Ambiente .....	25
8.7.1 Gestión ambiental.....	25
8.8 Producción más limpia.....	25
8.8.1 Plan de manejo ambiental.....	26
8.8.2 Plan de manejo de residuos sólidos.....	26
9. MARCO LEGAL .....	29
9.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR .....	29

9.1.1 Sección segunda Ambiente sano .....	29
9.1.2 Capítulo séptimo Derechos de la naturaleza .....	29
9.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA).....	31
10. PREGUNTA CIENTIFICA .....	32
11. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS, MÉTODOS INSTRUMENTOS).....	32
11.1 Técnicas.....	32
11.1.1. Investigación documental o bibliográfica .....	32
11.2 Métodos y técnicas .....	36
11.3 INSTRUMENTOS .....	38
12. DISEÑO NO EXPERIMENTAL.....	39
13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	39
14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
15. BIBLIOGRAFÍA.....	45

### Índice de Figuras

<b>FIGURA 1. TIPOS DE CONTAMINANTE Y SUS TRATAMIENTOS.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 2. INSTALACIONES PLANTA CEDAL EN LATACUNGA .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 3. PROCESO PRODUCTIVO.....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 4. DIAGRAMA DE PROCESO DE ANODIZADO .....</b>	<b>35</b>

### Índice de Tablas

<b>TABLA 1. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO. ....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 2. RESULTADOS ANÁLISIS CRTIB DE LODO DE DECAPADO (TOXICIDAD) ...</b>	<b>40</b>
<b>TABLA 3. COMPONENTES USADOS EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES.....</b>	<b>41</b>
<b>TABLA 4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES .....</b>	<b>42</b>
<b>TABLA 5. MATERIALES UTILIZADOS PARA ELABORAR EL HORMIGÓN.....</b>	<b>43</b>

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto:**

REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

**Fecha de inicio:**

Marzo 2019

**Fecha de finalización:**

Agosto 2020

**Lugar de ejecución:**

CEDAL S.A.

**Facultad que auspicia:**

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**Carrera que auspicia:**

INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

**Proyecto de investigación vinculado:**

Elaboración e implementación de un plan de manejo de residuos sólidos y vertidos líquidos industriales generados por CEDAL S.A.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:** MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

**Lector 1:** PhD Mercy Lucinda Ilbay Yupa

**Lector 2:** Lic. MSc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

**Lector 3:** Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

**Área de Conocimiento:**

Servicios

**Línea de investigación:**

Sostenibilidad ambiental

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

**Línea de vinculación de la carrera:**

Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Culturales.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El hecho de generar lodos provenientes del proceso de anodizado; hace que se realice una búsqueda de alternativas para su disposición final por parte de la empresa para el manejo adecuado de los mismos.

Esta investigación se realizó con la finalidad de dar alternativas de disposición final de los lodos que se generan en la planta de tratamiento de la empresa CEDAL, los cuales se reutilizaron como agregados para materiales de la construcción (hormigón y adoquines).

Tiene novedad científica ya que la investigación mejora la gestión de los lodos generados en el proceso de anodizado de CEDAL que actualmente son utilizados como capas de cobertura en escombreras autorizadas, la investigación se sustenta en la caracterización y tratabilidad de los lodos, que tienden a dar un nuevo uso como lo es la elaboración de materiales para la construcción.

CEDAL en la actualidad genera una cantidad considerable de lodos, los cuales no se les da una disposición final aprovechable; al realizar una gestión adecuada de los lodos, se reduce consumos de materias primas para materiales de construcción, como por ejemplo: adoquines u hormigón; generando un ingreso económico adicional al comercializar los residuos como agregados de materiales de construcción, beneficiando así a la empresa y dando alternativas para elaborar nuevos materiales de construcción; aportando un importante beneficio al minimizar a explotación de recursos naturales en las minas para extraer materias primas, mismas que podrían ser reemplazadas por el residuo lodo que es el caso de estudio.

Por lo mencionado y con las políticas encaminadas al cuidado ambiental, CEDAL se encuentra constantemente orientado en su gestión, es por eso el apoyo al proyecto de residuos con la academia.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto.

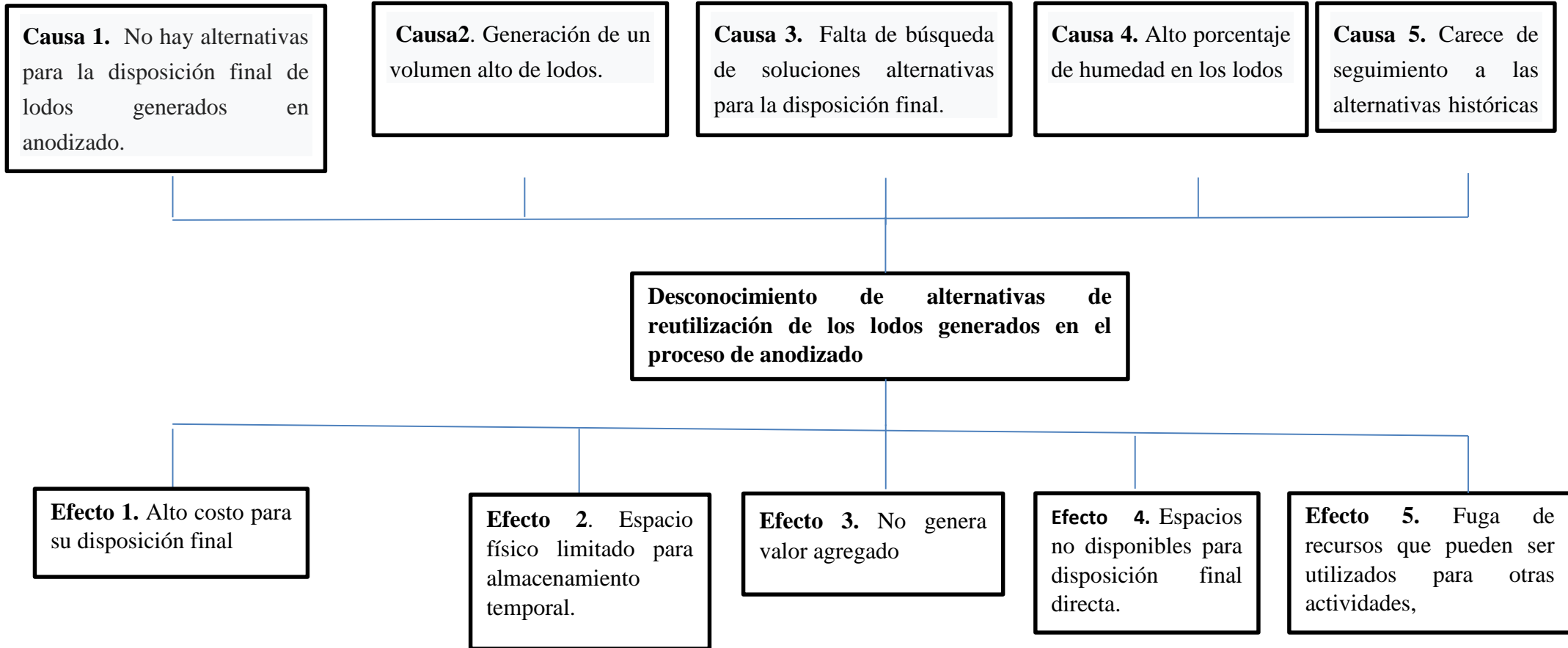
Beneficiarios Directos			Beneficiarios Indirectos		
CEDAL			Provincia de Cotopaxi:		
Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
210	7	217	198695	210580	409205

Fuente: CEDAL, (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010).

Elaborado: Razo Esteban.



#### 4. ARBOL DE PROBLEMAS



## 5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL se crea en 1974 para establecer una empresa extrusora de aluminio en la zona sierra centro, inicia sus operaciones de producción en el año 1976 en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga. Incrementado la capacidad de producción y la cantidad de generación de residuos, llegando a más de 2000 ton/año de residuos (lodos, escorias, aceites, basura común, entre otros).

Dentro de los procesos productivos de CEDAL están: fundición, matricería, extrusión, anodizado, pintura, empaque y despachos; y además de procesos logísticos y de soporte como son: bodega, mantenimiento, despachos, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), dispensario médico, comedor, sistemas y administración; en los cuales cada uno genera diferentes tipos de residuos sólidos como líquidos. El hecho de generar diferentes tipos de residuos como son: comunes no peligrosos (cartón, papel, madera, plástico, escoria, cenizas, lodos) y peligrosos (aceites usados, fluorescentes, residuos biomédicos, entre otros); ha hecho que se tenga dificultades, en especial con el manejo de residuos como los lodos, por su gran volumen de generación y falta de espacios para la disposición final. Uno de los problemas más graves por los lodos generados del proceso productivo de anodizado es su volumen, ya que el porcentaje de humedad está en 80% aproximadamente, y la cantidad mensual generada es un promedio de 150 ton/mes. El caudal de entrada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), actualmente es 8 m<sup>3</sup>/hora.

Al no solucionar este problema, se seguirá manteniendo inconvenientes con los espacios para su disposición final, a pesar de que el lodo no es un residuo peligroso la falta de información técnica ha traído graves complicaciones e inclusive denuncias en contra de la empresa CEDAL, siendo esta una oportunidad de aportar valor agregado a este residuo.

Existen diferentes alternativas de solución donde se determinará las mejores opciones de gestión de este residuo, disposición final y optimización de la PTAR; para mitigar al máximo los impactos negativos al ambiente, por ello dentro del estudio planteado se pretende trabajar en la búsqueda de otros métodos que sirvan como alternativa para una distinta disposición final lodos.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.2 Objetivo General**

Reutilizar los lodos generados en el proceso de anodizado como agregado alternativo para la elaboración de materiales de construcción para disminuir la contaminación.

### **6.3 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el contenido de los lodos para la realización de los materiales de construcción.
- Realizar ensayos en la elaboración de adoquines y hormigones para determinar las cantidades exactas de lodo en la realización de materiales para la construcción.
- Elaborar los productos finales de materiales de construcción mediante la utilización de los lodos.

## **7. FUNDAMENTACION CIENTIFICA**

### **7.1 Contaminación ambiental**

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud o para el ambiente, es decir la incorporación de sustancias sólidas o líquidas a cuerpos receptores, desfavorables a las condiciones naturales del mismo. La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas); una de las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico es la industria, objeto de esta investigación. (Flores J, 1995)

### **7.2 Contaminantes**

“Los contaminantes pueden ser impurezas naturales y contaminaciones generadas por la acción del hombre, las sustancias contaminantes pueden ser de naturaleza física, biológica o química y pueden aparecer en todos los estados físicos (sólido, líquido o gaseoso)” (Flores J, 1995).

La actividad industrial o laboral particular determina la cantidad, los tipos y las características de los contaminantes emitidos, durante todos los procesos industriales sustancias nocivas o tóxicas pueden llegar al agua o al suelo, sea intencionalmente, accidentalmente o como causa de una manipulación inadecuada de materiales peligrosos. Existen sustancias que son peligrosas para el medio acuático, otros causan problemas predominantemente para los microorganismos del suelo, otros son nocivos para animales y el hombre, en forma general se puede concluir; cualquier sustancia que tiene efectos negativos para ecosistemas también es nocivo para el hombre cuando entra al cuerpo humano; cualquier sustancia dañina para la salud de personas también causa problemas al ambiente una vez liberada a la atmósfera, al suelo o al agua (Flores J, 1995).

### 7.3 Tipos de contaminantes

Se pueden clasificar como: físicos, biológicos y químicos; dentro de la presente investigación se va ahondar en el tipo de contaminante a estudiar.

#### 7.3.1 Contaminantes físicos

Los contaminantes físicos son caracterizados por un intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión y/o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo.

#### 7.3.2 Contaminantes biológicos

En general: todos los agentes representados por organismos vivos (la mayoría suelen que ser microorganismos como bacterias, virus, hongos, etc.).

#### 7.3.3 Contaminantes químicos.

Los agentes químicos representan seguramente el grupo de contaminantes más importante debido a su gran número y a la omnipresencia en todos los campos laborales y en el medio ambiente, como contaminantes químicos se puede entender toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que tiene probabilidades de lesionar la salud de las personas en alguna forma o causar otro efecto negativo en el medio ambiente. (Flores J, 1995)

Los agentes químicos pueden aparecer en todos los estados físicos, tanto: gaseoso, sólido o líquido; debido a que en esta investigación no va ser objeto de estudio los gases, se describe a continuación los estados sólido y líquido:

**Sólidos:** El grupo de sustancias sólidas incluye sustancias como minerales, sustancias contaminantes adsorbidas a partículas sólidas, sólidos en suspensión y también los polvos (los últimos dos con carácter transitorio entre sólido y gaseoso), contaminantes sólidos también pueden ser distintos tipos de basura como por ejemplo: basura industrial en general.

**Líquidos:** Todo tipo de sustancia líquida que puede causar daños para la salud incluyendo por ejemplo todo tipo de combustible que puede destruir ecosistemas o recursos hídricos en general y que pueden afectar finalmente también el ser humano. Los líquidos pueden ser liberados al medio ambiente en forma controlada / intencional o en forma incontrolada.

#### **Forma controlada:**

Controlada significa: se conoce la cantidad y la concentración exacta de los residuos y (más o menos) el área de la dispersión que permite reducir el riesgo.

**Forma incontrolada:**

Emisión de líquidos por un accidente o por manipulación / almacenamiento inadecuado (cambio de aceite de una máquina, escape de un tanque en mal estado, etc.). Formación de lixiviado y filtración de sustancias líquidas (hacia el agua subterránea).

Es importante anotar que la clasificación en emisión controlada - incontrolada no dice nada sobre el peligro real de la sustancia; también una descarga intencional puede tener un impacto muy negativo o incluso un efecto al medio ambiente incontrolado.

**7.4 Peligro de contaminantes.**

El grado de peligro de contaminantes químicos se puede considerar según un análisis CRTIB (Corrosividad, Reactividad, Toxicidad, Inflamabilidad y riesgo Biológico), que se detallan a continuación:

**Corrosividad:** Sustancias con propiedades ácidas o alcalinas.

**Reactividad:** La capacidad de una sustancia para combinarse con otras y producir un compuesto de alto riesgo (como compuesto inflamable, explosivo, tóxico etc.).

**Toxicidad:** La capacidad de una sustancia para producir daños a la salud de las personas que están en contacto con ella.

**Inflamabilidad:** La capacidad de una sustancia para producir combustión de sí misma, con desprendimiento de calor.

**Biológico:** la capacidad de contener bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección o que causen efectos nocivos a seres vivos. (Flores J, 1995)

**7.5 Residuos sólidos**

Los residuos sólidos son productos de la relación del hombre con su medio, por lo que su mejor definición es: “Todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable” (Salazar Doreen, 2003). Se utiliza el término residuos sólidos para hacer referencia al material que tiene valor potencial de ser reutilizado o procesado. Sin embargo, el término residuos sólidos se utiliza en el nivel profesional y legal de diferentes países para referir lo mismo.

El residuo sólido no-reutilizable es una concepción humana. Los sistemas ecológicos, en cambio, son sistemas dinámicos en los cuales todos los elementos residuales de cualquier organismo son reciclados o reincorporados constantemente. El balance ecológico se mantiene de forma compleja, todos sus elementos son interdependientes y todos los organismos tienen crecimiento limitado. Debemos buscar formas de reducir, reutilizar y reciclar los residuos que se genera y de conocer y respetar los principios del balance ecológico.

### **7.5.1 Residuos Peligrosos**

Los residuos peligrosos son “todos aquellos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y/o biológico-infecciosas representen un peligro para el equilibrio biológico, el ambiente y/o para las personas” (Flores J, 1995). Existen métodos apropiados para tratar todo tipo de residuos peligrosos, su tratamiento debe ser realizado por empresas especializadas, que pueden ser las industrias que generan los residuos. Los sitios de tratamiento o disposición final pueden ser localizados fuera de la zona urbana.

### **7.5.2 Mal manejo de los residuos sólidos**

El mal manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Estos impactos se agravan cuando los residuos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los residuos comunes, es decir los no peligrosos; algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenes, se transforman en reservorios de insectos y roedores; los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo, de los ecosistemas diversos y el deterioro del paisaje (Salazar Doreen, 2003).

### **7.6 Vertidos líquidos industriales**

Los efluentes líquidos son “fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o residuos arrastrados por el agua” (Ramalho, 2003). Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, y cada industria debe estudiarse individualmente, como es el caso de la presente investigación.

### 7.6.1 Tratamiento de efluentes

Es evidente que en muchos casos las técnicas de minimización no son capaces de resolver en su totalidad los problemas de vertido en una instalación industrial, eso hace necesario incorporar un sistema de tratamiento final de efluentes para conseguir cumplir la normativa de vertido que se requiera; un buen diseño de la planta, así como la elección de la mejor tecnología para cada caso, es indispensable para lograr un resultado satisfactorio y fiable. (Ramalho, 2003)

Técnicas como la Oxidación, Reducción, Electrocoagulación, Floculación, Coagulación, Decantación, Espesado de lodos, Filtración de lodos etc., unido a la selección de los reactivos idóneos y un diseño funcional de las plantas hacen posible. A fin de interpretar fácil y adecuadamente los procesos anteriormente mencionados, resulta conveniente establecer una clasificación general de los contaminantes y sus tratamientos asociados:

**Figura 1. Tipos de contaminante y sus tratamientos**



**Fuente:** Ramalho, 2003



## **7.7 Ambiente**

El ambiente en referencia es todo lo que nos rodea, es decir puede ser un fluido que rodea un cuerpo. La temperatura ambiental es un claro ejemplo, puede dar cuenta del estado del aire o la atmósfera. En otras palabras, ambiente es un conjunto de elementos naturales y sociales que están estrechamente relacionados, allí se despliega la vida de los seres biológicos, acompañado de elementos físicos (Férrandez Conesa, 1996).

### **7.7.1 Gestión ambiental**

“Es el conjunto de actividades, medios y técnicas, tendentes a conservar los ecosistemas y sus relaciones ecológicas, cuando se producen alteraciones hechas por el hombre” (Férrandez Conesa, 1996).

Se puede decir que es la asignación de recursos materiales, económicos y humanos necesarios para alcanzar estándares de calidad ambiental, algunos aspectos a considerar dentro de la gestión ambiental son: Evaluación, control y prevención de las repercusiones de la actividad en cuestión sobre los diversos componentes del medio ambiente; gestión, ahorro, elección y transporte de materias primas; gestión y ahorro del agua; reducción, reutilización, reciclaje, transporte y eliminación de residuos; Selección de nuevos procesos de producción y cambios en los mismos.

## **7.8 Producción más limpia**

Se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Cabe recalcar que en la presente investigación se hace énfasis en los procesos de la corporación enfocada a solucionar problemas de residuos sólidos y vertidos líquidos industriales. (ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2008)

“En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de residuos y emisiones” (ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2008); así como también involucra el cambio de procesos para tener una mejor eficiencia en aspectos de producción y ambiente.

### 7.8.1 Plan de manejo ambiental

La interpretación de un plan de manejo ambiental (PMA), se lo puede definir como un instrumento que permite minimizar los residuos de los procesos, y maximizar su valoración, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social; con fundamento en la gestión integral de residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad y manejo integral, que considera un conjunto de acciones, procedimientos y medios viables. (Tchobanoglous, Theisen, & Hilary, 1998)

A fin de formular las medidas necesarias para la mitigación, compensación y prevención de los efectos adversos (críticos y severos), causados por las actividades de los procesos sobre los elementos ambientales, según identificación y valoración efectuadas en el balance ambiental, así como las recomendaciones para el futuro control, seguimiento y mejoramiento de dichos efectos, como actividades específicas se tienen las siguientes: Localizar los sitios donde se deben ejecutar las medidas recomendadas; establecer el momento de aplicación de dichas medidas; crear la responsabilidad de ejecución y de la respectiva supervisión y definir el costo de implementación del Plan.

### 7.8.2 Plan de manejo de residuos sólidos

“El manejo integral de residuos se define como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos metas óptimas” (Tchobanoglous, Theisen, & Hilary, 1998). Este concepto implica que primero hay que definir una visión que considere los factores propios de la corporación para asegurar su sostenibilidad y beneficios. Después, se debe establecer e implementar un programa de manejo para lograr esta visión. Este programa debe optimizar, en lo posible, los siguientes aspectos:

**Aspectos técnicos:** La tecnología debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento; debe usar recursos humanos y materiales de la zona y comprender todas las fases, desde la producción hasta la disposición final.

**Aspectos sociales:** Se debe fomentar hábitos positivos en la población y desalentar los negativos; se promoverá la participación y la organización de la comunidad.

**Aspectos económicos:** El costo de implementación, operación, mantenimiento y administración debe ser eficiente, al alcance de los recursos de la población y económicamente sostenible, con ingresos que cubran el costo del servicio.

**Aspectos organizativos:** La administración y gestión del servicio debe ser simple y dinámico.

**Aspectos de salud:** El programa deber pertenecer o fomentar un programa mayor de prevención de enfermedades infecto-contagiosas.

**Aspectos ambientales:** El programa debe evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

Las metas y objetivos del manejo de los residuos son: Cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes, eliminación o minimización de los impactos generados por los residuos en el medio ambiente y la salud poblacional, reducir los costos asociados con el manejo de los residuos sólidos y la protección al medio ambiente, incentivando al desarrollo de innovaciones para reducir la generación de los residuos e implementar una adecuada disposición final; en el caso de esta investigación aplicado al cambio de proceso, preparar un inventario y monitorear los residuos generados en las diferentes actividades de la corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL. Disposición de los residuos en zonas diseñadas para el efecto, monitorear adecuadamente el plan de residuos para asegurar su cumplimiento. Adicional el plan de manejo de residuos estará enmarcado básicamente en recomendaciones para el manejo de residuos sólidos y residuos líquidos, específicamente en la investigación vertidos líquidos industriales. Los pasos que se deberán seguir para una adecuada gestión de los residuos son: Identificación del tipo de residuo, separación, almacenamiento, tratamiento y disposición Final.

### **Glosario de términos**

**Aleación.-** Es una mezcla sólida homogénea de dos o más metales o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos.

**Alúmina.-** Óxido de Aluminio puro ( $Al_2O_3$ ). Película muy delgada de óxido natural.

**Bauxita.-** Materia prima para la producción de aluminio.

**Control.-** Conjunto de actividades efectuadas, tendiente a que el manejo de residuos sólidos sea realizado en forma técnica y de servicio a la comunidad.

**Residuo.-** Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales, restos, residuos o basuras no peligrosas, originados por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que pueden ser sólidos o semisólidos, putrescibles o no putrescibles.

**Residuo sólido.-** Se entiende por residuo sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, residuos industriales, entre otros.

**Residuo sólido industrial.-** Aquel que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

**Residuo sólido especial.-** Son todos aquellos residuos sólidos que por sus características, peso o volumen, requieren un manejo diferenciado de los residuos sólidos domiciliarios.

**Residuo peligroso.-** Es todo aquel residuo, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas, irritantes, de patogenicidad, carcinogénicas; representan un peligro para los seres vivos, el equilibrio ecológico o el ambiente.

**Disposición final.-** Es la acción de depósito permanente de los residuos sólidos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

**Electrólisis.-** Palabra que se origina de las raíces *electro*, electricidad y *lisis*, separación. Es el proceso con el que se separa un compuesto en los elementos que lo conforman, usando para ello la electricidad.

**Generación.-** Cantidad de residuos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado.

**Generador.-** Persona natural o jurídica, cuyas actividades o procesos productivos producen residuos.

**Lixiviado.-** Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos.

**Reuso.-** Acción de usar un residuo sólido, sin previo tratamiento.

**Reciclaje.-** Operación de separar, clasificar selectivamente a los residuos sólidos para utilizarlos convenientemente. El término reciclaje se refiere cuando los residuos sólidos clasificados sufren una transformación para luego volver a utilizarse.

**Tratamiento.-** Proceso de transformación física, química o biológica de los residuos para modificar sus características o aprovechar su potencial y en el cual se puede generar un nuevo residuo, de características diferentes.

**Vertidos líquidos industriales.** Las aguas residuales procedentes de los procesos propios de la actividad de las instalaciones industriales e industrias con presencia de sustancias disueltas o en suspensión. (Ministerio del Ambiente, 2015)

## **8. MARCO LEGAL**

### **8.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

#### **8.1.1 Sección segunda Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, SUMAK KAWSAY.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y residuos tóxicos al territorio nacional.

#### **8.1.2 Capítulo séptimo Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

**Art. 275.-** El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del SUMAK KAWSAY.

El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.

El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza.

**Art. 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de

regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

## **8.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)**

Art. 162.- Obligatoriedad. Todo proyecto, obra o actividad, así como toda ampliación o modificación de los mismos, que pueda causar riesgo o impacto ambiental, deberá cumplir con las disposiciones y principios que rigen al Sistema Único de Manejo Ambiental, en concordancia con lo establecido en el presente Código.

Art. 173.- De las obligaciones del operador. El operador de un proyecto, obra y actividad, pública, privada o mixta, tendrá la obligación de prevenir, evitar, reducir y, en los casos que sea posible, eliminar los impactos y riesgos ambientales que pueda generar su actividad. Cuando se produzca algún tipo de afectación al ambiente, el operador establecerá todos los mecanismos necesarios para su restauración. El operador deberá promover en su actividad el uso de tecnologías ambientalmente limpias, energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, prácticas que garanticen la transparencia y acceso a la información, así como la implementación de mejores prácticas ambientales en la producción y consumo.

Art. 209.- Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.

Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad: 1. Prevención; 2. Minimización de la generación en la fuente; 3. Aprovechamiento o valorización; 4. Eliminación; y, 5. Disposición final. La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles. La Autoridad Ambiental Nacional, así como los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos, promoverán y fomentarán en la ciudadanía, en el marco de sus competencias, la clasificación, reciclaje, y en general la gestión de residuos y desechos bajo este principio.

## **9. PREGUNTA CIENTIFICA**

¿La reutilización de lodos del proceso de anodizado como sustituto de elementos básicos en la mezcla de componentes para la fabricación de materiales de construcción ayuda a tener una disposición final adecuada de los mismos?

Con base en la investigación realizada, se demuestra una disposición final adecuada de lodos resultado del proceso de anodizado, debido a que pueden sustituir recursos que son explotados en canteras, lo que representa una reducción del impacto ambiental, ya que en la elaboración de adoquines se puede sustituir material pétreo por el residuo de lodo seco en proporciones de un 25% hasta un 35%, lo cual denota un beneficio considerable y se demuestra utilidad a manera de materia prima en lugar de un subproducto considerado como desperdicio que representa costo para el proceso de desecho.

## **10. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS, MÉTODOS INSTRUMENTOS)**

### **10.1 Técnicas**

#### **10.1.1. Investigación documental o bibliográfica.**

Mediante esta investigación se recopiló información primaria y secundaria de tipo conceptual de la temática tratada, en bibliotecas, cursos, libros y documentos electrónicos, lo cual fue de guía y permitió ejecutar el segundo objetivo, por lo que mostramos el sustento teórico.



## Antecedentes.

### Localización.

La empresa CEDAL está localizada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Ignacio Flores, Av. Unidad Nacional S/N (Figura 2).

**Figura 2. Instalaciones Planta CEDAL en Latacunga**

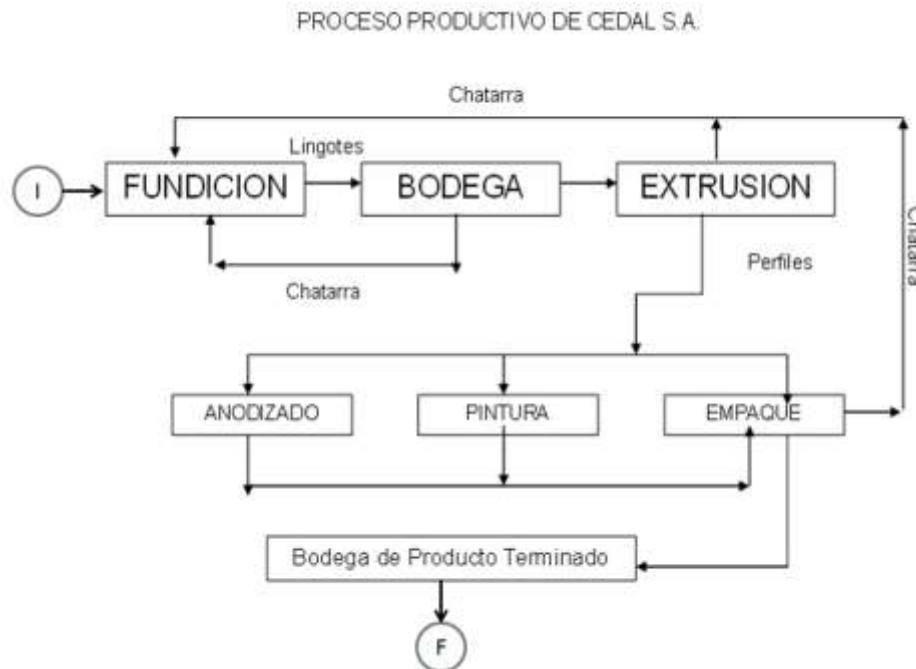


Fuente: Google Earth 2019

### Descripción de procesos de CEDAL:

A continuación, se describe el flujograma general de la planta industrial (Figura 3.):

**Figura 3. Proceso Productivo**



Fuente: CEDAL, 2020

Se ahondó en el proceso de anodizado donde inicia la gran mayoría de descargas industriales, siendo este un proceso electroquímico y electrolítico.

**Anodizado Electroquímico.-** Es un proceso por el cual se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, al mismo que se le puede impartir varias tonalidades cromáticas empleando distintos tamaños de corriente, pH de las soluciones químicas, tiempo y sales minerales, la figura 4 representa parte del proceso de anodizado. (EXTRALUM , 2009)

**Anodizado Electrolítico.-** El anodizado es un proceso por medio del cual la película protectora natural de óxido que se presenta en la superficie del aluminio y sus aleaciones se hace de mayor espesor. El ánodo es de aluminio y el cátodo es usualmente una hoja de aluminio en una celda electrolítica. Cuando pasa la corriente, en lugar de que el oxígeno se libere en el ánodo como un gas, se combina con el aluminio para formar una capa de óxido de aluminio poroso. (EXTRALUM , 2009)

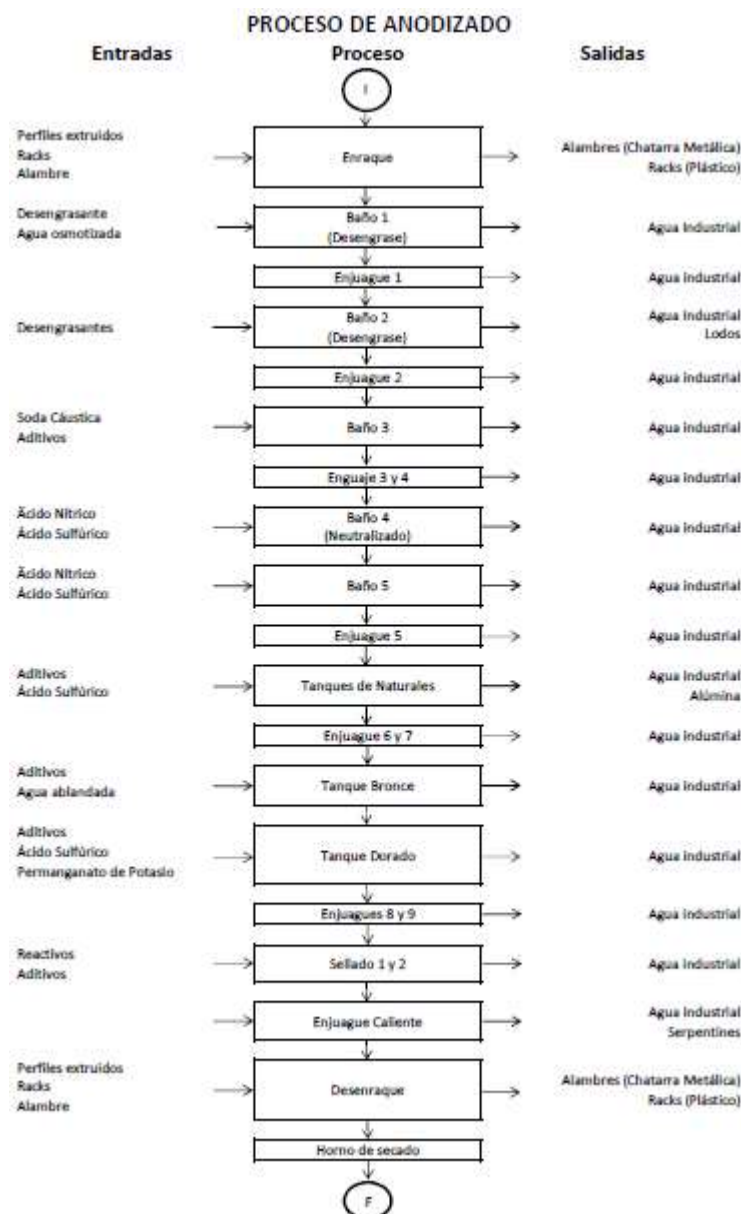
Los perfiles a ser anodizados deben ser tratados tan pronto como sea posible luego de ser extruidos, preferiblemente dentro de las siguientes 12 horas. Durante este intervalo, deben

cubrirse ligeramente con papel y deben almacenarse en un área en la que no existan variaciones en la temperatura ambiente ni humedad.

Entre las ventajas que tiene el anodizado están:

- Mucho más resistente (duro) que la pintura. Muy bueno para áreas de alto tráfico en las que el anodizado soporta abuso físico y abrasivo.
- No se desgasta. La capa es parte del metal o pieza.
- El color metálico es más profundo, no imitable con la pintura.

**Figura 4. Diagrama de proceso de anodizado**



**Elaborado:** Razo Esteban

**Fuente:** CEDAL, 2019

### **Investigación descriptiva.**

Mediante esta investigación se conoció la situación y la descripción exacta de la disposición final de los lodos. Permitiendo exponer y resumir la información para analizar minuciosamente los resultados y poder ejecutar el tercer objetivo específico que es: Elaborar los productos finales de materiales de construcción mediante la utilización de lodos.

## **10.2 Métodos y técnicas**

### **Método Deductivo**

Para la presente investigación se canalizó mediante el método deductivo de premisas generales hasta determinar un hecho concreto que en consecuencia fue desde el residuo como reemplazo de un material pétreo, hasta llegar a la elaboración de adoquines.

### **Técnica de observación directa**

La presente investigación se realizó utilizando varias técnicas, una de ellas es la técnica de guías de observación; además de un análisis de los procesos desde la generación de lodo (residuo objeto de la investigación) hasta su disposición final como agregado para materiales de la construcción, que son los elementos principales de esta investigación.

La misma que ayudó a observar directamente los recursos del área de estudio, permitiendo recopilar datos de forma directa del medio en el cual se desarrolló el proyecto.

### **Observación del proceso de planta de efluentes**

Basados en la observación directa del proceso de la planta de tratamiento de efluentes (PTE) como resultado de la misma se genera el lodo residual que es objeto de nuestro estudio, donde se pudo establecer que inicia al momento de que llegan las aguas de salida (efluentes) del proceso de anodizado y de pintura electrostática, llegando así al neutralizador, nivelado el pH entre (6 a 9) pasan al homogeneizador por un lapso aproximado de 2 horas, siguiendo con el proceso pasan las aguas residuales al floculador donde se añade un polímero orgánico (Floculante C) y se realiza una mezcla con polímero, mediante este proceso empieza a encapsularse los lodos y pasan por gravedad al sistema de sedimentador donde es mediante densidad y succión de una bomba neumática que se separa los lodos y el agua, el lodo mediante la bomba es succionado al filtro prensa donde son compactados y salen ya con un 80% de humedad, mientras que el agua pasa por los filtros pulidores para que finalmente lleguen a su descarga cumpliendo con la normativa ambiental vigente, de esta manera ya el

lodo es retirado en big bags donde se lo almacena en el área temporal; este proceso se puede evidenciar en el (Ver ANEXO A).

#### **Observación de obtención de lodos como residuo (materia prima).**

Basados en la observación directa de la obtención de los lodos obtenidos del proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se especifica el proceso para su secado desde su fuente (filtro prensa), se inicia sacando el lodo procedente del tratamiento de efluentes, específicamente del filtro prensa, ya que aquí se realiza la captación de los lodos mediante una bomba neumática, que mediante un sistema neumático incorporado en el filtro lo prensa que lo comprime y queda el material sólido (lodo) en las placas del filtro y el agua sale al canal abierto de la planta, al descomprimir estas placas el lodo residual se deposita hacia la lona (Tula/ Big bag); los lodos son trasladados al invernadero de secado de lodos, y se procede a esparcirlos por todo el invernadero, durante nueve días de secado en el invernadero reducen su humedad de un 80% a la salida del filtro prensa hasta un 30 o 40%, estos lodos prácticamente secos se los aplasta hasta obtener un polvo que es utilizado como agregado para los materiales de construcción. (Ver ANEXO B).

#### **Observación del proceso de análisis de lodos en el laboratorio interno de CEDAL.**

Basados en la observación directa del proceso de laboratorio, donde se determina ciertos parámetros incluyendo la humedad, se realiza para la toma de muestra el método de cuarteo en la lona de Big Bag ,se recoge una pequeña cantidad de muestra de cada lado del cuarteado y se procede a homogenizar, esta muestra es llevada al personal de laboratorio, una vez en el laboratorio se agregan 10gr de muestra de lodo en un crisol, donde se la pesa y se obtiene un peso inicial, se coloca la muestra en la estufa a 120 grados centígrados durante 5 horas, finalmente luego de estar la muestra durante 5 horas en la estufa, se pesa nuevamente la muestra y se realiza el cálculo de la humedad, la tendencia promedio de este lodo realizada la prueba de humedad salida del filtro prensa es entre 75 a 80%; lo mismo se realizar con el lodo colocado en el invernadero luego de estar 9 días, se hace el mismo procedimiento y se obtiene una humedad entre el 30 a 40 %; donde ya se verifica que el lodo ya cumple con la condición para ser utilizado como agregado de material para la construcción, si no cumpliera esta humedad, el lodo se deja secando más días hasta que entre en el rango de la humedad requerida. (Ver ANEXO C).

### 10.3 INSTRUMENTOS

#### Bases de datos

Se permitió conocer los volúmenes históricos generados de lodos, teniendo presente los costos de disposición final.

#### Entrevistas

Se realiza a expertos en la construcción, quienes trabajan directa e indirectamente con lo relacionado a materiales de construcción, mediante preguntas elaboradas y relacionadas con las actividades y los recursos.

Cabe recalcar que con las mismas personas se realizaron los ensayos, en el caso de la fábrica de adoquines y bloques “Balarezo”, con su gerente propietaria Ing. Johanna Balarezo, se realizó los adoquines que se presentarán en las fichas de campo

Y en el caso del hormigón, se realizó las pruebas con la constructora “GUTIERREZ & CRUZ”, donde el Ing. Santiago Gutiérrez, gerente propietario prestó las facilidades para la elaboración del hormigón con lodos residuales.

#### Fichas de campo

##### **Levantamiento del proceso de elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL.**

Basados en el levantamiento del proceso de elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL, se lograron sacar 5 composiciones diferentes de adoquines con la variación de porcentajes en los distintos tipos de materiales.

**Primera muestra:** Se coloca en la mezcladora 50.5 kg de lodo residual húmedo sin agua, 90 kg de cemento, 13.5 kg de arena y 9 kg de chispa piedra, una vez mezclados todos los materiales pasan a la compactadora donde se logra obtener 9 adoquines.

**Segunda muestra:** Se coloca en la mezcladora 50.5 kg de lodo residual húmedo, 10 litros de agua, 90 kg de cemento, 13.5 kg de arena y 9 kg de chispa piedra, una vez mezclados todos los materiales pasan a la compactadora donde se logra obtener 9 adoquines.

**Tercera muestra:** Se coloca en la mezcladora 22.5 kg de lodo seco, 22.5 kg de lodo húmedo, 10 litros de agua, 90 kg de cemento, 13.5 kg de arena y 9 kg de chispa piedra, una vez mezclados todos los materiales pasan a la compactadora donde se logra obtener 9 adoquines.

**Cuarta muestra:** Se coloca en la mezcladora 50.5 kg de lodo seco compactado, 10 litros de agua, 90 kg de cemento, 13.5kg de arena y 9 kg de chispa piedra, una vez mezclados todos los materiales pasan a la compactadora donde se logra obtener 9 adoquines.

**Quinta muestra:** Se coloca en la mezcladora 50.5 kg de lodo residual húmedo ,90 kg de cemento, una vez mezclados todos los materiales pasan a la compactadora donde se logra obtener 9 adoquines. **(Ver ANEXO D)**

### **Levantamiento del proceso de elaboración de concreto con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL.**

Basados en el proceso de elaboración de concreto con material de lodo residual de la PTAR de la planta CEDAL, inicia al colocar en la concretera 3 parihuelas de 30 x 30 cm, es decir 27 kg, se coloca 60 litros de agua en la concretera, se colocan 3 parihuelas de ripio de 30x30 cm en la concretera, agregamos a la mezcla 50 kg de cemento, colocamos el hormigón en el cilindro , con una varilla introducimos 25 veces el hormigón durante 3 etapas hasta completar el cilindro de hormigón, golpeamos con un martillo en cada lado del cilindro, colocamos el cilindro en una base plana para su secado. **(Ver ANEXO E).**

### **Levantamiento de los ensayos mecánicos del laboratorio de adoquines con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL.**

Basados en los procesos de ensayos de laboratorio de suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato para la elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTAR de la planta CEDAL , se llevaron un total de 5 adoquines para el ensayo, se tomaron las medidas de todos los adoquines, pesamos en la balanza cada uno de los adoquines, para realizar el ensayo colocamos el adoquín en una base de tabla tríplex con la forma del adoquín para realizar la prueba de resistencia. **(Ver ANEXO F).**

## **11. DISEÑO NO EXPERIMENTAL**

Para la realización de los materiales de construcción se utilizó la norma NTE INEN 3040 - 2016 (Elaboración de adoquines); mientras que para el hormigón se utilizó la norma NTE INEN 0694 - 2010.

## **12. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Debido a que en la legislación ecuatoriana se considera al lodo un residuo peligroso, se envía a realizar una prueba de CRTIB para descartar la peligrosidad de los lodos; para ello, el análisis se basó en la caracterización de los residuos, nos regimos a la normativa oficial

mexicana aplicables al giro de la galvanoplastia, en donde se laboró con la norma NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características de los residuos peligrosos, en esta norma los residuos considerados peligrosos se clasifican por giro industrial y proceso así como por fuente no específica, incluyendo la clave CRTIB (Corrosivo, Reactivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infeccioso), donde la mencionada norma, en el número de giro 1.1. Producción en General, correspondiente a Baños de Anodización de Aluminio menciona como clave CRTIB, realizar pruebas de toxicidad.

Es así que cumpliendo con los protocolos de muestreo que exige el laboratorio en que se realizó el servicio, para lo cual se decidió trabajar con Gruntec Environmental Services que cumple con todos los parámetros certificados, arrojando los siguientes resultados:

**Tabla 2. Resultados análisis CRTIB de lodo de decapado (toxicidad)**

PARAMETROS	Resultado Lodo	Valores Límites Permisibles	Cumple
ARSENICO mg/L	<0,005	5	Sí
BARIO mg/L	<0,001	100	Sí
CADMIO mg/L	<0,001	1	Sí
MERCURIO mg/L	<0,0005	0,2	Sí
NIQUEL mg/L	0,066	5	Sí
PLATA mg/L	<0,0005	5	Sí
PLOMO mg/L	<0,001	5	Sí
SELENIO mg/L	<0,005	1	Sí

**Fuente:** Análisis de laboratorio Gruntec.

**Elaborado:** Razo Esteban.

Con base en los resultados obtenidos se puede afirmar el cumplimiento total de todos los criterios analizados con el lodo muestreado, se concluye que el mismo no tiene un carácter tóxico, haciendo referencia a la normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, se lo puede catalogar como un desecho especial.

Con el resultado obtenido e investigando el promedio de generación de lodos que es de 140 toneladas mes, se analizó las alternativas de reutilización de lodos como material agregado para materiales de la construcción como son: adoquines y hormigón.



La rentabilidad de los lodos es generalmente problemática, y su evacuación constituye casi siempre un gasto considerable. Estos gastos de disposición final son altos, alrededor de 40 dólares por tonelada. La planta de tratamiento de efluentes, elimina o tiene como destino final de lodos, su evacuación a un relleno autorizado, pagando por tonelada de lodo para su traslado, es por eso que actualmente se considera poco rentable, ya que siendo residuos sólidos de excelentes características en términos de composición de residuos de aluminio no se puede ocupar con otras alternativas.

Con el fin de determinar, el efecto del lodo residual como material agregado en la elaboración de adoquines y hormigón, se estudió la composición química usada por ingenieros civiles dedicados a la construcción y que elaboran adoquines y hormigón, teniendo facilidades en la ciudad de Salcedo.

### Conformación de adoquines

En la siguiente tabla, se reporta los principales componentes usados en la elaboración de adoquines, donde se determina los porcentajes utilizados, además se produjo variaciones en el contenido de los otros constituyentes de la fórmula original.

**Tabla 3. Componentes usados en la elaboración de adoquines**

Muestra	Tipo de residuo	Cantidad residuo (%)	Cantidad Cemento (%)	Cantidad ripio (%)	Conformación de adoquín
A	Lodo seco	25	25	50	Si conforma
B	Lodo húmedo	50	50	-	No conforma Se rompe
C	Lodo seco	35	30	35	Si conforma
D	Lodo húmedo	10	45	45	Si conforma, pero al secar se quiebra
E	Lodo húmedo	75	25	-	No conforma Se rompe

Fuente: Fábrica de Adoquines y Bloques Balarezo.

Elaborado: Razo Esteban.

## Ensayos de compresión

A los productos elaborados después de un período de 28 días de madurez, se procede a realizar las pruebas de compresión, éstos se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Obras Públicas del Municipio de Ambato, utilizando las normas: NTE INEN 3040:2016 para la determinación de la resistencia a la compresión en adoquines (Anexo G).

Con las muestras realizadas, se procede a cumplir el protocolo de las normas aplicadas para la ejecución de los ensayos de compresión en adoquines como son: el dimensionamiento de las muestras, pesaje, y finalmente ubicando en la máquina de compresión, para saber los resultados

Luego de realizar las pruebas de compresión a los adoquines, se obtiene los siguientes resultados de laboratorio:

**Tabla 4. Resultados de ensayos de compresión de adoquines**

MUESTRA #	A1 (Adoquín 25% de lodo)	C1 (Adoquín 35% de lodo)	C2 (Adoquín 35% de lodo)	A2 (Adoquín 25% de lodo)	C3 (Adoquín 35% de lodo)
ALTURA ADOQ (cm)	8,7	8,9	8,8	8,9	8,8
AREA (cm <sup>2</sup> )	204	204	204	204	204
PESO UNIT.(g/cm <sup>3</sup> )	7955,8	7944,2	7935,5	7943,1	8146,1,1
CARGA (KN)	406	485	417	307,8	577,4
RESISTENCIA(kg/cm <sup>2</sup> )	199	237	204,4	150,8	283,4

**Fuente:** Laboratorio Suelos Municipio de Ambato

**Elaborado:** Razo Esteban

El certificado de ensayos se lo puede observar en el ANEXO G.

En la tabla 4, existen muestras de adoquines que no figuran dentro de los resultados del ensayo de compresión, se debe a que el adoquín no se conformó.

Obtenidos los resultados de los ensayos de compresión, se realizaron las comparaciones para los requisitos de las norma de adoquines; y así determinar el uso al cual puede ser expuesto.

### Conformación de hormigón

En la siguiente tabla, se reporta los principales componentes usados en la elaboración de hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, donde se determina los pesos de material utilizado.

**Tabla 5. Materiales utilizados para elaborar el hormigón**

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	50	Kg
Agua	60	Lt
Ripio	27	Kg
Lodo seco	27	Kg

Elaborado: Razo Esteban

## 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se cumplió con la premisa de la pregunta científica al poder utilizar el lodo como sustituto de material pétreo en la elaboración de materiales de la construcción.
- Reduciendo la humedad del lodo con el proceso de secado del 80% a un 40%, es ideal para utilizarlo como agregado de materiales de construcción, caso contrario el lodo húmedo desde la fuente no tiene la misma adherencia. Con estos se pueden realizar adoquines acorde a la norma INEN 3040-2016, que cumplen con la resistencia requerida.
- Dos fórmulas fueron óptimas para la realización de adoquines, dando resultados positivos y cumpliendo la normativa aplicada, utilizando en sus fórmulas las siguientes composiciones: (fórmula 1) 35% lodo, 30% cemento, 35% ripio. 25% lodo, (fórmula 2) 25% cemento y 50% ripio, las alternativas presentadas en esta investigación para la reutilización de lodos, se obtuvo resultados positivos por lo cual sí se puede utilizar el lodo como material agregado para adoquines y hormigón.
- La presente investigación es de carácter sostenible, ya que involucra 3 aspectos prioritarios en los cuales se ha dado solución; en el ámbito social, económico y ambiental; social, por el aporte a la comunidad en conjunto con la academia y se abren nuevos retos para otros estudiantes, en el aspecto económico, se ha revalorizado los residuos y se comprueba que puede disminuir los costos de disposición final; y ambiental, una alternativa perfecta para utilizar como materia prima los lodos y mitigar la explotación de minas de áridos y pétreos.

## Recomendaciones

- Se recomienda a CEDAL considerar el problema de residuos de lodo como una prioridad dentro de la organización.
- Utilizar la información de la presente investigación como línea base para el desarrollo de otras alternativas para el reúso de lodos como agregados para materiales de la construcción, debido a las grandes ventajas que puede ofrecer los residuos antes mencionados.
- Realizar una producción continua en base a los lodos, para su utilización en la receta de elaboración de adoquines y hormigón. Ya que esto generará recursos a la empresa y no se realizará un gasto en su disposición final.
- Se recomienda a la Empresa CEDAL continuar con este tipo de investigaciones ya que existen varias alternativas para recuperar los lodos, se deja planteada la probabilidad de continuar con estos proyectos y generar un vínculo entre la academia y la industria para futuras investigaciones.

#### 14. BIBLIOGRAFÍA

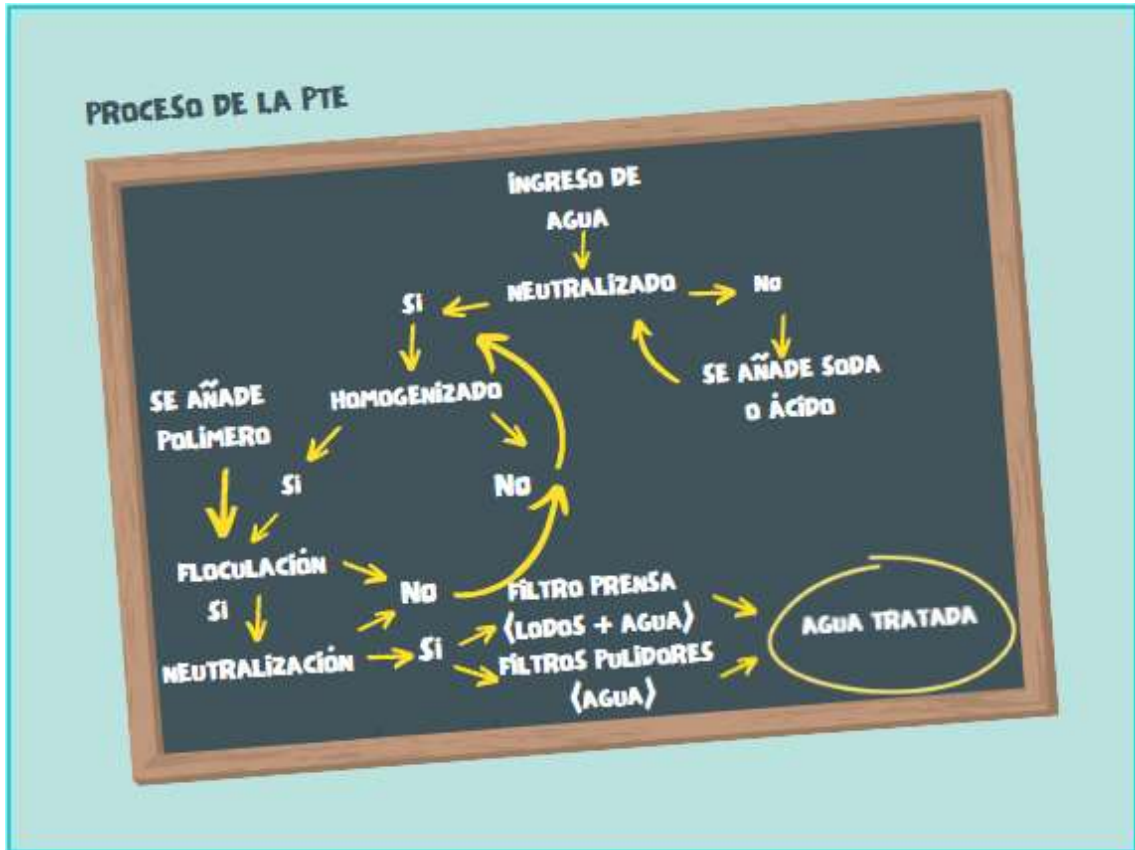
- Albert, L. (2009). *Contaminación Ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos*. México.
- Alcántar, G. H. (2007). Elaboración de vitrocerámicos a partir de cenizas de activados y residuos de anodizado.
- Chavez, & Fiderman. (2007). *Reciclaje de lodos de plantas de anodizado como materia prima en la elaboración de cerámicas refractarias*. Colombia: Universidad del Valle.
- CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA) (2007), República del Ecuador
- Comisión Ambiental Metropolitana GTZ TUV ARGE - MEX. (1998). *Manual de Minimización, Tratamiento y Disposición; Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el giro de la galvanoplastia*. México.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2000). *Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial*. Santiago, Chile.
- CONDORCHEM. (2012). Vertido cero en líneas de pretratamiento a pintura mediante técnicas de evaporación. España.
- Drozda, T. M., & Charles, W. (1998). *Tool and manufacturing engineers handbook: Forming*. Michigan: SME.
- EPA/SEDESOL. (1993). *La Minimización de Residuos en la Industria del Acabado de Metales*. California.
- EXTRALUM . (2009). Proceso de Anodizado de perfiles de aluminio. San José, Costa Rica.
- Extralum. (2009). *Proceso de anodizado de perfiles de aluminio*. Costa Rica: Extralum.
- Fernández Conesa, V. (1996). *Instrumentos de la Gestión Ambiental en la Empresa*. Madrid: Mundi Prensa.
- Flores J, L. M. (1995). *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente*. México.
- Fundación Proyecto PARIA. (2007). *Contaminación ambiental, Manejo de desechos sólidos*. Caracas: Letras para la vida.
- FUNDES. (2001). *Guía de Buenas Prácticas para el sector Galvanotécnica*. Colombia.
- Herrera, C. (2007). *Plan de Manejo de Residuos Sólidos*. Chile.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2016. *NTE INEN 3040:2016 Elaboración de adoquines, requisitos*. Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2010. *NTE INEN 0694:2010 Elaboración de hormigón, Requisitos* . Ecuador.
- Iranzo, C. (2003). *Procedimiento de fabricación de sulfato de aluminio y sus derivados a partir de lodos de hidróxidos de aluminio procedentes de las plantas de anodizado*. España: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- Lara Melo, R. (2006). Sistema Integral de recolección, separación, manejo y disposición final de residuos sólidos. *Seminario*. Latacunga.

- McCann. (2000). Metalurgia y Metalistería. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo* (pág. 66).
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO . (2009). *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de tratamiento de superficies metálicas y plásticas*. España.
- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI, Calidad Ambiental, Anexo VI. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Ecuador .
- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI: Calidad Ambiental, Anexo I. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Ecuador.
- ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2008). Manual de producción más limpia.
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. España: Reverté.
- Ribera, J., & Bosch, F. (2006). Manual de minimización y buenas prácticas en el sector de Galvanotecnia. (pág. 126). España: AIMME.
- Rubin, R. L. (2010). Estadística para Administración y Economía. En R. Levin, & D. Rubin, *Estadística para Administración y Economía*. México: Pearson.
- Salazar Doreen, B. (2003). *Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos*. El Salvador: AIDIS.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2012). Producción Más Limpia., (pág. 48). Argentina.
- SEMARNAT. (1993). Normas Oficial Mexicana. *NOM-052-SEMARNAT-1993*. Mexico: Uninet.
- SIDASA. (2011). *Tratamiento de Aguas*. España.
- Sosa, A. (2006). *Planes de Manejo Sustentables*. GEMI.
- Tchobanoglous, G., Theisen, & Hilary, V. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Vargas, M. (2006). *Estudio del uso del lodo residual de la empresa Extralum S.A. como material alternativo en la fabricación de cementos especiales*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 15. ANEXOS

### ANEXO A. Flujo de procesos de la planta de tratamiento de efluentes (PTE) y fotografías

CEDAL S.A



**Figura 1:** Neutralizador.  
Fuente: CEDAL S.A.



**Figura 2:** Homogenizador.  
Fuente: CEDAL S.A.



**Figura 3:** Sedimentador.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 4 :** Filtros pulidores.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 5:** Filtro prensa  
**Fuente:** CEDAL S.A.





**Figura 6:** Planta de tratamiento de efluentes CEDAL S.A

**Fuente:** CEDAL S.A.

**ANEXO B. Fotografías del proceso para la elaboración de lodo como materia prima.**



**Figura 1:** Sacado de lodo filtro prensa.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 2:** Lona de Big Bag con lodo.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura3:** Transporte de lodos  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 4:** Secado de lodo  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 5:** Lodo seco molido.  
**Fuente:** CEDAL S.A.

**ANEXO C. Diagrama de proceso para determinar la humedad de lodos y fotografías de los procesos de laboratorio.**



**Elaborado por:** Razo Esteban



**Figura 1:** Prueba de cuarteo.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 2:** Cuarteo de lodo.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 3:** Recolección de muestra.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 4:** Entrega de muestra.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 5:** Pesaje de lodo.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 6:** Muestra en la estufa.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 7:** Pesaje de muestra.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 8:** Análisis terminado.  
**Fuente:** CEDAL S.A.

**ANEXO D. Fotografías procesos elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTE.**



**Figura 1:** Traslado de lodo.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 2:** Descarga de lodo.  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 3:** Recolección de lodo .  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 4:** Trituración de lodo.  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 5:** Agregado de lodo.  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 6:** Mezcla de lodo.  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 7:** Compactadora  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura 8:** Adoquines.  
**Fuente:** Adoquines Balarezo.



**Figura9:** Nuevos adoquines. **Fuente :** Adoquines Balarezo.



**Figura 10:** Resultado final. **Fuente:** Adoquines Balarezo.



**ANEXO E. Fotografías procesos para la elaboración de concreto con material de lodo residual de la PTE.**



**Figura 1:** Parihuelas con lodo.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 2:** Concretera con agua.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 3:** Concretera con ripio.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 4:** Concretera con cemento.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 5:** Concretera con mezcla.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 6:** Cilindros lavados.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 7:** Concreto en cilindros.  
**Fuente:** Costructora Gutiérrez.



**Figura 8:** Mezcla de concreto en cilindro.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 9:** Golpe con martillo al cilindro.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**Figura 10:** Cilindro con Concreto.  
**Fuente:** Constructora Gutiérrez.



**ANEXO F. Fotografías ensayos de laboratorio de suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato para la elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL S.A.**



**Figura 1:** Medicion de adoquines.  
**Fuente :** Laboratorio de suelos .



**Figura 2:** Pesaje de adoquines.  
**Fuente :** Laboratorio de suelos.



**Figura 3 :** Pruebas de ensayos de adoquines .  
**Fuente:** Laboratorio de suelos.



**Figura 4:** Adoquines con lodo residual.  
**Fuente:** CEDAL S.A.



**Figura 5:** Prueba de resistencia de adoquín.  
**Fuente:** Laboratorio de suelos.

**ANEXO G. Certificado de ensayos de laboratorio de suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato para la elaboración de adoquines con material de lodo residual de la PTE de la planta CEDAL S.A.**



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPALIDAD DE AMBATO  
DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS  
LABORATORIO DE SUELOS

**ENSAYO DE ADOQUINES DE HORMIGÓN  
NORMA INEN 1485**

PROYECTO:	Reutilización de lodos del proceso de anodizado de aluminio como materia prima para la elaboración de materiales para la construcción		
SECTOR:	Letacunga-Cotacachi	INF:	
SOLICITA:	CEDAL S.A	ESPECIF:	kg/cm <sup>2</sup>
FECHA:	20/01/2020	EDAD:	Días
MUESTREO POR:	Ing. Oswaldo Manólas	Alt. Promed. =	cm
PROVEEDOR:		CONSTRUYE:	

MUESTRA #	1	2	3	4	5
ALTURA ADOQ (cm)	8,7	8,8	8,8	8,8	8,8
AREA (cm <sup>2</sup> )	204	204	204	204	204
PESO UNIT. (gm/cm <sup>3</sup> )	7955,8	7944,2	7955,5	7943,1	8146,1,1
CARGA (KN)	406	485	417	307,8	577,4
RESISTEN. (kg/cm <sup>2</sup> )	199	257	204,4	150,8	283,4

RESIT.PROM.fcm=	Kg/cm <sup>2</sup>
DESV.ESTANDAR s=	Kg/cm <sup>2</sup>
RESIST.CARACT.fck=	Kg/cm <sup>2</sup>

**OBSERVACIONES:**

Ing. Oswaldo Manólas  
LABORATORISTA  
Costo ensayo \$ 40,00

Ing. Mg. Alejandro Miretta  
ADMINISTRADOR TALLERES Y LABORATORIO

## **Anexo H. CURRICULUM VITAE**

### **DATOS PERSONALES**

**NOMBRES:** Esteban Marcelo

**APELLIDOS:** Razo Maya

**LUGAR DE NACIMIENTO:** Ambato - Tungurahua

**FECHA DE NACIMIENTO:** Abril 06-1993

**EDAD:** 27 años

**NACIONALIDAD:** Ecuatoriana

**CEDULA DE IDENTIDAD:** 050337790-5

**ESTADO CIVIL:** Casado

**CIUDAD DE RESIDENCIA:** Latacunga

**TELÉFONO MÓVIL:** 0959443728

**TELÉFONO FIJO:** 2-811-065

**CORREO ELECTRÓNICO:** [marcelorazomaya93@hotmail.es](mailto:marcelorazomaya93@hotmail.es)

**DIRECCIÓN:** Latacunga-Calle Quito y Gabriela mistral Conjunto el Loreto



### **NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADÉMICA**

**PRIMARIA:** 'Cerit' Centro Educativo de Reforma Integral

**SECUNDARIA:** 'Cerit' Centro Educativo de Reforma Integral

**SUPERIOR:** Universidad Técnica de Cotopaxi - Ingeniería Ambiental.

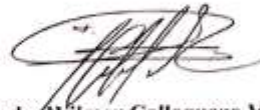
**ANEXO I. AVAL DE TRADUCTOR****CENTRO DE IDIOMAS*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **Ingeniería de Medio Ambiente** de la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, **Esteban Marcelo Razo Maya**, cuyo título versa **"REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,



Lcdo. Wilmer Collaguazo Vega Mg. C.  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 1722417571

**CENTRO  
DE IDIOMAS**